



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.07.2017 Patentblatt 2017/28

(51) Int Cl.:
B24C 1/00 (2006.01) **B64F 5/00 (2017.01)**
F01D 25/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17150138.0**

(22) Anmeldetag: **28.11.2014**

(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:
• **APPEL, Holger**
63075 Offenbach (DE)
• **BRÄUTIGAM, Klaus**
63853 Mömlingen (DE)

(30) Priorität: **29.11.2013 DE 102013224639**

(74) Vertreter: **Glawe, Delfs, Moll**
Partnerschaft mbB
von Patent- und Rechtsanwälten
Postfach 13 03 91
20103 Hamburg (DE)

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
14806234.2 / 3 074 181

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

Bemerkungen:
Diese Anmeldung ist am 03-01-2017 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **VORRICHTUNG ZUR REINIGUNG EINES STRAHLTRIEBWERKS**

(57) Gegenstand der Erfindung ist Düseneinrichtung mit wenigstens einer Düse (107), die zum Einbringen von Reinigungsmediums enthaltend Feststoffe in ein Strahltriebwerk ausgebildet ist, die Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Turbofans eines Strahltriebwerks aufweist, und die eine Drehkupplung (105) aufweist, an die eine Leitungsverbindung anschließbar ist. Erfindungsgemäß sind die Leitungen (108) zur Führung

des Reinigungsmediums von der Drehkupplung (105) zu den Düsen (107) so ausgebildet, dass ein Feststoff der Strömung ungehindert folgen kann und nicht an den Rohrwandungen niederschlägt oder sublimiert. Weiterer Gegenstand der Erfindung ist eine entsprechend gestaltete Anordnung aus einer solchen Düseneinrichtung und einem Triebwerk.

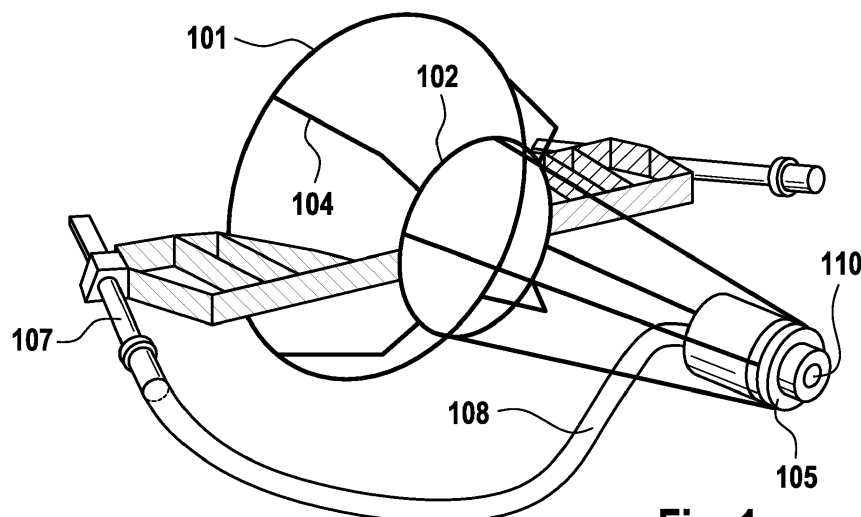


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, eine Anordnung, sowie ein Verfahren zum Reinigen eines Flugzeugstrahltriebwerks.

[0002] Flugzeugstrahltriebwerke besitzen eine oder mehrere Kompressorstufen, eine Brennkammer, sowie eine oder mehrere Turbinenstufen. In den Turbinenstufen geben die aus der Brennkammer stammenden heißen Verbrennungsgase einen Teil ihrer thermischen und mechanischen Energie ab, die zum Antrieb der Kompressorstufen genutzt wird. Strahltriebwerke von kommerziellen Verkehrsflugzeugen weisen heute überwiegend einen sogenannten Turbofan auf, der stromaufwärts von den Kompressorstufen angeordnet ist und in der Regel einen erheblich größeren Durchmesser als die Kompressorstufen aufweist. Der Turbofan wird ebenfalls durch die Turbinenstufen angetrieben und lässt einen erheblichen Teil der das Triebwerk insgesamt durchströmenden Luft als sogenannten Nebenluftstrom an den Kompressorstufen, der Brennkammer und den Turbinenstufen vorbeiströmen. Durch einen solchen Nebenstrom kann der Wirkungsgrad eines Triebwerks erheblich gesteigert und außerdem noch für eine verbesserte Geräuschdämmung des Triebwerks gesorgt werden.

[0003] Eine Verschmutzung eines Flugzeugstrahltriebwerks kann zu einer Reduktion des Wirkungsgrades führen, was einen erhöhten Kraftstoffverbrauch und damit eine erhöhte Umweltbelastung zur Folge hat. Die Verschmutzung kann beispielsweise durch Insekten, Staub, Salznebel oder sonstigen Umweltverunreinigungen hervorgerufen werden. Teile des Triebwerks können durch Verbrennungsrückstände der Brennkammer kontaminiert werden. Diese Verunreinigungen bilden einen Belag auf den mit Luft durchströmten Teilen eines Flugzeugtriebwerks und beeinträchtigen die Oberflächengüte. Damit wird der thermodynamische Wirkungsgrad des Triebwerks beeinträchtigt. Hierbei sind insbesondere die Schaufeln in den Kompressorstufen zu nennen, deren Verschmutzung einen erheblichen Einfluss auf den Wirkungsgrad des gesamten Triebwerks hat.

[0004] Zur Beseitigung von Verunreinigungen ist bekannt, ein Triebwerk mit einer Reinigungsflüssigkeit, in der Regel heißes Wasser, zu reinigen. Aus der WO 2005/120953 ist eine Anordnung bekannt, bei der eine Mehrzahl von Reinigungsdüsen stromaufwärts des Turbofans bzw. der Kompressorstufen angeordnet werden. Die Reinigungsflüssigkeit wird dann in das Triebwerk gesprüht. Das Triebwerk kann sich dabei im sogenannten Dry-Cranking, d.h. die Schaufeln des Triebwerks rotieren, ohne dass in der Brennkammer Kerosin verbrannt wird, drehen. Durch die in das Triebwerk eingebrachte Reinigungsflüssigkeit sollen Verschmutzungen von den Oberflächen der Triebwerkskomponenten abgewaschen werden.

[0005] Alternativ zur Verwendung von Wasser als Reinigungsmedium ist die Verwendung von Kohlenstaub bekannt. Der Kohlenstaub wird dabei wie das Wasser

durch Düsen in das Triebwerk eingebracht und trägt Verunreinigungen von Oberflächen aufgrund von abrasiven Effekten ab. Allerdings wird durch den Kohlenstaub auch die Oberfläche der Triebwerksteile angegriffen, weshalb ein Reinigungsmedium wie Kohlenstaub sich nicht für die regelmäßige Reinigung von Flugzeugtriebwerken eignet. Außerdem bleiben beim Reinigen mit Kohlenstaub ungewünschte Reste des Reinigungsmaterials im Triebwerk zurück.

