



(10) **DE 10 2011 056 826 A1** 2013.06.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 056 826.3**

(22) Anmeldetag: **21.12.2011**

(43) Offenlegungstag: **27.06.2013**

(51) Int Cl.: **F02C 7/045 (2012.01)**
B64D 33/02 (2012.01)

(71) Anmelder:
EADS Deutschland GmbH, 85521, Ottobrunn, DE

(74) Vertreter:
**Flügel Preissner Kastel Schober, 80335,
München, DE**

(72) Erfinder:
**Pongratz, Reinhard, 82024, Taufkirchen, DE;
Redmann, Daniel, Dr., 85567, Grafing, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 10 2007 019 762 A1
DE 10 2009 005 163 A1
DE 19 44 812 A
US 7 124 856 B2

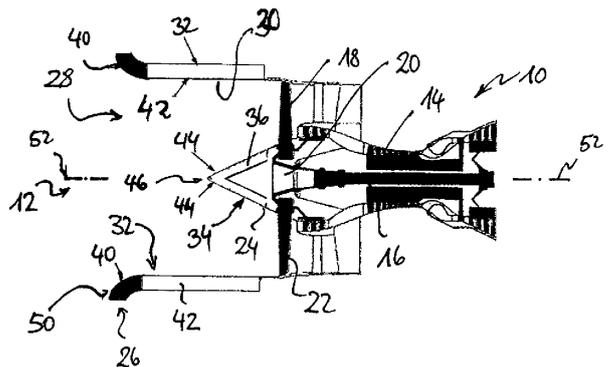
US 3 890 060 A
US 3 937 590 A
US 3 946 830 A
US 4 240 250 A
US 2 853 852 A
US 4 192 336 A
EP 1 071 608 B1
EP 1 411 225 B1
EP 1 111 584 A1
EP 1 621 752 A2
EP 1 701 016 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Schallschutzvorrichtung und damit versehenes Triebwerk und Verfahren zur Bereitstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Schallschutzvorrichtung (12) für einen Triebwerkeinlauf (28) eines Luftfahrzeugtriebwerks (10) zur Schallabsorption und/oder Schallausbreitungsänderung mit wenigstens einem ersten Linersegment (42) und wenigstens einem zweiten Linersegment (44) zum Auskleiden unterschiedlicher Oberflächenbereiche (30, 50, 24) des Luftfahrzeugtriebwerks (10) im Bereich des Triebwerkeinlaufs (28), wobei das wenigstens eine erste Linersegment (42) zur Anordnung im Bereich einer Umfangsfläche (50, 30) des Triebwerkeinlaufs (28) ausgebildet und das wenigstens eine zweite Linersegment (44) zum Verkleiden eines in einem achsnahen Bereich angeordneten Oberflächenbereichs (24) ausgebildet ist:



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schallschutzvorrichtung für ein Luftfahrzeugtriebwerk sowie ein damit versehenes Triebwerk für ein Luftfahrzeug sowie ein Verfahren zur Bereitstellung einer solchen Schallschutzvorrichtung für ein solches Triebwerk.

[0002] Die Erfindung liegt insbesondere auf dem Gebiet der Schallschutzvorrichtungen für Strahltriebwerke oder Turbinen und insbesondere für ein Turbofantriebwerk eines Luftfahrzeugs.

[0003] Es ist bekannt, an Triebwerken von Luftfahrzeugen Schallschutzvorrichtungen anzubringen, um die Schallabstrahlung solcher Triebwerke zu verringern oder abzuändern. Bekannte Schallschutzvorrichtungen von Turbinen weisen Auskleidungen auf, die auch als Liner gezeichnet werden. Solche Liner sind so ausgelegt, dass sie Schall absorbieren und/oder die Schallausbreitungsrichtung verändern. Dabei ist es möglich, durch Ausführung und Anordnung der Liner bestimmte Eigenschaften einer Schallschutzvorrichtung zu erhalten. Derartige Auskleidungen und damit gebildete Schallschutzvorrichtungen für Luftfahrzeugtriebwerke sind in der EP 1 621 752 A2, der US 3 937 590, der EP 1 411 225 B1, der EP 1 701 016 A1, der EP 1 071 608 B1 und der US 39 46 830 A gut bekannt.

[0004] Aus der EP 1 111 584 A1 ist ein Herstellungsverfahren zur Herstellung von für Triebwerksgondeln geeigneten Auskleidungsmaterialien bekannt.

[0005] Bei der DE 10 2009 005 163 A1 wird zur Schallverringerung ein Schallabsorber für den Strömungskanal einer Gasturbine mit einem aktiven Schallabsorptionselement vorgeschlagen.

[0006] Weitere Schallschutzvorrichtungen mit schallabsorbierenden Auskleidungen im Mantel am Einlauf der Triebwerksgondeln sind aus der US 3 890 060 sowie der US 7 124 856 B2 bekannt.

[0007] Aus der DE 10 2007 019 762 A1 ist eine besonders wirksame Schallschutzvorrichtung mit definiert eingestellter Schallausbreitungscharakteristik bei Beibehaltung optimaler aerodynamischer Formen der Triebwerksgondel bzw. des Triebwerkseinlaufs bekannt. Diese Schallschutzvorrichtung hat sich bewährt.

[0008] Sind jedoch bei bekannten Konstruktionen die zur Verfügung stehenden Schallabsorptionsflächen unzureichend, führt dies zu erhöhten Lärmbelastungen in der Umgebung aufgrund der Schallemissionen aus den Triebwerksöffnungen. Für die Reduktion dieser Schallemissionen mit Hilfe der aus dem Stand der Technik bekannten Schallschutzvorrich-

tungen wäre demnach ein verlängerter Turbineneinlauf wünschenswert.

[0009] Andererseits verfügen moderne Triebwerke aus Gründen der Gewichtsoptimierung und der Wirkungsgradoptimierung zunehmend über eine verkürzte Lufteinlaufänge bis zu der Bläseebene. Dieser Umstand reduziert die verfügbare Oberfläche zur Integration von schallabsorbierenden Auskleidungen, wodurch die mögliche Schallreduktion eingeschränkt ist.

[0010] Weiter lassen sich einige Schallausbreitungsmoden mit den bekannten Schallschutzvorrichtungen nur unzureichend absorbieren.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Möglichkeit zur Verbesserung der Schallabsorption innerhalb des Triebwerkseinlaufs, eine Erhöhung der Wirksamkeit schallabsorbierender Oberflächen im Triebwerkseinlauf und/oder verringerte Schallemissionen aus Triebwerkseinläufen zu ermöglichen.

[0012] Zum Lösen der Aufgabe wird eine Schallschutzvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein damit versehenes Triebwerk gemäß dem Nebenanspruch sowie ein Verfahren zur Bereitstellung der Schallschutzvorrichtung für ein bestimmtes Triebwerk nach dem weiteren Nebenanspruch vorgeschlagen.

[0013] Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0014] Gemäß eines ersten Aspekts schafft die Erfindung eine Schallschutzvorrichtung für einen Triebwerkseinlauf eines Luftfahrzeugtriebwerks zur Schallabsorption und/oder Schallausbreitungsänderung mit wenigstens einem ersten Linersegment und wenigstens einem zweiten Linersegment zum Auskleiden unterschiedlicher Oberflächenbereiche des Luftfahrzeugtriebwerks im Bereich des Triebwerkseinlaufs, wobei das wenigstens eine erste Linersegment zur Anordnung im Bereich einer Umfangsfläche des Triebwerkseinlaufs ausgebildet und das wenigstens eine zweite Linersegment zum Verkleiden eines in einem achsnahen Bereich angeordneten Oberflächenbereichs ausgebildet ist:

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass das wenigstens eine zweite Linersegment zur Absorption derjenigen akustischen Moden ausgebildet ist, bei denen Maxima des Schalldrucks in Nähe einer Symmetrie- und/oder Drehachse des Luftfahrzeugtriebwerks liegen.

[0015] Besonders bevorzugt ist, dass das wenigstens eine zweite Linersegment zum Verkleiden eines Oberflächenbereichs eines Spinners ausgebildet ist und vorzugsweise entweder vorwiegend reflektierend oder vorwiegend absorbierend ausgebildet ist.

[0016] Eine bevorzugte Ausgestaltung der Schallschutzvorrichtung umfasst einen Spinner zum aerodynamischen Verkleiden einer Rotornabe des Luftfahrzeugtriebwerks, wobei der Spinner das wenigstens eine zweite Linersegment als schallabsorbierende und/oder schallablenkende Schallschutzeinrichtung aufweist.

[0017] Besonders bevorzugt ist der Spinner kegelförmig ausgebildet.

[0018] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass ein Teilbereich von ca. 5% bis ca. 75% der sich in axialer Richtung erstreckenden Oberfläche des Spinners mit dem wenigstens einen zweiten Linersegment versehen ist, vorzugsweise derart, dass die Spitze des Spinners frei von Schallschutzauskleidungen oder Schallschutzbelägen oder Linersegmenten bleibt.

