



(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2012 220 249.8

(51) Int Cl.: **F01D 9/04** (2006.01)

(22) Anmeldetag: 07.11.2012

(43) Offenlegungstag: 08.05.2014

(71) Anmelder:

MTU Aero Engines AG, 80995, München, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	103 52 787	A1
US	7 802 963	B2
US	2002 / 0 061 249	A1

(72) Erfinder:

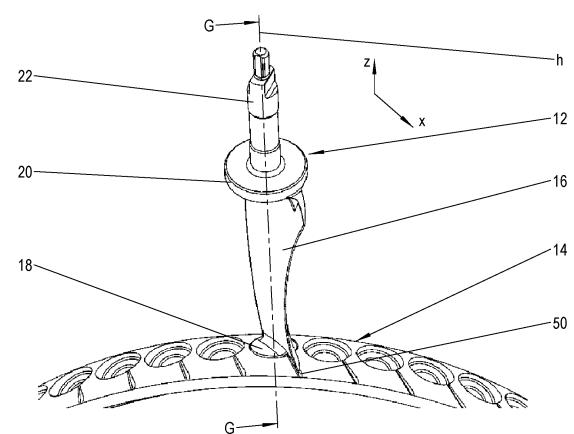
Weiß, Marc, 81243, München, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Leitschaufelkranz, Strömungsmaschine und Innenring**

(57) Zusammenfassung: Offenbart ist ein Leitschaufelkranz für eine Strömungsmaschine, mit einer Vielzahl von Leitschaufeln, die jeweils um ihre Hauptachse verstellbar sind, und mit einem Innenring zum radial inneren Stabilisieren der Leitschaufeln, wobei eine Ringfläche des Innenrings und/oder jeweils eine der Ringfläche zugewandte und von dieser radial beabstandete Schaufelendfläche der Leitschaufeln in einem Winkel ungleich 90° zur Hauptachse orientiert ist/sind, wobei in die Ringfläche im Verstellbereich jeder Leitschaufel eine längliche Vertiefung eingebracht ist, die mit der jeweils gegenüberliegenden Schaufelendfläche über einen Teil des Verstellbereichs der Leitschaufel einen konstanten Radialspalt bildet, eine Strömungsmaschine sowie ein Innenring.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Leitschaufelkranz nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, eine Strömungsmaschine sowie einen Innenring.

**[0002]** Ein herkömmlicher Leitschaufelkranz bzw. ein Leitgitter für eine Strömungsmaschine wie ein Flugtriebwerk oder eine stationäre Gasturbine hat eine Vielzahl von Leitschaufeln, die jeweils um ihre Hauptachse verstellbar sind, und einen konischen Innenring zum radial inneren Stabilisieren der Leitschaufel. Der Innenring hat aufgrund seiner Konizität eine in Längsrichtung des Leitschaufelkranzes schräg angestellte Ringfläche, die einen Ringraum der Strömungsmaschine radial innen begrenzt und mit einer Vielzahl von gegenüberliegenden Schaufelendflächen der Leitschaufeln jeweils einen Radialspalt definiert. Die Radialspalte führen grundsätzlich zu aerodynamischen Verlusten und somit zu einer Wirkungsgradreduzierung der Strömungsmaschine.

**[0003]** Aufgrund der schrägen Ausrichtung der Ringfläche und der Schaufelendflächen sind die Radialspalte über den Verstellbereich der Leitschaufeln unterschiedlich hoch. So sind die Radialspalte herkömmlicherweise bei einem maximal aufgesteuerten Leitschaufelkranz kleiner als im auslegungsrelevanten Betriebspunkt der Strömungsmaschine. Da jedoch auch bei dem maximal aufgesteuerten Leitschaufelkranz eine Mindestspalthöhe, bestehend aus einer Toleranzkette und einer thermischen Dehnung der Leitschaufeln sowie des Innenrings, eingehalten werden muss, ist die Auslegung der Radialspalte schwierig, da eine Spalthöhe im Verstellbereich aus aerodynamischen Gründen klein gehalten werden soll.

**[0004]** Zur verbesserten Einstellung des Radialspaltes wird, wie in **Fig. 1** angedeutet, in dem Patent US 7,802,963 B3 ein Leitschaufelkranz **1** gezeigt, dessen Innenring **2** im Verstellbereich seiner Leitschaufeln **4** jeweils mit einer ringflächenseitigen Abflachung **6** versehen ist. Wie aus der **Fig. 1** ersichtlich, ist jedoch ein Radialspalt **a** in einer Verstellposition der Leitschaufeln **4** zwischen einer Schaufelendfläche **8** und der Abflachung **6** kleiner als ein Radialspalt **b** in einer Grundposition der Leitschaufeln **4**.

**[0005]** Aufgabe der Erfindung ist es, einen Leitschaufelkranz zu schaffen, der eine einfache Auslegung eines Radialspaltes zwischen einer Schaufelendfläche und einer Ringfläche eines Innenrings ermöglicht. Des Weiteren ist es Aufgabe der Erfindung, eine Strömungsmaschine mit einem verbesserten Wirkungsgrad sowie einen Innenring für einen derartigen Leitschaufelkranz zu schaffen.