[0006] WO 2009/132847 A1 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Reinigen von Strahltriebwerken unter Verwendung von festem Kohlendioxid als Reinigungsmedium.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Vorrichtung und eine Anordnung zu schaffen, die eine verbesserte Reinigung von Flugzeugtriebwerken ermöglichen.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Düsenanordnung gemäß Anspruch 1 bzw. 2 und eine Anordnung gemäß Anspruch 12. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0009] Die Erfindung betrifft zudem ein Verfahren zum Reinigen eines Strahltriebwerks mit einem Reinigungsmedium, das Feststoffe enthält. Die Feststoffe werden mittels eines Trärgases durch wenigstens eine Düse in das Triebwerk eingebracht. Das Reinigungsmedium umfasst erfindungsgemäß somit zumindest ein Trägergas sowie Feststoffe, bevorzugt ausschließlich Trägergas und Feststoffe. Ein Trägergas ist ein bei der Anwendungstemperatur gasförmiges Medium, bevorzugt kann Druckluft verwendet werden. Bei den Feststoffen kann es sich um bei der Anwendungstemperatur stabile Feststoffe wie beispielsweise Kunststoffperlen, Glasperlen oder Kohlenstaub handeln. Bevorzugt werden jedoch thermolabile Feststoffe wie beispielsweise festes Kohlendioxid und/oder Eis (Wassereis) verwendet.

[0010] Die Erfindung hat erkannt, dass durch die beanspruchten Verfahrensparameter eine wirksame Reinigung insbesondere des Kompressors oder Verdichters eines Triebwerks möglich ist. Erfindungsgemäß folgt das Reinigungsmedium der Strömung im Verdichter und erzielt einen Reinigungseffekt in sämtlichen Stufen des Verdichters, insbesondere auch in den hintersten Stufen. Erfindungsgemäß wird insbesondere erreicht, dass thermolabile Feststoffe wie insbesondere Kohlendioxid oder Eis nicht bereits in den vorderen Stufen des Verdichters sämtliche kinetische Energie abgeben und/oder sublimieren oder schmelzen. Stattdessen wird durch die erfindungsgemäßen Parameter den Feststoffen lediglich ein Grundimpuls mitgegeben, der sie in das Triebwerk fördert. Anschließend wird der Feststoff vom Gasstrom im Triebwerk mitgenommen und so auch in die hintersten Verdichterstufen gefördert. Der Druck des Trärgases beträgt daher erfindungsgemäß 1 bis 5 bar, vorzugsweise 2 bis 4 bar. Ein besonders bevorzugter Druck ist 3 bar.

[0011] Um die gewünschte Mitnahme der Feststoffe durch den Luftstrom im Verdichter zu ermöglichen, ohne dass die Feststoffe vorzeitig gegen die innere oder äu-

ßere Verdichterwand stoßen, sollte die Austrittsrichtung der Düse (im Rahmen der Erfindung bezeichnet dieser Begriff die Hauptaustrittsrichtung) möglichst weit in den Verdichter hineinreichen, ohne dass diese Austrittsrichtung bzw. ihre gedachte Achse die Wände des Verdichters berührt. Zu diesem Zweck ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Austritt der wenigstens einen Düse in einem Radialabstand von der Rotationsachse des Triebwerks angeordnet wird, der dem 0,5 bis 1,2fachen, vorzugsweise dem 0,5 bis 1fachen des Radius der stromauf gerichteten Eintrittsöffnung der ersten Kompressorstufe entspricht. Der Austritt liegt somit in Radialrichtung näher an der äußeren Verdichterwand als an der Rotationsachse des Triebwerks bzw. Verdichters. Die Hauptaustrittsrichtung der Düse ist erfindungsgemäß schräg nach innen zur Rotationsachse des Triebwerks hin gerichtet und schließt mit dieser Achse einen Winkel von 10 bis 30°, vorzugsweise 12 bis 25°, weiter vorzugsweise 16 bis 19° ein.

[0012] Die Kombination dieser erfindungsgemäßen Verfahrensparameter erlaubt eine wirkungsvolle Reinigung des Verdichters (Core Engine) von Strahltriebwerken über deren gesamte Länge, insbesondere auch in den in Strömungsrichtung hinteren Stufen.

[0013] Eine im Rahmen der Erfindung besonders bevorzugte Kompressor-geometrie weist einen gekrümmten Strömungskanal auf, mit einer in Strömungsrichtung vorderen, radial innen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals und einer in Strömungsrichtung dahinter angeordneten, radial außen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals. Im Rahmen der Erfindung bezeichnet der Begriff der in Strömungsrichtung vorderen, radial innen angeordneten konvexen Krümmung eine Einwärtskrümmung des Strömungskanals in Richtung der Rotationsachse des Strahltriebwerks und der Begriff der in Strömungsrichtung dahinter angeordneten, radial außen angeordneten konvexen Krümmung eine Auswärtskrümmung des Strömungskanals. In einer für diese besonders bevorzugte Kompressor-geometrie vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die Hauptaustrittsrichtung der wenigstens einen Düse mit der Rotationsachse des Triebwerks vorzugsweise einen Winkel einschließen, der zwischen β und α liegt; wobei β der Winkel ist zwischen der Rotationsachse des Triebwerks und einer ersten Geraden, die als Tangente an der in Strömungsrichtung vorderen, radial innen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals des Kompressors und an der in Strömungsrichtung dahinter angeordneten, radial außen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals verläuft; und wobei α der Winkel ist zwischen der Rotationsachse des Triebwerks und einer zweiten Geraden, die als Tangente an dem radial außen angeordneten Rand des Einlaufs des Kompressors (Verdichters) und an der in Strömungsrichtung dahinter angeordneten, radial innen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals verläuft. Ferner kann der Austritt der wenigstens einen Düse vorzugsweise in einem Radial-

abstand von der Rotationsachse des Triebwerks angeordnet werden, der zwischen den Radialabständen der Schnittpunkte der ersten und zweiten Geraden mit derjenigen Radialebene liegt, in der der Austritt der wenigstens einen Düse angeordnet ist. Im Rahmen der Erfindung bezeichnet der Begriff Radialebene eine senkrecht zur Rotationsachse angeordnete Ebene.

[0014] Die Feststoffe sind erfindungsgemäß bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus festem Kohlendioxid und Wassereis. Besonders bevorzugt ist festes Kohlendioxid. Kohlendioxid und/oder Wassereis können besonders bevorzugt in Form von Pellets verwendet werden. Ebenfalls möglich ist die Verwendung von Wassereis als zerkleinertes Eis (sog. crushed ice).

[0015] Pellets können in einem sog. Pelletiser aus flüssigem CO₂ hergestellt werden und sind gut lagerungsfähig. Es kann vorgesehen sein, dass eine Versorgungseinrichtung bereits vorgefertigte Pellets mit Hilfe des Trägergases zur Düseneinrichtung befördert. Es ist aber auch möglich, dass die Versorgungseinrichtung eine Vorrichtung aufweist, um aus flüssigem Kohlendioxid feste Kohlendioxidpellets bzw. festen Kohlendioxidschnee herzustellen, und diese mit dem Trägergas zur Düseneinrichtung befördert. In beiden Fällen tritt das feste Kohlendioxid aus den Düsen der Düseneinrichtung aus und gelangt in das zu reinigende Triebwerk. In dem Dokument "Carbon Dioxide Blasting Operations" der US-Streitkräfte ist die Technik zur Herstellung von CO₂-Pellets beschrieben. Pellets werden bspw. durch eine Verdichtung von festem CO₂ (bspw. Flocken) in einem Pelletiser oder dergleichen gewonnen. Die Herstellung von Eispellets (Wassereis) ist dem Fachmann geläufig und bedarf hier keiner näheren Erläuterung.