[0019] Besonders bevorzugt ist, dass das wenigstens eine zweite Linersegment zur vorwiegend reflektierenden oder vorwiegend absorbierenden Wirkung für akustische Frequenzen f_2 ausgebildet ist, wobei

$$f_2 \geq f_{CO_R1} \approx \frac{3,83}{\pi D} \sqrt{1 - M^2}$$

ist, wobei

f_{CO_R1}	die Cut-On-Frequenz des ersten Radialmodes im Triebwerkseinlauf (28),
D	der Durchmesser des Triebwerkseinlaufs (28),
c	die Schallgeschwindigkeit des umgebenden Mediums und
M	die Machzahl des umgebenden Mediums bezeichnet.

[0020] Eine weiter bevorzugte Ausgestaltung der Schallschutzvorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine erste Linersegment zur Wirkung für akustische Frequenzen f_1 ausgebildet ist, wobei

$$f_1 \geq f_{CO_T1} \approx \frac{1,84}{\pi D} \sqrt{1 - M^2}$$

ist, wobei

f_{CO_T1}	die Cut-On-Frequenz des ersten Umfangsmodes im Triebwerkseinlauf (28),
D	der Durchmesser des Triebwerkseinlaufs (28),
c	die Schallgeschwindigkeit des umgebenden Mediums und
M	die Machzahl des umgebenden Mediums bezeichnet.

[0021] Vorzugsweise ist das erste Linersegment vorwiegend absorbierend wirkend ausgebildet.

[0022] Es ist bevorzugt, dass ein drittes Linersegment zur Anordnung im Bereich der Umfangsfläche des Triebwerkseinlaufs vorgesehen ist.

[0023] Vorzugsweise ist das dritte Linersegment vorwiegend reflektierend ausgebildet.

[0024] Es ist weiter bevorzugt, dass das erste, das zweite und gegebenenfalls das dritte Linersegment

- a) derart ausgebildet und aufeinander abgestimmt sind, dass die Schallausbreitung in wenigstens einem ersten vorbestimmten Raumwinkelsegment gegenüber der Schallausbreitung in wenigstens einem zweiten Raumwinkelsegment vermindert ist, und/oder
- b) auf eine Verlängerung der akustischen Lauflänge innerhalb des Triebwerkseinlaufs hin wirkend abgestimmt und ausgebildet sind.

[0025] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass das wenigstens eine erste Linersegment an einem inneren, nach innen gerichteten umlaufenden Umfangsoberflächenbereich angeordnet ist, und dass wenigstens ein drittes Linersegment

- a) im Bereich einer Einlauflippe des Triebwerkseinlaufs,
- b) zwischen der Einlauflippe und wenigstens einem ersten Linersegment und/oder
- c) axial zwischen zwei ersten Linersegmenten angeordnet ist.

[0026] Es ist bevorzugt, dass das dritte Linersegment in Umfangsrichtung unterschiedlich verteilt angeordnet ist, insbesondere derart, dass das dritte Linersegment verstärkt in einem unteren Umfangsbereich zur vermehrten Reflexion der Schallausbreitung nach oben ausgebildet ist.

[0027] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die akustische Impedanz des wenigstens einen zweiten Linersegments einen Wert in einem Bereich von ca. $0,1 \cdot Z_0$ bis ca. $2,5 \cdot Z_0$ hat, wobei Z_0 die Schallkennimpedanz des Mediums innerhalb des Triebwerkseinlaufs ist.

[0028] Es ist bevorzugt, dass die akustische Impedanz eines im Bereich eines inneren Umfangs des Triebwerkseinlaufs vorzusehenden Linersegments einen Wert in dem Bereich von ca. $0,8 \cdot Z_0$ bis ca. $2,5 \cdot Z_0$ beträgt.

[0029] Es ist bevorzugt, dass die akustische Impedanz eines im Bereich einer Einlauflippe des Triebwerkseinlaufs vorzusehenden Linersegments einen Wert in einem Bereich kleiner als $0,3 \cdot Z_0$ hat.

[0030] Gemäß eines weiteren Aspekts schafft die Erfindung ein Triebwerk für ein Luftfahrzeug mit einem Triebwerkseinlauf, der mit einer Schallschutzvorrichtung

tung gemäß des ersten Aspekts oder dessen vorteilhafter Ausgestaltungen versehen ist.

[0031] Gemäß eines weiteren Aspekts schafft die Erfindung ein Verfahren zur Bereitstellung einer derartigen Schallschutzvorrichtung für ein solches Triebwerk, wobei das wenigstens eine zweite Linersegment für den achsnahen Bereich mit dem wenigstens einen Linersegment für den Umfangsbereich durch Verteilung der akustischen Impedanzen an den Linersegmenten in einem Optimierungsverfahren abgestimmt wird,

- a) um akustische Energie von Radialmoden im achsnahen Bereich durch das wenigstens eine zweite Linersegment zu absorbieren,
 - b) um die modalen Schallfelder derart umzuverteilen, dass vorwiegend Umfangsmoden mit gegenüber Ausbreitungswinkeln ohne zweites Linersegment steileren Ausbreitungswinkeln entstehen, oder
 - c) um die Schallabstrahlung in ein Raumsegment Richtung Boden zu verringern,
- wobei in dem Optimierungsverfahren die Impedanzverteilung solange verändert wird, bis sich ein globales Minimum für die in a), b) oder c) definierte Zielfunktion ergibt.

[0032] Gemäß eines anderen Aspekts umfasst eine Schallschutzvorrichtung für ein Luftfahrzeugtriebwerk zur Schallabsorption und/oder Schallausbreitungsänderung in einem Triebwerkseinlauf des Luftfahrzeugtriebwerks wenigstens ein erstes, ein zweites und ein drittes Linersegment zum Auskleiden unterschiedlicher Oberflächenbereiche des Luftfahrzeugtriebwerks im Bereich des Triebwerkseinlaufs, wobei das erste Linersegment und das dritte Linersegment zur Anordnung im Bereich einer Umfangsfläche des Triebwerkseinlaufs ausgebildet und das zweite Linersegment zum Verkleiden eines in einem zentralen Bereich – insbesondere achsnahen Bereich – angeordneten Oberflächenbereich ausgebildet ist, wobei das dritte Linersegment vorwiegend reflektierend wirkend ausgebildet, das erste Linersegment vorwiegend absorbierend wirkend ausgebildet und das zweite Linersegment entweder vorwiegend reflektierend oder vorwiegend absorbierend ausgebildet ist.

[0033] Es ist bevorzugt, dass das zweite Linersegment an einem Oberflächenbereich eines Spinners ausgebildet ist.

[0034] Es ist weiter bevorzugt, dass das erste, das zweite und das dritte Linersegment derart aufeinander abgestimmt sind, dass einerseits Schall absorbiert wird und andererseits die Abstrahlcharakteristik der Schallausbreitung gezielt beeinflusst wird.

[0035] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass das erste, das zweite und der drit-

te Linersegment derart ausgebildet und aufeinander abgestimmt sind, dass die Schallausbreitung in wenigstens einem ersten vorbestimmten Raumwinkelsegment gegenüber der Schallausbreitung in wenigstens einem zweiten Raumwinkelsegment vermindert ist.

[0036] Es ist bevorzugt, dass das erste, das zweite und das dritte Linersegment auf eine Verlängerung der akustischen Lauflänge innerhalb des Triebwerkseinlaufs hin wirkend abgestimmt und ausgebildet sind.

[0037] Gemäß eines weiteren Aspekts schafft die Erfindung einen Spinner zum aerodynamischen Verkleiden einer Rotornabe eines Luftfahrzeugtriebwerks, gekennzeichnet durch eine schallabsorbierende und/oder schallablenkende Schallschutzeinrichtung.

[0038] Als Spinner wird insbesondere eine stromlinienförmige Verkleidung der Nabe eines Propellers oder eines Gebläserades (Fan) eines Fantriebwerks, mit welcher Nabe der Propeller/das Gebläserad (Fan) mit der Achse einer Kraftmaschine, wie insbesondere Gasturbine, verbunden ist, bezeichnet. Wie der aus dem Englischen entnommene Name schon sagt, dreht sich der Spinner entsprechend mit der Triebwerksachse.

[0039] Es ist bevorzugt, dass wenigstens ein Teil einer Oberfläche des Spinners mit einer Schallauskleidung und/oder mit einem schallabsorbierenden und/oder schallablenkenden Schallschutzbelag versehen ist.

[0040] Besonders bevorzugt ist, dass ein um eine Drehachse des Spinners rotationssymmetrischer Oberflächenbereich des Spinners mit der Schallauskleidung und/oder dem Schallschutzbelag versehen ist.