**[0006]** Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Leitschaufelkranz mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch eine Strömungsmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7 sowie durch einen Innenring mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8.

**[0007]** Ein erfindungsgemäßer Leitschaufelkranz für eine Strömungsmaschine hat eine Vielzahl von Leitschaufeln, die jeweils um ihre Hauptachse verstellbar sind, und einen Innenring zum radial inneren Stabilisieren der Leitschaufeln, wobei eine Ringfläche des Innenrings und/oder jeweils eine der Ringfläche zugewandte und von dieser radial beabstandete Schaufelendfläche der Leitschaufeln in einem Winkel ungleichen  $90^\circ$  zur Hauptachse orientiert sind/ist. Erfindungsgemäß ist in die Ringfläche im Verstellbereich jeder Leitschaufel eine längliche Vertiefung eingebracht, die mit der jeweils gegenüberliegenden Schaufelendfläche über einen Teil des Verstellbereichs der Leitschaufel einen parallelen Radialspalt bildet.

**[0008]** Parallel bedeutet dabei, dass in Radialrichtung des Leitschaufelkranzes ein minimaler Abstand von einem Konturabschnitt (Grund oder Flanke) der Vertiefung zur Schaufelendfläche unabhängig vom Verstellwinkel gleichbleibend ist. Durch diese erfindungsgemäße Facettierung, die bevorzugterweise mit der Schaufelteilung korrespondiert, wird über einen Teil des Verstellbereichs trotz der Anstellung der Ringfläche und/oder der Schaufelendflächen zur Hauptachse der Leitschaufeln in einem Winkel ungleich  $90^\circ$  jeweils ein konstanter Radialspalt geschaffen. Ein Radialspalt in einer maximal aufgesteuerten Position der Leitschaufeln ist gleich einem beliebigen Radialspalt in einer Verstellposition der Leitschaufeln, so dass zwischen den Schaufelendflächen und der Ringfläche stets ein konstanter Minimalspalt vorliegt. Hierdurch wird zum Einen die Auslegung der Radialspalte vereinfacht. Zum Anderen werden aerodynamische Verluste im Leitgitter reduziert und somit ein Wirkungsgrad der Strömungsmaschine gesteigert.

**[0009]** Bevorzugterweise ist eine Spalthöhe des Radialspaltes ein radialer Abstand der Schaufelendflächen von der Ringfläche bei maximaler Verstellung bzw. bei minimal geöffnetem Leitgitter. Hierdurch können die Vertiefungen jeweils mit einer minimalen Tiefe ausgebildet werden, was zum einen deren Fertigung vereinfacht und zum anderen negative Auswirkung der Vertiefungen auf die Stabilität des Innenrings verhindert.

**[0010]** Bei einem fertigungstechnisch besonders einfachen Ausführungsbeispiel erstrecken sich die Vertiefungen von einer Schaufeltelleraufnahme bis zur Hinterkante des Innenrings. Somit verlaufen die Vertiefungen bei diesem Ausführungsbeispiel strom-

abwärts einer Hauptströmung über die gesamte Länge der Schaufelendflächen stromab der Schaufeltelleraufnahmen.

**[0011]** Bevorzugterweise sind die Vertiefungen von der Schaufeltelleraufnahme in Richtung der Hinterkante verbreitert. Durch die Verbreiterung wird berücksichtigt, dass ein hauptachsenferner Abschnitt einer Schaufelendfläche eine größere Kreisbahn als ein hauptachsennaher Abschnitt einer Schaufelendfläche beschreitet. Dadurch, dass die Vertiefungen nun vorne schmal sind, ist die Ringfläche stets so nahe wie möglich an die Leitschaufeln bzw. deren Schaufelblätter herangeführt, was sich günstig auf die Aerodynamik auswirkt.

**[0012]** Bevorzugterweise sind die Vertiefungen in einem Bereich hinter den Leitschaufeln verengt. Durch die Verengungen wird die Breite der Vertiefungen in dem Vertiefungsbereich reduziert, in dem sich die Leitschaufel nicht erstreckt. Hierdurch wird die Vertiefung stromab bzw. hinter den Leitschaufeln quasi geschlossen.

**[0013]** Bevorzugterweise fallen die Vertiefungen von der Grundposition in Richtung einer maximalen Verstellposition der Leitschaufel betrachtet bis zu ihrem Grund flach ab und steigen hinter dem Grund steil an. Der Grund ist der Vertiefungsbereich mit der größten Tiefe und somit in maximaler Verstellposition der Leitschaufeln gegenüber den Schaufelendflächen positioniert. Da die Leitschaufeln in den Vertiefungsbereich hinter dem Grund nicht verschwenkt werden, ist dieser Bereich für den Radialspalt ohne Bedeutung. Das steile Ansteigen bewirkt somit eine nahe Heranführen bzw. eine geringe Beabstandung der Ringfläche an die Schaufelblätter.