[0016] In einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Reinigungsmedium festes Kohlendioxid und Wassereis im Massenverhältnis 5:1 bis 1:5, vorzugsweise 1:2 bis 2:1 aufweisen. Grundsätzlich ist es zwar bereits bekannt (WO 2012/123098 A1), eine Mischung von Pellets aus Kohlendioxid und Eis als festes Strahlmittel zur Reinigung von Oberflächen vorzusehen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass diese Mischung in besonders vorteilhafter Weise zur Reinigung von Strahltriebwerken eingesetzt werden kann, da der größere Teil des festen Kohlendioxid bereits im vorderen Bereich des Kompressors sublimiert und diesen zum einen durch die kinetische Energie der Kollision und durch thermische Effekte reinigt. Aufgrund der durch das Kohlendioxid induzierten Wärme-Kälte-Spannung werden Verunreinigungen von den Oberflächen der Triebwerksteile abgelöst. Das erfindungsgemäß in der Mischung zugesetzte Eis weist eine höhere Härte und längere Haltbarkeit auf als festes Kohlendioxid. Dadurch verbessert es zum einen den mechanischen Reinigungseffekt durch die kinetische Energie des Aufpralls und ist besser in der Lage, den Kompressor insgesamt bis zu den hinteren Stufen zu durchdringen und auch dort noch eine Reinigungswirkung zu entfalten. Die erfindungsgemäß eingesetzte Mischung bewirkt zum einen eine weitgehend vollständige

und gleichmäßige Reinigung aller Stufen des Kompressors und trägt zum anderen nur vergleichsweise geringe Mengen Wasser in das Triebwerk ein. Dieses eingetragene Wasser wird erfindungsgemäß in der Regel durch das eingesetzte Trägergas (vorzugsweise Luft) bzw. durch den beim Dry-Cranking durch das Triebwerk strömenden Luftstrom größtenteils aus dem Triebwerk abtransportiert.

[0017] Die mittlere Größe der verwendeten Pellets liegt bevorzugt im Bereich 1 bis 10 mm, bevorzugt kann sie etwa 3 mm betragen. Wenn längliche Pellets verwendet werden, kann deren Länge beispielsweise 3 bis 6 mm betragen, die Abmessung quer zur Längserstreckung beispielsweise etwa 3 mm.

[0018] Bevorzugt werden die Feststoffe mit einem Massenstrom von 100 bis 2000 kg/h, weiter vorzugsweise 200 bis 1500 kg/h, weiter vorzugsweise 350 bis 2000 kg/h, weiter vorzugsweise 400 bis 2000 kg/h, weiter vorzugsweise 350 bis 1200 kg/h, weiter vorzugsweise 400 bis 1200 kg/h, weiter vorzugsweise 100 bis 600 kg/h, weiter vorzugsweise 200 bis 500 kg/h, weiter vorzugsweise 350 bis 450 kg/h eingebracht. Die Dauer des Reinigungsvorgangs (reine Strahlzeit ohne Pausen) beträgt bevorzugt 1 bis 15 min, weiter vorzugsweise 2 bis 10 min, weiter vorzugsweise 4 bis 8 min. Somit kann beispielsweise während eines Reinigungsvorgangs 1,5 bis 200 kg, vorzugsweise 35 bis 200 kg, weiter vorzugsweise 40 bis 200 kg, weiter vorzugsweise 40 bis 120 kg, weiter vorzugsweise 1,5 bis 50 kg, weiter vorzugsweise 3 bis 35 kg, weiter vorzugsweise 7 bis 25 kg Feststoff in das Triebwerk eingebracht werden.

[0019] Bevorzugt ist die Düse bzw. sind die Düsen Flachstrahldüsen, beispielsweise Flachstrahldüsen mit einem Öffnungswinkel von 1°.

[0020] Das Dry-Cranking bzw. Rotierenlassen des Strahltriebwerks während des Reinigungsvorgangs erfolgt bevorzugt mit einer Fan-Drehzahl von 50 bis 500 min⁻¹, vorzugsweise 100 bis 300 min⁻¹, weiter vorzugsweise 120 bis 250 min⁻¹. Besonders bevorzugt ist eine Fan-Drehzahl zwischen 150 und 250 min⁻¹. Das Reinigen kann auch im Leerlaufbetrieb des Triebwerks stattfinden. Die Drehzahl beträgt dann bevorzugt 500 bis 1500 min⁻¹.

[0021] Gegenstand der Erfindung ist ferner eine Düseneinrichtung mit wenigstens einer Düse, die zum Einbringen von Reinigungsmediums enthaltend Feststoffe in ein Strahltriebwerk ausgebildet ist, die Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Turbofans eines Strahltriebwerks aufweist, und die eine Drehkupplung aufweist, an die eine Leitungsverbindung anschließbar ist.

[0022] In einer ersten Variante der Erfindung ist vorgesehen, dass die Leitungen zur Führung des Reinigungsmediums von der Drehkupplung zu den Düsen so ausgebildet sind, dass die in den Leitungen vorhandenen Krümmungen so ausgebildet sind, dass festes Kohlendioxid der Strömung ungehindert folgen kann und nicht an den Rohrwandungen aufgrund zu enger Krümmungs-

radien sublimiert.

[0023] In einer zweiten, entweder unabhängigen oder bevorzugt mit der ersten Variante der Erfindung zu kombinierenden Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Verbindung des düsenseitigen Auslasses der Drehkupplung mit dem Einlass der wenigstens einen Düse mittels eines flexiblen Schlauchs erfolgt.

[0024] Ein beide Varianten der Erfindung verbindender Grundgedanke ist es, dass die Leitungen für das Reinigungsmedium von der Drehkupplung bis zum Austritt der Düse möglichst sanfte und nicht zu große Übergangswinkel bzw. Krümmungswinkel aufweisen, um so eine möglichst reibungsarme Förderung der Feststoffe mittels des Trägergases zu ermöglichen. Bei der zweiten Variante der Erfindung ermöglicht die Verwendung von bevorzugt demontierbaren Schläuchen durch deren Flexibilität eine hinreichend sanft gekrümmte Führung der Feststoffe. Auf der anderen Seite sorgen die Schläuche dafür, dass die Düseneinrichtung für die Lagerung und den Transport hinreichend klein und nicht zu ausladend ist, insbesondere können für Transport und Lagerung die Schläuche bevorzugt demontiert und separat transportiert oder aufbewahrt werden.

[0025] Eine Leitungsverbindung verbindet die Düseneinrichtung mit einer Versorgungseinrichtung, diese Versorgungseinrichtung stellt das Reinigungsmedium zur Verfügung (beispielsweise in Tanks) und kann mit Bedienungs- und Antriebseinrichtungen, Pumpen, Energiespeichern oder dergleichen versehen sein. Sie ist vorzugsweise als mobile, insbesondere fahrbare Einheit ausgebildet.

[0026] Die Düseneinrichtung weist eine oder mehrere Düsen auf. Besonders bevorzugt ist es, wenn die Düseneinrichtung wenigstens zwei Düsen aufweist.

[0027] Durch die drehfeste Verbindung mit der Welle kann die Düseneinrichtung beim Dry-Cranking, d.h. beim langsamen Durchdrehen des Triebwerks ohne Einspritzung von Kerosin, mitrotieren.

[0028] Der Begriff der Drehkupplung zwischen Düseneinrichtung und der Leitungsverbindung ist funktionell zu verstehen und bezeichnet jegliche Einrichtung, die sich zum Herstellen einer hinreichend stabilen, bevorzugt druckfesten und dichten Verbindung zwischen dem stationären Teil der Leitungsverbindung und der mit dem Fan mitrotierenden Düseneinrichtung eignet. Zweck der Drehkupplung ist es, das Reinigungsmedium aus der stationären Versorgungseinrichtung in die mitdrehende Düseneinrichtung zu leiten und dann aus den Düsen austreten zu lassen.

