



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43)

Veröffentlichungstag:
02.10.2024 Patentblatt 2024/40

(21)

Anmeldenummer: 24157969.7

(22)

Anmeldetag: 15.02.2024

(51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01D 5/10 (2006.01) F01D 5/34 (2006.01)
F01D 5/16 (2006.01) F01D 5/26 (2006.01)
F01D 25/04 (2006.01) F01D 25/06 (2006.01)

(52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01D 5/34; F01D 5/10; F05D 2230/20;
F05D 2250/241

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(30)

Priorität: 28.03.2023 DE 102023107888

(71)

Anmelder: MTU Aero Engines AG
80995 München (DE)

(72)

Erfinder:
• Hartung, Andreas
80995 München (DE)
• Schlemmer, Markus
80995 München (DE)
• Theurich, Daniel
80995 München (DE)
• Kosco, Adam
80995 München (DE)

(54)

DÄMPFERRING ZUR REDUZIERUNG VON UNERWÜNSCHTEN SCHWINGUNGEN EINER BLISK, SOWIE BLISK UND TURBOMASCHINE

(57)

Die Erfindung betrifft einen Dämpferring (1) zur Reduzierung von unerwünschten Schwingungen einer Blisk (2), welcher radial innenseitig an einem Schaufelring (3) der Blisk (2) anordenbar ist.

Der Dämpferring (1) ist durch zumindest ein Dämpferelement (4) gekennzeichnet, welches dazu eingerichtet ist, Schwingungsenergie der Blisk (2) zu dissipieren und/oder Schwingungsmoden der Blisk in von den Schwingungsmoden der Blisk abweichende Schwingungsmoden zu transferieren. Die Erfindung betrifft weiter eine Blisk (2), sowie eine Turbomaschine (13).

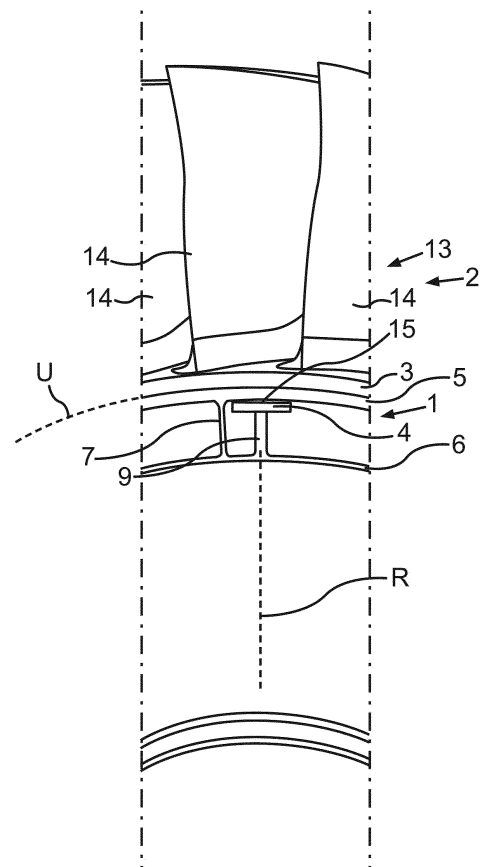


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Dämpferring zur Reduzierung von unerwünschten Schwingungen einer Blisk, welche radial innenseitig an einem Schaufelring der Blisk anordenbar ist. Die Erfindung betrifft weiter eine Blisk für eine Turbomaschine, mit einem Dämpferring zur Reduzierung von unerwünschten Schwingungen der Blisk, welcher radial innenseitig an einem Schaufelring der Blisk angeordnet ist, sowie eine zugehörige Turbomaschine mit zumindest einer Blisk.

[0002] Integral beschauelte Turbomaschinen-Rotoren (engl.: Integrally Bladed Rotor, IBR bzw. Blade Integrated Disk, BLISK) weisen integral mit einem Grundkörper, in einer Ausführung einer Rotorscheibe, ausgebildete Laufschaufeln auf, die in einer Ausführung einstückig mit der Rotorscheibe ausgebildet, insbesondere urgeformt, oder stoffschlüssig mit dieser verbunden, vorzugsweise verschweißt, verlötet und/oder verklebt, sind.

[0003] Solche Rotoren, insbesondere ihre Schaufeln, können im Betrieb in einer Turbomaschine hohen thermomechanischen Belastungen ausgesetzt sein. Dies sind unter anderem die Schwingspannungen infolge der Fremd- und/oder Selbsterregungen. Diese unerwünschten Schwingungen können insbesondere die Performance, insbesondere die Lebensdauer bzw. die Robustheit der Blisk beeinträchtigen. In einigen Fällen besonders hoher Schwingungsbelastung ist es notwendig, zur Reduzierung dieser Schwingungen Dämpfungssysteme zu verwenden. Hierbei sind nichtresonante Dämpferinge, sowie resonante Dämpferinge basierend auf Energiedissipation infolge von Reibung (engl.: friction ring damper, FRD) mit der Blisk, sowie basierend auf Absorption und Energietransfer in andere Schwingungsmoden bekannt. Jedoch erweisen sich diese Systeme als unzureichend hinsichtlich ihrer Dämpfereigenschaften, so dass die Performance der Blisk beeinträchtigt ist.

[0004] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Dämpferring bzw. eine Blisk mit einem Dämpferring bereitzustellen, dessen Performance durch eine verbesserte Schwingungsreduzierung gesteigert ist.

[0005] Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die abhängigen Patentansprüche, die folgende Beschreibung sowie die Figuren beschrieben.

[0006] Durch einen Aspekt der Erfindung ist ein Dämpferring zur Reduzierung von unerwünschten Schwingungen einer Blisk bereitgestellt. Der Dämpferring ist insbesondere radial innenseitig an einem Schaufelring der Blisk anordenbar bzw. anbringbar. Der Dämpferring weist zumindest ein Dämpferelement auf, welches dazu eingerichtet ist, Schwingungsenergie der Blisk zu dissipieren und/oder Schwingungsmoden der Blisk in von den Schwingungsmoden der Blisk abweichende Schwingungsmoden zu transferieren. Hierdurch kann eine besonders effektive Schwingungsreduktion realisiert werden.