**[0014]** Eine erfindungsgemäße Strömungsmaschine weist zumindest einen erfindungsgemäßen Leitschaufelkranz auf. Aufgrund der optimierten und insbesondere minimalen parallelen Radialspalte zwischen der ringraumseitigen Ringfläche des Innenrings und den gegenüberliegenden Schaufelendflächen der Leitschaufeln ergibt sich eine verbesserte Aerodynamik des Verdichters und somit ein höherer Verdichterwirkungsgrad im Vergleich zu einer Strömungsmaschine mit einem herkömmlichen Leitschaufelkranz.

**[0015]** Ein bevorzugter Innenring für einen erfindungsgemäßen Leitschaufelkranz hat eine Vielzahl von im Verstellbereich einer Leitschaufel in seiner Ringfläche eingebaute Vertiefungen, die mit jeweils einer gegenüberliegenden Schaufelendfläche über einen Teil des Verstellbereichs der Leitschaufelen einen parallelen Radialspalt bildet.

**[0016]** Sonstige vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

**[0017]** Im Folgenden wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand schematischer Darstellungen näher erläutert. Es zeigen:

**[0018]** **Fig. 1** einer Leitschaufel eines herkömmlichen Leitschaufelkranzes in verschiedenen Verstellpositionen,

**[0019]** **Fig. 2** eine perspektivische Darstellung eines Ausschnittes eines erfindungsgemäßen Leitschaufelkranz von hinten,

**[0020]** **Fig. 3** einen Längsschnitt durch den Leitschaufelkranz aus **Fig. 2**,

**[0021]** **Fig. 4** eine perspektivische Darstellung eines Ausschnittes eines Innenrings des Leitschaufelkranzes aus **Fig. 2** von hinten,

**[0022]** **Fig. 5** eine perspektivische Darstellung eines Ausschnittes des Innenrings von hinten, und

**[0023]** **Fig. 6** einer Leitschaufel des Leitschaufelkranzes aus **Fig. 2** in verschiedenen Verstellpositionen.

**[0024]** Gemäß **Fig. 2** hat ein erfindungsgemäßer Leitschaufelkranz **10** einer Strömungsmaschine wie ein Flugtriebwerk oder eine stationäre Gasturbine eine Vielzahl von Leitschaufeln **12** und einen Innenring **14**. Zudem hat der Leitschaufelkranz **10** einen nichtgezeigten und auf den Innenring **14** radial innen aufgeschobenen Dichtungsträger. Der Leitschaufelkranz **10** ist statorseitig im Verdichter angeordnet und umgreift eine Rotortrommel eines Rotors, der um eine sich in Strömungsrichtung x eines Hauptstroms erstreckende Maschinenachse rotiert.

**[0025]** Die Leitschaufeln **12** sind jeweils um ihre sich Radialrichtung z erstreckende Schaufelachse bzw. Hauptachse h verstellbar und haben jeweils ein Schaufelblatt **16**, einen inneren Schaufelteller **18** und einen äußeren Schaufelteller **20**. Zudem haben die Leitschaufeln **12** jeweils einen sich von den äußeren Schaufeltellern **20** radial nach außen erstreckenden Verstellzapfen **22**, mittels dem sie jeweils mit einer gehäuseseitigen Verstelleinrichtung zum Verschwenken bzw. Verstellen um ihre Hauptachse h zusammenwirken.

**[0026]** Wie im Schnitt G-G nach **Fig. 3** gezeigt, haben die Leitschaufeln **12** jeweils einen sich von dem inneren Schaufelteller **18** radial nach innen erstreckenden Lagerzapfen **24**, mittels dem sie in einer in eine Lagerbohrung **26** des Innenrings **14** eingesetzten Lagerbuchse **28** radial zu ihrer Hauptachse

h geführt sind. Zudem haben die Leitschaufeln **12** jeweils eine Schaufelendfläche **30**, die sich in Strömungsrichtung x radial von innen nach außen erstreckt und dem Innenring **14** zugewandt ist. Somit sind die Schaufelendflächen **30** in einem Winkel ungleich  $90^\circ$  zur Hauptachse h orientiert.

**[0027]** Der Innenring **14** dient zur radialinneren Stabilisierung der Leitschaufeln **12**. Er besteht beispielsweise aus zwei in einer horizontalen Gehäusetretnebene getrennten Halbringen, die über eine elastische Verformung über den Lagerzapfen **24** angeordnet werden. Wie in **Fig. 3** zu erkennen, ist der Innenring **14** konisch. Er hat eine in Strömungsrichtung x betrachtet radial von innen nach außen verlaufende Ringfläche **32**. Sie ist somit in einem Winkel ungleich  $90^\circ$  zur Hauptachse h orientiert und den Schaufelendflächen **30** zugewandt. Die Ringfläche **32** begrenzt einen von dem Hauptstrom durchströmten Ringraum radial innen und erstreckt sich zwischen einer Vorderkante **34** und einer Hinterkante **36** des Innenrings **14**. Zur Bildung einer nahezu stufenlosen und somit nahezu ebenen radial inneren Ringraumbegrenzung sind die inneren Schaufelteller **18** in einer radialen Erweiterung **38** der Lagerbohrungen **26** aufgenommen und mit einer die Konizität des Innenrings **14** aufgreifenden radial nach außen angestellten Tellerfläche **40** versehen.

