

(19)



(11)

**EP 3 269 941 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**17.01.2018 Patentblatt 2018/03**

(51) Int Cl.:  
**F01D 17/16<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **17180807.4**

(22) Anmeldetag: **11.07.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
 GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
 PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
 Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD**

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines AG**  
**80995 München (DE)**

(72) Erfinder: **Halcoussis, Alexander**  
**85778 Haimhausen (DE)**

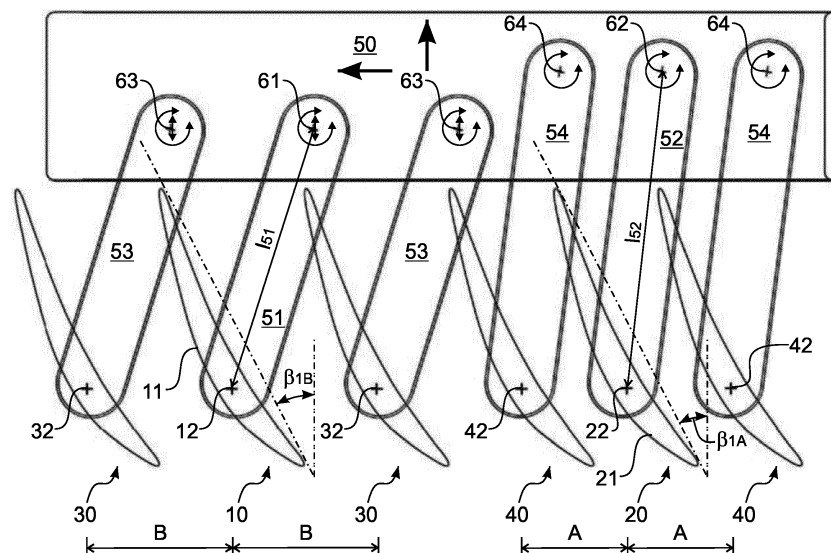
(30) Priorität: **13.07.2016 DE 102016212767**

(54) **VERSTELLBARESSCHAUFELGITTER FÜR EINE TURBOMASCHINE**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein verstellbares Schaufelgitter für eine Turbomaschine, insbesondere eine Verdichter- oder Turbinenstufe einer Gasturbine, mit wenigstens einer ersten Schaufel, insbesondere Leitschaufel (10), die von einer in Umfangsrichtung benachbarten Schaufel (30) in Umfangsrichtung einen ersten Abstand (B) aufweist, wenigstens einer zweiten Schaufel, insbesondere Leitschaufel (20), die von einer in Umfangsrichtung benachbarten Schaufel (40) in Umfangsrichtung einen zweiten Abstand (A) aufweist, der kleiner als der erste Abstand (B) ist, und einer Verstellvorrichtung (50 - 54) zum, insbesondere gemeinsamen

und/oder reversiblen, Verstellen der ersten und zweiten Schaufel von einer ersten Stellung, in der wenigstens ein Schaufelblattprofilschnitt (11) der ersten Schaufel (10) und ein Schaufelblattprofilschnitt (21) der zweiten Schaufel (20) jeweils einen ersten Staffelungswinkel ( $\beta_{1B}$ ;  $\beta_{1A}$ ) aufweist, in eine zweite Stellung, in der diese Schaufelblattprofilschnitte (11, 21) zweite Staffelungswinkel ( $\beta_{2B}$ ;  $\beta_{2A}$ ) aufweisen, wobei der zweite Staffelungswinkel ( $\beta_{2B}$ ) der ersten Schaufel (10) von dem zweiten Staffelungswinkel ( $\beta_{2A}$ ) der zweiten Schaufel (20) verschieden, insbesondere größer als der zweite Staffelungswinkel ( $\beta_{2A}$ ) der zweiten Schaufel (20) ist.

**Fig. 1**



**EP 3 269 941 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein verstellbares Schaufelgitter für eine Turbomaschine, insbesondere eine Verdichter- oder Turbinenstufe einer Gasturbine, eine Turbomaschine, insbesondere Gasturbine, mit dem verstellbaren Schaufelgitter sowie ein Verfahren zum Verstellen des Schaufelgitters.

**[0002]** Aus der DE 103 51 202 A1 ist eine Vorrichtung zum Verstellen von Leitschaufeln einer Gasturbine bekannt, bei der Leitschaufeln über Stellhebel mit einem Stellring schwenkbar verbunden sind, wobei alle Leitschaufeln desselben Leitschaufelkranzes über den Stellring gleichförmig verschwenkbar sind.

**[0003]** Aus der US 2015/0159551 A1 ist ein Leitschaufelring mit verstellbaren Leitschaufeln bekannt, wobei zwei Leitschaufeln in Umfangsrichtung einen anderen Abstand aufweisen als zwei andere Leitschaufeln ("cyclic spacing").

**[0004]** Eine Aufgabe einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist es, eine Turbomaschine, insbesondere Gasturbine, und/oder deren Betrieb zu verbessern.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch ein verstellbares Schaufelgitter mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ansprüche 11, 12 stellen eine Turbomaschine, insbesondere Gasturbine, mit wenigstens einem hier beschriebenen Schaufelgitter bzw. ein Verfahren zum Verstellen eines hier beschriebenen Schaufelgitters unter Schutz. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0006]** Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist ein verstellbares Schaufelgitter für eine Turbomaschine, insbesondere für eine Verdichter- oder Turbinenstufe einer Gasturbine, insbesondere wenigstens ein verstellbares Schaufelgitter einer Turbomaschine, insbesondere wenigstens einer Verdichter- und/oder wenigstens einer Turbinenstufe einer Gasturbine, (jeweils) wenigstens eine vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als erste Schaufel bezeichnete Schaufel, insbesondere stator- bzw. gehäuseseitige und/oder Leitschaufel, die von einer oder beiden in Umfangsrichtung benachbarten, insbesondere weiteren, Schaufel(n), insbesondere (weiteren) stator- bzw. gehäuseseitigen und/oder Leitschaufel(n), in Umfangsrichtung (jeweils) einen vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als ersten Abstand bezeichneten Abstand aufweist, und wenigstens eine vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als zweite Schaufel bezeichnete Schaufel, insbesondere stator- bzw. gehäuseseitige und/oder Leitschaufel, die von einer oder beiden in Umfangsrichtung benachbarten, insbesondere anderen, Schaufel(n), insbesondere (anderen) stator- bzw. gehäuseseitigen und/oder Leitschaufel(n), in Umfangsrichtung (jeweils) einen vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als zweiten Abstand bezeichneten Abstand aufweist, auf. Die Erfindung kann mit besonderem Vorteil bei Leitschaufelgittern, insbesondere von Verdichterstufen, insbesondere Hochdruckverdichterstufen, von Gasturbi-

nen, verwendet werden, ohne hierauf beschränkt zu sein.