[0007] Der Dämpferring ist insbesondere ringförmig ausgebildet. Insbesondere können eine radiale Außenkontur bzw. eine radiale Außenfläche des Dämpferings glatt und rund sein. Die Außenfläche des Dämpferings kann insbesondere an eine vorgegebene, komplementär ausgebildete, radiale Innenseite des Schaufelringes der Blisk flächig und kontaktierend anordenbar sein, insbesondere derart, dass diese zumindest formschlüssig aneinander anordenbar sind. Hierdurch kann in einer Ausführung Bauraum radial innerhalb der Rotorschaufeln vorteilhaft genutzt und/oder die Schwingungsreduktion verbessert werden.

[0008] Der Schaufelring, auch als Innendeckband bezeichnet, weist an dessen radialer Außenseite die Schaufeln der Blisk auf, die mit dem Schaufelring integral verbunden sind. Vorzugsweise sind die Schaufeln in einer Umfangsrichtung des Schaufelringes außenseitig gleichmäßig verteilt.

[0009] Das zumindest eine Dämpferelement des Dämpferings ist insbesondere dazu vorgesehen und derart abgestimmt, dass dieses dazu in der Lage ist, die Schwingungsenergie der Blisk zu dissipieren und/oder Schwingungsmoden der Blisk in von den Schwingungsmoden der Blisk abweichende Schwingungsmoden zu transferieren. Mit anderen Worten kann das Dämpferelement zumindest einen Teil der Schwingungsenergie der Blisk absorbieren und in andere Energieformen und/oder Energielokalisierungen umwandeln. Andere Energieformen können insbesondere Wärme und/oder Schwingungsenergie mit anderen Schwingungsmoden als den Schwingungsmoden der Blisk sein. Weitere Energieformen sind vorstellbar. Unter anderen Schwingungsmoden können insbesondere solche verstanden werden, welche gegenüber einer kritischen Schwingung im Resonanzbereich der Blisk, insbesondere durch Fremd- und/oder Selbsterregung, weniger kritisch sind. Somit kann auf besonders vorteilhafte Weise eine Schwingungsreduktion der Blisk und damit eine Verbesserung der Blisk erhöht werden. Hierbei hat es sich als besonders effektiv herausgestellt, wenn der Dämpferring das zumindest eine Dämpferelement aufweist, welches die Schwingungsenergie dissipiert.

[0010] "Axial" bezeichnet vorliegend insbesondere in fachüblicher Weise eine Richtung parallel zu einer (Haupt-)Maschinen- bzw. Drehachse der Turbomaschine bzw. der Blisk bzw. des Dämpferings, "Umfangsrichtung" eine Rotationsrichtung um diese Achse, "radial" eine zur Axial- und Umfangsrichtung senkrechte Richtung, insbesondere von der Achse weg.

[0011] Eine Ausführungsform sieht vor, dass eine Eigenfrequenz des Dämpferelementes im Wesentlichen einer Eigenfrequenz der Blisk entspricht. Mit anderen Worten ist das Dämpferelement ein zur Blisk resonantes Dämpferelement. Im Wesentlichen ist derart zu verstehen, dass die Eigenfrequenz um bis zu 1 %, bis zu 2 % oder bis zu 3 % von einer Eigenfrequenz der Blisk abweichen kann. Das Dämpferelement kann insbesondere auf eine jeweils zugehörige, zu dämpfende Blisk ausge-

legt sein, insbesondere auf eine Serie von Blisks. In einer Serie von Blisks können die jeweiligen Eigenfrequenzen voneinander abweichen, sodass es vorgesehen sein kann, dass die Eigenfrequenz des Dämpferelementes im Wesentlichen einem Mittelwert der Eigenfrequenzen der Serie der Blisks entsprechen kann. Die resonante Dämpfung ist dahingehend vorteilhaft, dass die Blisk bei einer Frequenz, in der diese sich aufschwingen kann und hohe Schwingungsbelastungen wirken, diese Schwingungen gezielt bei dieser Frequenz abgebaut werden können, insbesondere auch gegenüber Dämpferringen von Blisken mit keiner bzw. weniger Bewegung. Dadurch ist die Schwingungsdämpfung durch das resonante Dämpferelement besonders effektiv.

[0012] Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Dämpferring einen Außenring aufweist, welcher an dem Schaufelring radial innenseitig anordenbar ist. Insbesondere weist der Außenring die Außenfläche des Dämpferings auf, die mit der Innenseite des Schaufelringes verbunden werden kann.

[0013] Bevorzugt weist der Dämpferring einen Innenring auf. Der Außenring und der Innenring können vorzugsweise coaxial bzw. konzentrisch zueinander ausgebildet sein. Insbesondere ist ein Durchmesser des Innenringes kleiner als ein Durchmesser des Außenringes. Mit anderen Worten ist der Innenring radial innerhalb des Außenringes.

[0014] Bevorzugt sind der Außenring und der Innenring des Dämpferings durch radial verlaufende Stegelemente miteinander verbunden. Die Stegelemente bzw. Streben können insbesondere dünnwandig ausgebildet sein und sich im Wesentlichen in die radiale Richtung, sowie entsprechend einer axialen Tiefe des Dämpferings sich in axialer Richtung erstrecken. Die Stegelemente erstrecken sich insbesondere senkrecht von dem Innenring bzw. von dem Außenring weg. Die Stegelemente, der Innenring und der Außenring können beispielsweise integral ausgebildet sein. Es kann auch vorstellbar sein, dass die Stegelemente mit dem Innenring und dem Außenring gefügt sind, oder auf alternative Weise miteinander verbunden sind.

[0015] Der Dämpferring weist zumindest zwei Stegelemente auf, welche im Umfangsrichtung um 180° zueinander versetzt angeordnet sein können. Insbesondere weist der Dämpferring eine Vielzahl von Stegelementen beliebiger Anzahl auf, welche in Umfangsrichtung gleichmäßig voneinander beabstandet angeordnet sein können. Vorzugsweise kann jeweils zwischen zwei Stegelementen ein Dämpferelement angeordnet bzw. zwischen zwei Dämpferelementen ein Stegelement angeordnet sein. Insbesondere sind die Stegelemente und die Dämpferelemente beabstandet, also nicht kontaktierend zueinander angeordnet.

[0016] Bevorzugt bildet der Dämpferring zwischen dem Innenring und dem Außenring einen Zwischenraum aus. Innerhalb des Zwischenraumes kann vorzugsweise das Dämpferelement ausgebildet sein. Der Zwischenraum kann insbesondere in Kammern unterteilt sein, die

von den Stegelementen voneinander getrennt sind. Innerhalb einer Kammer kann ein Dämpferelement, zwei Dämpferelement oder mehrere Dämpferelemente angeordnet sein. Darüber hinaus kann es vorgesehen sein, dass in bestimmten Kammern kein Dämpferelement angeordnet ist.