**[0028]** Wie in **Fig. 4** beziffert, ist in die Ringfläche **32** im Verstellbereich jeder Leitschaufel **12** eine längliche Vertiefung **42** eingebracht. Die Vertiefungen **42** bewirken eine Facettierung der Ringfläche **32** und korrespondieren mit einer Schaufelteilung. Sie erstrecken sich stromabwärts von der Erweiterung **38** in Richtung der Hinterkante **36** und münden in diese. Die Vertiefungen **42** sind somit, wie in **Fig. 5** gezeigt, beidseits in axialer Richtung geöffnet.

**[0029]** Gemäß **Fig. 5** haben die Vertiefungen **42** zudem jeweils einen geradlinigen Grund **44**, eine steile Flanke **46** und eine der steilen Flanke **46** gegenüberliegende flache Flanke **48**. In einer Position bei maximal aufgesteuertem Leitschaufelkranz **10** befinden sich die Schaufelendflächen **30** jeweils gegenüber dem Grund **44** der Vertiefungen **42**. In einer Verstellposition, d.h. bei einer Verschwenkung um die Hochachse h, befinden sich die Schaufelendflächen **30** jeweils gegenüber der flachen Flanke **48**. Der Grund **44** ist jeweils der tiefste Bereich der Vertiefungen **42**. Aufgrund der konischen Ausbildung des Innenrings **14** nimmt die Tiefe der Vertiefungen **42** in Strömungsrichtung x zu.

**[0030]** Wie deutlich in **Fig. 4** zu erkennen, sind die Vertiefungen **42** ausgehend von der Erweiterung **38** in Richtung der Hinterkante **36** in Umfangsrichtung entsprechend einem Verstellwinkel der Leitschaufeln fächerförmig erweitert bzw. verbreitet und in einem Bereich nahe der Hinterkante **36** bis zu dieser wieder

verengt. Vorzugsweise beginnt die Verengung **50** in einem Vertiefungsbereich, der über die Schaufelendflächen **30** in Strömungsrichtung x hervorragt und somit nicht von den Schaufelendflächen **30** abgedeckt wird (s. **Fig. 2**).

**[0031]** Wie in **Fig. 6** gezeigt, sind die Vertiefungen **42** derart ausgebildet, dass die jeweils gegenüberliegende Schaufelendfläche **30** über einen Teil des Verstellbereichs der Leitschaufeln **12** einen parallelen Radialspalt **52** bilden. Der Radialspalt **52** hat eine konstante Höhe, so dass bei Verstellung ein Abstand **b** einer Schaufelendfläche **30** von der flachen Flanke **48** bis hin zur maximalen Verstellposition der Leitschaufeln **12** von der Ringfläche **32** gleich einem Abstand **a** der Schaufelendfläche **30** von dem Grund **44** der Vertiefung **42** der Leitschaufeln **12** ist. Hierdurch wird zwischen den Schaufelendflächen **30** und den Vertiefungen **42** über einen Teil des Verstellbereichs der Leitschaufeln **12** ein konstanter bzw. paralleler Radialspalt **52** mit einer einheitlichen Mindesthöhe ( $a = b$ ) gebildet. Die Parallelität vereinfacht zum einen die Auslegung der Radialspalte **52**. Zum anderen werden aerodynamische Verluste im Leitschaufelkranz **10** reduziert und somit ein Wirkungsgrad der Strömungsmaschine gesteigert.

**[0032]** Offenbart ist ein Leitschaufelkranz für eine Strömungsmaschine, mit einer Vielzahl von Leitschaufeln, die jeweils um ihre Hauptachse verstellbar sind, und mit einem Innenring zum radial inneren Stabilisieren der Leitschaufeln, wobei eine Ringfläche des Innenrings und/oder jeweils eine der Ringfläche zugewandte und von dieser radial beabstandete Schaufelendfläche der Leitschaufeln in einem Winkel ungleich  $90^\circ$  zur Hauptachse orientiert ist/sind, wobei in die Ringfläche im Verstellbereich jeder Leitschaufel eine längliche Vertiefung eingebracht ist, die mit der jeweils gegenüberliegenden Schaufelendfläche über einen Teil des Verstellbereichs der Leitschaufel einen konstanten Radialspalt bildet, eine Strömungsmaschine sowie ein Innenring.