[0041] Vorzugsweise ist der mit der Schallauskleidung und/oder dem Schallschutzbelag versehene Oberflächenbereich kegelförmig oder kegelstumpfförmig. Durch Auswahl des Kegelwinkels und/oder Anpassung der Schallablenkungseigenschaften an dem Kegelwinkel lassen sich erwünschte Effekte, wie z.B. eine verlängerte akustische Lauflänge innerhalb des Triebwerkseinlaufs gut erreichen.

[0042] Gemäß eines weiteren Aspekts schafft die Erfindung eine Schallschutzvorrichtung für ein Luftfahrzeugtriebwerk, das einen Rotor mit einer Rotornabe aufweist, und einen Spinner zum aerodynamischen Verkleiden der Rotornabe hat, wobei der Spinner mit einer schallabsorbierenden und/oder schallablenkenden Schallschutzeinrichtung versehen ist.

[0043] Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung der Schallschutzvorrichtung ist gekennzeichnet durch eine Triebwerksauskleidung zum zumindest teilweisen Auskleiden eines Oberflächenbereichs eines Triebwerkseinlaufs des Luftfahrzeugtriebwerks.

[0044] Besonders ist bevorzugt, dass die Triebwerksauskleidung zum Auskleiden eines dem Spinner zugewandten inneren Umfangsbereichs des Triebwerkseinlaufs ausgebildet ist.

[0045] Weiter bevorzugt ist vorgesehen, dass die am Spinner vorgesehene Schallschutzeinrichtung dazu ausgebildet ist, die akustische Lauflänge in dem Triebwerkseinlauf zu verlängern.

[0046] Gemäß eines weiteren Aspekts schafft die Erfindung ein Triebwerk für ein Luftfahrzeug mit einem Triebwerkseinlauf und einer Rotornabe, wobei die Rotornabe mit einem Spinner aerodynamisch verkleidet ist, welcher Spinner eine schallabsorbierende und/oder schallablenkende Schallschutzeinrichtung aufweist.

[0047] Vorzugsweise ist der Triebwerkseinlauf mit einer Schallschutzvorrichtung gemäß einer der bevorzugten Ausgestaltungen der Erfindung versehen.

[0048] Bei bekannten Schallschutzvorrichtungen führen die Schallemissionen aus Triebwerksöffnungen mangels unzureichender Schallabsorptionsflächen zu erhöhten Lärmbelastungen in der Umgebung. Insbesondere bei modernen Triebwerken mit verkürzten Lufteinlaufwegen ist die verfügbare Fläche zur Integration von absorbierenden Auskleidungen am Umfang der Einlauföffnung begrenzt.

[0049] Durch den Einbau einer Vorrichtung zur Schallabsorption am Spinner wird dagegen die verfügbare schallabsorbierende Fläche erhöht.

[0050] Eine derartige, am Spinner vorgesehene Schallschutzeinrichtung bietet außerdem die Möglichkeit zur Veränderung der modalen Schallausbreitungseigenschaften im Triebwerkseinlauf durch eine Darstellung geeigneter akustischer Impedanzen. Durch diesen Effekt kann die effektive Lauflänge akustischer Moden verlängert werden, wodurch die Wirksamkeit weiterer Schallauskleidungen, die – wie im Stand der Technik bekannt – im Umfangsbereich des Triebwerkseinlaufs vorhanden sind, gesteigert wird.

[0051] Durch die Erfindung oder deren vorteilhafte Ausgestaltungen wird die Schallabsorption innerhalb des Triebwerkseinlaufs verbessert. Es lässt sich die Wirksamkeit schallabsorbierender Oberflächen im Triebwerkseinlauf erhöhen. Dadurch lassen sich verringerte Schallemissionen aus Triebwerkseinläufen erreichen.

[0052] Vorzugsweise schafft die Erfindung eine Vorrichtung zur Schallabsorption und/oder Schallausbreitungsänderung am Spinner von Flugzeugtriebwerken.

[0053] Es wird insbesondere die Positionierung von zusätzlicher Schallauskleidung am Spinner von Flugtriebwerken beansprucht. Dadurch erhöht sich die absorbierend ausgekleidete Gesamtfläche im Triebwerkseinlauf, was zu einer erhöhten Schallabsorption und damit zu einer verringerten Schallabstrahlung führt.

[0054] Aufgrund der Position am Spinner werden bei einer Ausbildung des Spinner-Liners als Schallabsorber bevorzugt solche akustischen Moden absorbiert, bei welchen die Maxima des Schalldrucks in der Nähe der Symmetrieachse des Triebwerks liegen. Diese Modi werden durch die bisher üblichen Linerauskleidungen am Umfang des Triebwerkseinlaufs schwächer absorbiert, da dort der Schalldruck im Vergleich zu achsnahen Positionen verringert ist.

[0055] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft die Ausgestaltung der Schallabsorptionsvorrichtung am Spinner derart, dass die dadurch veränderten modalen Schallausbreitungseigenschaften im Triebwerkseinlauf zu einer Verlängerung der akustischen Lauflänge führt.

[0056] Dadurch wird die Schallabsorption gegenüber einer üblichen Linerauskleidung am Umfang des Triebwerkseinlaufs verbessert. Die Ausgestaltung der Schallabsorptionsvorrichtung am Spinner bestimmt sich vorwiegend durch die resultierende akustische Impedanz, welche sich aus der Liner-Geometrie (Volumen und Bautiefe) sowie der akustisch wirksamen Deckschicht (Lochblech und/oder Gewebe und/oder mikroperforierte Schicht) zusammensetzt.

[0057] Als Spinner wird allgemein eine aerodynamische Verkleidung einer Rotornabe des Luftfahrzeugtriebwerks bezeichnet. Bevorzugt dreht sich der Spinner mit dem Rotor mit, so dass sich auch eine darauf befindliche Schallschutzeinrichtung mitdreht. Durch die mitdrehende Anordnung lassen sich neue Gestaltungsmöglichkeiten zur Schallabsorption und Schallauslenkung erreichen.

[0058] Vorteile bevorzugter Ausgestaltungen der Erfindung sind,

- dass die Spinnerfläche zur Linerbewegung genutzt wird,
- dass eine Möglichkeit zur Änderung der Abstrahlcharakteristik aus dem Triebwerkseinlauf genutzt wird, und/oder
- dass die Kombination verschiedener Linerarten (absorbierend, reflektierend) genutzt wird.

[0059] Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht insbesondere folgende technischen Merkmale vor:

- Belegung der Spinneroberfläche mit akustisch aktiven Elementen (insbesondere Liner);
- Möglichkeit der Optimierung von dreifach räumlich verteilter akustischer Impedanz zur:
 - Änderung der Abstrahlcharakteristik aus dem Triebwerkseinlauf,
 - Veränderung der Ausbreitungsbedingungen im Triebwerkseinlauf derart, dass dominante akustische Moden besser absorbiert werden können.

[0060] Insbesondere lassen sich als technische Vorteile erzielen:

- eine erhöhte Schallabsorption innerhalb von Einläufen von Turbofantriebwerken;
- eine verminderte Schallemission aus den Einläufen von Turbofantriebwerken,
- eine verminderte Schallabstrahlung in Richtung besonders empfindlicher Raumwinkelbereiche (wie z.B. zum Boden hin).

[0061] Gemäß eines weiteren Aspekts schafft die Erfindung insbesondere einen multisegmentalen Liner als Vorrichtung zur Schallabsorption und Schallausbreitungsänderung im Einlauf von Turbofantriebwerken.

[0062] Der multisegmentale Liner zeichnet sich durch die Kombination von mindestens drei Segmenten zur Schallabsorption aus. Vorzugsweise ist ein erstes Linersegment überwiegend absorbierend, ein drittes Linersegment überwiegend reflektierend und ein zweites Linersegment an einem Oberflächenbereich eines Spinners ausgebildet. Dieses zweite Linersegment kann je nach Anforderung überwiegend reflektierend oder überwiegend absorbierend ausgebildet sein oder ebenfalls mehrere Untersegmente zum Schaffen unterschiedlicher Bereiche (reflektierender Bereich und absorbierender Bereich) aufweisen.

[0063] In einer bevorzugten Ausgestaltung weist die Schallschutzvorrichtung eine Kombination von reflektierend wirkenden dritten Linersegmenten am Einlaufumfang und absorbierend wirkenden ersten Linersegmenten am Einlaufumfang mit einem zusätzlichen Linersegment an der Spinneroberfläche auf.

[0064] Bevorzugt sind wenigstens drei unabhängig wirkende, jedoch akustisch optimal aufeinander abgestimmte Liner im Triebwerkseinlauf derart positioniert, dass sich sowohl die Schallabsorption im Triebwerkseinlauf erhöht als auch die Abstrahlcharakteristik aus der Triebwerkseinlauföffnung gezielt verändert.

