

(19)



(11)

EP 3 524 778 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.08.2019 Patentblatt 2019/33

(51) Int Cl.:
F01D 9/04 (2006.01) F01D 17/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19156350.1**

(22) Anmeldetag: **11.02.2019**

(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:
KH MA MD TN

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

(72) Erfinder: **Humhauser, Werner**
85368 Moosburg (DE)

(30) Priorität: **12.02.2018 DE 102018202119**

(54) **HEBELANBINDUNG EINER LEITSCHAUFELVERSTELLUNG FÜR STRÖMUNGSMASCHINEN UND ZUGEHÖRIGES HERSTELLUNGSVERFAHREN**

(57) Offenbart ist eine Hebelanbindung einer Leitschaufelverstellung zur Verbindung einer Leitschaufel einer Strömungsmaschine mit einem Verstellring eines Stellantriebs, die derart eingerichtet ist, dass ein Verstellhebel der Hebelanbindung aus einer ersten Montage- richtung bezogen auf eine Maschinenlängsachse der Strömungsmaschine radial auf einen Schaufelschaft der Leitschaufel aufgeschoben wird und mittels einer Bewegung in eine zweite Montagerichtung mit dem Schaufelschaft formschlüssig und insbesondere drehfest verriegelt wird, ein Montageverfahren sowie eine Strömungs- maschine.

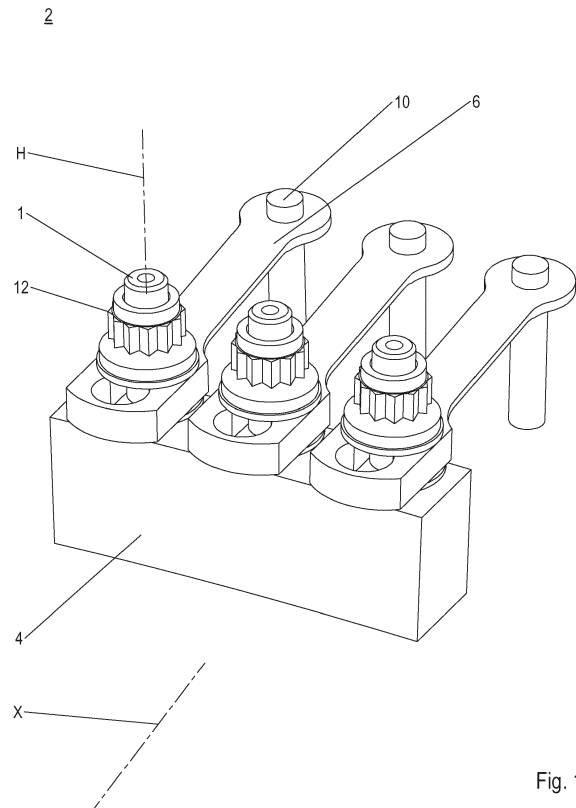


Fig. 1

EP 3 524 778 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Hebelanbindung einer Leitschaufelverstellung einer Strömungsmaschine zum Herstellen einer Verbindung zwischen einer Leitschaufel und einem Stellantrieb nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, ein Verfahren zum Herstellen einer Verbindung zwischen einer Leitschaufel und einem Stellantrieb und eine Strömungsmaschine.

[0002] Verdichter in axialen Strömungsmaschinen, beispielsweise Flugtriebwerke, umfassen in der Regel im Bereich der vorderen Verdichterstufen oder im Hochdruckverdichter eine Leitschaufelverstellung. Durch die Leitschaufelverstellung werden die Leitschaufeln der relevanten Leitschaufelreihe drehzahlabhängig um ihre Hochachse verstellt, so dass ein absoluter Leitradabströmungswinkel veränderbar ist. Hierdurch kann ein Strömungsabriss beim Hochfahren der Strömungsmaschine bzw. bei geringen Drehzahlen verhindert werden. Eine Stufenbelastung wird reduziert. Alternativ könnte auch ein Strömungsabriss durch eine Verstellung der Laufschaufeln der Verdichterstufen verwirklicht werden, jedoch ist dies technisch wesentlich komplizierter, so dass sich die Verstellung der Leitschaufeln durchgesetzt hat.

[0003] Die Verstellung der Leitschaufeln einer Leitschaufelreihe erfolgt herkömmlicherweise mechanisch durch Betätigung eines Stellantriebs. Der Stellantrieb wirkt über einen Verstellring und jeweils einen Verstellhebel auf die Leitschaufeln. Der Verstellring ist außerhalb der Strömungsmaschine angeordnet und gewöhnlich in Strömungsrichtung betrachtet hinter und coaxial der Leitschaufelreihe positioniert. Er ist in Umfangsrichtung und in Axialrichtung der Strömungsmaschine verschiebbar. Bei mehreren zu verstellenden Verdichterstufen werden die Verstellringe gleichzeitig über einen drehbar am Verdichtergehäuse gelagerten Stellhebel des Stellantriebs angesteuert, der sich in Axialrichtung der Strömungsmaschine erstreckt und mit den Verstellringen verbunden ist.