[0029] Die Drehkupplung befindet sich bevorzugt im vorderen Bereich der Düseneinrichtung, d.h. in demjenigen Bereich, der im montierten Zustand stromaufwärts, also weg vom Einlass des Strahltriebwerks, weist. Die Austrittsöffnung der Düsen ist dementsprechend im davon wegweisenden axialen Endbereich der Düseneinrichtung vorgesehen, also im montierten Zustand in dem stromabwärts liegenden Endbereich. Diese Anordnung ermöglicht es, die Düsen bei der Montage auf der Welle

des Fans eines Turbofan-Triebwerks entweder durch die Zwischenräume der Schaufeln hindurchzustecken, so dass sie unmittelbar vor der ersten Kompressorstufe angeordnet sind, oder aber zumindest gezielt so auszurichten, dass sie durch die Zwischenräume der Schaufeln des Turbofans hindurch direkt auf die erste Kompressorstufe sprühen.

[0030] Bevorzugt liegt der düsenseitige Auslass der Drehkupplung diametral gegenüber dem Einlass. Der Einlass weist bevorzugt in Axialrichtung und stromauf, also in diejenige Richtung, aus der im montierten Zustand der Düseneinrichtung an einem Triebwerk der Anstrom des Triebwerks erfolgt. Der diametral gegenüberliegenden Auslass erfolgt dann ebenfalls in Axialrichtung stromab. Auf diese Art und Weise erfährt das Reinigungsmedium innerhalb der Drehkupplung keine oder allenfalls eine geringfügige Änderung der Strömungsrichtung, so dass es zu keiner unerwünschten Reibung der Feststoffe durch Krümmungen bzw. zu enge Krümmungen der Leitungen kommt.

[0031] Bei der erfindungsgemäßen Düseneinrichtung sind die Düse oder die Düsen in der Regel im radial äußeren Bereich angeordnet, während die Drehkupplung üblicherweise in der Drehachse bzw. Rotationsachse angeordnet ist. Um eine Führung des Reinigungsmediums durch Leitungen bzw. flexible Schläuche mit geringen Krümmungen zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn die Drehkupplung, die üblicherweise das stromauf gerichtete axiale Ende der Düseneinrichtung darstellt, von den Mitteln zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Turbofans, die üblicherweise das stromab gerichtete Ende der erfindungsgemäßen Düseneinrichtung darstellen, einen hinreichend großen axialen Abstand aufweist, der eine Führung der Leitungen von der Drehkupplung zu den Düsen mit hinreichend großen Krümmungsradien erlaubt bzw. erleichtert. Bevorzugt kann beispielsweise der axiale Abstand der Drehkupplung von den genannten Mitteln zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Turbofans 0,2 bis 2 m, weiter vorzugsweise 0,5 bis 2 m, weiter vorzugsweise 0,75 bis 1,25 m betragen. Ferner kann die Führung des Reinigungsmediums vom Einlass der wenigstens einer Düse bis zum Düsenaustritt im wesentlichen geradlinig ausgebildet sein. Innerhalb der eigentlichen Düse erfolgt somit keine Umlenkung des Reinigungsmediums zwischen Eintritt und Austritt.

[0032] Es kann vorgesehen sein, dass die Düseneinrichtung so am Turbofan befestigt ist, dass ihre Düsen zwischen den Schaufeln des Turbofans hindurchweisen. Dadurch wird eine gezielte Reinigung der Kompressorstufen und daran anschließend der Brennkammer bzw. Turbinenstufen erreicht. Die beim Dry-Cranking mitdrehenden Düsen bestreichen dabei die erste Kompressorstufe gleichmäßig über den gesamten Umfang. Das Reinigungsmedium unterliegt dabei keiner Beeinträchtigung durch den in Strömungsrichtung davor angeordneten Turbofan und die Sprühdichtung des Reinigungsmediums kann so an den Anstellwinkel der Schaufeln der ersten Kompressorstufe angepasst werden.

[0033] 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. Die Düsen sind bevorzugt als Flachstrahldüsen ausgebildet, die bevorzugt beispielsweise einen Öffnungswinkel von 1° aufweisen können.

[0034] Der radiale Abstand des Düsenaustritts von der Rotationsachse des Triebwerks und damit auch der Düseneinrichtung kann erfindungsgemäß beispielsweise 200 bis 800 mm, weiter vorzugsweise 400 bis 750 mm, weiter vorzugsweise 600 bis 700 mm, weiter vorzugsweise 200 bis 400 mm, weiter vorzugsweise 230 bis 300 mm, weiter vorzugsweise 260 bis 280 mm betragen. Diese Werte hängen vom zu reinigenden Triebwerk ab und können dementsprechend variieren. Der bevorzugte Abstand von 260 bis 280 mm ist beispielsweise geeignet, die Core-Engine eines CF6-50-Triebwerks zu reinigen. Der bevorzugte Abstand von 600 bis 700 mm ist beispielsweise geeignet, die Core-Engine eines CF6-80-Triebwerks zu reinigen. Bei montierter Düseneinrichtung befindet sich der Düsenaustritt dann im Bereich des radial äußeren Rands des Eintritts des Verdichters.

[0035] Die Strahlebene bzw. Hauptaustrittsrichtung der Düse(n) ist bevorzugt schräg nach innen zur Rotationsachse des Triebwerks hin gerichtet und schließt mit dieser Achse einen Winkel von 10 bis 30° , vorzugsweise 12 bis 25° , weiter vorzugsweise 16 bis 19° ein. Die genannten Werte können abhängig vom zu reinigenden Triebwerk variieren und sollten so gewählt werden, dass die Hauptaustrittsrichtung der Düse (bzw. deren gedachte Verlängerung) möglichst weit in den Verdichter hineinragt, ohne Innen- oder Außenwände des Verdichters zu berühren.

[0036] Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann die Strahlebene bzw. Hauptaustrittsrichtung der Düse(n) mit der Rotationsachse des Triebwerks vorzugsweise einen Winkel einschließen, der zwischen β und α liegt; wobei β der Winkel ist zwischen der Rotationsachse des Triebwerks und einer ersten Geraden, die als Tangente an der in Strömungsrichtung vorderen, radial innen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals des Kompressors und an der in Strömungsrichtung dahinter angeordneten, radial außen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals verläuft; und wobei α der Winkel ist zwischen der Rotationsachse des Triebwerks und einer zweiten Geraden, die als Tangente an dem radial außen angeordneten Rand des Einlaufs des Kompressors (Verdichters) und an der in Strömungsrichtung dahinter angeordneten, radial innen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals verläuft.

[0037] Die Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Turbokfans des Strahltriebwerks umfassen bevorzugt Befestigungsmittel zur Befestigung an den Turbokfanschaufeln, wie beispielsweise geeignet ausgebildete Haken, mit denen die Düseneinrichtung an den Hinterkanten (die stromabwärts liegenden Kanten) der Schaufeln des Turbokfans eingehakt werden kann.

[0038] Die Düseneinrichtung kann zur drehfesten Fixierung mit der Welle des Turbokfans eine Einrichtung zum im Wesentlichen formschlüssigen Aufsetzen auf die Wellennabe des Fans aufweisen. Turbokfan-Triebwerke weisen nämlich in der Regel auf dem stromaufwärts gelegenen Ende der Welle des Turbokfans 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.