**[0007]** Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist der zweite Abstand kleiner als der erste Abstand, insbesondere um wenigstens 1%, insbesondere wenigstens 5%, und/oder höchstens 75%, insbesondere höchstens 50%, des ersten oder zweiten Abstandes.

**[0008]** Hierdurch können in einer Ausführung insbesondere unerwünschte Resonanzen zwischen benachbarten Schaufeln reduziert werden.

**[0009]** Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist das Schaufelgitter eine Verstellvorrichtung auf, durch die die erste Schaufel, insbesondere reversibel, von einer vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als erste Stellung (der ersten Schaufel, insbesondere des Schaufelgitters) bezeichneten Stellung, insbesondere Winkellage, in der wenigstens ein Schaufelblattprofilschnitt der ersten Schaufel einen vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als ersten Staffelungswinkel (der ersten Schaufel) bezeichneten Staffelungswinkel aufweist, in eine vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als zweite Stellung (der ersten Schaufel bzw. des Schaufelgitters) bezeichnete Stellung, insbesondere Winkellage, in der (wenigstens) dieser Schaufelblattprofilschnitt (der ersten Schaufel) einen vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als zweiten Staffelungswinkel (der ersten Schaufel) bezeichneten Staffelungswinkel aufweist, und, insbesondere gemeinsam mit der ersten Schaufel und/oder reversibel und/oder gleichsinnig, die zweite Schaufel von einer bzw. der vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als erste Stellung (der zweiten Schaufel bzw. des Schaufelgitters) bezeichneten Stellung, insbesondere Winkellage, in der wenigstens ein Schaufelblattprofilschnitt der zweiten Schaufel einen vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als ersten Staffelungswinkel (der zweiten Schaufel) bezeichneten Staffelungswinkel aufweist, in eine bzw. die vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als zweite Stellung (der zweiten Schaufel bzw. des Schaufelgitters) bezeichneten Stellung, insbesondere Winkellage, in der (wenigstens) dieser Schaufelblattprofilschnitt (der zweiten Schaufel) einen vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als zweiten Staffelungswinkel (der zweiten Schaufel) bezeichneten Staffelungswinkel aufweist, verstellbar, insbesondere verschwenk- bzw. drehbar, ist bzw. verstellt, insbesondere verschwenkt bzw. gedreht, wird bzw. hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird.

**[0010]** Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist der zweite Staffelungswinkel der ersten Schaufel von dem, insbesondere gleichsinnigen, zweiten Staffelungswinkel der zweiten Schaufel verschieden, insbesondere größer als der zweite Staffelungswinkel der zweiten Schaufel, insbesondere um wenigstens 1°, insbesondere wenigstens 5°, und/oder um wenigstens 1%, insbesondere wenigstens 5%, des ersten oder zweiten Staffelungswinkels der ersten oder zweiten Schaufel und/oder um höchstens 45°, insbesondere höchstens 25°, und/oder um höchstens 50%, insbesondere höch-

tens 25%, des ersten oder zweiten Staffelungswinkels der ersten oder zweiten Schaufel.

**[0011]** Hierdurch können in einer Ausführung bei unterschiedlichen Stellungen des Schaufelgitters bzw. der ersten und zweiten Schaufel, jeweils vorteilhafte Strömungsbedingungen dargestellt und so in einer Weiterbildung eine Performance und/oder Sauggrenze verbessert bzw. umgekehrt eine Verschlechterung der Strömungsverhältnisse durch Verstellen des Schaufelgitters reduziert werden. Insbesondere können in einer Ausführung bei kleineren bzw. offeneren Staffelungswinkeln vorteilhafte Abströmungen, insbesondere Abströmwinkel, und/oder bei größeren bzw. geschlosseneren Staffelungswinkeln vorteilhafte Verhältnisse, insbesondere freie Strömungsquerschnitte zwischen benachbarten Schaufeln, dargestellt werden.

**[0012]** Als Staffelungs- oder auch Schaufelwinkel ("stagger angle") wird vorliegend in einer Ausführung in fachüblicher Weise der Winkel bezeichnet, den die druckseitige Tangente an den jeweiligen Schaufelblattprofilschnitt bzw. die (druckseitige) Profiltangente bzw. -sehne ("cord line") mit der Axialrichtung einschließt. In einer Ausführung ist der Staffelungswinkel  $\beta$  in fachüblicher Weise gleich der Hälfte der Summe aus An- und Abströmwinkel  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  des Schaufelblattprofilschnitts ( $\beta = (\alpha_1 + \alpha_2)/2$ ). Der (maßgebliche bzw. wenigstens eine) Schaufelblattprofilschnitt der ersten und zweiten Schaufel bzw. ihres jeweiligen Schaufelblattes ist in einer Ausführung ein Schaufelblattprofilschnitt auf derselben radialen Höhe, insbesondere ein Schaufelblattprofilschnitt am Schaufelblattfuß, an der Schaufelblattspitze oder auf halber radialer Schaufelblatthöhe. Entsprechend weisen in einer Ausführung in der ersten Stellung der ersten und zweiten Schaufel bzw. des Schaufelgitters wenigstens ein Schaufelblattprofilschnitt der ersten Schaufel und ein Schaufelblattprofilschnitt der zweiten Schaufel auf derselben radialen Höhe den ersten Staffelungswinkel der ersten Schaufel und in der zweiten Stellung der ersten und zweiten Schaufel bzw. des Schaufelgitters dieser Schaufelblattprofilschnitt der ersten Schaufel den zweiten Staffelungswinkel der ersten Schaufel und dieser Schaufelblattprofilschnitt der zweiten Schaufel den zweiten Staffelungswinkel der zweiten Schaufel auf.