[0004] Bei bekannten Leitschaufelverstellungen wird der Verstellhebel, im Folgenden der Einfachheit halber auch nur Hebel genannt, in Radialrichtung der Strömungsmaschine auf einen sich in Hochrichtung der Leitschaufel erstreckenden Schaufelschaft gesteckt. Danach wird der Hebel an einem Kontaktbereich des Schaufelschafts formschlüssig fixiert und durch eine Verschraubung lagegesichert. Die Verschraubung kann durch ein Innengewinde oder durch ein Außengewinde erfolgen. Diese Art der Hebelanbindung erfordert einen ausreichend dicken Schaufelschaft für die Gestaltung der Kontaktflächen. Allerdings kann der Schaftdurchmesser aufgrund der geometrischen Randbedingungen wie kleiner Strömungskanaldurchmesser und hohe Schaufelzahl kaum größer als das kleinstmögliche Außengewinde werden. Wenn nun aufgrund der geometrischen Randbedingungen der Schaftdurchmesser deutlich verkleinert werden müssen, ist bei Schaftdurchmessern, die kaum größer als die zulässige Gewindegröße

sind, die vorbeschriebene bekannte Hebelanbindung nicht mehr darstellbar. Es liegt also für Verdichter von Triebwerken eine Herausforderung in der deutlichen Verkleinerung der Geometrie, d. h. einer Miniaturisierung auch der Verstellschaufeln, sowie deren Verbindung mit einem Verstellhebel. Konventionelle Verbindungssysteme über Dachschrägen, Konusgeometrien und dergleichen erfordern im Außenbereich des Schaufelschaftes eine Reduzierung dessen Durchmessers, was den Einsatz von Schrauben oder Muttern mit einem Minimalgewindedurchmesser von M5 nicht mehr erlaubt.

[0005] Druckschriftlicher Stand der Technik ist in dem Patent EP 1 561 906 B1 gezeigt. Bei der hier gezeigten Hebelanbindung hat der Verstellhebel einen klauenartigen Verbindungsabschnitt zur Anbindung an einem Schaufelschaft. Der Verbindungsabschnitt hat zwei sich gegenüberliegende Klauenelemente, die sich von einer Unterseite des Verstellhebels erstrecken und einen in Hebellängsrichtung erstreckenden Schlitz begrenzen. Der Schlitz ist an seinen beiden Stirnseiten über seinen gesamten Querschnitt geöffnet. In seinen Schlitzgrund ist ein Langloch eingebracht, das eine Öffnung zur Oberseite des Verstellhebels darstellt. Zur Montage wird der Hebel mit seinem Schlitz über den Schaufelschaft geschoben, bis sich deren gegenüberliegenden Klauenflächen in drehfestem Formschluss mit korrespondierenden Schaftflächen befinden. Anschließend wird der Hebel mittels eines in eine Innengewindebohrung eines freien Endes des Schaufelschaftes eingedrehten Schraubelements an dem Schaufelschaft radial gesichert, das durch das Langloch geführt ist.

[0006] Eine Hebelanbindung mit einem Schlitz in einem Verbindungsabschnitt eines Verstellhebels ist zudem in dem Patent EP 2 273 074 B1 gezeigt. Bei dieser Lösung wird der Schlitz von seitlichen Hakenelementen begrenzt, die im montierten Zustand in seitliche Nuten eines Schaufelschaftes eingreifen. Der Schlitz ist über eine Bohrung zur Oberseite des Verstellhebels zum Durchführen eines Schraubelements geöffnet.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Hebelanbindung einer Leitschaufelverstellung einer Strömungsmaschine zum Herstellen einer Verbindung zwischen einer Leitschaufel und einem Stellantrieb bereitzustellen, die die genannten Nachteile beseitigt. Zudem ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Herstellen einer Verbindung zwischen einer Leitschaufel und einem Stellantrieb zu schaffen und eine Strömungsmaschine bereitzustellen, die bei kleinem Bauraum eine hohe verstellbare Leitschaufelzahl ermöglicht.

[0008] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Hebelanbindung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7 und durch eine Strömungsmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 9.

[0009] Eine erfindungsgemäße Hebelanbindung einer Leitschaufelverstellung einer Strömungsmaschine zum Herstellen einer Verbindung zwischen einer Leitschaufel und einem Stellantrieb, wobei die Leitschaufel einen

Schaufelschaft hat, der sich entlang ihrer Hochachse erstreckt und der mittels eines Hebels mit einem Verstellring des Stellantriebs in Verbindung bringbar ist, sieht vor, dass der Schaufelschaft einen Kontaktbereich hat, der gegenüber einem radial äußeren Schaftbereich querschnittsreduziert ist. Der Hebel hat einen Verbindungsabschnitt mit einem Langloch und einer Einfädelöffnung. Das Langloch hat gegenüberliegende Schlüsselflächen zur drehfesten Wirkverbindung mit Kontaktflächen des Kontaktbereichs. Die Einfädelöffnung geht umfangsseitig in das Langloch über und ist im Vergleich zum Langloch querschnittserweitert. Dabei ist sie derart querschnittserweitert, dass der Hebel über die Einfädelöffnung mit seinem Verbindungsabschnitt auf den Schaufelschaft radial aufschiebbar ist.