[0065] Bevorzugt ist die multi-segmentale Schallabsorptionsvorrichtung mit Resistanz bestimmter

Deckschichten (Lochblech, Gewebe, mikroperforierte Oberflächenelemente) derart ausgestaltet und dimensioniert, dass die dadurch veränderten modalen Schallausbreitungseigenschaften im Triebwerkseinlauf zu einer Verlängerung der akustischen Lauflänge führt.

[0066] Bevorzugt ist die multi-segmentale Schallabsorptionsvorrichtung mit Resistanz bestimmter Deckschichten (Lochblech, Gewebe, mikroperforierte Oberflächenelemente) derart ausgestaltet und dimensioniert, dass die dadurch veränderten Abstrahlcharakteristika aus dem Triebwerkseinlauf zur Schallminderung innerhalb gewünschter Raumwinkelsegmente führt.

[0067] Das zweite Linerelement wird vorzugsweise in einen Spinner so integriert, dass die Oberfläche des Spinners akustisch absorbierend oder reflektierend wirkt. Die geometrische Form des Spinners ist vorzugsweise kegelförmig, so dass die Oberfläche des Spinners eben (2-dimensional) abgewickelt werden kann. Dadurch wird der Fertigungsprozess deutlich vereinfacht.

[0068] Die Einbringung der absorbierenden/reflektierenden Schallschutzauskleidung in den Mantel des Spinners erfolgt vorzugsweise in einem Bereich von 5% bis 75% der Höhe des kegelförmigen Spinners. Die verbleibende kegelförmige Spitze des Spinners dient vorzugsweise der Integration von Anti-Iceingmaßnahmen (z.B. elastische Ausführung der Spinner-Spitze).

[0069] Der Öffnungswinkel des Kegels kann sich primär nach den Vorgaben der Aerodynamik bestimmen.

[0070] Aufgrund der Integration der Schallschutzvorrichtung in den rotierenden Spinner kann auf Drainagemaßnahmen verzichtet werden, da Flüssigkeiten durch wirkende Zentrifugalkräfte aus der Schallschutzvorrichtung heraus geschleudert werden.

[0071] Allgemein müssen bei derzeit bekannten Linern in Triebwerkseinlassbereichen von Triebwerken für Luftfahrzeuge Drainagemaßnahmen vorgesehen werden, um in die Liner eindringende Flüssigkeiten abzuleiten. Solche Drainagemaßnahmen sind beim Spinnerliner überflüssig.

[0072] Vorzugsweise wirkt die Schallschutzeinrichtung im Spinner ab der Cut-On-Frequenz f_{CO_R1} des ersten Radialmodes im Triebwerkseinlauf. Diese Cut-On-Frequenz bestimmt sich aus dem Durchmesser des Triebwerkseinlaufs D , der Schallgeschwindigkeit c und der Machzahl M des umgebenden Mediums und kann errechnet werden durch die Formel:

$$f_{CO_R1} \approx \frac{3,83c}{\pi D} \sqrt{1 - M^2}$$

[0073] Die übrigen Elemente der Schallschutzvorrichtung im Umfang des Triebwerkseinlaufs und in der Einlauflippe wirken vorzugsweise ab der Cut-On-Frequenz f_{CO_T1} des ersten Umfangsmodes im Triebwerkseinlauf. Diese Cut-On-Frequenz bestimmt sich aus dem Durchmesser des Triebwerkseinlaufs D , der Schallgeschwindigkeit c und der Machzahl M des umgebenden Mediums und kann errechnet werden durch die Formel:

$$f_{CO_T1} \approx \frac{1,84c}{\pi D} \sqrt{1 - M^2}$$

[0074] Die Schallschutzvorrichtung im Spinner wird akustisch mit der Schallschutzvorrichtung im Umfangsbereich des Triebwerkseinlaufs so abgestimmt, dass

- die akustische Energie von Radialmoden im achsnahen Bereich durch die Schallschutzvorrichtung im Spinner absorbiert wird,
- eine Umverteilung der modalen Schallfelder durch optimierte Impedanzverteilung derart passiert, dass vorwiegend Umfangsmode mit steileren Ausbreitungswinkeln entstehen die dann aufgrund der größeren effektiven Lauflänge im Triebwerkseinlauf durch die absorbierend wirkende Schallschutzvorrichtung im Umfangsbereich verbessert absorbiert werden, und/oder
- eine verringerte Schallabstrahlung aus der Öffnung des Triebwerkseinlaufs in ein Raumwinkelsegment Richtung Boden resultiert.

[0075] Die Verteilung der akustischen Impedanz an den Schallschutzvorrichtungen von Spinner, Umfang des Triebwerkseinlaufs und Einlauflippe ergibt sich bevorzugt aus einem Optimierungsprozess.

[0076] Der Optimierungsprozess verändert die Impedanzverteilung solange, bis sich ein globales Minimum für eine definierte Zielfunktion ergibt. Die Zielfunktion beschreibt z.B. entweder die Gesamtschallabstrahlung aus dem Triebwerkseinlauf oder aber die Schallabstrahlung in ein Raumwinkelsegment in Richtung Boden.

[0077] Vorzugsweise sollen die Elemente des multisegmentellen Liners folgende Werte für die akustische Impedanz aufweisen:

- Spinner: $0,1 \cdot Z_0$ bis $2,5 \cdot Z_0$
- Einlauflippe: kleiner als $0,3 \cdot Z_0$
- Umfangssegment: $0,8 \cdot Z_0$ bis $2,5 \cdot Z_0$,

wobei Z_0 die Schallkennimpedanz des Mediums im Triebwerkseinlauf (Luft) kennzeichnet.

[0078] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

[0079] [Fig. 1](#) eine schematische Querschnittsdarstellung durch ein Luftfahrzeugtriebwerk mit Rotor,

Rotornabe, Spinner und einer Schallschutzvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform;

[0080] [Fig. 2](#) eine schematische Querschnittsdarstellung durch ein Luftfahrzeugtriebwerk mit Rotor, Rotornabe, Spinner und einer Schallschutzvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform;

[0081] [Fig. 3](#) eine schematische Querschnittsdarstellung durch ein Luftfahrzeugtriebwerk mit Rotor, Rotornabe, Spinner und einer Schallschutzvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform;

[0082] [Fig. 4](#) eine schematische Querschnittsdarstellung durch ein Luftfahrzeugtriebwerk mit Rotor, Rotornabe, Spinner und einer Schallschutzvorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform;

[0083] [Fig. 5](#) eine schematische Querschnittsdarstellung durch ein Luftfahrzeugtriebwerk mit Rotor, Rotornabe, Spinner und einer Schallschutzvorrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform;

[0084] [Fig. 6](#) eine schematische Darstellung der Schallabstrahlung des ersten Radialmodes eines Luftfahrzeugtriebwerks ohne Schallschutzvorrichtung;

[0085] [Fig. 7](#) eine schematische Darstellung der Schallabstrahlung des ersten Radialmodes eines Luftfahrzeugtriebwerks mit einer Schallschutzvorrichtung nur an einem Umfangsbereich des Triebwerkseinlaufs (insbesondere an der Einlauflippe und der inneren Umfangsoberfläche); und

[0086] [Fig. 8](#) eine schematische Darstellung der Schallabstrahlung des ersten Radialmodes eines Luftfahrzeugtriebwerks mit einer Schallschutzvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0087] In den [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) ist jeweils ein Luftfahrzeugtriebwerk **10** mit einer Schallschutzvorrichtung **12** gemäß einer ersten bis fünften Ausführungsform im Schnitt dargestellt. Das Luftfahrzeugtriebwerk **10** ist in den dargestellten Beispielen als Turbofantriebwerk für ein Flugzeug ausgebildet.

[0088] Das Luftfahrzeugtriebwerk **10** weist eine Gasturbine **14** mit Rotor **16** auf, auf dem ein Fan **18** mit einer Reihe von von einer Rotornabe **20** radial nach außen gerichteten Schaufeln **22** angeordnet ist. Der vordere Bereich der Rotornabe **20** ist durch einen Spinner **24** aerodynamisch verkleidet. Der Spinner **24** ist auf der Rotornabe **20** mitdrehend damit angeordnet.

[0089] Das Luftfahrzeugtriebwerk **10** weist weiterhin eine Triebwerksgondel **26** auf, von der in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) nur der Triebwerkseinlauf **28** mit innerer Umfangsfläche **30** dargestellt ist. Der Triebwerkseinlauf **28** umfasst bei Turbofantriebwerken insbesondere

re den gesamten vorderen Bereich des Triebwerks bis zum Fan **18**.

[0090] Die Schallschutzvorrichtung **12** weist wenigstens ein erstes Linersegment **42**, wenigstens ein zweites Linersegment **44** und wenigstens ein drittes Linersegment **40** auf.