[0039] 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.

[0040] 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 Turbokfanschaufeln fixiert werden, verspannt werden. Erfindungsgemäß können Federeinrichtungen zum Vorspannen der Spannseile vorgesehen sein, damit die Düseneinrichtung mit einer definierten Kraft an die Wellennabe angedrückt wird. Die Spannseile sind bevorzugt (beispielsweise mittels Haken) an den Turbokfanschaufeln, bevorzugt an deren Hinterkante, befestigt.

[0041] Eine Versorgungseinrichtung für das Reinigungsmedium weist bevorzugt Vorratstanks für die Bestandteile des Reinigungsmediums und wenigstens eine Pumpe zur Druckbeaufschlagung der Düseneinrichtung mit dem Reinigungsmedium auf. Es wird ein Trägergas, vorzugsweise Luft, eingesetzt. Das Trägergas kann vorbehandelt sein, beispielsweise kann es getrocknet werden, damit es einen möglichst großen Anteil von in das Triebwerk eingetragenen Wassers aufnehmen und abführen kann. Es kann vorgesehen sein, dass Trägergas zu kühlen, damit Eispellets und/oder Kohlendioxidpellets im Trägergasstrom möglichst beständig sind. Alternativ ist es jedoch auch möglich, den Trägergasstrom zu erwärmen, beispielsweise auf etwa 80 °C. Dies erscheint

bspw. für Kohlendioxidpellets zunächst widersinnig, da es die Beständigkeit der Pellets vermindert. Die Erfindung hat jedoch erkannt, dass der warme Trägergasstrom dem Triebwerksinneren Wärmeenergie zuführt, die die Abkühlung durch das Reinigungsmedium ausgleicht. Dies verhindert, dass durch zu starke Abkühlung das feste Kohlendioxid nur noch eine unzureichende Reinigungswirkung entfalten kann (aufgrund des zu geringen Temperaturunterschieds). Auch kann so verhindert werden, dass im Triebwerksinneren verbleibendes Wasser im Fall der Verwendung von Wassereis als Reinigungsmedium fest friert. Da das Trägergas nur über einen sehr kurzen Zeitraum auf die kalten Pellets einwirkt, bevor diese ihre Reinigungswirkung entfalten können, fällt der Einfluss des erwärmten Trägergases auf die Pellets nicht oder kaum ins Gewicht.

[0042] Gegenstand der Erfindung ist ferner eine Anordnung aus einem Strahltriebwerk und einer erfindungsgemäßen Düseneinrichtung. Die Anordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Düseneinrichtung so angeordnet ist, dass ihre Düse(n) auf den Einlauf des Strahltriebwerks gerichtet ist/sind.

[0043] Die Strahlebene bzw. Hauptaustrittsrichtung der Düse(n) ist bevorzugt schräg nach innen zur Rotationsachse des Triebwerks hin gerichtet und schließt mit dieser Achse einen Winkel von 10 bis 30°, vorzugsweise 12 bis 25°, weiter vorzugsweise 16 bis 19° ein.

[0044] Bevorzugt ist der Austritt der wenigstens einen Düse in einem Radialabstand von der Rotationsachse des Triebwerks angeordnet, der dem 0,5 bis 1,2fachen, vorzugsweise dem 0,5 bis 1fachen des Radius der stromauf gerichteten Eintrittöffnung der ersten Kompressorstufe entspricht. Der Austritt liegt somit in Radialrichtung näher an der äußeren Verdichterwand als an der Rotationsachse des Triebwerks bzw. Verdichters.

[0045] Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann die Hauptaustrittsrichtung der Düse(n) mit der Rotationsachse des Triebwerks einen Winkel einschließen, der zwischen β und α liegt; wobei β der Winkel ist zwischen der Rotationsachse des Triebwerks und einer ersten Geraden, die als Tangente an der in Strömungsrichtung vorderen, radial innen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals des Kompressors und an der in Strömungsrichtung dahinter angeordneten, radial außen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals verläuft; und wobei α der Winkel ist zwischen der Rotationsachse des Triebwerks und einer zweiten Geraden, die als Tangente an dem radial außen angeordneten Rand des Einlaufs des Kompressors (Verdichters) und an der in Strömungsrichtung dahinter angeordneten, radial innen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals verläuft. Ferner kann der Austritt der wenigstens einen Düse vorzugsweise in einem Radialabstand von der Rotationsachse des Triebwerks angeordnet werden, der zwischen den Radialabständen der Schnittpunkte der ersten und zweiten Geraden mit derjenigen Radialebene liegt, in der der Austritt der wenigstens einen Düse angeordnet ist.

[0046] Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass die Düseneinrichtung drehfest mit der Welle des Fans des Strahltriebwerks verbunden ist, die Drehachsen des Fans des Strahltriebwerks und der Düseneinrichtung im wesentlichen konzentrisch angeordnet sind, die Düsen der Düseneinrichtung einen radialen Abstand von der gemeinsamen Drehachse des Strahltriebwerks und der Vorrichtung aufweisen, der dem 0,5 bis 1,2fachen, vorzugsweise dem 0,5 bis 1fachen des Radius der ersten Kompressorstufe entspricht, und die Austrittsöffnungen der Düsen in Axialrichtung hinter der Ebene des Turbofans angeordnet und/oder die Düsen in den Zwischenräumen der Turbofanschaufeln angeordnet und/oder auf Zwischenräume der Turbofanschaufeln ausgerichtet sind, so dass die Düsenstrahlen im wesentlichen ungehindert durch die Ebene des Turbofans hindurchtreten können.

[0047] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 eine erste Ansicht einer erfindungsgemäßen Düseneinrichtung;

Fig. 2 eine zweite Ansicht einer erfindungsgemäßen Düseneinrichtung;

Fig. 3 eine Ansicht einer besonders bevorzugten Kompressor-geometrie.

[0048] Die Düseneinrichtung weist zwei Ringelemente 101, 102 auf, mit deren Hilfe die Düseneinrichtung auf eine Wellennabe des Turbofans eines Strahltriebwerks aufgesetzt wird. Im aufgesetzten Zustand umschließen die Ringelemente 101, 102 die Wellennabe im Wesentlichen formschlüssig. Zu den Details der Verbindung der Düseneinrichtung mit einer Wellennabe wird auf die WO 2009/132847 A1 verwiesen, deren Offenbarung durch Bezugnahme darauf auch zum Gegenstand der vorliegenden Anmeldung gemacht wird. Die beiden Ringelemente 101, 102 sind durch Radialstreben 104 miteinander verbunden. An der stromaufweisenden Spitze der Düseneinrichtung (bezogen auf die Strömungsrichtung des Triebwerks) ist eine insgesamt mit 105 bezeichnete Drehkupplung angeordnet, die einen Einlass 110 aufweist. Die Drehkupplung 105 kann alternativ von der Verzweigung mit den Druckanschlüssen 106 getrennt ausgebildet sein und bspw. durch ein kurzes Schlauchstück damit verbunden sein, dessen Flexibilität mögliche Achsabweichungen bei der Montage ausgleichen hilft. Von dieser Drehkupplung 105 erstrecken sich zwei axial stromabführende Druckanschlüsse 106. An die Druckanschlüsse 106 können zwei Druckschläuche 108 angeschlossen werden (in Fig. 1 ist der Übersichtlichkeit halber nur ein Druckschlauch 108 dargestellt), deren jeweils

Die Länge und Flexibilität dieser Druckschläuche 108 ist

so bemessen, dass diese im montierten Zustand in den Krümmungen so ausgebildet sind, dass diese eine störungsfreie Förderung des Strahlmediums erlauben. Aufgrund der großen Krümmungsradien können Feststoffe und insbesondere Pellets vom Eingang der Drehkupplung 105 bis zum Düsenaustritt 109 der Flachstrahldüsen 107 reibungsarm transportiert werden.