[0010] Durch die Kombination Langloch mit Einfädelöffnung wird in Draufsicht eine schlüssellochförmige Ausnehmung geschaffen, die es ermöglicht, dass der Schaufelschaftdurchmesser im Bereich radial außerhalb der Schaft-Hebel-Verbindungsstelle den gleichen Durchmesser aufweisen kann wie radial innerhalb. Die Höhe der Kontaktflächen zur Übertragung des Drehmomentes der Verstellkräfte über den Hebel beeinflusst nicht den Außendurchmesser des Schaufelschaftes, wie dies bei konventionellen Verbindungen wie Keilflächen oder Konusgeometrien der Fall ist. Somit kann ein Minimaldurchmesser von 5 mm, getrieben von einer M5er Sicherungsmutter für den Schaufelschaft, realisiert werden. Der radial außen befindliche Teil des Schaufelschafts kann dabei den exakt gleichen Durchmesser wie der radial innen liegende Teil des Schaufelschafts aufweisen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der Hebel nach dem Erreichen seiner Soll-Position an dem Schaufelschaft nicht abgehoben werden kann, sondern quasi automatisch beim Erreichen seiner Soll-Position eine selbstgesicherte drehfeste Verriegelung mit dem Schaufelschaft eingeht. Die Übertragung des Drehmoments vom Stellantrieb zum Verstellen der Schaukeln erfolgt somit über den Formschluss.

[0011] Mit anderen Worten, durch die Einfädelöffnung muss der Durchmesser des Kontaktbereichs nicht größer als der Außendurchmesser des radial äußeren Schaftbereichs sein, wodurch die erfindungsgemäße Hebelanbindung auch für sehr kleine Schaftdurchmesser geeignet ist. Der Schaufelschaftdurchmesser ist also nicht mehr die maßgebende Größe bei der Ausbildung des Kontaktbereichs. Somit ist selbst bei kleinem Schaufelschaftdurchmesser eine verlässliche Anbindung des Hebels an dem Schaufelschaft möglich. Hierdurch ist die Hebelanbindung insbesondere zur Verwendung in Verdichtern von Strömungsmaschinen geeignet, die bei einem kleinen verfügbaren Bauraum eine hohe Schaukelzahl erfordern, wie Flugtriebwerke oder kompakte Industriegasturbinen. Aufgrund der quasi nicht vorhandenen geometrischen Randbedingungen des Schaufelschaftes kann der Schaftdurchmesser deutlich verkleinert werden.

[0012] Ein Formschluss zwischen dem Verbindungs-

abschnitt des Hebels und dem Kontaktbereich des Schaufelschaftes wird bei einer Ausführungsform dadurch erreicht, dass die Schlüsselflächen und korrespondierenden Kontaktflächen jeweils Parallellflächen sind. Bevorzugterweise sind die Kontaktflächen in ihrer Größe und Form gleich. Die Schlüsselflächen sind aus montage-technischen Gründen bevorzugterweise ebenfalls gleich in ihrer Größe und Form. Alternativ können die Schlüsselflächen und die Kontaktflächen in einem Winkel zueinander angestellt sein. Beispielsweise können die Schlüsselflächen und Kontaktflächen in Längsrichtung des Schaufelschaftes betrachtet ähnlich den Schenkeln eines gleichschenkligen Dreiecks, quasi dachförmig, zueinander angestellt sein. Alternativ zu einer dachförmigen Winkelstellung zueinander ist auch eine mehrwinkelige, trapezförmige und ähnliche Ausrichtung und dergleichen vorstellbar. Beispielsweise können die Schlüsselflächen und/oder die Kontaktflächen so angestellt sein, dass im Übergangsbereich von der Einfädelöffnung in das Langloch Einführschrägen ausgebildet sind, die einen Art sich in Montagrichtung verjüngenden Trichter bilden und den Übergang des Schaufelschaftes aus der Einfädelöffnung in das Langloch bei der Montage erleichtern. Wesentlich ist, dass die Schlüsselflächen und die Kontaktflächen nicht rotationssymmetrisch zur Hochachse ausgebildet sind, und dass der Formschluss spielfrei ist. Grundsätzlich genügen so bereits eine Schlüsselfläche und eine korrespondierende Kontaktfläche, um eine drehfeste Verriegelung zu erreichen.

[0013] Die Kontaktflächen lassen sich fertigungstechnisch einfach durch Querschnittsverjüngungen des Schaufelschaftes ausarbeiten. Beispielsweise können Sie durch Ausfräsen hergestellt werden. Durch die Ausbildung als Querschnittsverjüngungen entstehen zudem im Übergangsbereich der Kontaktflächen zu einem an den Kontaktbereich radial innen angrenzenden Schaftbereich Schulterflächen, die als Auflage für den Verbindungsabschnitt im montierten Zustand wirken.