**[0013]** Als Axialrichtung wird vorliegend insbesondere in fachüblicher Weise eine zu einer Rotations- bzw. (Haupt)Maschinenachse der Turbomaschine bzw. Gasturbine(nstufe) parallele Richtung, insbesondere von einem Turbomaschinen- bzw. Schaufelgittereinlass bzw. -tritt zu einem Turbomaschinen- bzw. Schaufelgitterauslass bzw. -tritt, bezeichnet, als Radialrichtung entsprechend eine auf der Rotations- bzw. (Haupt)Maschinenachse senkrecht stehende Richtung von dieser Achse weg, als Umfangsrichtung entsprechend eine Umdrehungs- bzw. Rotationsrichtung um diese Achse bzw. eines Rotors der Turbomaschine bzw. Gasturbine(nstufe), insbesondere des verstellbaren Laufschaufelgitters oder eines dem verstellbaren Leitschaufelgitter axial benach-

barten Laufschaufelgitters.

**[0014]** Als Abstand bzw. Teilung zwischen zwei in Umfangsrichtung benachbarten Schaufeln in Umfangsrichtung wird vorliegend insbesondere in fachüblicher Weise ein Winkel zwischen Verstell-, insbesondere Schwenk- bzw. Drehachsen, der beiden benachbarten Schaufeln bzw. eine entsprechende Umfangs- bzw. Segmentlänge bezeichnet, insbesondere eine Umfangs- bzw. Segmentlänge zwischen Drehlagern der beiden Schaufeln.

**[0015]** In einer Ausführung ist der erste Staffelungswinkel der ersten Schaufel gleich dem, insbesondere hierzu gleichsinnigen, ersten Staffelungswinkel der zweiten Schaufel. Mit anderen Worten gibt es in einer Ausführung wenigstens eine bzw. die erste Stellung der ersten und zweiten Schaufel bzw. des Schaufelgitters, in der die erste und zweite Schaufel bzw. deren Schaufelblätter auf wenigstens einer radialen Höhe denselben Staffelungswinkel aufweisen.

**[0016]** Gleichermaßen kann in einer Ausführung der erste Staffelungswinkel der ersten Schaufel von dem, insbesondere gleichsinnigen, ersten Staffelungswinkel der zweiten Schaufel verschieden, insbesondere größer oder, bevorzugt, kleiner als der erste Staffelungswinkel der zweiten Schaufel sein, insbesondere um wenigstens  $1^\circ$ , insbesondere wenigstens  $5^\circ$ , und/oder um wenigstens 1%, insbesondere wenigstens 5%, des ersten oder zweiten Staffelungswinkels der ersten oder zweiten Schaufel und/oder um höchstens  $45^\circ$ , insbesondere höchstens  $25^\circ$ , und/oder um höchstens 50%, insbesondere höchstens 25%, des ersten oder zweiten Staffelungswinkels der ersten oder zweiten Schaufel.

**[0017]** Insbesondere kann in einer bevorzugten Ausführung die erste Schaufel bzw. deren wenigstens einer Schaufelblattprofilschnitt in wenigstens einer (zweiten) Stellung einen größeren und in wenigstens einer (ersten) Stellung einen kleineren Staffelungswinkel aufweisen als die zweite Schaufel bzw. deren wenigstens einer Schaufelblattprofilschnitt. In einer anderen Ausführung ist der Staffelungswinkel der ersten Schaufel bzw. von deren wenigstens einem Schaufelblattprofilschnitt stets bzw. über den gesamten Verstellbereich größer oder kleiner als der zweite Staffelungswinkel der zweiten Schaufel bzw. von deren wenigstens einem Schaufelblattprofilschnitt.

**[0018]** Hierdurch können in einer Ausführung bei unterschiedlichen Stellungen des Schaufelgitters bzw. der ersten und zweiten Schaufel, jeweils vorteilhafte Strömungsbedingungen dargestellt und so in einer Weiterbildung eine Performance und/oder Sauggrenze verbessert bzw. umgekehrt eine Verschlechterung der Strömungsverhältnisse durch Verstellen des Schaufelgitters reduziert werden.

**[0019]** In einer Ausführung begrenzt die erste und/oder zweite Stellung der ersten und/oder zweiten Schaufel deren (jeweiligen) Verstellbereich ein bzw. beidseitig. Gleichermaßen kann in einer Ausführung die erste Schaufel von der ersten Stellung über die zweite Stellung hinaus und/oder von der zweiten Stellung über die erste Stellung

hinaus und/oder die zweite Schaufel von der ersten Stellung über die zweite Stellung hinaus und/oder von der zweiten Stellung über die erste Stellung hinaus verstellbar sein bzw. verstellt werden bzw. hierzu eingerichtet sein.

**[0020]** Hierdurch können in einer Ausführung bei unterschiedlichen Stellungen des Schaufelgitters bzw. der ersten und zweiten Schaufel, jeweils vorteilhafte Strömungsbedingungen dargestellt und so in einer Weiterbildung eine Performance und/oder Sauggrenze verbessert bzw. umgekehrt eine Verschlechterung der Strömungsverhältnisse durch Verstellen des Schaufelgitters reduziert werden.

**[0021]** In einer Ausführung ist der erste Staffelungswinkel der ersten Schaufel größer oder, bevorzugt, kleiner als der zweite Staffelungswinkel der ersten Schaufel, insbesondere um wenigstens 1°, insbesondere wenigstens 5°, und/oder um wenigstens 1%, insbesondere wenigstens 5%, des ersten oder zweiten Staffelungswinkels der ersten Schaufel und/oder um höchstens 75°, insbesondere höchstens 45°, und/oder um höchstens 50%, insbesondere höchstens 25%, des ersten oder zweiten Staffelungswinkels der ersten Schaufel. Zusätzlich oder alternativ ist in einer Ausführung der erste Staffelungswinkel der zweiten Schaufel größer oder, bevorzugt, kleiner als der zweite Staffelungswinkel der zweiten Schaufel, insbesondere um wenigstens 1°, insbesondere wenigstens 5°, und/oder um wenigstens 1%, insbesondere wenigstens 5%, des ersten oder zweiten Staffelungswinkels der zweiten Schaufel und/oder um höchstens 75°, insbesondere höchstens 45°, und/oder um höchstens 50%, insbesondere höchstens 25%, des ersten oder zweiten Staffelungswinkels der zweiten Schaufel.