[0091] An der inneren Umfangsfläche **30** ist eine Triebwerksauskleidung **32** mit einem ersten Linersegment **42** und einem dritten Linersegment **40** zur Schallabsorption und/oder Schallrichtungsänderung angeordnet. Die Linersegmente **40**, **42** der Triebwerksauskleidung **32** sind beispielsweise wie in der US 7 124 85 B2 oder wie in der DE 10 2007 019 762 A1 gezeigt und erläutert ausgebildet. Es wird für nähere Einzelheiten zu dem grundsätzlichen inneren Aufbau der Liner der Triebwerksauskleidung **32** ausdrücklich auf diese beiden Druckschriften verwiesen; Modifikationen hierzu werden hiernach noch näher beschrieben.

[0092] Das Material der Triebwerksauskleidung **32** kann durch Durchführung des in der EP 1 111 584 A1 beschriebenen Verfahrens hergestellt sein.

[0093] Weiter ist auch am Spinner **24** eine Schallschutzeinrichtung **34** angeordnet, die wenigstens ein zweites Linersegment **44**, insbesondere in Form eines schallabsorbierenden und/oder schallablenkenden Schallschutzbelags **36**, aufweist.

[0094] Das zweite Linersegment **44** kann mit den gleichen Materialien wie aus den eingangs erwähnten Dokumenten zum Stand der Technik grundsätzlich bekannte Liner für die Triebwerksauskleidung **32** ausgebildet sein. Insbesondere weist der Schallschutzbelag **36** eine akustisch wirksame Deckschicht auf, die ein Lochblech mit darunter angeordneten Hohlräumen, ein Lochblech mit Gewebe, ein Schallabsorber-Gewebe und/oder eine mikroperforierte Schicht aufweist. Derartig akustisch wirksame Deckschichten **38** sind im Stand der Technik gut bekannt und werden hier nicht näher beschrieben.

[0095] Die Deckschicht **38** ist allerdings so ausgebildet, dass sie für eine Mitdrehung mit der Rotornabe **20** geeignet ist. Im Unterschied zu dem ersten und dem dritten Linersegment **42**, **40** sowie zu allen bekannten Linern aus dem Stand der Technik kommt das dritte Linersegment **42** weiter ganz ohne Drainagemaßnahmen aus.

[0096] Die Oberfläche des Spinners **24** ist kegelförmig ausgebildet, d.h. im Schnitt hat der Spinner **24** von einer Spitze **46** ausgehend ein dreieckförmiges Profil mit geradlinigen Dreiecksschenkeln. Durch eine Kegelform (anstelle beispielsweise einer Geschossprofilform mit gebogenen, ausgebauchten Formen, im Englischen „bullet“-Profil) ergibt sich eine

wesentlich vereinfachte Fertigung des zweiten Linersegments **44**, das aus einer ebenen Struktur ausgeschnitten werden kann.

[0097] Ansonsten sind die Geometrie der Schallschutzeinrichtung **34** (insbesondere Volumen und Bautiefe) sowie die akustischen Eigenschaften der akustisch wirksamen Deckschicht **38** derart gewählt, dass sich eine akustische Impedanz der Schallschutzeinrichtung **34** ergibt, die zusammen mit der Triebwerksauskleidung **32** zusammenwirkt, um im Triebwerkseinlauf **28** zu einer Verlängerung der akustischen Lauflänge zu führen. Hierzu ist die Schallschutzeinrichtung **34** insbesondere derart ausgestaltet, dass Schallwellen zwischen der Triebwerksauskleidung **32** und der Schallschutzeinrichtung **34** am Spinner **24** mehrfach reflektiert werden, um so die Lauflänge zu erhöhen.

[0098] Wie in den Figuren dargestellt, ist die Deckschicht **34** kegelmantelförmig oder kegelstumpfmantelförmig ausgebildet. Der Kegelwinkel ist hierzu entsprechend zur Verlängerung der akustischen Lauflänge und/oder zur optimalen Absorption der Schallwellen ausgebildet und/oder vorzugsweise entsprechend aerodynamischer Vorgaben ausgebildet.

[0099] In bevorzugter Ausgestaltung werden die akustischen Absorptionseigenschaften des die Schallschutzeinrichtung **34** bildenden zweiten Linersegments **44** auf eine Absorption von akustischen Moden optimiert, bei welchen die Maxima des Schalldrucks in der Nähe der Symmetrieachse liegen. Die entsprechenden Parameter lassen sich durch Versuche und insbesondere durch Simulationsrechnungen und Modellrechnungen ermitteln.

[0100] Die in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele der Schallschutzvorrichtung **12** bilden somit einen multisegmentalen Liner **46**, der sich durch die Kombination von wenigstens drei Segmenten – erstes Linersegment **42**, zweites Linersegment **44** und drittes Linersegment **40** – auszeichnet.

[0101] Das dritte Linersegment **40** ist insbesondere überwiegend reflektierend und das erste Linersegment **42** ist insbesondere überwiegend absorbierend ausgebildet.

[0102] Die akustische Impedanz der einzelnen Linersegmente **40**, **42**, **44** ist hierbei so aufeinander abgestimmt, dass zum einen die Schallabsorption einzelner Moden verbessert, sowie die Abstrahlcharakteristik bestimmter Moden in ein bestimmtes Raumwinkelsegment verringert wird.

[0103] Dies wird z.B. erreicht, in dem die akustische Impedanz einer reflektierenden Linereinheit – drittes Linersegment **40** – möglichst klein ist im Vergleich zur charakteristischen Kennimpedanz der Luft

(ρc). Insbesondere ist die spezifische Resistanz $R/\rho c$, der Realteil der Impedanz, $< 0,1$ und die spezifische Reaktanz $X/\rho c$, der Imaginärteil der Impedanz, ist negativ, also < 0 .

[0104] Die spezifische akustische Resistanz $R/\rho c$ der absorbierenden Linereinheit – erstes Linersegment **42** – am Umfang des Triebwerkseinlaufs **28** beträgt insbesondere zwischen 0,8 und 5, während die spezifische Reaktanz $X/\rho c$ insbesondere negativ ist und im Intervall von -1 bis 0 liegt.

[0105] Die spezifische akustische Resistanz $R/\rho c$ der Linereinheit am Spinner **24** des Fans **18** – d.h. die des zweiten Linersegments **44** – kann je nach Kombination mit dem ersten und dem dritten Linersegment **42**, **40** sehr klein sein, $R/\rho c < 0,1$ (dann wirkt das zweite Linersegment **44** vorwiegend reflektierend) oder aber im Intervall zwischen 0,8 und 5 liegen (dann wirkt das zweite Linersegment **44** überwiegend absorbierend). Die spezifische Reaktanz $X/\rho c$ des zweiten Linersegments **44** ist bevorzugt negativ und liegt insbesondere im Intervall von -1 bis 0 . Allen Ausführungsbeispielen ist gemeinsam, dass das zweite Linersegment **44** an einer Oberfläche des Spinners **24** angeordnet ist.

[0106] Anders als dies in den Ausführungsformen dargestellt ist, bleibt die Spitze **46** des Spinners **24** vorzugsweise frei von der Schallschutzeinrichtung **34**, hier ist in bevorzugter Ausgestaltung kein zweites Linersegment **44** vorhanden. Vielmehr dient die verbleibende kegelförmige Spitze **46** des Spinners **24** der Integration von Anti-Iceing-Maßnahmen. Beispielsweise ist die Spitze **46** elastisch ausgeführt, so dass durch elastische Bewegung der Oberfläche der Spitze **46** sich daran bildendes Eis gelöst werden kann. Z.B. erstreckt sich das zweite Linersegment über einen Bereich des Spinners, der sich 5% bis 75% der in axialer Richtung gesehenen Höhe erstreckt.

[0107] Die Schallschutzeinrichtung **34** am Spinner **24** ist insbesondere für vorzugsweise absorbierende oder auch reflektierende Wirkung von Schall mit Schallfrequenzen im Bereich ab der Cut-On-Frequenz $f_{CO,R1}$ des ersten Radialmodus im Triebwerkseinlauf **28** ausgelegt.

[0108] Diese Cut-On-Frequenz $f_{CO,R1}$ bestimmt sich aus dem Durchmesser D des Triebwerkseinlaufs **28**, der Schallgeschwindigkeit c und der Machzahl M des umgebenden Mediums und kann errechnet werden durch die Formel:

$$f_{CO,R1} \approx \frac{3,83c}{\pi D} \sqrt{1 - M^2}$$

[0109] Das erste Linersegment **42** und das dritte Linersegment **40** im Umfang des Triebwerkseinlaufs **28** und in der Einlaufippe **50** wirken vorzugsweise ab

der Cut-On-Frequenz $f_{CO,T1}$ des ersten Umfangsmodes im Triebwerkseinlauf **28**. Diese Cut-On-Frequenz $f_{CO,T1}$ bestimmt sich aus dem Durchmesser D des Triebwerkseinlaufs **28**, der Schallgeschwindigkeit c und der Machzahl M des umgebenden Mediums und kann errechnet werden durch die Formel:

$$f_{CO,T1} \approx \frac{1,84c}{\pi D} \sqrt{1 - M^2}$$

[0110] Die Schallschutzeinrichtung **34** am Spinner wird akustisch mit den Linersegmenten **40**, **42** am Umfangsbereich **30**, **50** des Triebwerkseinlaufs **28** so abgestimmt dass

- die akustische Energie von Radialmoden im achsnahen Bereich durch die Schallschutzeinrichtung **34** im Spinner **24** absorbiert wird,
- eine Umverteilung der modalen Schallfelder durch optimierte Impedanzverteilung derart passiert, dass vorwiegend Umfangsmoden mit steileren Ausbreitungswinkeln entstehen, die dann aufgrund der größeren effektiven Lauflänge im Triebwerkseinlauf **28** durch den absorbierend wirkende Liner **42** im Umfangsbereich **30** verbessert absorbiert werden, und/oder
- eine verringerte Schallabstrahlung aus der Öffnung des Triebwerkseinlaufs **28** in ein Raumwinkelsegment Richtung Boden resultiert.