[0017] Durch diese Ausführung des Dämpferings kann eine besonders effektive Schwingungsreduktion realisiert werden. Ein weiterer Vorteil kann darin bestehen, dass die Dämpferelemente am Dämpferring vormontierbar sein können, und schließlich der vormontierte Dämpferring mit der Blisk verbunden werden kann. Dies vereinfacht insbesondere ein Montageverfahren.

[0018] Eine Ausführungsform sieht vor, dass das zumindest eine Dämpferelement über ein radial verlaufendes Stiftelement mit dem Innenring verbunden ist. Das jeweilige Stiftelement kann insbesondere dünnwandig ausgebildet sein und sich im Wesentlichen in die radiale Richtung, sowie entsprechend der axialen Tiefe des Innenrings sich in axialer Richtung erstrecken. Die Stiftelemente erstrecken sich insbesondere senkrecht von dem Innenring weg. Insbesondere ist jeweils ein Dämpferelement über jeweils ein zugehöriges Stiftelement mit dem Innenring verbunden. Das Stiftelement kann insbesondere integral mit dem Innenring ausgebildet sein, oder mit diesem verfügt, vorzugsweise verschweißt, oder auf andere Weise mit diesem verbunden sein. Der Innenring ist insbesondere mit einem radial inneren Ende des Stegelementes verbunden. Das Dämpferelement ist insbesondere mit einem radial äußeren Ende des Stiftelementes verbunden und kann insbesondere mit dem Stiftelement bzw. dem radial äußeren Ende gefügt, vorzugsweise verschweißt, verschraubt oder dergleichen sein. Vorzugsweise können das Stiftelement und das Dämpferelement miteinander verschweißt sein.

[0019] Eine solche Anordnung des Dämpferelementes kann zu einer besonders vorteilhaften Schwingungsdämpfung der Blisk führen. Insbesondere können besonders effektiv die Schwingungen der Blisk über den Außenring, den Innenring über das Stegelement auf das Dämpferelement übertragen werden, welches die Schwingungsenergie aufnimmt und effektiv dissipiert und/oder Schwingungsmoden der Blisk in abweichende Schwingungsmoden zu transferieren, welche weniger kritisch für die Blisk sind.

[0020] Eine Ausführungsform sieht vor, dass das zumindest eine Dämpferelement quaderförmig bzw. schachtelförmig ausgebildet ist. Das Dämpferelement kann insbesondere mit dem Stegelement zusammen in einem Querschnitt T-förmig ausgebildet sein, wobei das Dämpferelement vorzugsweise mittig auf das Stegelement angeordnet sein kann. Das Dämpferelement erstreckt sich in dieser Ausführungsform im Wesentlichen in dessen Breite senkrecht zur Radial- und Axialrichtung, und weist eine gewisse Dicke in Radialrichtung und eine gewisse Tiefe in Axialrichtung auf, die insbesondere kleiner gegenüber der Breite des Dämpferelementes sind. Eine derartige Form hat sich als besonders effektiv für

die Schwingungsdämpfung erwiesen.

[0021] Eine alternative Ausführungsform sieht vor, dass das Dämpferelement kugelförmig ausgebildet ist, beispielsweise als Hohlkugel oder Vollkugel. Es kann vorgesehen sein, dass ein erstes Dämpferelement des Dämpferringes quaderförmig und ein zweites Dämpferelement kugelförmig ausgebildet ist. Darüber hinaus kann das Dämpferelement jede weitere, geeignete Form aufweisen, insbesondere in beliebiger Kombination.

[0022] Eine Ausführungsform sieht vor, dass das Dämpferelement ein Gehäuse mit zumindest einer Kavität aufweist, in welcher zumindest ein Impulskörper mit Bewegungsspiel aufgenommen ist. Der Impulskörper ist insbesondere dazu vorgesehen, in einem angeregten Schwingungszustand der Blisk an Innenwände der jeweiligen Kavität zu stoßen. Durch die Stöße kann vorteilhaft die Schwingungsenergie dissipiert werden. Mit anderen Worten kann hierdurch ein Energietransfer durch die Stöße vorgenommen werden, sodass sich die Schwingungsenergie reduziert. Hierbei kann auch von einer sog. Impulsverstimmung gesprochen werden. Bei dieser Ausführungsform kann es sich bei dem Dämpferelement um einen sog. Impulsverstimmer handeln, wie er beispielsweise in der DE 10 2016 204 281 A1 offenbart ist. Der Impulsverstimmer kann insbesondere mehrere Kavitäten, beispielsweise 2, 4, 6, oder 8, aufweisen, in denen jeweils ein Impulskörper mit Bewegungsspiel gelagert sein kann. Der Impulskörper kann beispielsweise kugelförmig sein, die Kavitäten beispielsweise quaderförmig. Durch ein derartiges, insbesondere auch resonantes, Dämpferelement kann besonders vorteilhaft und effektiv die Schwingungen abgebaut werden.

[0023] Eine Ausführungsform sieht vor, dass das Gehäuse des Dämpferelementes von dem Außenring beabstandet ist. Insbesondere ist zwischen dem Gehäuse und der radialen Innenseite des Außenringes ein Spalt sowohl im ruhenden, als auch im rotierenden Zustand des Dämpferringes, vorgesehen. Hierdurch kann in einer Ausführung eine besonders effektive Schwingungsreduktion realisiert werden.

[0024] Eine Ausführungsform sieht vor, dass das Dämpferelement mit dem Außenring reibschlüssig verbunden ist. Diese Ausführungsform eignet sich besonders, wenn das Dämpferelement nicht als Impulsverstimmer ausgebildet ist, sondern beispielsweise kugelförmig. Unter reibschlüssig ist in diesem Zusammenhang zu verstehen, dass zumindest in einem rotierenden Zustand des Dämpferringes das Dämpferelement den Außenring kontaktiert, wobei durch relative Bewegung zueinander Reibung entsteht. Insbesondere kann auf diese Weise die Schwingungen besonders effektiv abgebaut werden, indem das Dämpferelement die Schwingungsenergie aufnimmt, gegebenenfalls in Schwingungsenergie mit einer zur Eigenfrequenz der Blisk unterschiedlichen Frequenz umwandelt, und durch Reibung mit dem Außenring infolge der Schwingung die Schwingungsenergie abbaut und/oder Schwingungsmoden der Blisk in abweichende Schwingungsmoden zu transferieren, welche

weniger kritisch für die Blisk sind. Mit anderen Worten handelt es sich bei dieser Ausführungsform bei dem Dämpferelement um einen reibungsasierten Absorber.