**[0022]** Hierdurch können in einer Ausführung bei unterschiedlichen Stellungen des Schaufelgitters bzw. der ersten und zweiten Schaufel, jeweils vorteilhafte Strömungsbedingungen dargestellt und so in einer Weiterbildung eine Performance und/oder Sauggrenze verbessert bzw. umgekehrt eine Verschlechterung der Strömungsverhältnisse durch Verstellen des Schaufelgitters reduziert werden.

**[0023]** In einer Ausführung weist die Verstellvorrichtung ein ein- oder mehrteiliges Verstellmittel, insbesondere einen (Ver)Stellring, zum gemeinsamen und/oder reversiblen, insbesondere gleichsinnigen, Verstellen der ersten und zweiten Schaufel von der ersten in die zweite Stellung auf, mit dem die erste Schaufel über wenigstens ein vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als erstes Koppelglied bezeichnetes Koppelglied, insbesondere einen (ersten) Stellhebel, und die zweite Schaufel über wenigstens ein vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als zweites Koppelglied bezeichnetes Koppelglied, insbesondere einen (zweiten) Stellhebel, gekoppelt ist. Diesbezüglich wird ergänzend auf die eingangs genannte DE 103 51 202 A1 Bezug genommen und deren Inhalt ausdrücklich zum Gegenstand der vorliegenden Offenbarung gemacht.

**[0024]** Durch ein solches, insbesondere gemeinsa-

mes, Verstellmittel können in einer Ausführung die erste und zweite Schaufel vorteilhaft verstellt und so das Schaufelgitter an unterschiedliche Rand-, insbesondere Betriebs- und/oder Strömungsbedingungen, angepasst werden, wobei in einer Ausführung zugleich vorteilhaft die entsprechende Verstellung der Schaufelblattprofilschnitte und damit die Einstellung von deren (ersten bzw. zweiten) Staffelungswinkeln erfolgt.

**[0025]** In einer Weiterbildung wird bzw. ist das Verstellmittel rotatorisch und/oder, insbesondere gleichzeitig, insbesondere zwangsgekoppelt, translatorisch verstellt bzw. verstellbar bzw. hierzu eingerichtet, insbesondere um die Axialrichtung bzw. Rotations- bzw. (Haupt)Maschinenachse der Turbomaschine dreh- und/oder in dieser Richtung bzw. parallel hierzu verschiebbar. Zusätzlich oder alternativ ist in einer Ausführung das Verstellmittel mit dem ersten Koppelglied durch ein, insbesondere in einem, vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als erstes Gelenk bezeichnetes Gelenk und/oder mit dem zweiten Koppelglied durch ein, insbesondere in einem, vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit als zweites Gelenk bezeichnetes Gelenk verbunden. In einer Weiterbildung ist das erste Koppelglied drehfest mit einer Schwenkachse der ersten Schaufel und/oder das zweite Koppelglied drehfest mit einer Schwenkachse der zweiten Schaufel verbunden. Diesbezüglich wird wie erwähnt insbesondere ergänzend auf die eingangs genannte DE 103 51 202 A1 Bezug genommen.

**[0026]** Hierdurch können in einer Ausführung die erste und zweite Schaufel vorteilhaft verstellt und so das Schaufelgitter an unterschiedliche Rand-, insbesondere Betriebs- und/oder Strömungsbedingungen, angepasst werden, wobei in einer Ausführung zugleich vorteilhaft die entsprechende Verstellung der Schaufelblattprofilschnitte und damit die Einstellung von deren (ersten bzw. zweiten) Staffelungswinkeln erfolgt.

**[0027]** In einer Ausführung ist das erste Gelenk ein Dreh- und/oder Schubgelenk und/oder weist wenigstens einen rotatorischen bzw. Dreh-Freiheitsgrad, insbesondere in bzw. um die Radialrichtung, und/oder wenigstens einen translatorischen bzw. Schiebe-Freiheitsgrad, insbesondere in Axialrichtung, auf. Zusätzlich oder alternativ ist in einer Ausführung das zweite Gelenk ein Dreh- und/oder Schubgelenk und/oder weist wenigstens einen rotatorischen bzw. Dreh-Freiheitsgrad, insbesondere in bzw. um die Radialrichtung, und/oder wenigstens einen translatorischen bzw. Schiebe-Freiheitsgrad, insbesondere in Axialrichtung, auf.

**[0028]** Hierdurch können in einer Ausführung eine vorteilhafte Verstellkinematik dargestellt, insbesondere in einer Weiterbildung unterschiedliche Hebelarm-längen kompensiert werden.

**[0029]** In einer Ausführung ist das erste Gelenk von dem zweiten Gelenk in axialer Richtung beabstandet, insbesondere von der ersten und/oder zweiten Schaufel weg bzw. (strom)abwärts.

**[0030]** Hierdurch können in einer Ausführung vorteil-

haft die verschiedenen Staffelungswinkel bzw. Verstellungen realisiert werden.

**[0031]** In einer Ausführung ist eine Hebelarmlänge des ersten Koppelglieds von einer Hebelarmlänge des zweiten Koppelglieds verschieden, insbesondere größer oder, bevorzugt, kleiner als die Hebelarmlänge des zweiten Koppelglieds, insbesondere um wenigstens 1%, insbesondere wenigstens 5%, und/oder höchstens 50%, insbesondere höchstens 25%, der Hebelarmlänge des ersten oder zweiten Koppelglieds. Als Hebelarmlänge wird vorliegend insbesondere in fachüblicher Weise ein (kartesischer) Abstand zwischen einer Anbindung des Koppelglieds an das Verstellmittel und einer Anbindung des Koppelglieds an die entsprechende Schaufel, insbesondere deren Verstell-, insbesondere Schwenk- bzw. Drehachse oder ein damit gekoppeltes (weiteres) Koppelglied, verstanden.

**[0032]** Hierdurch können in einer Ausführung vorteilhaft die verschiedenen Staffelungswinkel bzw. Verstellungen realisiert werden.

**[0033]** In einer Ausführung fluchten eine Verstell-, insbesondere Schwenk- bzw. Drehachse der ersten Schaufel und eine Verstell-, insbesondere Schwenk- bzw. Drehachse der zweiten Schaufel in Umfangsrichtung miteinander bzw. liegen, wenigstens im Wesentlichen, auf derselben axialen Position.

**[0034]** Hierdurch können in einer Ausführung eine vorteilhafte Strömungscharakteristik und/oder Verstellkinematik dargestellt werden.