[0014] Mittels eines Schraubelements kann der Hebel mit dem Schaufelschaft zusätzlich verspannt werden. Das Schraubelement kann beispielsweise eine Mutter sein, die mit dem radial äußeren Schaftbereich, insbesondere einem freien Ende, des Schaufelschaftes zusammenwirkt. Die Mutter ist bevorzugterweise selbstsichernd. Anstatt eines Außengewindes kann grundsätzlich auch ein Innengewinde bei entsprechender Anpassung der Mutter ausgebildet sein. Zur Sicherung der Verspannung kann zusätzlich ein Sicherungselement zur Anordnung zwischen dem Verbindungsabschnitt und dem Schraubelement vorgesehen ist, das beispielsweise einen abwinkelbaren Arm zur seitlichen Anlage an dem Schraubelement und/oder dem Verbindungsabschnitt hat. Der zumindest eine Arm lässt sich nach dem Verspannen ohne Verwendung zusätzlichen Werkzeugs an dem Schraubelement und/oder dem Verbindungsabschnitt anlegen. Insbesondere können auch mehrere Arme vorgesehen sein, so dass beim Ausfall eines Armes immer noch eine verlässliche Sicherung gewährleistet

ist. Die Übertragung des Drehmoments vom Stellantrieb zum Verstellen der Schaufeln erfolgt bevorzugterweise ausschließlich über den Formschluss. Das Schraubelement dient vorrangig zur Sicherung der Verriegelung.

[0015] Zur Anbindung des Hebels an dem Verstellring kann der Hebel mit einem Verstellringstift zusammenwirken, der der dazu eingerichtet ist, dass der Hebel mittels einer radialen Bewegung an dem Verstellring montiert wird. Bevorzugterweise hat der Hebel eine Durchführung bzw. Durchgangsbohrung, durch die der jeweilige Verstellringstift geführt wird. Dies erlaubt eine schnelle und sichere Montage. Zur Vorgabe einer Soll-Position des Verstellrings in der hebelseitigen Durchgangsbohrung kann der Verstellringstift beispielsweise eine Ringschulter haben, die als eine Aufschiebe- bzw. Eintauchbegrenzung wirkt. Bevorzugterweise wird der Verstellringstift nach dem Erreichen seiner Soll-Position an dem Hebel befestigt.

[0016] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Herstellen einer Verbindung zwischen einer Leitschaufel und einem Stellantrieb, wobei die Leitschaufel einen Schaufelschaft hat, der sich entlang ihrer Hochachse erstreckt und der mittels eines Hebels mittel- oder unmittelbar mit einem Verstellring des Stellantriebs in Verbindung gebracht wird, wird der Hebel aus einer ersten Montagerichtung radial auf den Schaufelschaft aufgeschoben und anschließend durch eine Bewegung in eine zweite Montagerichtung mit dem Schaufelschaft formschlüssig verriegelt. Die zweite Montagerichtung und die zweite Montagerichtung sind unterschiedlich. Die erste Montagerichtung und die zweite Montagerichtung verlaufen bevorzugterweise orthogonal zueinander, beispielsweise verläuft die zweite Montagerichtung in axialer Richtung. Durch die andersartige zweite Montagerichtung erfolgt bereits ohne eine Verspannung eine Verriegelung. Der Hebel kann nun weder abgehoben, sich weder radial nach innen noch radial nach außen bewegen.

[0017] Ein bevorzugtes Verfahren umfasst die Schritte,

- radiales Aufschieben des Hebels auf den Schaufelschaft über eine hebelseitige Einfädelöffnung und radiales Verbinden des Hebels mit dem Verstellring,
- axiales Verschieben des Verstellrings mit dem Hebel entlang eines hebelseitigen Langlochs bis sich gegenüberliegende Schlüsselflächen des Langloches in Anlage mit korrespondierenden Kontaktflächen des Schaufelschaftes befinden,
- Verspannen des Hebels mit dem Schaufelschaft durch Zusammenwirken eines Schraubelements mit einem radial äußeren Schaftbereich, wobei der Hebel zwischen schaftseitigen Schulterflächen und dem Schraubelement radial eingespannt wird.

[0018] Eine erfindungsgemäße Strömungsmaschine hat eine Vielzahl von den erfindungsgemäßen Hebelanbindungen zum Herstellen einer Verbindung zwischen Leitschaufeln einer Verstellschaufelreihe und einem

Stellantrieb. Durch die erfindungsgemäßen Hebelanbindungen sind Leitschaufelverstellungen bei Leitschaufeln mit sehr kleinem Schaftdurchmesser und/oder in einem sehr engen Abstand zueinander möglich. Beispielsweise weisen die Leitschaufelverstellungen der vorderen Verdichterstufen oder des Hochdruckverdichters derartige Hebelanbindungen auf, so dass die Strömungsmaschine mit einem sehr leistungsstarken bzw. leistungsoptimierten Verdichter ausgestattet werden kann.