Die beiden Flachstrahldüsen 107 werden so mit Reinigungsmedium gespeist.

[0049] Der axiale Abstand der Drehkupplung 105 von den Austrittsöffnungen 109 der Düsen 107 beträgt im Ausführungsbeispiel etwa 1,2 m. Dieser Abstand ist hinreichend, dass die Druckschläuche 108 die Einlässe der Düsen 107 ohne zu große Krümmungen dieser Druckschläuche 108 mit den Auslässen 106 der Drehkupplung 105 verbinden können. Der radiale Abstand des Düsenaustritts 109 von der Rotationsachse beträgt im Ausführungsbeispiel etwa 270 mm. Er ist abgestimmt auf die Reinigung eines CF6-50-Triebwerks. Die Hauptaustrittsrichtung der Düsen 107 (diese entspricht im wesentlichen ihrer Längsachse) schließt mit der Rotationsachse der Düseneinrichtung einen Winkel von 18° ein.

[0050] Die Befestigung der Düseneinrichtung an der Wellennabe eines Turbofans erfolgt mittels Spannseilen, wie detailliert in WO 2009/132847 A1 beschrieben.

[0051] Zum Reinigen eines Strahltriebwerks wird die Düseneinrichtung auf die Wellennabe des Turbofans aufgesetzt und an den Schaufeln des Turbofans fixiert. Das Triebwerk wird in Drehung versetzt (dry-cranking). Über die Drehkupplung 105 und die Druckschläuche 108 werden die Flachstrahldüsen 107 mit Reinigungsmedium aus einer nicht dargestellten Versorgungseinrichtung gespeist. Dieses Reinigungsmedium überstreicht den Einlass der ersten Kompressorstufe über deren gesamten Umfang und führt so die Reinigung aus.

[0052] Figur 3 zeigt den schematischen Ausschnitt eines Triebwerks mit einer besonders bevorzugten Kompressor-geometrie. Abgebildet sind eine Turbofanschaufel 301 und der stromabwärts angeordnete Einlauf 303 des Kompressors 304 relativ zur Rotationsachse 308 des Triebwerks. Der Einlauf 303 weist einen radial außen angeordneten Rand 305 auf. In Strömungsrichtung hinter dem Rand 305 ist eine radial innen angeordnete konvexe Krümmung 306 des Strömungskanals 302 des Kompressors angeordnet. Hierbei handelt es sich um eine Einwärtskrümmung in Richtung der Rotationsachse 308 des Triebwerks. In Strömungsrichtung hinter der Krümmung 306 ist eine radial außen angeordnete konvexe Krümmung 307 des Strömungskanals 302. Die Hauptaustrittsrichtung der Düse(n) (in Fig. 3 nicht gezeigt) können mit der Rotationsachse 308 des Triebwerks vorzugsweise einen Winkel einschließen, der zwischen den Winkeln β und α liegt; wobei β der Winkel ist zwischen der Rotationsachse 308 des Triebwerks und einer ersten Geraden 310, die als Tangente an der in Strömungsrichtung vorderen, radial innen angeordneten konvexen Krümmung 306 (an Punkt B₁) des Strömungskanals des Kompressors und an der in Strömungsrichtung dahinter angeord-

neten, radial außen angeordneten konvexen Krümmung 307 (an Punkt B₂) des Strömungskanals 302 verläuft; und wobei α der Winkel ist zwischen der Rotationsachse 308 des Triebwerks und einer zweiten Geraden 311, die als Tangente an dem radial außen angeordneten Rand 305 des Einlaufs 303 des Kompressors 304 (an Punkt P) und an der in Strömungsrichtung dahinter angeordneten, radial innen angeordneten konvexen Krümmung 306 (an Punkt A) des Strömungskanals verläuft. Ferner kann der Austritt einer (nicht gezeigten) Düse in einem Radialabstand von der Rotationsachse 308 des Triebwerks angeordnet sein, der zwischen den Radialabständen ($x_{\min}$, $x_{\max}$) der Schnittpunkte (x_2 , x_1) der ersten und zweiten Geraden mit derjenigen Radialebene 309 liegt, in der der Austritt der Düse (in Fig. 3 nicht gezeigt) angeordnet ist.

Patentansprüche

1. Düseneinrichtung mit wenigstens einer Düse (107), die zum Einbringen von Reinigungsmediums enthaltend Feststoffe in ein Strahltriebwerk ausgebildet ist, die Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Turbokompressors eines Strahltriebwerks aufweist, und die eine Drehkupplung (105) aufweist, an die eine Leitungsverbindung anschließbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitungen (108) zur Führung des Reinigungsmediums von der Drehkupplung (105) zu den Düsen (107) so ausgebildet sind, dass ein Feststoff der Strömung ungehindert folgen kann und nicht an den Rohrwandungen niederschlägt oder sublimiert.
2. Düseneinrichtung mit wenigstens einer Düse, die zum Einbringen von Reinigungsmediums enthaltend Feststoffe in ein Strahltriebwerk ausgebildet ist, die Mittel zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Turbokompressors eines Strahltriebwerks aufweist, und die eine Drehkupplung (105) aufweist, an die eine Leitungsverbindung anschließbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindung des düsenseitigen Auslasses (106) der Drehkupplung (105) mit dem Einlass der wenigstens einen Düse (107) mittels eines flexiblen Schlauchs (108) erfolgt.
3. Düseneinrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der düsenseitige Auslass (106) der Drehkupplung (105) diametral gegenüber dem Einlass (110) liegt.
4. Düseneinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehkupplung von den Mitteln zur drehfesten Verbindung mit der Welle des Turbokompressors eines Strahltriebwerks 0,2 bis 2 m, vorzugsweise 0,5 bis 2 m, weiter vorzugsweise 0,75 bis 1,25 m beabstandet ist.
5. Düseneinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Führung des Reinigungsmediums vom Einlass der wenigstens einen Düse bis zum Düsenaustritt im wesentlichen geradlinig ausgebildet ist.
6. Düseneinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zum Einbringen des Reinigungsmediums in die Kompressorstufen des Strahltriebwerks ausgebildet ist.
7. Düseneinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie wenigstens eine Düse (107) aufweist.
8. Düseneinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Flachstrahldüsen aufweist.
9. Düseneinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radialabstand des Düsenaustritts von der Rotationsachse des Triebwerks 200 bis 800 mm, vorzugsweise 400 bis 750 mm, weiter vorzugsweise 600 bis 700 mm, weiter vorzugsweise 200 bis 400 mm, vorzugsweise 230 bis 300 mm, weiter vorzugsweise 260 bis 280 mm beträgt.
10. Düseneinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlebene einen Winkel mit der Rotationsachse des Strahltriebwerks einschließt, der vorzugsweise 10 bis 30°, weiter vorzugsweise 12 bis 25°, weiter vorzugsweise 16 bis 19° beträgt.
11. Düseneinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:
 - die Strahlebene schließt mit der Rotationsachse des Strahltriebwerks einen Winkel ein, der zwischen β und α liegt;
 - wobei
 - β der Winkel ist zwischen der Rotationsachse des Triebwerks und einer ersten Geraden, die als Tangente an der in Strömungsrichtung vorderen, radial innen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals des Kompressors und an der in Strömungsrichtung dahinter angeordneten, radial außen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals verläuft;
 - α der Winkel ist zwischen der Rotationsachse des Triebwerks und einer zweiten Geraden, die als Tangente an dem radial außen angeordneten Rand des Einlaufs des Kompressors und an der in Strömungsrichtung dahinter angeordneten, radial innen angeordneten konvexen Krümmung des Strömungskanals verläuft.