**[0035]** Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung werden zum Verstellen eines hier beschriebenen Schaufelgitters die erste und zweite Schaufel, insbesondere gemeinsam, insbesondere durch Rotation und/oder Translation des Verstellmittels, von der ersten Stellung in die zweite Stellung und so der wenigstens eine Schaufelblattprofilschnitt der ersten und der zweiten Schaufel von dem jeweiligen ersten in den jeweiligen zweiten Staffelungswinkel verstellt, insbesondere verschwenkt bzw. gedreht, und/oder von der zweiten Stellung in die erste Stellung und so der wenigstens eine Schaufelblattprofilschnitt der ersten und der zweiten Schaufel von dem jeweiligen zweiten wieder in den jeweiligen ersten Staffelungswinkel verstellt, insbesondere verschwenkt bzw. gedreht.

**[0036]** In einer Ausführung weist das Schaufelgitter mehrere der ersten Schaufeln und/oder mehrere der zweiten Schaufeln und/oder mehrere dritte, insbesondere weitere bzw. andere, Schaufeln auf, wobei zwei oder mehr erste Schaufeln und/oder zwei oder mehr zweite Schaufeln gruppenweise bzw. in Umfangsrichtung (paarweise) benachbart sein können.

**[0037]** Hierdurch können in einer Ausführung eine vorteilhafte Strömungscharakteristik und/oder Verstellkinematik dargestellt und/oder unerwünschte Resonanzen zwischen benachbarten Schaufeln reduziert werden.

**[0038]** Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter

Ausführungen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert:

Fig. 1 einen Teil einer Abwicklung eines Schaufelgitters nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einer ersten Stellung; und

Fig. 2 das Schaufelgitter in Fig. 1 entsprechender Darstellung in einer zweiten Stellung.

**[0039]** Fig. 1 zeigt einen Teil einer Abwicklung eines verstellbaren Schaufelgitters, insbesondere Leitgitters, einer Turbomaschine, insbesondere einer Verdichter- oder Turbinenstufe einer Gasturbine, nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung in einer ersten Stellung.

**[0040]** Das Schaufelgitter weist mehrere in Umfangsrichtung (horizontal in Fig. 1) benachbarte Schaufeln, insbesondere Leitschaufeln, auf, von denen in Fig. 1 exemplarisch nur sechs dargestellt sind.

**[0041]** Die in Fig. 1 zweite Schaufel von links, von der in der Abwicklung der Fig. 1 ein Schaufelblattprofilschnitt 11 dargestellt ist, weist von ihren beiden in Umfangsrichtung benachbarten weiteren Schaufeln 30 in Umfangsrichtung jeweils einen ersten Abstand B auf und stellt eine erste Schaufel 10 dar.

**[0042]** Die in Fig. 1 zweite Schaufel von rechts, von der in der Abwicklung der Fig. 1 ein Schaufelblattprofilschnitt 21 auf derselben radialen Höhe wie der Schaufelblattprofilschnitt 11 dargestellt ist, weist von ihren beiden in Umfangsrichtung benachbarten anderen Schaufeln 40 in Umfangsrichtung jeweils einen zweiten Abstand A auf, der kleiner als der erste Abstand B ist ( $A < B$ ), und stellt eine zweite Schaufel 10 dar.

**[0043]** Der Abstand A bzw. B wird in Umfangsrichtung zwischen radialen Schwenkachsen bzw. Drehlagern 12, 32 bzw. 22, 42 der entsprechenden Schaufeln 10, 30 bzw. 20, 40 gemessen, um die bzw. in denen die Schaufeln 10, 20, 30 bzw. 40 drehbar gelagert sind und die in Fig. 1 durch Kreuze angedeutet sind.

**[0044]** Die Schaufeln 10, 20, 30 und 40 sind durch eine Verstellvorrichtung gemeinsam, reversibel und gleichsinnig von einer ersten, in Fig. 1 dargestellten, Stellung, in eine zweite, in Fig. 2 dargestellte, Stellung verstell- bzw. um ihre jeweiligen Schwenkachsen 12, 22, 32 bzw. 42 drehbar.

**[0045]** In der ersten Stellung (vgl. Fig. 1) weist wenigstens der Schaufelblattprofilschnitt 11 der ersten Schaufel 10 einen ersten Staffelungswinkel  $\beta_{1B}$  (der ersten Schaufel 10) zwischen seiner strichpunktiert angedeuteten druckseitigen Profiltangente bzw. -sehne und der strichdoppelpunktiert angedeuteten axialen Richtung (vertikal von unten nach oben in Fig. 1) auf, wenigstens der Schaufelblattprofilschnitt 21 der zweiten Schaufel 20 einen gleich großen und gleichsinnigen ersten Staffelungswinkel  $\beta_{1A}$  (der zweiten Schaufel 20).

**[0046]** In der zweiten Stellung (vgl. Fig. 2) weist wenigstens der Schaufelblattprofilschnitt 11 der ersten Schaufel 10 einen zweiten Staffelungswinkel  $\beta_{2B}$  (der ersten Schaufel 10) auf, wenigstens der Schaufelblatt-

profilschnitt 21 der zweiten Schaufel 20 einen hierzu gleichsinnigen zweiten Staffelungswinkel  $\beta_{2A}$  (der zweiten Schaufel 20).

**[0047]** Der Vergleich der Fig. 1, 2 zeigt zum einen, dass der zweite Staffelungswinkel  $\beta_{2B}$  der ersten Schaufel 10 bzw. ihres Schaufelblattprofilschnitts 11 größer als der zweite Staffelungswinkel  $\beta_{2A}$  der zweiten Schaufel 20 bzw. ihres Schaufelblattprofilschnitts 21 ist, und zum anderen, dass der erste Staffelungswinkel  $\beta_{1B}$  der ersten Schaufel 10 bzw. ihres Schaufelblattprofilschnitts 11 kleiner als der zweite Staffelungswinkel  $\beta_{2B}$  der ersten Schaufel 10 bzw. ihres Schaufelblattprofilschnitts 11 und der erste Staffelungswinkel  $\beta_{1A}$  der zweiten Schaufel 20 bzw. ihres Schaufelblattprofilschnitts 21 kleiner als der zweite Staffelungswinkel  $\beta_{2A}$  der zweiten Schaufel 20 bzw. ihres Schaufelblattprofilschnitts 21 ist.