[0019] Sonstige vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

[0020] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von stark vereinfachten schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es versteht sich, dass einzelne Elemente und Komponenten auch anders kombiniert werden können als dargestellt. Bezugszeichen für einander entsprechende Elemente sind figurenübergreifend verwendet und werden gegebenenfalls nicht für jede Figur neu beschrieben. Es zeigen:

- Figur 1: eine perspektivische Draufsicht auf einen Abschnitt einer Leitschaufelverstellung mit erfindungsgemäßer Hebelanbindung,
- Figur 2: eine Draufsicht auf einen Hebel der Hebelanbindung,
- Figur 3: eine Seitenansicht des Hebels aus Figur 2,
- Figur 4: eine perspektivische Draufsicht auf einen Abschnitt eines Schaufelschaftes der Hebelanbindung,
- Figur 5: einen Längsschnitt durch die Leitschaufelverstellung aus Figur 1,
- Figur 6: einen Längsschnitt durch die Leitschaufelverstellung aus Figur 1 und
- Figur 7 bis 9: Montageschritte zur Montage der Hebelanbindung.

[0021] Generell beziehen sich hier Angaben wie "radial", "radial außen", "radial innen", "koaxial" und "Umfangsrichtung" auf eine Maschinenlängsachse X der erfindungsgemäßen Strömungsmaschine, die die Drehachse eines Rotors der Strömungsmaschine darstellt.

[0022] Figur 1 zeigt eine Leitschaufelverstellung von Leitschaufeln einer verstellbaren Leitschaufelreihe einer Strömungsmaschine. Aufgrund der gewählten Sichtweise von außen auf einen Gehäuseabschnitt der Strömungsmaschine ist von den Laufschaufeln lediglich ein vom Schaufelblatt radial nach außen führender Schaufelschaft 1 gezeigt. Der Schaufelschaft 1 wird gewöhnlich auch als radial äußerer Lagerzapfen bezeichnet. Grundsätzlich hat die Leitschaufel ein Schaufelblatt, das sich in einem vom Hauptstrom durchströmten Strömungskanal der Strömungsmaschine befindet. Über einen zum Schaufelblatt radial inneren Lagerzapfen ist die Leitschaufel in einem Innenring gelagert, der eine Rotorwelle radial beabstandet umgreift. Die Strömungsmaschine ist

beispielsweise ein Flugtriebwerk und die Leitschaukelreihe ist im Verdichter des Flugtriebwerks angeordnet.

[0023] Zum Ausbilden einer erfindungsgemäßen Hebelabindung 2 der Leitschaukelverstellung hat die Leitschaukel den sich vom Schaufelblatt radial nach außen erstreckenden Schaufelschaft 1, der aus dem Strömungskanal der Strömungsmaschine und aus deren Gehäuse 4 herausgeführt ist und der entlang der Hochachse H der Leitschaukel verläuft. Mittels eines sich außerhalb des Hauptströmungspfads der Strömungsmaschine befindenden Verstellhebels bzw. Hebels 6 der Hebelanbindung 2 steht der Schaufelschaft 1 und somit die Leitschaukel in Wirkverbindung mit einem zur Leitschaukelreihe coaxial und außerhalb des Hauptströmungspfads der Strömungsmaschine angeordneten Verstellring 8. Der Verstellring 8 ist in Figur 6 skizziert. Die Verbindung des Hebels 6 mit dem Verstellring 8 erfolgt über Verstellringstifte 10. Die Verspannung des Hebels 6 an dem Schaufelschaft 1 erfolgt mittels eines Schraubelements 12, beispielsweise einer selbstsichernden Mutter.

[0024] Zur Verstellung der Leitschaukeln 1 um ihre Hochachsen H wird der Verstellring 8 über einen nicht gezeigten Stellantrieb entlang des Gehäuses 4 verschoben. Die Verschiebung bewirkt dann eine entsprechende Verschwenkung der Leitschaukeln um ihre Hochachsen H. Die Übertragung des Drehmoments von dem Hebel 6 auf die Leitschaukel erfolgt über einen im Folgenden noch erläuterten Formschluss zwischen dem Hebel 6 und dem Schaufelschaft 1. Das Schraubelement 12 dient vorrangig zur Sicherung des Formschlusses. Jede Leitschaukel der verstellbaren Leitschaukelreihe ist mit einer derartigen Hebelanbindung 2 versehen, die jeweils mit dem Verstellring 8 verbunden sind.

[0025] Wie in den Figuren 2 und 3 skizziert, hat der Hebel 6 einen Verbindungsabschnitt 14 zur Verbindung mit einem in den Figuren 4 und 5 gezeigten Kontaktbereich 16 des Schaufelschaftes 1 und einen Verbindungsabschnitt 18 zur Verbindung mit dem Verstellringstift 12. Der Verbindungsabschnitt 18 zur Verbindung mit dem Verstellringstift 12 wird der Übersicht halber im Folgenden Anbindungsabschnitt genannt. Der Verbindungsabschnitt 14 und der Anbindungsabschnitt 18 bilden die beiden Enden des Hebels 6 und sind über einen streifenartigen Hebelabschnitt 20 miteinander verbunden. Die Rotationsachse des Verbindungsabschnitts 14 um die Hochachse H und die Rotationsachse des Anbindungsabschnitts 18 um eine Längsachse des Verstellringstifts 10 sind dabei parallel und verlaufen vorzugsweise in radialer Richtung. Einen möglichen radialen Versatz des Verbindungsabschnitts 14 und des Anbindungsabschnitts 18 kann durch den streifenartigen Hebelabschnitt 20 ausgeglichen werden, indem der Hebelabschnitt 20 jeweils an dem Verbindungsabschnitt 14 und dem Anbindungsabschnitt 18 angewinkelt angeordnet ist, wie dies in Figur 2 dargestellt ist. Dieser Winkel kann 90° betragen. Vorzugsweise weicht eine Längserstreckung des Hebelabschnitts 20 aber von dem im wesentlichen senkrechten Lot zwischen den beiden Rotations-

achsen ab. Dies erleichtert die Montage des Hebels 6.