[0111] Die Verteilung der akustischen Impedanz an den Schallschutzeinrichtungen **34**, **32** von Spinner, Umfang des Triebwerkseinlaufs und Einlaufippe ergibt sich bevorzugt aus einem Optimierungsprozess, insbesondere durch Simulationsberechnungen und numerische Berechnungen.

[0112] Der Optimierungsprozess verändert die Impedanzverteilung solange, bis sich ein globales Minimum für eine definierte Zielfunktion ergibt. Die Zielfunktion beschreibt z.B. entweder die Gesamtschallabstrahlung aus dem Triebwerkseinlauf oder aber die Schallabstrahlung in ein Raumwinkelsegment in Richtung Boden.

[0113] Vorzugsweise sollen die Elemente des multisegmentellen Liners folgende Werte für die akustische Impedanz aufweisen:

- Spinner: $0,1 \cdot Z_0$ bis $2,5 \cdot Z_0$
- Einlaufippe: kleiner als $0,3 \cdot Z_0$
- Umfangssegment: $0,8 \cdot Z_0$ bis $2,5 \cdot Z_0$,

wobei Z_0 die Schallkennimpedanz des Mediums im Triebwerkseinlauf (z.B. Luft) kennzeichnet.

[0114] Im Folgenden werden die Unterschiede der Ausführungsbeispiele des multisegmentalen Liners der Schallschutzvorrichtung **12** anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) dargestellt. Die Unterschiede liegen im Wesentlichen in der Ausbildung und Anordnung der Triebwerksauskleidung **32** am Umfang des Triebwerkseinlaufs **28**, und insbesondere in der Ausbil-

zung und Anordnung des wenigstens einen ersten Linnersegments **42** und des wenigstens einen dritten Linnersegments **42**.

[0115] Bei dem in der [Fig. 1](#) dargestellten ersten Ausführungsbeispiel der Schallschutzvorrichtung **12** ist das reflektierend oder überwiegend reflektierend wirkende dritte Linnersegment **40** umlaufend an einer Einlaufrippe **50** des Triebwerkseinlaufs **28** angeordnet. Angrenzend zu dem dritten Linnersegment **40** ist an der nach innen hin gerichteten inneren Umfangsfläche **30** des Triebwerkseinlauf **28** das erste Linnersegment **42** umlaufend angeordnet.

[0116] Auch bei der in der [Fig. 2](#) dargestellten zweiten Ausführungsform der Schallschutzvorrichtung ist das dritte Linnersegment **40** an der Einlaufrippe **50** angeordnet, jedoch erstreckt sich das dritte Linnersegment **40** an der Einlaufrippe in Umfangsrichtung nur über einen Teil des Umfangs. Insbesondere ist hier ein unterer Winkelbereich (z.B. über einen Winkelbereich von $\pm 20^\circ$ [20° – 90°] links und rechts von der Vertikalen) der Einlaufrippe **50** mit dem dritten Linnersegment **40** verkleidet.

[0117] Die Anordnung und Ausbildung des ersten Linnersegments **42** ist wie bei der ersten Ausführungsform.

[0118] Bei der dritten bis fünften Ausführungsform, wie sie in den [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) dargestellt sind, teilen sich das wenigstens eine dritte Linnersegment **40** und das wenigstens eine erste Linnersegment **42** den Bereich der inneren Umfangsfläche **30**, die sich zwischen der Einlaufrippe **50** und dem Fan **18** erstreckt, untereinander auf.

[0119] Bei der dritten Ausführungsform schließt sich an die Einlaufrippe **50** zunächst ein drittes Linnersegment **40** über den Umfang umlaufend an, an welches auf der anderen Seite ein erstes Linnersegment **42** über den Umfang umlaufend anschließt.

[0120] Bei der vierten und fünften Ausführungsform sind mehrere erste Linnersegmente **42** vorgesehen, zwischen denen wenigstens ein drittes Linnersegment **40** eingefügt ist.

[0121] Bei der in [Fig. 4](#) dargestellten vierten Ausführungsform ist ein drittes Linnersegment **40** über den Umfang umlaufend angeordnet.

[0122] Bei der in [Fig. 5](#) dargestellten fünften Ausführungsform sind die Linnersegmente **40**, **42** über den Umfang gesehen unterschiedlich verteilt. In einem oberen Winkelbereich sind drei erste Linnersegmente **42** und zwei dritte Linnersegmente **40** vorgesehen. Die Anordnung ist alternierend. In einem unteren Winkelbereich sind dagegen zwei erste Linnersegmente **42**

mit einem dritten Linnersegment **40** dazwischen vorgesehen.

[0123] Die Ausführungsbeispiele sind Beispiele, wie die Triebwerksauskleidung **32** mit ersten und dritten Linnersegmenten **42**, **40** ausgebildet werden kann, um gewünschte Abstrahlcharakteristika (zum Beispiel Abschwächung in einem zum Boden hin gerichteten Raumwinkel) zu erreichen. Zusätzlich ist noch das zweite Linnersegment **44** in einem achsnahen Triebwerksbereich, z.B. am Spinner **24**, vorgesehen, das mit der Triebwerksauskleidung **32** weiter zusammenwirkt, um gewünschte Abstrahlcharakteristika zu erreichen.

[0124] Das zweite Linnersegment **44** ist insbesondere zur Absorption derartiger Schallmoden ausgelegt, deren Maxima nahe der Triebwerksachse (Symmetrieachse) **52** liegen.

[0125] Die Wirkung des zweiten Linnersegments **44** ist insbesondere in den [Fig. 6](#) bis [Fig. 8](#) verdeutlicht, die schematisch die Abstrahlung des ersten Radialmodes an dem Luftfahrzeugtriebwerk **10** im Bereich des Teibwerkseinlaufs **28** einmal ganz ohne Schallschutzvorrichtung **12** ([Fig. 6](#)), dann lediglich mit der Triebwerksauskleidung **32**, also mit Schallschutzbelägen im Umfangsbereich **30** und an der Einlaufrippe **50** ([Fig. 7](#)), d.h. lediglich mit dem ersten Linnersegment **42** und dem dritten Linnersegment **40**, und schließlich mit der Schallschutzvorrichtung **12**, die das zweite Linnersegment **44** im achsnahen Bereich, wie insbesondere am Spinner **24** aufweist ([Fig. 8](#)), zeigen. Aus der [Fig. 6](#) ist ersichtlich, dass der erste Radialmode ein Mode mit Maxima nahe der Triebwerksachse ist. Solche Modes können mit der Triebwerksauskleidung **32** nur am Triebwerksmantel nur unzureichend gedämmt werden. Durch die Anbringung der Schallschutzeinrichtung zusätzlich im achsnahen Bereich, insbesondere am Spinner **24**, und Auslegung der Wirkung der Schallschutzeinrichtung **34** auf solche Modes können solche Modes effektiv am Ort der Maxima absorbiert werden, siehe [Fig. 8](#).