**[0048]** Hierdurch können bei kleineren bzw. offeneren Staffelungswinkeln (vgl. Fig. 1) vorteilhafte Abströmwinkel und bei größeren bzw. geschlosseneren Staffelungswinkeln (vgl. Fig. 2) vorteilhafte freie Strömungsquerschnitte zwischen benachbarten Schaufeln realisiert und so jeweils vorteilhafte Strömungsbedingungen dargestellt und eine Performance und eine Sauggrenze verbessert werden.

**[0049]** Das Schaufelgitter weist in an sich bekannter Weise eine Verstellvorrichtung mit einem Verstellmittel in Form eines (Ver)Stellrings 50 zum gemeinsamen, reversiblen und gleichsinnigen Verstellen der Schaufeln 10, 20, 30 und 40 von der ersten in die zweite Stellung auf, mit dem die erste Schaufel 10 über ein erstes Koppelglied in Form eines (ersten) Stellhebels 51, die zweite Schaufel 20 über ein zweites Koppelglied in Form eines (zweiten) Stellhebels 52 und die weiteren bzw. anderen Schaufeln 30, 40 in analoger Weise über je ein weiteres Koppelglied in Form eines (weiteren bzw. anderen) Stellhebels 53 bzw. 54 gekoppelt sind.

**[0050]** Wie der Vergleich der Fig. 1, 2 zeigt und in Fig. 1, 2 durch entsprechende Bewegungspfeile angedeutet, kann der (Ver)Stellring 50 rotatorisch und damit zwangsgekoppelt translatorisch in an sich, insbesondere aus der DE 103 51 202 A1, bekannter Weise verstellt werden.

**[0051]** Hierzu sind die Stellhebel 51 - 54 mit den entsprechenden Schenkachsen 12, 22, 32 bzw. 42 der Schaufeln 10, 20, 30 bzw. 40 (dreh)fest und mit dem (Ver)Stellring 50 durch je ein Gelenk 61 - 64 verbunden, insbesondere der erste Stellhebel 51 durch ein erstes Dreh- und Schubgelenk 61 mit einem rotatorischen Freiheitsgrad in Radialrichtung (senkrecht auf der Bildebene der Fig. 1) und einem translatorischen Freiheitsgrad in Axialrichtung (vertikal in Fig. 1) und der zweite Stellhebel 52 durch ein zweites Drehgelenk 62 mit einem rotatorischen Freiheitsgrad in Radialrichtung. Ein Dreh- und Schubgelenk 61, 63 kann in einer Ausführung durch einen Gleitstein realisiert sein, der in einer axialen Nut gleitet und mit dem der Stellhebel 51 bzw. 53 drehbar verbunden ist.

**[0052]** Das erste Gelenk 61 sowie die hiermit in Umfangsrichtung fluchtenden Gelenke 63 sind von dem

zweiten Gelenk 62 und den damit in Umfangsrichtung fluchtenden Gelenken 64 in axialer Richtung von den Schaufeln 10, 20, 30, 40 weg beabstandet. Entsprechend ist eine Hebelarmlänge  $l_{51}$  des ersten Stellhebels 51 kleiner als eine Hebelarmlänge  $l_{52}$  des zweiten Stellhebels 52.

**[0053]** Zum Verstellen des Schaufelgitters werden durch die durch Bewegungspfeile angedeutete Verdrehung des (Ver)Stellrings 50 um die (in Fig. 1 vertikale) Maschinenachse und hiermit zwangsgekoppelte Verschiebung in axialer Richtung die erste und zweite Schaufel 10, 20 gemeinsam von der ersten Stellung (vgl. Fig. 1) in die zweite Stellung (vgl. Fig. 2) verstellt, in der die Schaufelblattprofilschnitte 11, 21 die voneinander verschiedenen zweiten Staffelungswinkel  $\beta_{2B}$ ,  $\beta_{2A}$  aufweisen, oder umgekehrt von der zweiten Stellung in die erste Stellung verstellt, in der die Schaufelblattprofilschnitte 11, 21 die gleichen ersten Staffelungswinkel  $\beta_{1B}$ ,  $\beta_{1A}$  aufweisen.

**[0054]** Obwohl in der vorhergehenden Beschreibung exemplarische Ausführungen erläutert wurden, sei darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl von Abwandlungen möglich ist. Außerdem sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den exemplarischen Ausführungen lediglich um Beispiele handelt, die den Schutzbereich, die Anwendungen und den Aufbau in keiner Weise einschränken sollen. Vielmehr wird dem Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung von mindestens einer exemplarischen Ausführung gegeben, wobei diverse Änderungen, insbesondere in Hinblick auf die Funktion und Anordnung der beschriebenen Bestandteile, vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich zu verlassen, wie er sich aus den Ansprüchen und diesen äquivalenten Merkmalskombinationen ergibt.

#### Bezugszeichenliste

##### [0055]

10	erste Schaufel
11	Schaufelblattprofilschnitt der ersten Schaufel
12	Schwenkachse/Drehlager der ersten Schaufel
20	zweite Schaufel
21	Schaufelblattprofilschnitt der zweiten Schaufel
22	Schwenkachse/Drehlager der zweiten Schaufel
30; 40	weitere/andere Schaufel
32; 42	Schwenkachse/Drehlager der weiteren/anderen Schaufel
50	(Ver)Stellring (Stellmittel)
51	erster Stellhebel (erstes Koppelglied)
52	zweiter Stellhebel (zweites Koppelglied)
53; 54	Stellhebel
61	erstes Dreh- und Schubgelenk
62	zweites Drehgelenk
63	Dreh- und Schubgelenk
64	Drehgelenk

- A zweiter Abstand  
 B erster Abstand  
 $l_{51}$  Hebelarmlänge erster Stellhebel  
 $l_{52}$  Hebelarmlänge zweiter Stellhebel  
 $\beta_{1B}$  erster Staffelungswinkel der ersten Schaufel  
 $\beta_{1A}$  erster Staffelungswinkel der zweiten Schaufel  
 $\beta_{2B}$  zweiter Staffelungswinkel der ersten Schaufel  
 $\beta_{2A}$  zweiter Staffelungswinkel der zweiten Schaufel