[0026] Der Verbindungsabschnitt 14 ist gegenüber dem streifenartigen Hebelabschnitt 20 verdickt ausgebildet und hat eine sich in Längsrichtung L des Hebels 6 erstreckende rechteckige Gestalt. Er weist eine schlüsselförmige Ausnehmung 22 auf, die ihn in seiner Dickenrichtung (in Figur 2 senkrecht zur Blattebene) von seiner Oberseite zur Unterseite durchsetzt.

[0027] Die Ausnehmung 22 wird von einem Langloch 24 gebildet, dass sich in Hebellängsrichtung L erstreckt und zwei gegenüberliegende Schlüsselflächen 26, 28 aufweist. Die Schlüsselflächen 26, 28 sind hier als plane Parallellflächen ausgebildet, die über einen konstanten Abstand voneinander beabstandet sind und in Richtung der Hebellängsachse L verlaufen. Über eine Konkavfläche 30 sind sie nahe des streifenartigen Hebelabschnitts 20 miteinander verbunden.

[0028] Zudem wird die Ausnehmung 22 von einer Einfädelöffnung 32 gebildet. Die Einfädelöffnung 32 liegt aus Sicht des streifenartigen Hebelabschnitts 20 hinter dem Langloch 24 und ist zu diesem umfangsseitig geöffnet. Mit anderen Worten, die Einfädelöffnung 32 geht an dem von der Konkavfläche 30 abgewandten Ende des Langlochs 24 in dieses über. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Einfädelöffnung 32 als eine Durchgangsbohrung mit einem kreisrunden Querschnitt ausgebildet. Gegenüber dem Langloch 24 ist die Einfädelöffnung 32 in Breitenrichtung B des Hebels 6 querschnittserweitert. Dabei hat sie einen derartigen Querschnitt, dass der Schaufelschaft 1 mit seinem in den Figuren 4 und 5 gezeigten radial äußerem freien Ende 34 hindurchgeführt werden kann bzw. dass der Hebel 6 auf das freie Ende 34 des Schaufelschafts 1 aufgeschoben werden kann.

[0029] Der Anbindungsabschnitt 18 ist gegenüber dem streifenartigen Hebelabschnitt 20 verdickt, allerdings nicht so stark wie der Verbindungsabschnitt 14. Er hat eine Durchgangsbohrung 36 zum Durchführen des Verstellringstifts 10 bzw. zum radialen Aufschieben des Hebels 6 auf den Verstellringstift 10.

[0030] Der streifenartige Hebelabschnitt 20 ist hier mit einer konstanten Dicke und Breite ausgeführt. Zum Ausgleich von radialen Höhen bzgl. der Schaft-Hebel-Verbindungsstelle und der Verstellringstift-Hebel-Verbindungsstelle kann über den streifenartigen Hebelabschnitt 20 durch eine entsprechende Verformung ein Höhenausgleich zwischen dem Verbindungsabschnitt 14 und dem Anbindungsabschnitt 16 erfolgen.

[0031] Gemäß den Figuren 4 und 5 hat der schaufel-schaftseitige Kontaktbereich 16 zum Angriff des hebel-seitigen Verbindungsabschnitts 14 zwei voneinander abgewandte Kontaktflächen 38, 40. Die Kontaktflächen 38, 40 sind korrespondierend zu den Schlüsselflächen 26, 28 des Langlochs 24 ausgebildet und somit hier plane Parallellflächen. Sie sind abgeflachte Umfangsabschnitte des Schaufelschafts 1 und über unveränderte konvexe Umfangsflächen 42 des Schaufelschaftes 1 miteinander verbunden sind. Aufgrund der Perspektive ist lediglich

eine Umfangsfläche 42 zu erkennen. Insbesondere sind die Kontaktflächen 38, 40 lokale Querschnittsverjüngungen des Schaufelschaftes 8, die derart voneinander beabstandet sind, dass im montierten Zustand ein spielfreier bzw. nahezu spielfreier Formschluss mit den Schlüsselflächen 26, 28 erfolgt. Hierdurch ist der Kontaktbereich 16 im Unterschied zum radial äußeren freien Ende 34 bzw. radial äußeren Schaftbereichs des Schaufelschaftes 1 und zu einem radial inneren angrenzenden Schaftbereich 44 nicht rotationssymmetrisch zur Hochachse H, was grundsätzlich eine verdrehgesicherte Befestigung des Hebels 6 durch Formschluss ermöglicht.