[0025] Eine Ausführungsform sieht vor, dass das Dämpferelement in der Umfangsrichtung des Dämpferringes innerhalb eines Kreissektors des Dämpferringes ausgebildet ist, wobei der Kreissektor insbesondere einen Mittelpunktswinkel von 3°, 5° oder 10° bzw. ausgewählt aus 2° bis 15° aufweist. Mit anderen Worten ist die Ausdehnung in der Umfangsrichtung des Dämpferelementes auf einen Abschnitt des Dämpferringes begrenzt. Insbesondere entspricht also der Dämpferring selbst nicht dem Dämpferelement.

[0026] Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Dämpferring eine Vielzahl von Dämpferelementen aufweist. Insbesondere kann eine Vielzahl von Dämpferelementen die Schwingungsreduktion deutlich verbessern. Die Dämpferelemente können insbesondere in der Umfangsrichtung gleichmäßig verteilt sein. Die Anzahl der Dämpferring kann abhängig oder unabhängig von einem Durchmesser des Dämpferringes bzw. von einer Anzahl an Laufschaufeln der vorgesehenen Blisk sein.

[0027] Die Erfindung umfasst auch die Kombinationen der Merkmale der beschriebenen Ausführungsformen.

[0028] Durch einen weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Blisk für eine Turbomaschine bereitgestellt. Die Blisk weist insbesondere einen Dämpferring zur Reduzierung von unerwünschten Schwingungen der Blisk, welcher radial innenseitig an einem Schaufelring (Innen-deckband) der Blisk angeordnet ist. Der Dämpferring weist zumindest ein Dämpferelement auf, welches dazu eingerichtet ist, Schwingungsenergie der Blisk zu dissipieren und/oder Schwingungsmoden der Blisk in abweichende Schwingungsmoden zu transferieren, welche weniger kritisch für die Blisk sind. Hierdurch kann in einer Ausführung Bauraum radial innerhalb der Rotorschau-feln vorteilhaft genutzt und/oder die Schwingungsreduktion verbessert werden.

[0029] Die Blisk kann insbesondere als Turbinen-Blisk oder Verdichter-Blisk einer Garturbine ausgebildet sein.

[0030] Insbesondere kann der Dämpferring der Blisk nach einen der beschriebenen Ausführungsformen ausgebildet sein.

[0031] Eine Ausführungsform der Blisk sieht vor, dass der Dämpferring und der Schaufelring mittels einer Schrupfverbindung miteinander verbunden sind. Mit anderen Worten ist der Schaufelring auf den Dämpferring aufgeschrupft, beispielsweise indem der Dämpferring abgekühlt und die Blisk vor dem Zusammenbringen erwärmt wurde. Nach thermischer Angleichung sind der Dämpferring und der Schaufelring somit vorzugsweise formschlüssig und kraftschlüssig miteinander verbunden.

[0032] Alternativ kann der Dämpferring und die Blisk auch auf andere Weise miteinander verbunden sein.

[0033] Eine Ausführungsform der Blisk sieht vor, dass der Dämpferring eine Vielzahl von Dämpferelementen aufweist, wobei eine Anzahl von Schaufeln der Vielzahl

einer Anzahl von Dämpferelementen oder einem Vielfachen der Anzahl von Dämpferelementen entspricht. Zumindest kann die Anzahl der Dämpferelemente abhängig sein von der Anzahl von Schaufeln. Vorzugsweise ist jeder Schaufel bzw. jeder zweiten, dritten oder vierten Schaufel oder speziell ausgewählten Schaufeln jeweils ein Dämpferelement zugeordnet. Beispielsweise ist das Dämpferelement radial innenseitig zu einer Austrittskante oder Eintrittskante der Schaufel angeordnet, bzw. mittig der Schaufel oder zwischen zwei benachbarten Schaufeln.

[0034] In einer Ausführung ist/sind die bzw. eine oder mehrere Kavität(en) des bzw. eines oder mehrerer der Impulskörpergehäuse in Umfangsrichtung (jeweils) von einer Vorderkante oder einer Hinterkante einer (in Umfangsrichtung) nächstliegenden Schaufel des Rotors um höchstens 25 %, insbesondere höchstens 15 %, in einer Ausführung höchstens 10 %, einer Schaufelteilung beabstandet. Die Schaufelteilung ist in einer Ausführung in fachüblicher Weise ein Abstand in Umfangsrichtung zwischen benachbarten Vorder- bzw. Hinterkanten. Durch diese Anordnung von Kavitäten möglichst direkt unter der Vorder- bzw. Hinterkante einer oder mehrerer Rotor-schaufeln kann in einer Ausführung eine besonders effektive Schwingungsreduktion realisiert werden.

[0035] Durch einen weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Turbomaschine, insbesondere Gasturbine, vorzugsweise Fluggasturbine, bereitgestellt. Die Turbomaschine umfasst zumindest eine erfindungsgemäße Blisk.

[0036] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungen. Hierzu zeigen, teilweise schematisiert:

FIG. 1 einen Teil einer erfindungsgemäßen Blisk in axialer Ansicht gemäß einer bevorzugten Ausführungsform;

FIG. 2 eine perspektivische, transparente Ansicht eines Dämpferelementes gemäß einer bevorzugten Ausführungsform; und

FIG. 3 eine schematische Darstellung eines Dämpferelementes gemäß einer alternativen Ausführungsform.

[0037] Bei dem im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung. Bei dem Ausführungsbeispiel stellen die beschriebenen Komponenten der Ausführungsform jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiterbilden und damit auch einzeln oder in einer anderen als der gezeigten Kombination als Bestandteil der Erfindung anzusehen sind. Des Weiteren ist die beschriebene Ausführungsform auch durch weitere der bereits beschriebenen Merkmale der Erfindung ergänzbar. In den Figu-

ren bezeichnen gleiche Bezugszeichen jeweils funktionsgleiche Elemente.