12. Anordnung aus einem Strahltriebwerk und einer Düsen-
einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die Düsen-
einrichtung so angeordnet ist, dass ihre Düse(n) (107) auf
den Einlauf des Strahltriebwerks gerichtet sind, so
dass das Reinigungsmedium in das Strahltriebwerk
gelangen kann. 5
13. Anordnung nach Anspruch 12, **dadurch gekenn-
zeichnet, dass** die Hauptaustrittsrichtung der we-
nigstens einen Düse (107) mit der Rotationsachse
des Strahltriebwerks einen Winkel von 10 bis 30°,
vorzugsweise 15 bis 25°, weiter vorzugsweise 16 bis
19° einschließt. 10
14. Anordnung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch ge-
kennzeichnet, dass** der Austritt der wenigstens ei-
nen Düse (107) in einem Radialabstand von der Ro-
tationsachse des Triebwerks angeordnet ist, der
dem 0,5 bis 1,2fachen, vorzugsweise dem 0,5 bis
1fachen, des Radius der stromauf gerichteten Ein-
trittsöffnung der ersten Kompressorstufe entspricht. 15
15. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 14,
gekennzeichnet durch folgende Merkmale: 20
- die Hauptaustrittsrichtung der wenigstens einen
Düse (107) schließt mit der Rotationsachse des
Strahltriebwerks einen Winkel ein, der zwischen
 β und α liegt; 30
- wobei
 β der Winkel ist zwischen der Rotationsachse
des Triebwerks und einer ersten Geraden, die
als Tangente an der in Strömungsrichtung vorderen,
radial innen angeordneten konvexen 35
Krümmung des Strömungskanals des Kom-
pressors und an der in Strömungsrichtung da-
hinter angeordneten, radial außen angeordne-
ten konvexen Krümmung des Strömungskanals
verläuft; 40
- α der Winkel ist zwischen der Rotationsachse
des Triebwerks und einer zweiten Geraden, die
als Tangente an dem radial außen angeordne-
ten Rand des Einlaufs des Kompressors und an
der in Strömungsrichtung dahinter angeordne-
ten, radial innen angeordneten konvexen Krüm-
mung des Strömungskanals verläuft; 45
- der Austritt (109) der wenigstens einen Düse
(107) ist in einem Radialabstand von der Rota-
tionsachse des Triebwerks angeordnet, der zwi-
schen den Radialabständen der Schnittpunkte
der ersten und zweiten Geraden mit derjenigen
Radialebene, in der der Austritt (109) angeord-
net ist, liegt. 50
16. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 15,
gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale: 55

- a) die Düsen-
einrichtung ist drehfest mit der Wel-
le des Turbofans des Strahltriebwerks verbun-
den;
b) die Drehachsen des Turbofans des Strahl-
triebwerks und der Düsen-
einrichtung sind im
Wesentlichen konzentrisch angeordnet;
c) die Düsen (107) der Düsen-
einrichtung weisen
einen radialen Abstand von der gemeinsamen
Drehachse des Strahltriebwerks und der Düsen-
einrichtung auf, der das 0,5 bis 1,2fache, vor-
zugsweise das 0,5 bis 1fache des Radius der
Eintrittsöffnung der ersten Kompressorstufe be-
trägt;
d) die Austrittsöffnungen (109) der Düsen (107)
sind in Axialrichtung hinter der Ebene des Tur-
bofans angeordnet und/oder die Düsen (107)
sind in den Zwischenräumen der Schaufeln des
Turbofans angeordnet und/oder auf Zwischen-
räumen der Schaufeln des Turbofans ausgerich-
tet, so dass die Düsenstrahlen im Wesentlichen
ungehindert **durch** die Ebene des Turbofans
hindurch treten können.