[0032] Im Übergangsbereich der Kontaktflächen 38, 40 zum radial innen angrenzenden ursprünglichen Schaftbereich 44 sind Schulterflächen 46, 48 gebildet. Die Schulterflächen 46, 48 bilden Auflagen für den Verbindungsabschnitt 14 im verspannten Zustand und begrenzen eine radiale Position des Hebels 6 an dem Schaufelschaft 1. Sie ermöglichen überhaupt erst die Verspannung mit dem Schraubelement 12.

[0033] Das freie Ende 34 des Schaufelschaftes 1 ist zum Zusammenwirken mit dem Schraubelement 12 mit einem nicht dargestellten Außengewinde versehen und somit als ein Gewindeabschnitt ausgeführt. Wie in Figur 7 skizziert, ist das Außengewinde bzw. das freie Ende 34 über eine Ringnut 50 vom Kontaktbereich 16 beabstandet ist. Grundsätzlich ist es auch möglich, anstelle eines Außengewindes ein Innengewinde in dem freien Ende 34 zum Zusammenwirken mit einem entsprechenden Schraubelement 12 vorzusehen.

[0034] In Figur 6 ist die Verriegelung und Verspannung des Hebels 6 an dem Schaufelschaft 1 im Kontaktbereich 16 im Schnitt gezeigt. Es ist deutlich zu erkennen, wie der Schaufelschaft 1 nicht in der Einfädelöffnung 32, sondern in dem Langloch 24 angeordnet ist und dieses insbesondere durchsetzt. In dem hier zeigten Ausführungsbeispiel wirkt die Konkavfläche 30 des Langlochs 24 als axialer Anschlag für den Schaufelschaft 1. Eine Anlage ist aber nicht zwingend notwendig. Vielmehr erlaubt das Langloch 24 den Ausgleich von Fertigungs- und Montagetoleranzen, so dass der Schaufelschaft 1 auch grundsätzlich in seiner montierten Stellung von der Konkavfläche 30 beabstandet sein kann, solange er sich in dem Langloch 24 befindet.

[0035] Zudem ist die Verspannung des Hebels 6 mittels des Schraubelements 12 zu erkennen. Der Verbindungsabschnitt 14 ist zwischen den Schulterflächen 46, 48 und dem Schraubelement 12 eingespannt und dabei vom Gehäuse 4 der Strömungsmaschine radial beabstandet. Zusätzlich kann, wie gezeigt, zwischen dem Verbindungsabschnitt 14 und dem Schraubelement 12 eine Unterlegscheibe 52 auf den Schaufelschaft 1 aufgesetzt sein. Um eine leichtgängige Verstellung der Leitschaufel um ihre Hochachse H zu ermöglichen, ist der Schaufelschaft 1 durch eine Lagerbuchse 54 geführt, die in das Gehäuse 4 eingesetzt ist.

[0036] Des Weiteren ist in Figur 6 zu erkennen, wie der Hebel 6 mit dem Verstellringstift 10 zusammenwirkt.

Dieser ist durch die Durchgangsbohrung 36 im Anbindungsabschnitt 18 des Hebels 6 geführt und hat zur Einstellung seiner Eintauchtiefe eine Ringschulter 56, die gleichzeitig eine radiale Auflage für den Hebel 6 bildet.

[0037] Ferner ist deutlich der radiale Höhenunterschied zwischen der Schaft-Hebel-Verbindungsstelle und der Verstellringstift-Hebel-Verbindungsstelle zu erkennen. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel befindet sich die schaufelschaftseitige Anbindung radial innen zur verstellringseitigen Anbindung.

[0038] Die Schaft-Hebel-Verbindungsstelle ist hier zudem in Strömungsrichtung betrachtet hinter der Verstellringstift-Hebel-Verbindungsstelle angeordnet. Allerdings kann die Schaft-Hebel-Verbindungsstelle in Strömungsrichtung betrachtet auch vor der Verstellringstift-Hebel-Verbindungsstelle angeordnet sein. Die axiale Position der Verbindungsstellen zueinander bestimmt unter anderem ein freier Montageraum außerhalb des Gehäuses 4.

[0039] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Montage der erfindungsgemäßen Hebelanbindung 2 an einem Schaufelschaft 1 einer Leitschaufel einer Leitschaufelreihe ist wesentlich, dass der Hebel 6 der Hebelanbindung 2 in einer ersten Montagerichtung radial bzw. im Wesentlichen radial auf den Kontaktbereich 16 des Schaufelschafts 1 aufgeschoben (Figur 7) und mittels einer Bewegung in eine axiale bzw. im Wesentlichen axiale zweiten Montagerichtung mit dem Schaufelschaft 1 formschlüssig verriegelt wird (Figur 8). Vor dem radialen Aufschieben des Hebels 6 an dem schaftseitigen Kontaktbereich 16 wird der Hebel 6 an dem Verstellring 8 aus einer Montagerichtung montiert, die gleich der ersten Montagerichtung ist. Der Hebel 6 wird somit nach der Montage des Verstellringstifts 10 radial bewegt, bis er sich mit seinem Verbindungsabschnitt 14 in Anlage mit dem Kontaktbereich 16 des Schaufelschaftes 1 befindet. Die Bewegung in die zweite Montagerichtung erfolgt aber erst, wenn sämtliche Hebel 6 auf den jeweiligen Schaufelschaft 1 aufgesetzt und in den Verstellring 8 eingefädelt sind