[0038] FIG. 1 zeigt einen Teil einer erfindungsgemäßen Blisk 2 für eine Turbomaschine 13 in axialer Ansicht gemäß einer bevorzugten Ausführungsform. Die Blisk 2 kann einen Schaufelring 3 aufweisen, an welcher radial außenseitig Schaufeln 12 in Umfangsrichtung U verteilt angeordnet sind. Radial innenseitig des Schaufelringes 2 kann ein Dämpferring 1 zur Reduzierung von unerwünschten Schwingungen der Blisk 2 angeordnet sein.

[0039] Insbesondere kann der Dämpferring 1 und der Schaufelring 3 separat zueinander ausgebildet sein und mittels einer Schrumpfverbindung miteinander verbunden sein. Der Schaufelring 3 kann insbesondere radial innenseitig und vollumfänglich einen Freiraum aufweisen, innerhalb welchem der Dämpferring 1 angeordnet werden kann.

[0040] Der Dämpferring 1 kann einen Außenring 5 und einen Innenring 6 aufweisen, welche durch radial verlaufende Stegelemente 7 miteinander verbunden sein können. Der Außenring 5 kann an dessen Außenseite radial innenseitig an einer Innenseite des Schaufelringes 3 form- und/oder kraftschlüssig anordenbar sein bzw. angeordnet sein. In einem Ausführungsbeispiel kann zumindest ein Dämpferelement 4, welches dazu eingerichtet ist, Schwingungsenergie der Blisk 2 zu dissipieren und/oder Schwingungsmoden der Blisk in abweichende Schwingungsmoden zu transferieren, welche weniger kritisch für die Blisk sind, innerhalb eines Zwischenraumes 8 zwischen dem Innenring 6 und dem Außenring 5 ausgebildet sein. Das Dämpferelement 4 kann beispielsweise über ein radial verlaufendes Stiftelement 9 mit dem Innenring 6 verbunden sein, wobei ein radial inneres Ende des Stegelementes 9 mit dem Innenring 6 und ein radial äußeres Ende des Stegelementes 9 mit dem Dämpferelement 4 verbunden sein. Insbesondere ist das Dämpferelement 4 mittig mit dem Stegelement 9 verbunden, sodass das Dämpferelement 4 und das Stegelement 9 zusammen im Wesentlichen T-förmig angeordnet sein können.

[0041] Das Dämpferelement 4 kann insbesondere resonant zu der Blisk 2 ausgebildet sein. Dies bedeutet, dass das Dämpferelement 4 und die Blisk 2 im Wesentlichen dieselbe Eigenfrequenz aufweisen.

[0042] Zwischen dem Dämpferelement 4 und dem Außenring 5 ist in dem gezeigten Ausführungsbeispiel ein Spalt 15 vorgesehen, sodass sich das Dämpferelement 4 und der Außenring 5 nicht berühren bzw. beanstanden voneinander sind. Das Dämpferelement 4 kann ebenso beanstanden von dem Stegelement 7 ausgebildet sein. Vorzugsweise ist das Dämpferelement 4 lediglich mit dem Stiftelement 9 verbunden.

[0043] In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Dämpferelement 4 quaderförmig ausgebildet und erstreckt sich im Wesentlichen senkrecht zu der Radialrichtung R und der Axialrichtung. In einem Ausführungsbeispiel kann das Dämpferelement 4 als sogenannter Impulsverstärker 4 ausgebildet sein, welches in Fig. 2

näher gezeigt wird.

[0044] In **FIG. 2** ist eine perspektivische, transparente Ansicht des Dämpferelementes 4 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform gezeigt, insbesondere als Impulsverstimmer 4. Der Impulsverstimmer 4 kann beispielsweise ein Gehäuse 10 aufweisen, welches in dessen Inneren zumindest eine Kavität 11, hier acht voneinander getrennte Kavitäten 8 aufweisen kann. Innerhalb der Kavitäten 11 kann jeweils ein Impulskörper 12 mit Bewegungsspiel aufgenommen sein, sodass sich die Impulskörper 12, beispielsweise Kugeln, frei bewegen können. Insbesondere kann die Schwingungsenergie dabei durch Stöße bzw. Impulsverstimmung abgebaut werden.

[0045] **FIG. 3** zeigt eine schematische Darstellung eines Dämpferelementes 4 gemäß einer alternativen, insbesondere kugelförmigen Ausführungsform. Das Dämpferelement 4 kann jedoch darüber hinaus jede weitere, vorteilhafte Form annehmen. Das kugelförmige Dämpferelement 4 kann insbesondere reibschlüssig mit der Innenseite des Außenringes 5 des Dämpferringes 1 verbunden sein, sodass infolge der Reibung die Schwingungsenergie der Blisk 2 abgebaut werden kann. Im Gezeigten Beispiel kann sich das Dämpferelement 4, welches über das Stiftelement 9 mit dem Innenring 6 verbunden, näher an einem benachbarten, linken Stegelement 7 befinden als zu einem benachbarten, rechten Stegelement 7. Das Dämpferelement 4 ist jedoch nicht auf die gezeigte Positionierung zu den Stegelementen 7 beschränkt. Insbesondere kann das Dämpferelement mittig zwischen zwei Stegelementen 7 angeordnet sein.

[0046] Insgesamt zeigen die Beispiele, wie ein Dämpfungssystem für Blisken 2 bereitgestellt werden können. Dazu wird ein resonanter Dämpferring 2 modifiziert, insbesondere durch die Ausbildung des Außenrings 5 und Innenrings 8, sowie, indem ein Impulsverstimmer als Mechanismus eines resonanten Dämpferelementes 4 eingesetzt wird. Parameter der Komponenten des Dämpferringes 1 sowie der Blisk 2 können abweichend von den gezeigten Beispielen variieren, insbesondere Massen, Dicken, Abmessungen, Steifigkeiten, Abstände, usw. Ebenso können mögliche Platzierungen, insbesondere der Dämpferelemente 4 variieren, beispielsweise unter der Austrittskante oder Eintrittskante einer Schaufel 14, mittig unter der Schaufel 14 oder zwischen zwei Schaufeln 14. Auch sind Platzierungen unter jeder zweiten oder unter jeder dritten oder unter ausgesuchten Einzelschaufeln 14 möglich.