Bezugszeichenliste

10	Luftfahrzeugtriebwerk
12	Schallschutzvorrichtung
14	Gasturbine
16	Rotor
18	Fan
20	Rotornabe
22	Schaufel
24	Spinner
26	Triebwerksgondel
28	Triebwerkeinlauf
30	innere Umfangsfläche
32	Triebwerksauskleidung
34	Schallschutzeinrichtung
36	Schallschutzbelag

- 38** akustisch wirksame Deckschicht
- 40** drittes Linersegment (vorwiegend reflektierend)
- 42** erstes Linersegment (vorwiegend absorbierend)
- 44** zweites Linersegment (zentral angeordnet, je nach Anforderung vorwiegend absorbierend oder vorwiegend reflektierend)
- 46** Spitze
- 50** Einlauflippe
- 52** Triebwerksachse

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 621752 A2 [0003]
- US 3937590 [0003]
- EP 1411225 B1 [0003]
- EP 1701016 A1 [0003]
- EP 1071608 B1 [0003]
- US 3946830 A [0003]
- EP 1111584 A1 [0004, 0092]
- DE 102009005163 A1 [0005]
- US 3890060 [0006]
- US 7124856 B2 [0006]
- DE 102007019762 A1 [0007, 0091]
- US 712485 B2 [0091]

Patentansprüche

1. Schallschutzvorrichtung (**12**) für einen Triebwerkseinlauf (**28**) eines Luftfahrzeugtriebwerks (**10**) zur Schallabsorption und/oder Schallausbreitungsänderung mit wenigstens einem ersten Linersegment (**42**) und wenigstens einem zweiten Linersegment (**44**) zum Auskleiden unterschiedlicher Oberflächenbereiche (**30, 50, 24**) des Luftfahrzeugtriebwerks (**10**) im Bereich des Triebwerkseinlaufs (**28**), wobei das wenigstens eine erste Linersegment (**42**) zur Anordnung im Bereich einer Umfangsfläche (**50, 30**) des Triebwerkseinlaufs (**28**) ausgebildet und das wenigstens eine zweite Linerelement (**44**) zum Verkleiden eines in einem achsnahen Bereich angeordneten Oberflächenbereichs (**24**) ausgebildet ist:

2. Schallschutzvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine zweite Linersegment (**44**) zur Absorption derjenigen akustischen Moden ausgebildet ist, bei denen Maxima des Schalldrucks in Nähe einer Symmetrie- und/oder Drehachse (**52**) des Luftfahrzeugtriebwerks (**10**) liegen.

3. Schallschutzvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine zweite Linersegment (**44**) zum Verkleiden eines Oberflächenbereichs eines Spinners (**24**) ausgebildet ist und vorzugsweise entweder vorwiegend reflektierend oder vorwiegend absorbierend ausgebildet ist.

4. Schallschutzvorrichtung nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch einen Spinner (**24**) zum aerodynamischen Verkleiden einer Rotornabe (**20**) des Luftfahrzeugtriebwerks (**10**), wobei der Spinner (**24**) das wenigstens eine zweite Linersegment (**44**) als schallabsorbierende und/oder schallablenkende Schallschutzeinrichtung (**34**) aufweist.

5. Schallschutzvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Spinner (**14**) kegelförmig ausgebildet ist.

6. Schallschutzvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teilbereich von ca. 5% bis ca. 75% der sich in axialer Richtung erstreckenden Oberfläche des Spinners (**24**) mit dem wenigstens einen zweiten Linersegment (**44**) versehen ist, vorzugsweise derart, dass die Spitze (**46**) des Spinners frei von Schallschutzauskleidungen oder Schallschutzbelägen oder Linersegmenten bleibt.

7. Schallschutzvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine zweite Linersegment (**44**) zur vorwiegend reflektierenden oder vorwiegend ab-

sorbierenden Wirkung für akustische Frequenzen f_2 ausgebildet ist, wobei

$$f_1 \geq f_{CO_R1} \approx \frac{3,83}{\pi D} \sqrt{1 - M^2}$$

ist, wobei

f_{CO_R1} die Cut-On-Frequenz des ersten Radialmodes im Triebwerkseinlauf (**28**),

D der Durchmesser des Triebwerkseinlaufs (**28**),

c die Schallgeschwindigkeit des umgebenden Mediums und

M die Machzahl des umgebenden Mediums bezeichnet.

8. Schallschutzvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine erste Linersegment (**42**) zur Wirkung für akustische Frequenzen f_1 ausgebildet ist, wobei

$$f_1 \geq f_{CO_T1} \approx \frac{1,84c}{\pi D} \sqrt{1 - M^2}$$

wobei

f_{CO_T1} die Cut-On-Frequenz des ersten Umfangsmodes im Triebwerkseinlauf (**28**),

D der Durchmesser des Triebwerkseinlaufs (**28**),

c die Schallgeschwindigkeit des umgebenden Mediums und

M die Machzahl des umgebenden Mediums bezeichnet.

9. Schallschutzvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein drittes Linersegment (**40**) zur Anordnung im Bereich der Umfangsfläche (**50, 30**) des Triebwerkseinlaufs (**28**) vorgesehen ist,

wobei das erste Linersegment (**42**) vorwiegend absorbierend wirkend ausgebildet und das dritte Linersegment (**40**) vorwiegend reflektierend wirkend ausgebildet ist.

10. Schallschutzvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das erste (**40**), das zweite (**44**) und das dritte (**42**) Linersegment

a) derart ausgebildet und aufeinander abgestimmt sind, dass die Schallausbreitung in wenigstens einem ersten vorbestimmten Raumwinkelsegment gegenüber der Schallausbreitung in wenigstens einem zweiten Raumwinkelsegment vermindert ist, und/oder

b) auf eine Verlängerung der akustischen Lauflänge innerhalb des Triebwerkseinlaufs (**28**) hin wirkend abgestimmt und ausgebildet sind.

11. Schallschutzvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass das wenigstens eine erste Linersegment (**42**) an einem inneren, nach innen gerichteten umlaufenden

Umfangsoberflächenbereich (30) angeordnet ist, und dass wenigstens ein drittes Linersegment (40)

a) im Bereich einer Einlauflippe (50) des Triebwerkseinlaufs (28),

b) zwischen der Einlauflippe (50) und wenigstens einem ersten Linersegment (42) und/oder

c) axial zwischen zwei ersten Linersegmenten (42) angeordnet ist.

les Minimum für die in a), b) oder c) definierte Zielfunktion ergibt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

12. Schallschutzvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Linersegment (40) in Umfangsrichtung unterschiedlich verteilt angeordnet ist, insbesondere derart, dass das dritte Linersegment (40) verstärkt in einem unteren Umfangsbereich zur vermehrten Reflexion der Schallausbreitung nach oben ausgebildet ist.

13. Schallschutzvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die akustische Impedanz des wenigstens einen zweiten Linersegments (44) einen Wert in einem Bereich von ca. $0,1 \cdot Z_0$ bis ca. $2,5 \cdot Z_0$ hat, wobei Z_0 die Schallkennimpedanz des Mediums innerhalb des Triebwerkseinlaufs (28) ist, wobei vorzugsweise die akustische Impedanz des wenigstens einen ersten Linersegments (42) einen Wert in dem Bereich von ca. $0,8 \cdot Z_0$ bis ca. $2,5 \cdot Z_0$ beträgt und gegebenenfalls die akustische Impedanz des wenigstens einen dritten Linersegments (40) einen Wert in einem Bereich kleiner als $0,3 \cdot Z_0$ hat.

14. Triebwerk (10) für ein Luftfahrzeug mit einem Triebwerkseinlauf (28), dadurch gekennzeichnet, dass der Triebwerkseinlauf (28) mit einer Schallschutzvorrichtung (12) nach einem der voranstehenden Ansprüche versehen ist.

15. Verfahren zur Bereitstellung einer Schallschutzvorrichtung (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 für ein Triebwerk (10) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,

dass das wenigstens eine zweite Linersegment (44) für den achsnahen Bereich mit dem wenigstens einen Linersegment (42, 40) für den Umfangsbereich (30) durch Verteilung der akustischen Impedanzen an den Linersegmenten (44, 42, 40) in einem Optimierungsverfahren abgestimmt wird,

a) um akustische Energie von Radialmoden im achsnahen Bereich durch das wenigstens eine zweite Linersegment (44) zu absorbieren,

b) um die modalen Schallfelder derart umzuverteilen, dass vorwiegend Umfangsmoden mit gegenüber Ausbreitungswinkeln ohne zweites Linersegment steileren Ausbreitungswinkeln entstehen, oder

c) um die Schallabstrahlung in ein Raumsegment Richtung Boden zu verringern,

wobei in dem Optimierungsverfahren die Impedanzverteilung solange verändert wird, bis sich ein globa-