#### Bezugszeichenliste

- |    |                        |
|----|------------------------|
| 1  | Leitschaufelkranz      |
| 2  | Innenring              |
| 4  | Leitschaufel           |
| 6  | Abflachung             |
| 8  | Schaufelendfläche      |
| 10 | Leitschaufelkranz      |
| 12 | Leitschaufel           |
| 14 | Innenring              |
| 16 | Schaufelblatt          |
| 18 | innerer Schaufelteller |
| 20 | äußerer Schaufelteller |
| 22 | Verstellzapfen         |
| 24 | Lagerzapfen            |
| 26 | Lagerbohrung           |
| 28 | Lagerbuchse            |

- 30** Schaufelendfläche
- 32** Ringfläche
- 34** Vorderkante
- 36** Hinterkante
- 38** Erweiterung
- 40** Tellerfläche
- 42** Vertiefung
- 44** Grund
- 46** steile Flanke
- 48** flache Flanke
- 50** Verengung
- 52** Radialspalt
- a** Abstand
- b** Abstand
- h** Hauptachse/Schaufelachse
- x** Strömungsrichtung/Kranzlängsachse
- z** Radialrichtung

**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**

- US 7802963 B3 [0004]

**Patentansprüche**

1. Leitschaufelkranz (**10**) für eine Strömungsmaschine, mit einer Vielzahl von Leitschaufeln (**12**), die jeweils um ihre Hauptachse (**h**) verstellbar sind, und mit einem Innenring (**14**) zum radial inneren Stabilisieren der Leitschaufeln (**12**), wobei eine Ringfläche (**32**) des Innenrings (**14**) und/oder jeweils eine der Ringfläche (**32**) zugewandte und von dieser radial beabstandete Schaufelendfläche (**30**) der Leitschaufeln (**12**) in einem Winkel ungleich  $90^\circ$  zur Hauptachse (**h**) orientiert sind/ist, dadurch gekennzeichnet, dass in die Ringfläche (**32**) im Verstellbereich jeder Leitschaufel (**12**) eine längliche Vertiefung (**42**) eingebracht ist, die mit der jeweils gegenüberliegenden Schaufelendfläche (**30**) über einen Teil des Verstellbereichs der Leitschaufel (**12**) einen parallelen Radialspalt (**52**) bildet.
2. Leitschaufelkranz nach Anspruch 1, wobei eine Spalthöhe des Radialspaltes (**52**) ein radialer Abstand der Schaufelendflächen (**30**) von der Ringfläche (**32**) bei maximaler Verstellung ist.
3. Leitschaufelkranz nach Anspruch 1 oder 2, wobei sich die Vertiefungen (**42**) von einer Schaufeltelleraufnahme (**38**) bis zur Hinterkante (**36**) des Innenrings (**14**) erstrecken.
4. Leitschaufelkranz nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die Vertiefungen (**42**) von der Schaufeltelleraufnahme (**38**) in Richtung der Hinterkante (**36**) verbreitert sind.
5. Leitschaufelkranz nach Anspruch 4, wobei die Vertiefungen (**42**) stromabwärts der Leitschaufeln (**12**) verengt sind.
6. Leitschaufelkranz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vertiefungen (**42**) von einer Grundposition in Richtung einer maximalen Verstellposition betrachtet bis zu ihrem Grund (**44**) flach abfallen und hinter ihrem Grund (**44**) steil ansteigen.
7. Strömungsmaschine mit einem Leitschaufelkranz (**10**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
8. Innenring für einen Leitschaufelkranz (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