Bezugszeichenliste:

[0047]

- 1 Dämpferring
- 2 Blisk
- 3 Schaufelring
- 4 Dämpferelement
- 5 Außenring
- 6 Innenring

- 7 Stegelement
- 8 Zwischenraum
- 9 Stiftelement
- 10 Gehäuse des Dämpferelementes
- 11 Kavität des Dämpferelementes
- 12 Impulskörper des Dämpferelementes
- 13 Turbomaschine
- 14 Schaufeln
- 15 Spalt

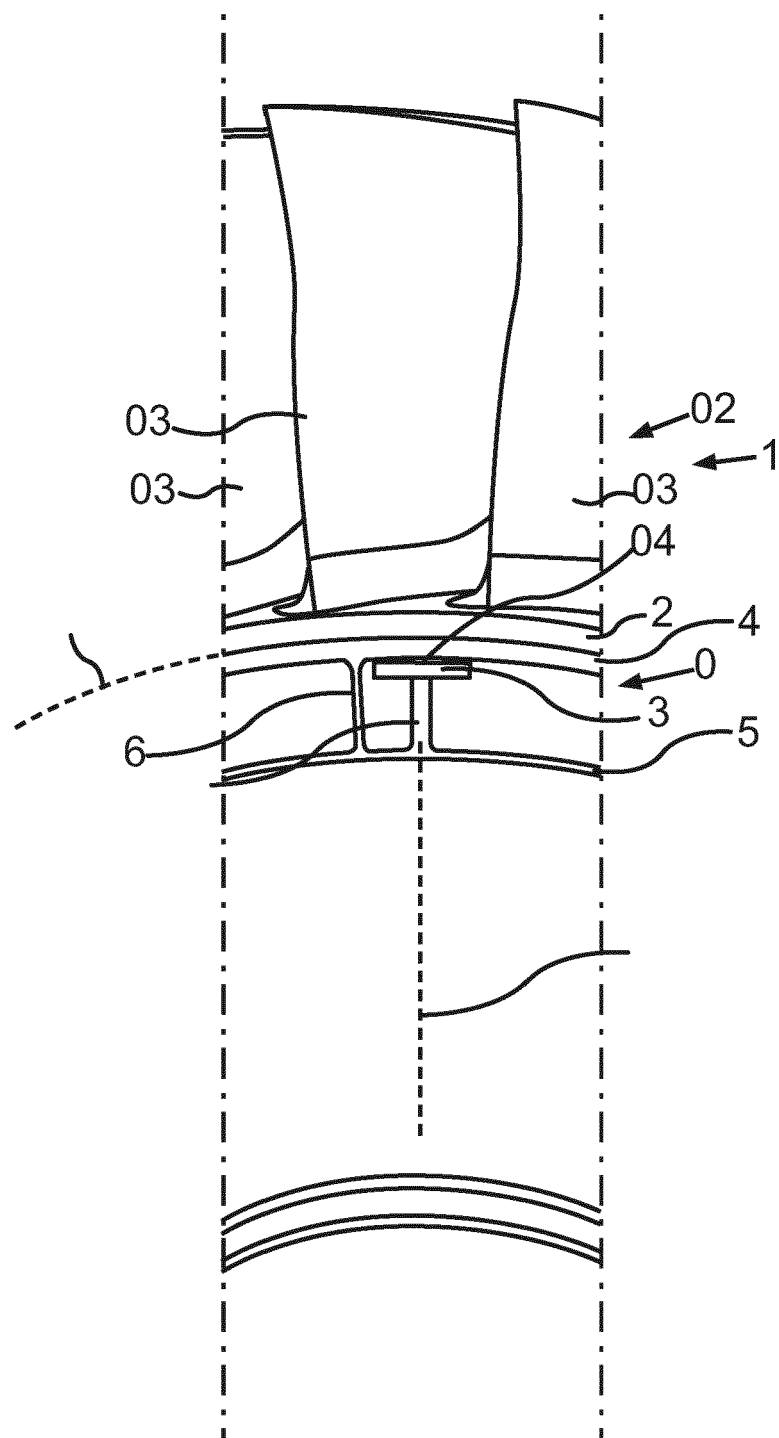
Patentansprüche

1. Dämpferring (1) zur Reduzierung von unerwünschten Schwingungen einer Blisk (2), welcher radial innenseitig an einem Schaufelring (3) der Blisk (2) anordenbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dämpferring (1) zumindest ein Dämpferelement (4) aufweist, welches dazu eingerichtet ist, Schwingungsenergie der Blisk (2) zu dissipieren und/oder Schwingungsmoden der Blisk in von den Schwingungsmoden der Blisk abweichende Schwindungsmoden zu transferieren.
2. Dämpferring (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Eigenfrequenz des Dämpferelementes (4) im Wesentlichen einer Eigenfrequenz der Blisk (2) entspricht.
3. Dämpferring (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dämpferring (1) einen Außenring (5), welcher an dem Schaufelring (3) radial innenseitig anordenbar ist, und einen Innenring (6) aufweist, welche durch radial verlaufende Stegelemente (7) miteinander verbunden sind, wobei das Dämpferelement (4) innerhalb eines Zwischenraumes (8) zwischen dem Innenring (6) und dem Außenring (5) ausgebildet ist.
4. Dämpferring (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dämpferelement (4) über ein radial verlaufendes Stiftelement (9) mit dem Innenring (6) verbunden ist.
5. Dämpferring (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dämpferelement (4) quaderförmig ausgebildet ist.
6. Dämpferring (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dämpferelement (4) kugelförmig ausgebildet ist.
7. Dämpferring (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dämpferelement (4) ein Gehäuse (10) mit zumindest einer Kavität (11) aufweist, in welcher zumindest ein Impulskörper (12) mit Bewegungsspiel aufgenommen ist.