Anhängende Zeichnungen

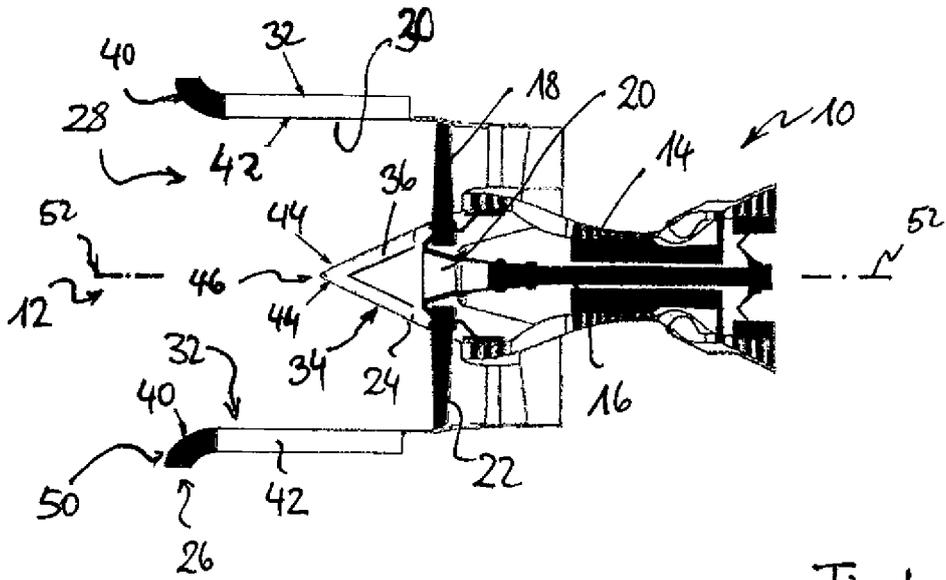


Fig. 1

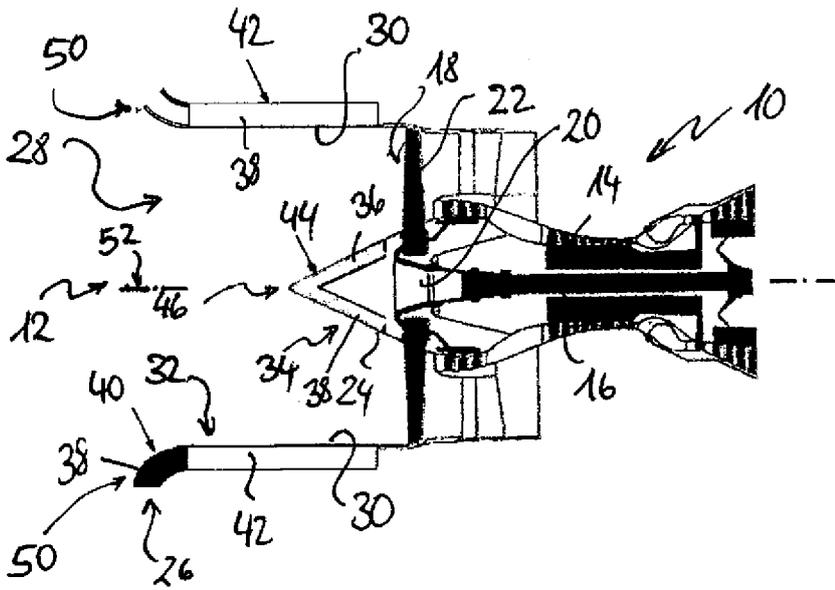


Fig. 2

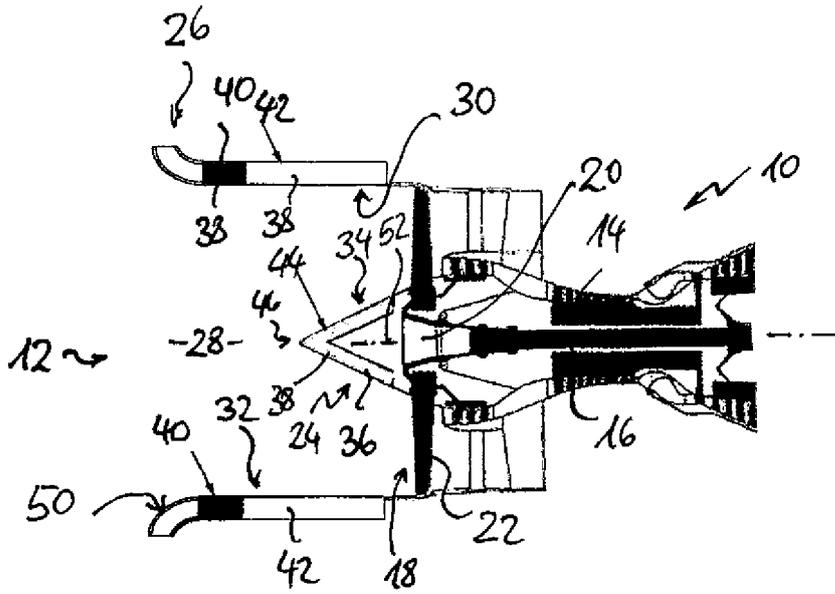


Fig. 3

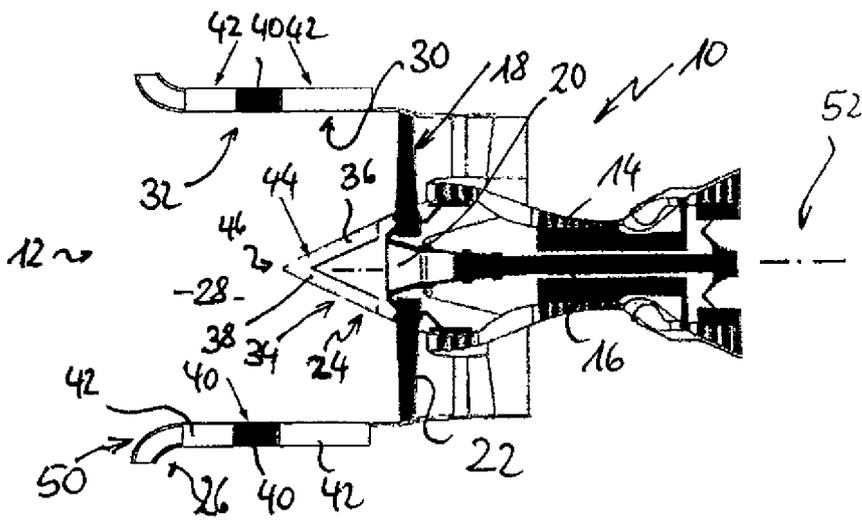


Fig. 4

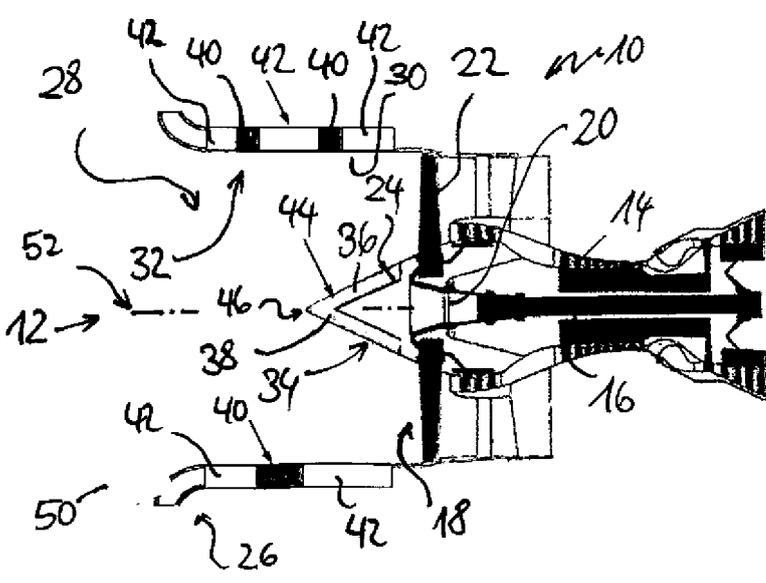


Fig. 5

Fig. 6

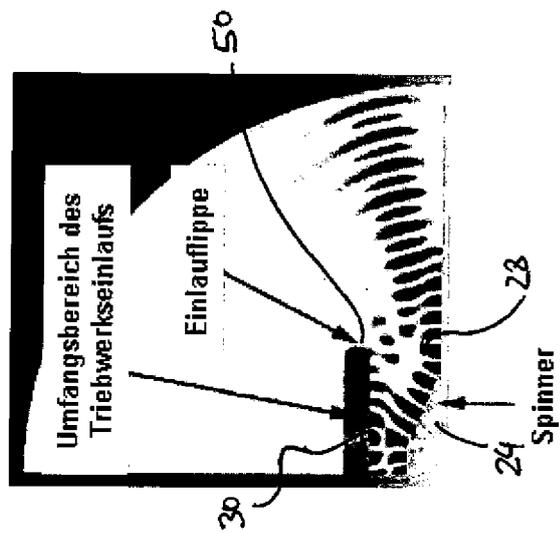


Fig. 7

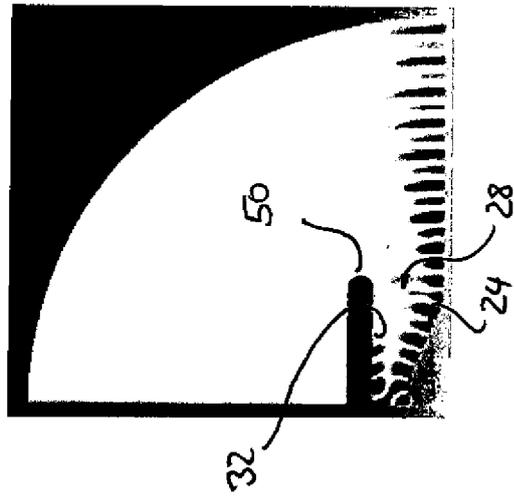


Fig. 8