1

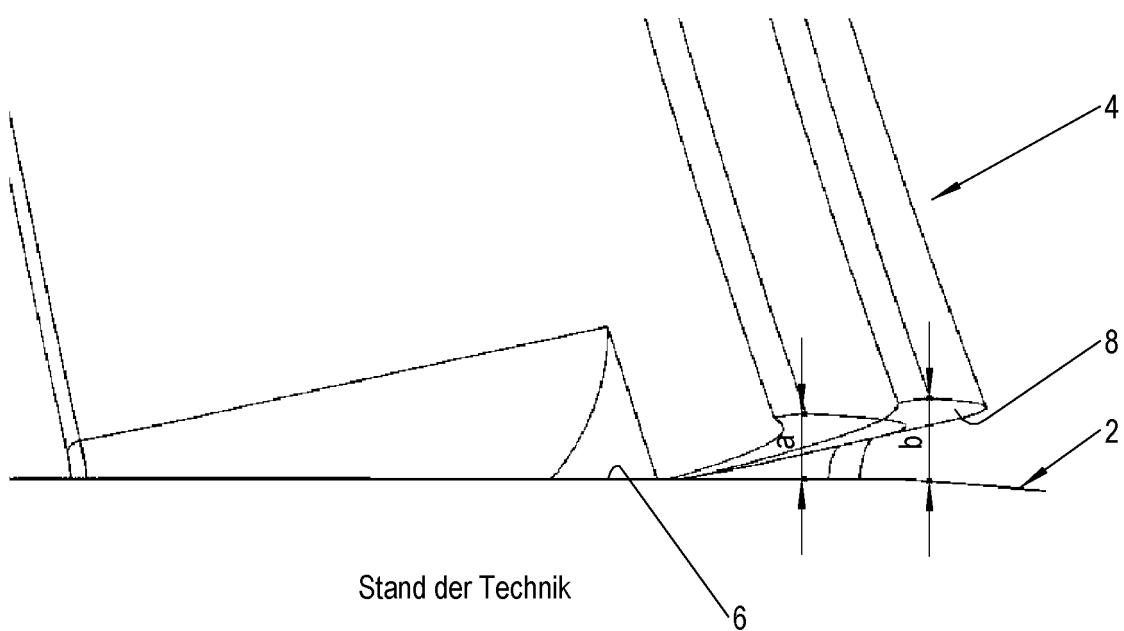


Fig. 1

10

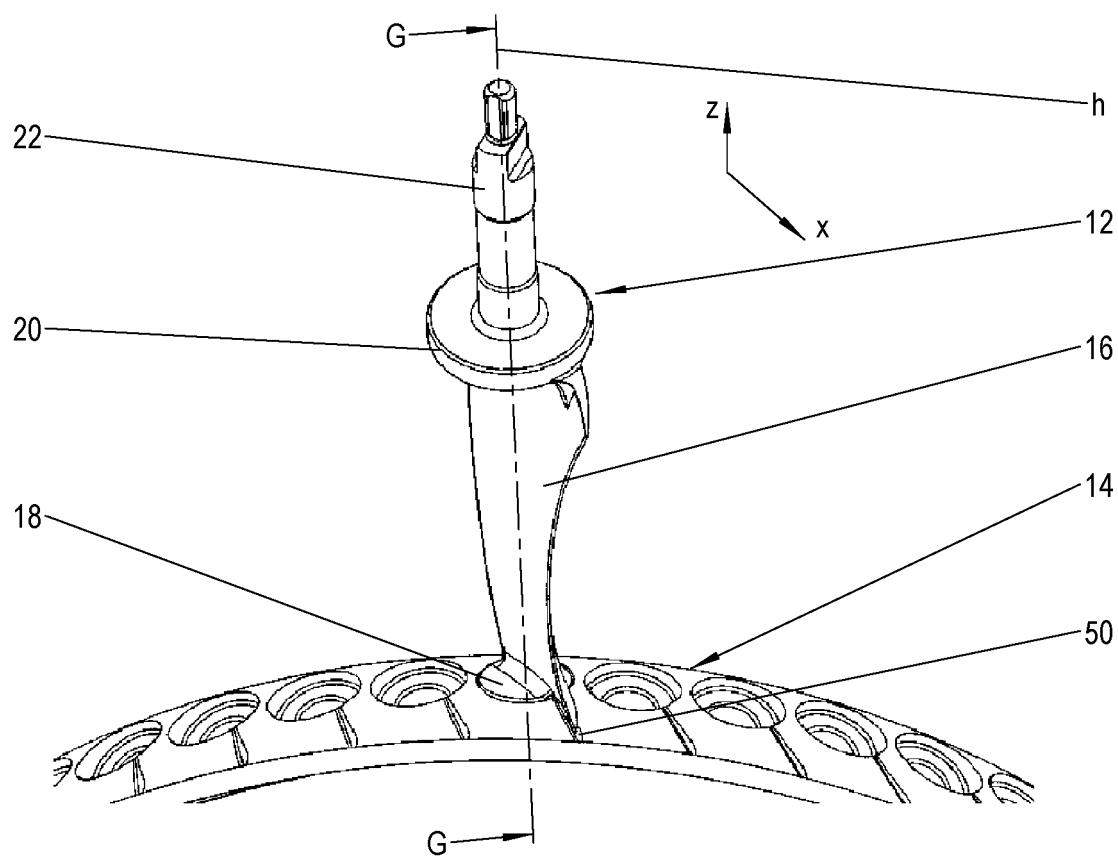


Fig. 2