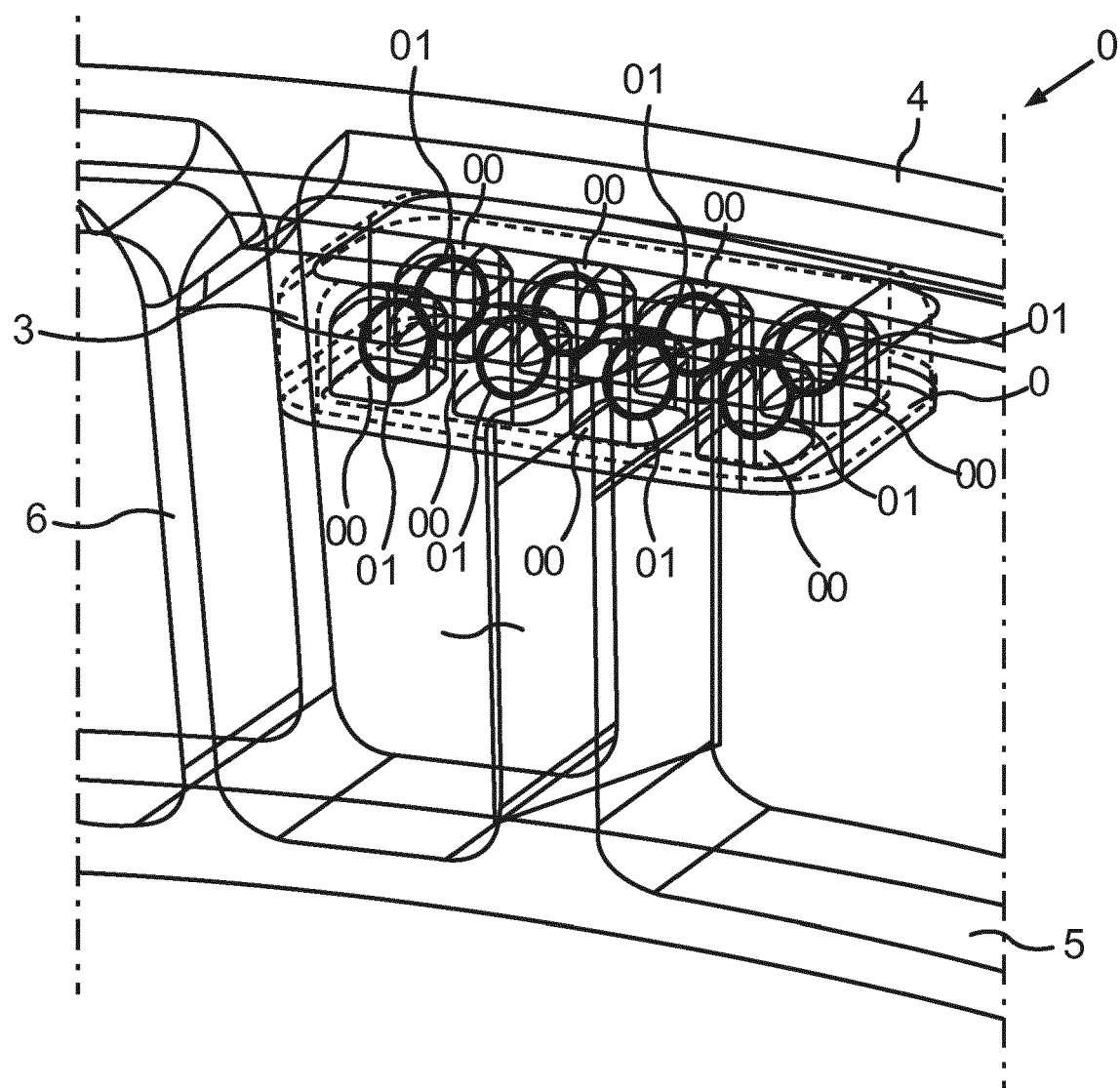
8. Dämpferring (1) nach Anspruch 2 und 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (10) von dem Außenring (5) beabstandet ist.
9. Dämpferring (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dämpferelement (4) mit dem Außenring (5) reibschlüssig verbunden ist. 5
10. Dämpferring (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dämpferelement (4) in einer Umfangsrichtung (U) innerhalb eines Kreissektors des Dämpferringes (1) ausgebildet ist, wobei der Kreissektor insbesondere einen Mittelpunktswinkel von 3°, 5° oder 10° aufweist. 10 15
11. Dämpferring (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dämpferring (1) eine Vielzahl von Dämpferelementen (4) aufweist. 20
12. Blisk (2) für eine Turbomaschine (13), mit einem Dämpferring (1) zur Reduzierung von unerwünschten Schwingungen der Blisk (2), welcher radial innenseitig an einem Schaufelring (3) der Blisk (2) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dämpferring (1) zumindest ein Dämpferelement (4) aufweist, welches dazu eingerichtet ist, Schwingungsenergie der Blisk (2) zu dissipieren und/oder Schwingungsmoden der Blisk in von den Schwingungsmoden der Blisk abweichende Schwindungsmoden zu transferieren. 25 30
13. Blisk (2) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dämpferring (1) und der Schaufelring (3) mittels eine Schrumpfverbindung miteinander verbunden sind. 35
14. Blisk (2) nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dämpferring (1) eine Vielzahl von Dämpferelementen (4) aufweist, wobei eine Anzahl von Schaufeln (14) der Blisk (2) einer Anzahl von Dämpferelementen (4) oder einem Vielfachen der Anzahl von Dämpferelementen (4) entspricht. 40 45
15. Turbomaschine (13), insbesondere Gasturbine, mit zumindest einer Blisk (2) nach einem der Ansprüche 12 bis 14. 50