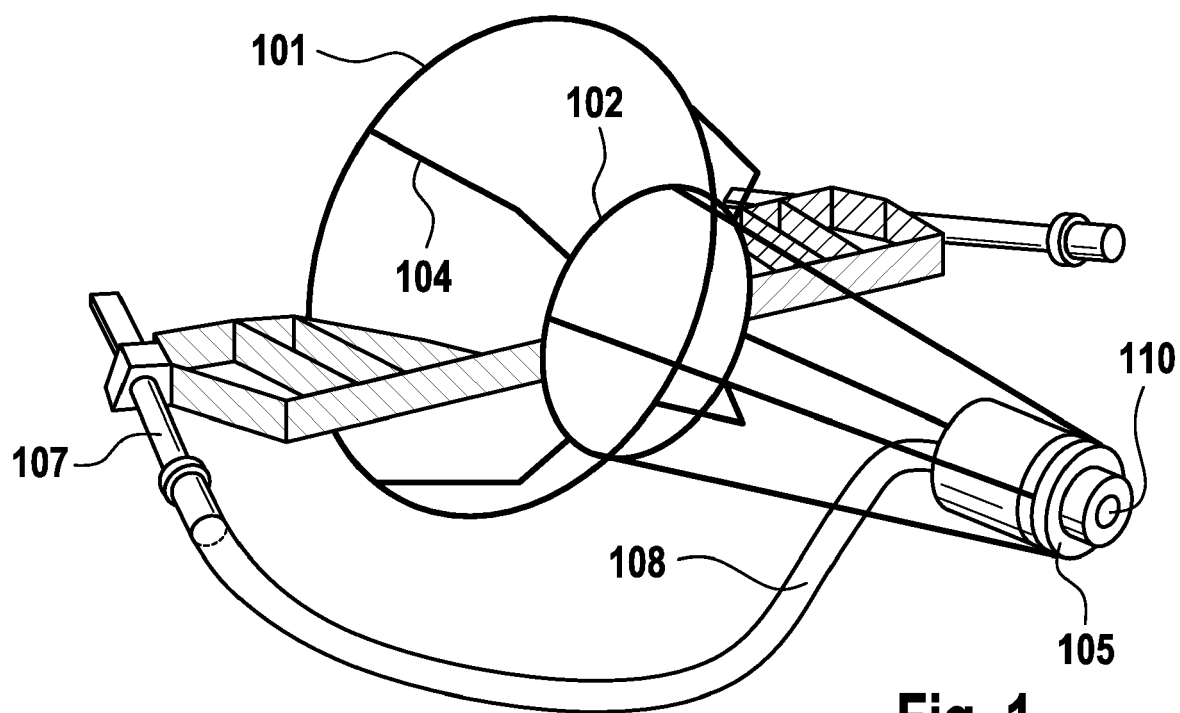


Fig. 1

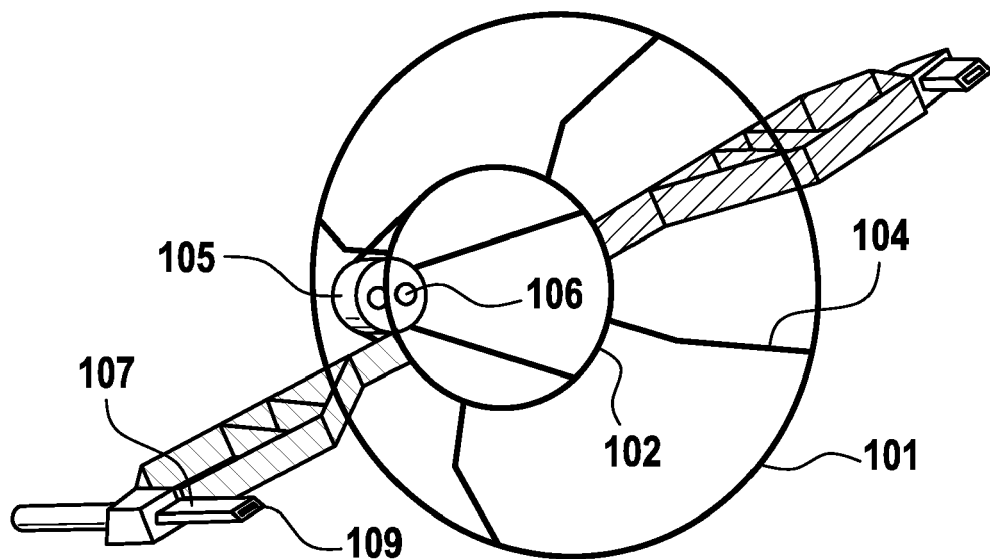


Fig. 2

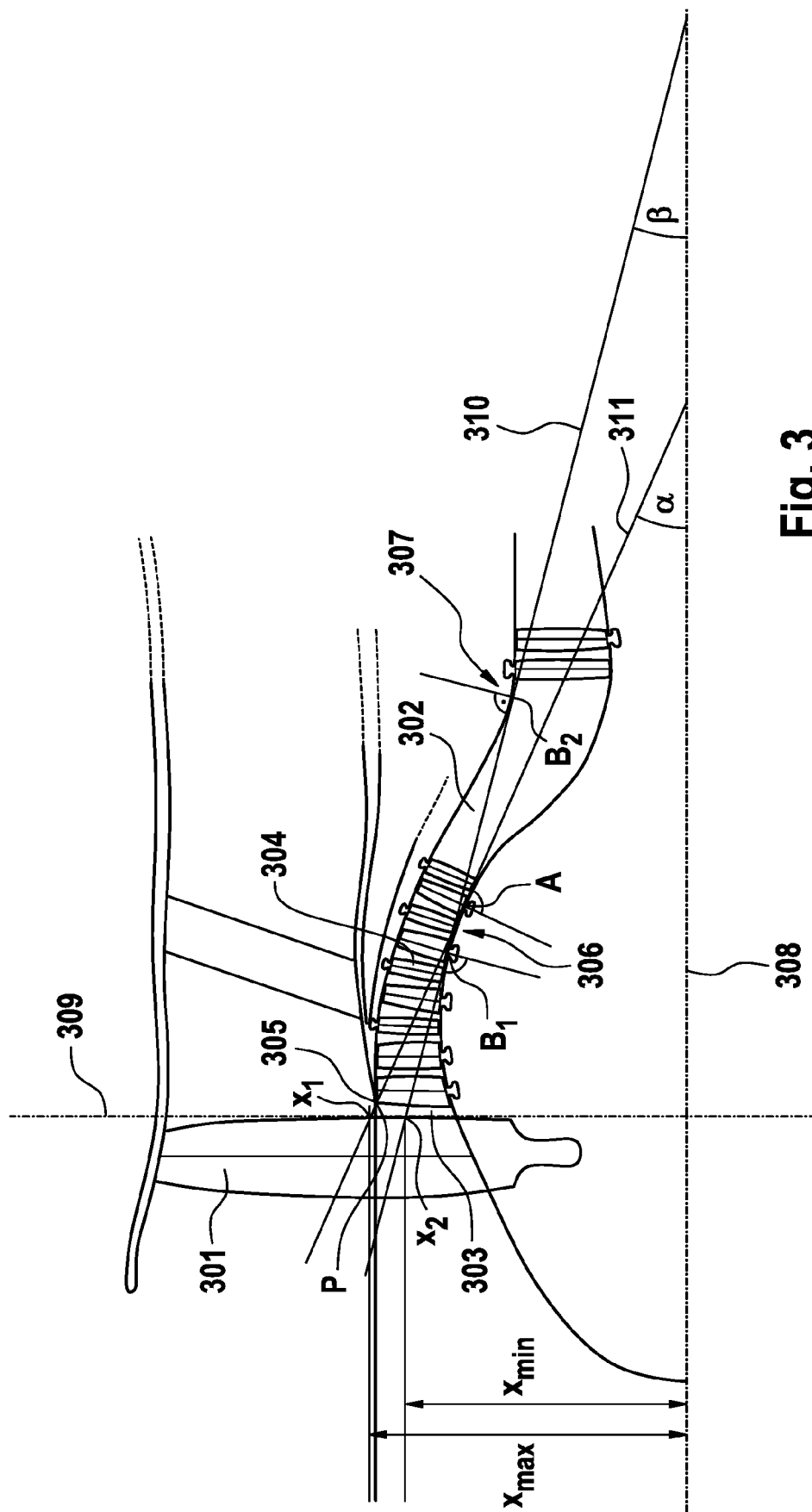


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 15 0138

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2009/132847 A1 (LUFTHANSA TECHNIK AG [DE]; GILJOHANN SEBASTIAN [DE]; PAUL MANFRED [DE]) 5. November 2009 (2009-11-05) * das ganze Dokument *	1,2,4-16	INV. B24C1/00 B64F5/00 F01D25/00
X	US 7 445 677 B1 (ASPLUND PETER [SE]) 4. November 2008 (2008-11-04) * das ganze Dokument *	1-16	
A	US 2006/048796 A1 (ASPLUND PETER [SE] ET AL) 9. März 2006 (2006-03-09) * das ganze Dokument *	1-16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B24C B64F F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 30. Mai 2017	Prüfer Watson, Stephanie
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	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 17 15 0138

5 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.

30-05-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009132847 A1	05-11-2009	DE 102008021746 A1	19-11-2009
		EP 2280872 A1	09-02-2011
		ES 2392137 T3	05-12-2012
		US 2010000572 A1	07-01-2010
		WO 2009132847 A1	05-11-2009

US 7445677 B1	04-11-2008	KEINE	

US 2006048796 A1	09-03-2006	AT 478738 T	15-09-2010
		AU 2004315589 A1	25-08-2005
		AU 2010214708 A1	23-09-2010
		BR PI0418544 A	22-05-2007
		CA 2506113 A1	16-08-2005
		CN 1705524 A	07-12-2005
		DE 10159284 T1	17-03-2011
		DE 202004021367 U1	31-01-2008
		DE 202004021476 U1	17-04-2008
		DK 1715964 T3	13-12-2010
		EP 1715964 A1	02-11-2006
		EP 2213845 A1	04-08-2010
		ES 2350832 T3	27-01-2011
		HK 1086518 A1	14-01-2011
		JP 4351705 B2	28-10-2009
		JP 2007517161 A	28-06-2007
		KR 20060119696 A	24-11-2006
		NO 330072 B1	14-02-2011
		US 2006048796 A1	09-03-2006
		US 2009260660 A1	22-10-2009
		WO 2005077554 A1	25-08-2005

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 2005120953 A [0004]
- WO 2009132847 A1 [0006] [0048] [0050]
- WO 2012123098 A1 [0016]