### Patentansprüche

1. Verstellbares Schaufelgitter für eine Turbomaschine, insbesondere eine Verdichter- oder Turbinenstufe einer Gasturbine, mit wenigstens einer ersten Schaufel, insbesondere Leitschaufel (10), die von wenigstens einer in Umfangsrichtung benachbarten Schaufel (30) in Umfangsrichtung einen ersten Abstand (B) aufweist, wenigstens einer zweiten Schaufel, insbesondere Leitschaufel (20), die von wenigstens einer in Umfangsrichtung benachbarten Schaufel (40) in Umfangsrichtung einen zweiten Abstand (A) aufweist, der kleiner als der erste Abstand (B) ist, und einer Verstellvorrichtung (50 - 54) zum, insbesondere gemeinsamen und/oder reversiblen, Verstellen der ersten und zweiten Schaufel von einer ersten Stellung, in der wenigstens ein Schaufelblattprofilschnitt (11) der ersten Schaufel (10) und ein Schaufelblattprofilschnitt (21) der zweiten Schaufel (20) jeweils einen ersten Staffelungswinkel ( $\beta_{1B}$ ;  $\beta_{1A}$ ) aufweist, in eine zweite Stellung, in der diese Schaufelblattprofilschnitte (11, 21) zweite Staffelungswinkel ( $\beta_{2B}$ ;  $\beta_{2A}$ ) aufweisen, wobei der zweite Staffelungswinkel ( $\beta_{2B}$ ) der ersten Schaufel (10) von dem zweiten Staffelungswinkel ( $\beta_{2A}$ ) der zweiten Schaufel (20) verschieden, insbesondere größer als der zweite Staffelungswinkel ( $\beta_{2A}$ ) der zweiten Schaufel (20) ist.
2. Verstellbares Schaufelgitter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Staffelungswinkel ( $\beta_{1B}$ ) der ersten Schaufel (10) gleich dem ersten Staffelungswinkel ( $\beta_{1A}$ ) der zweiten Schaufel (20) ist.
3. Verstellbares Schaufelgitter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Staffelungswinkel ( $\beta_{1B}$ ) der ersten Schaufel (10) von dem ersten Staffelungswinkel ( $\beta_{1A}$ ) der zweiten Schaufel (20) verschieden, insbesondere kleiner oder größer als der erste Staffelungswinkel ( $\beta_{1A}$ ) der zweiten Schaufel (20), ist.
4. Verstellbares Schaufelgitter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Staffelungswinkel ( $\beta_{1B}$ ) der ersten Schaufel (10) kleiner

oder größer als der zweite Staffelungswinkel ( $\beta_{2B}$ ) der ersten Schaufel (10) und/oder der erste Staffelungswinkel ( $\beta_{1A}$ ) der zweiten Schaufel (20) kleiner oder größer als der zweite Staffelungswinkel ( $\beta_{2A}$ ) der zweiten Schaufel (20) ist.

5. Verstellbares Schaufelgitter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verstellvorrichtung ein Verstellmittel (50) zum gemeinsamen und/oder reversiblen Verstellen der ersten und zweiten Schaufel (10, 20) von der ersten in die zweite Stellung aufweist, mit dem die erste Schaufel (10) über wenigstens ein erstes Koppelglied (51) und die zweite Schaufel (20) über wenigstens ein zweites Koppelglied (52) gekoppelt ist.
6. Verstellbares Schaufelgitter nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verstellmittel (50) rotatorisch und/oder translatorisch verstellbar und/oder mit dem ersten Koppelglied (51) durch ein erstes Gelenk (61) und/oder mit dem zweiten Koppelglied (52) durch ein zweites Gelenk (62) verbunden ist.
7. Verstellbares Schaufelgitter nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und/oder zweite Gelenk (61, 62) ein Dreh- und/oder Schubgelenk ist und/oder wenigstens einen rotatorischen und/oder wenigstens einen translatorischen Freiheitsgrad aufweist.
8. Verstellbares Schaufelgitter nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Gelenk (61) von dem zweiten Gelenk (62) in axialer Richtung beabstandet ist.
9. Verstellbares Schaufelgitter nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Hebelarmlänge ( $l_{51}$ ) des ersten Koppelglieds (51) von einer Hebelarmlänge ( $l_{52}$ ) des zweiten Koppelglieds (52) verschieden, insbesondere kleiner oder größer als die Hebelarmlänge ( $l_{52}$ ) des zweiten Koppelglieds (52), ist.
10. Verstellbares Schaufelgitter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Verstellachse (12) der ersten Schaufel (10) und eine Verstellachse (22) der zweiten Schaufel (20) in Umfangsrichtung miteinander fluchten.
11. Turbomaschine, insbesondere Gasturbine, mit wenigstens einem verstellbaren Schaufelgitter nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
12. Verfahren zum Verstellen eines Schaufelgitters nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

die erste und zweite Schaufel (10, 20), insbesondere gemeinsam und/oder reversibel, von der ersten Stellung in die zweite Stellung verstellt werden, in der die Schaufelblattprofilschnitte (11, 21) die voneinander verschiedenen zweiten Staffelungswinkel ( $\beta_{2B}$ ;  $\beta_{2A}$ ) aufweisen. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