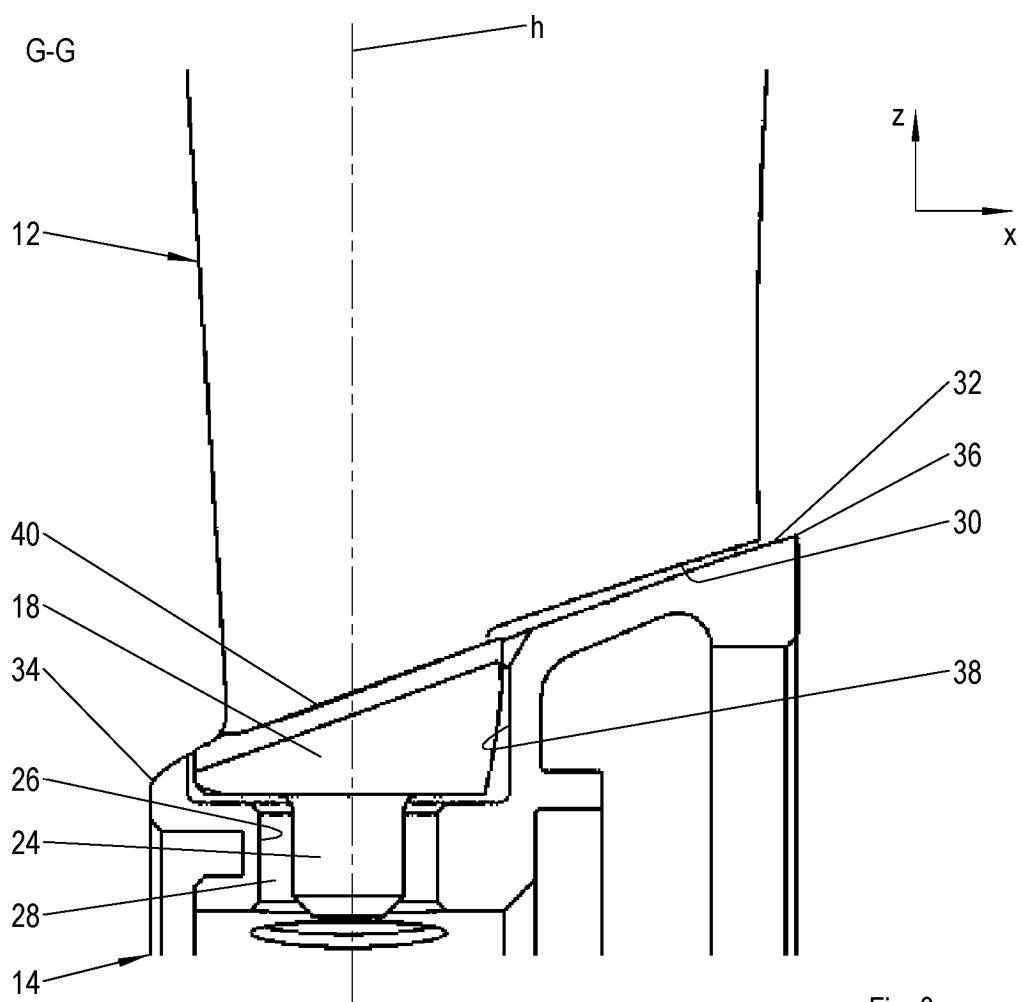


Fig. 3

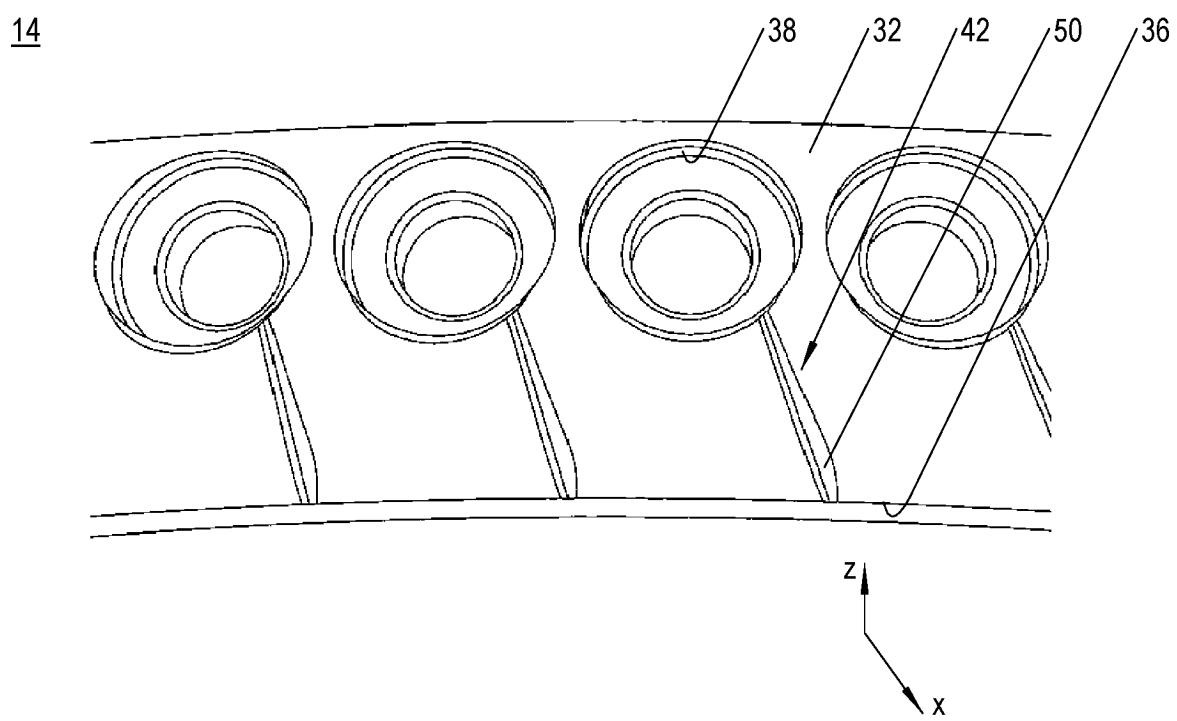


Fig. 4