50

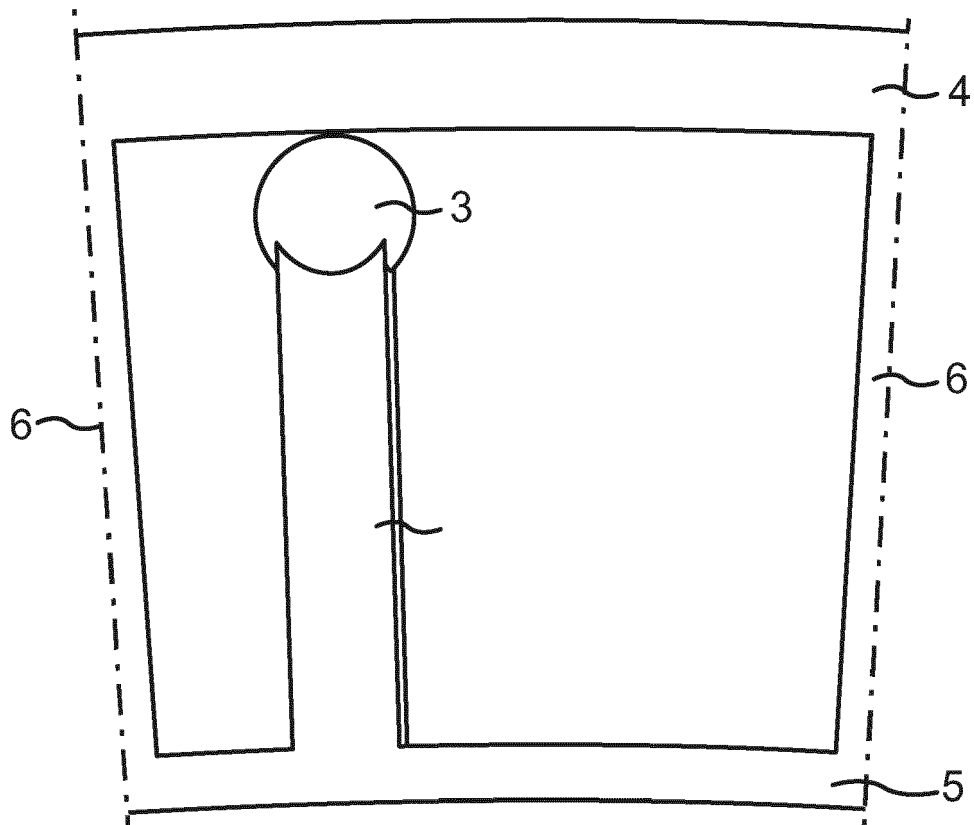
55



0



1



2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 24 15 7969

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X A	WO 2020/252226 A1 (UNIV MICHIGAN REGENTS [US]) 17. Dezember 2020 (2020-12-17) * Abbildungen *	1-4, 6, 9-15 5, 7, 8	INV. F01D5/10 F01D5/34
X A	US 2017/321556 A1 (PANKRATOV MAKSIM [CA]) 9. November 2017 (2017-11-09) * Abbildungen 2, 3, 4, 5, 6A, 6B, 6C *	1, 2, 6, 9-15 3-5, 7, 8	ADD. F01D5/16 F01D5/26 F01D25/04 F01D25/06
X A	DE 601 18 473 T2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 31. August 2006 (2006-08-31) * Abbildungen *	1, 2, 4, 6, 9-15 3, 5, 7, 8	
X A	DE 10 2010 015211 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 20. Oktober 2011 (2011-10-20) * Abbildungen *	1, 2, 6, 9-15 3-5, 7, 8	
X A	JP 2013 253522 A (IHI CORP) 19. Dezember 2013 (2013-12-19) * Abbildungen *	1, 2, 6, 9-15 3-5, 7, 8	
X A	EP 2 540 980 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 2. Januar 2013 (2013-01-02) * Abbildungen *	1, 2, 6, 9-15 3-5, 7, 8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01D
X A	US 2017/306772 A1 (FULAYTER ROY D [US] ET AL) 26. Oktober 2017 (2017-10-26) * Abbildungen *	1, 2, 9-15 3-8	
X A	RU 2 583 205 C1 (AVIADVIGATEL AOOT [RU]) 10. Mai 2016 (2016-05-10) * Abbildungen *	1, 2, 9-13, 15 3-8, 14	
X A	DE 10 2010 021220 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 24. November 2011 (2011-11-24) * Abbildungen *	1, 2, 10-13, 15 3-9, 14	
	-/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. März 2024	Prüfer Raspo, Fabrice
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 24 15 7969

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	EP 1 965 093 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 3. September 2008 (2008-09-03) * Abbildungen *	1, 2, 9-13, 15 3-8, 14	
A	-----		
X	US 2016/298457 A1 (EDWARDS GARRY MARK [GB]) 13. Oktober 2016 (2016-10-13) * Abbildungen *	1, 2, 9, 12, 13, 15 3-8, 10, 11, 14	
A	-----		
X	DE 10 2016 101427 A1 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND LTD & CO KG [DE]) 27. Juli 2017 (2017-07-27) * Abbildungen *	1, 2, 9, 12, 13, 15 3-8, 10, 11, 14	
A	-----		
X	DE 10 2019 210753 A1 (MTU AERO ENGINES AG [DE]) 21. Januar 2021 (2021-01-21) * Abbildungen *	1, 2, 5-8, 10-12, 14, 15 3, 4, 9, 13	
A	-----		
A	DE 10 2016 211068 A1 (MTU AERO ENGINES AG [DE]) 21. Dezember 2017 (2017-12-21) * Abbildungen *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. März 2024	Prüfer Raspo, Fabrice
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 24 15 7969

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.

19-03-2024

10

15

20

25

30

35

40

45

50

EPO FORM P0461

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2020252226 A1	17-12-2020	EP 3983648 A1	20-04-2022
		US 2020392864 A1	17-12-2020
		WO 2020252226 A1	17-12-2020
US 2017321556 A1	09-11-2017	CA 2962050 A1	03-11-2017
		US 2017321556 A1	09-11-2017
DE 60118473 T2	31-08-2006	DE 60118473 T2	31-08-2006
		EP 1180579 A2	20-02-2002
		ES 2257380 T3	01-08-2006
		US 6375428 B1	23-04-2002
		US RE39630 E	15-05-2007
DE 102010015211 A1	20-10-2011	DE 102010015211 A1	20-10-2011
		EP 2378066 A2	19-10-2011
		EP 2378068 A2	19-10-2011
		ES 2797494 T3	02-12-2020
		US 2011255973 A1	20-10-2011
JP 2013253522 A	19-12-2013	KEINE	
EP 2540980 A2	02-01-2013	EP 2540980 A2	02-01-2013
		US 2013004313 A1	03-01-2013
		US 2015369049 A1	24-12-2015
US 2017306772 A1	26-10-2017	KEINE	
RU 2583205 C1	10-05-2016	KEINE	
DE 102010021220 A1	24-11-2011	KEINE	
EP 1965093 A2	03-09-2008	EP 1074762 A2	07-02-2001
		EP 1965093 A2	03-09-2008
		JP 4974200 B2	11-07-2012
		JP 2001082544 A	27-03-2001
		US 6494679 B1	17-12-2002
US 2016298457 A1	13-10-2016	EP 3081750 A1	19-10-2016
		US 2016298457 A1	13-10-2016
DE 102016101427 A1	27-07-2017	DE 102016101427 A1	27-07-2017
		EP 3199758 A1	02-08-2017
		US 2017211592 A1	27-07-2017
DE 102019210753 A1	21-01-2021	DE 102019210753 A1	21-01-2021
		EP 3999718 A1	25-05-2022

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

55

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

EP 24 15 7969

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

19-03-2024

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		US 2022325628 A1	13-10-2022
		WO 2021013279 A1	28-01-2021

DE 102016211068 A1	21-12-2017	DE 102016211068 A1	21-12-2017
		WO 2017220058 A1	28-12-2017

15

20

25

30

35

40

45

50

EPO FORM P0461

55

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

- DE 102016204281 A1 [0022]