Fig. 1

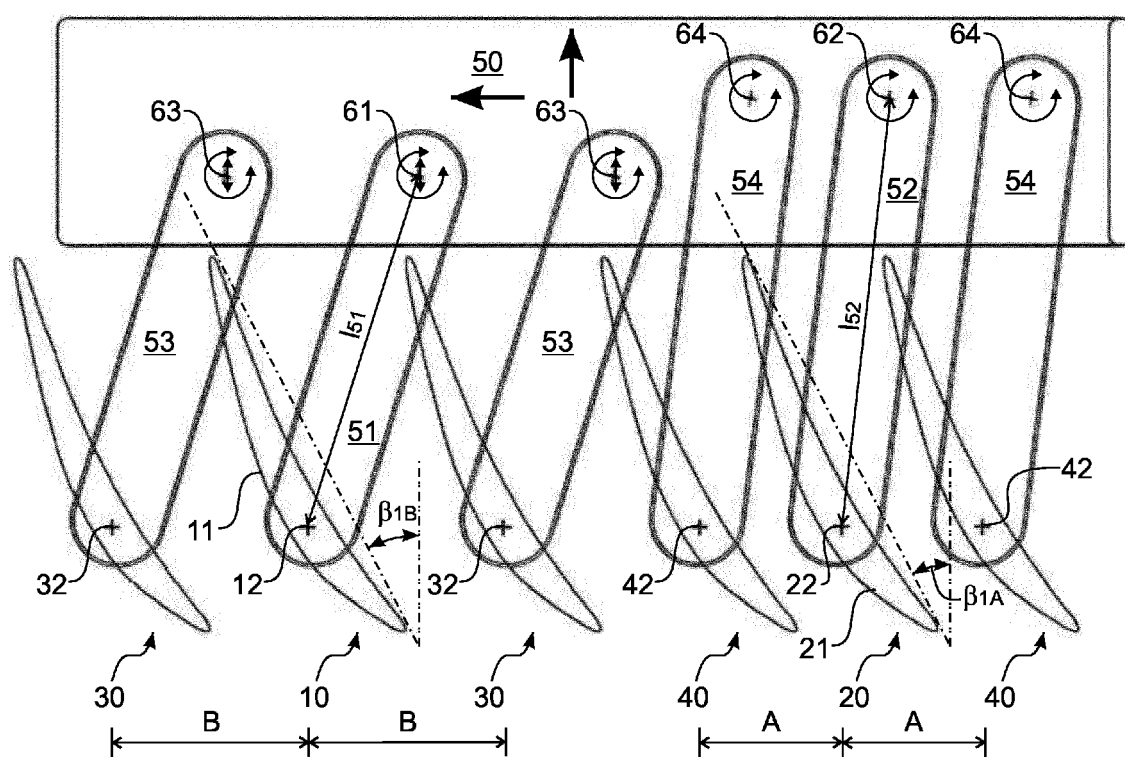
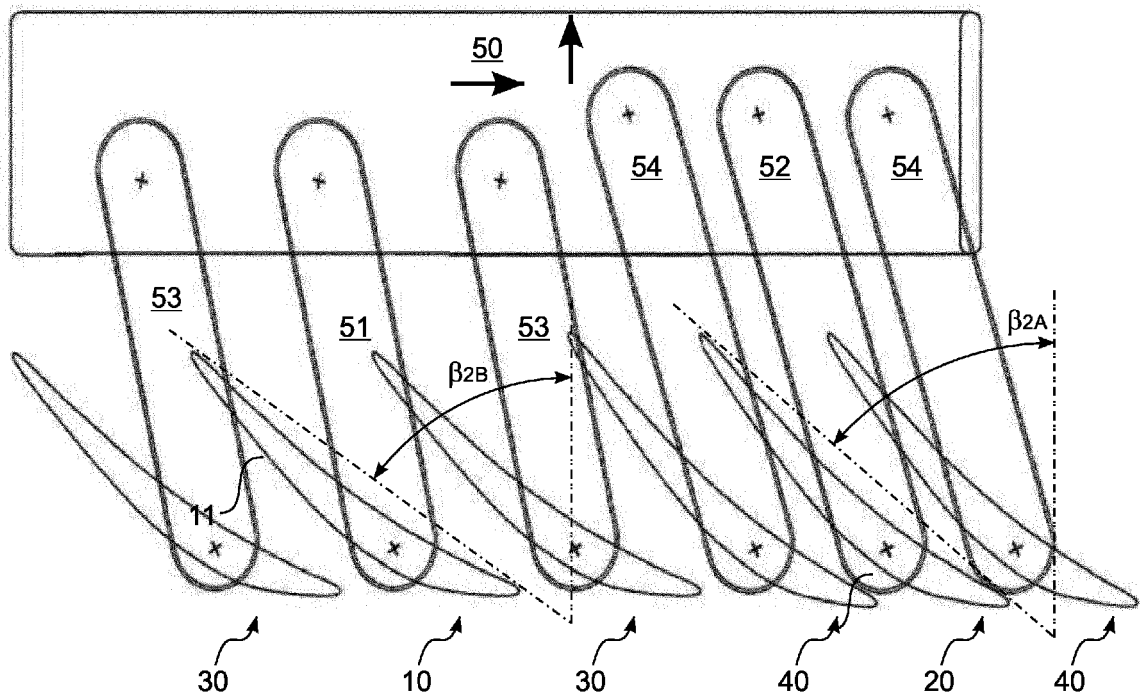


Fig. 2





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 17 18 0807

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	DE 197 41 992 A1 (VOITH HYDRO GMBH & CO KG [DE]) 25. März 1999 (1999-03-25) * Spalte 1, Zeile 60 - Spalte 3, Zeile 7; Ansprüche 1, 3, 6; Abbildungen 2-5, 8 *	1-6,9-12	INV. F01D17/16
X	CH 360 074 A (MASCHF AUGSBURG NUERNBERG AG [DE]) 15. Februar 1962 (1962-02-15) * Seite 2, Zeile 44 - Zeile 101; Anspruch 6; Abbildungen 5-7 *	1,2,4, 10-12	
Y		5-9	
X	DE 10 2008 058014 A1 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 20. Mai 2010 (2010-05-20) * Absätze [0012], [0013], [0037] - [0039]; Abbildungen 2b-5, 6b, 7b, 7d *	1,3,4, 10-12	
Y		5-9	
Y	RU 2 145 391 C1 (ZAPOROZHSKOE MASHINOSTROITEL N [UA]; JURO PROGRESS IM AKAD A G IVCH [U]) 10. Februar 2000 (2000-02-10) * Abbildungen 2, 3 *	5-9	
Y	JP 2004 100553 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 2. April 2004 (2004-04-02) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1, 2 *	5-9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		9. November 2017	Georgi, Jan
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 17 18 0807

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.

09-11-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	DE 19741992	A1	25-03-1999	DE 19741992 A1		25-03-1999
				WO 9915789 A1		01-04-1999
15	CH 360074	A	15-02-1962	CH 360074 A		15-02-1962
				FR 1195960 A		20-11-1959
				GB 878988 A		04-10-1961
20	DE 102008058014	A1	20-05-2010	DE 102008058014 A1		20-05-2010
				EP 2189664 A2		26-05-2010
				US 2010124487 A1		20-05-2010
	RU 2145391	C1	10-02-2000	KEINE		
25	JP 2004100553	A	02-04-2004	KEINE		
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 10351202 A1 [0002] [0023] [0025] [0050]
- US 20150159551 A1 [0003]