14

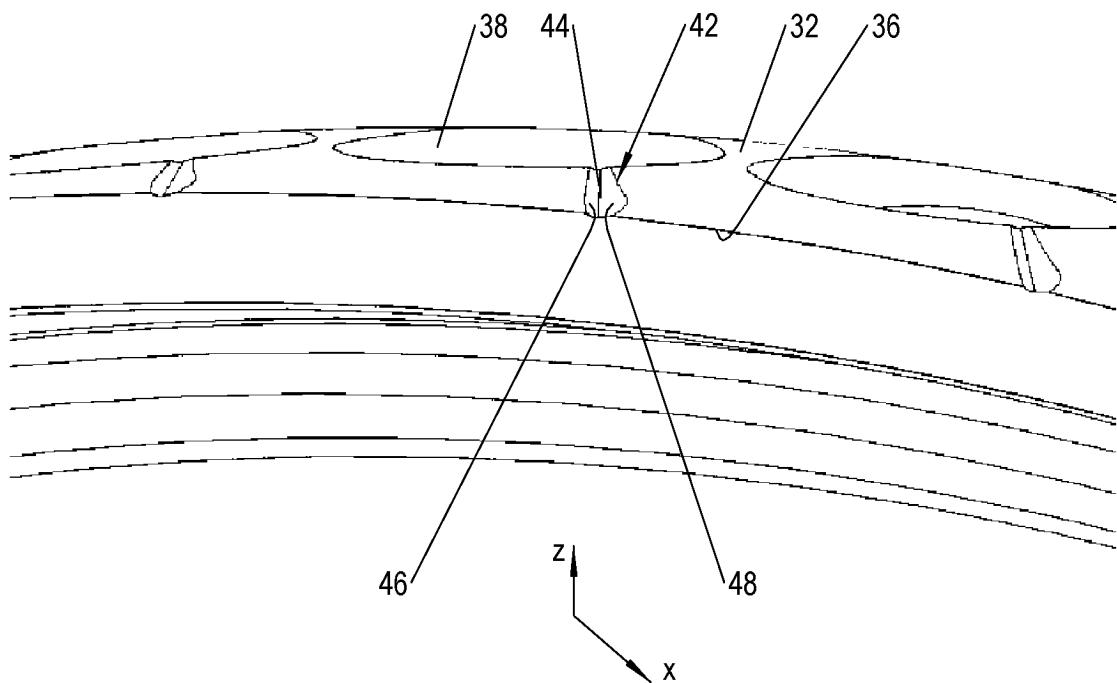


Fig. 5

10

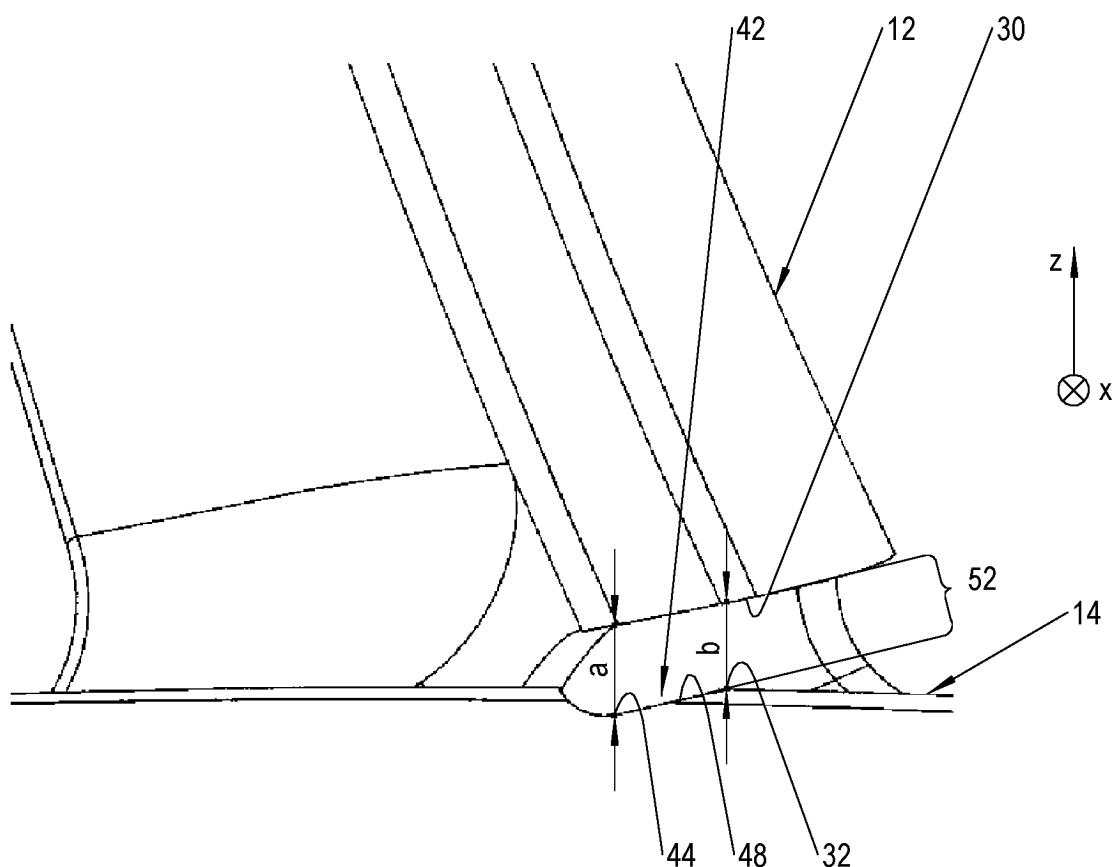


Fig. 6