[0040] Im Folgenden erfolgt anhand der Figuren 7 bis 9 eine ausführliche Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Wie vorerwähnt, beziehen sich Angaben wie "radial" auf die Maschinenlängsachse X der erfindungsgemäßen Strömungsmaschine, die die Drehachse eines Rotors der Strömungsmaschine darstellt.

[0041] Zu Beginn der Montage (Figur 7) wird ein Verstellringstift 10 an dem jeweiligen Hebel 6 befestigt. Hierzu wird der Verstellringstift 10 bis zur Ringschulter 56 durch die Durchgangsbohrung 36 des Anbindungsabschnitts 18 geführt und dann mit diesem verbunden.

[0042] Anschließend (Figuren 7 und 8) wird der Hebel 6 mittels seiner Einfädelöffnung 32 der schlüssellochartigen Ausnehmung 22 radial auf den Schaufelschaft 1, d.h. in Pfeilrichtung entlang der Hochachse H, über dessen freies Ende 34 aufgeschoben. Der Hebel 6 umgreift nun mit seiner Einfädelöffnung 32 den schaftseitigen Kontaktbereich 16 (Figur 8). Der Verstellringstift 10 wird

entsprechend radial in eine Öffnung 58 des Verstellrings 8 eingeführt (siehe Figur 6).

[0043] Dann erfolgt die Herstellung des Formschlusses zwischen dem Hebel 6 und dem Schaufelschaft 1 (Figuren 8 und 9). Hierzu wird der nicht skizzierte Verstellring 8 mit dem Hebel 6 axial in Richtung des Schaufelschaftes 1, d.h. entlang der Maschinenlängsachse X in Pfeilrichtung verschoben, derart, dass der Kontaktbereich 16 aus der Einfädelöffnung 32 in das Langloch 24 der schlüsellochartigen Ausnehmung 22 übergeht. Die Schlüsselflächen 26, 28 des Langlochs 24 befinden sich nun in Anlage mit den Kontaktflächen 38, 40 des Kontaktbereichs 16. Somit ist der drehfeste Formschluss zwischen dem Hebel 6 und dem Schaufelschaft 1 hergestellt. Gleichzeitig ist aufgrund der vergrößerten Durchmesser des freien Endes 34 des Schaufelschaftes 1 und des radial innen an den Kontaktbereich angrenzenden Schaufelbereichs 44 der Hebel 6 in radialer Richtung an dem Schaufelschaft 1 verriegelt.

[0044] Nach erfolgter axialer Verschiebung wird der Formschluss gesichert (Figur 9). Hierzu wird der Hebel 6 mittels des Schraubelements 12 gegen die Schulterflächen 46, 48 des Schaufelschaftes 1 verspannt. Das Schraubelement 12 wird auf das Außengewinde des freien Endes 34 aufgeschraubt. Durch die radiale Auflage auf den Schulterflächen 46, 48 des Schaufelschaftes 1 kann der Verbindungsabschnitt 14 nicht radial nach innen ausweichen. Als Folge wird der Verbindungsabschnitt 14 gegen die Schulterflächen 46, 48 gepresst. Die Sicherung des Schraubelements 12 gegen lösende Drehbewegungen erfolgt durch Selbstsicherung. Zusätzlich kann die Unterlegscheibe 52 als eine Sicherungsscheibe mit beispielsweise seitlichen Armen ausgebildet sein, die seitlich an das Schraubelement 12 angelegt und/oder in die Einfädelöffnung 32 eingeführt werden.

[0045] Es wird erwähnt, dass von der Erfindung auch Ausführungsbeispiele umfasst sind, bei denen die Verstellringstifte 10 nicht mit den Hebeln 6 vormontiert werden. Beispielsweise können die Verstellringstifte 10 zuvor an dem Verstellring 8 montiert werden und dann die Hebel 6 auf den jeweiligen am Verstellring 8 montierten Verstellringstift 10 aufgeschoben werden.

[0046] Offenbart ist eine Hebelanbindung einer Leitschaukelverstellung zur Verbindung einer Leitschaukel einer Strömungsmaschine mit einem Verstellring eines Stellantriebs, die derart eingerichtet ist, dass ein Verstellhebel der Hebelanbindung aus einer ersten Montage- richtung bezogen auf eine Maschinenlängsachse der Strömungsmaschine radial auf einen Schaufelschaft der Leitschaukel aufgeschoben wird und mittels einer Bewegung in eine zweite Montage- richtung mit dem Schaufelschaft formschlüssig und insbesondere drehfest verriegelt wird, ein Montageverfahren sowie eine Strömungsmaschine.

Bezugszeichen

[0047]

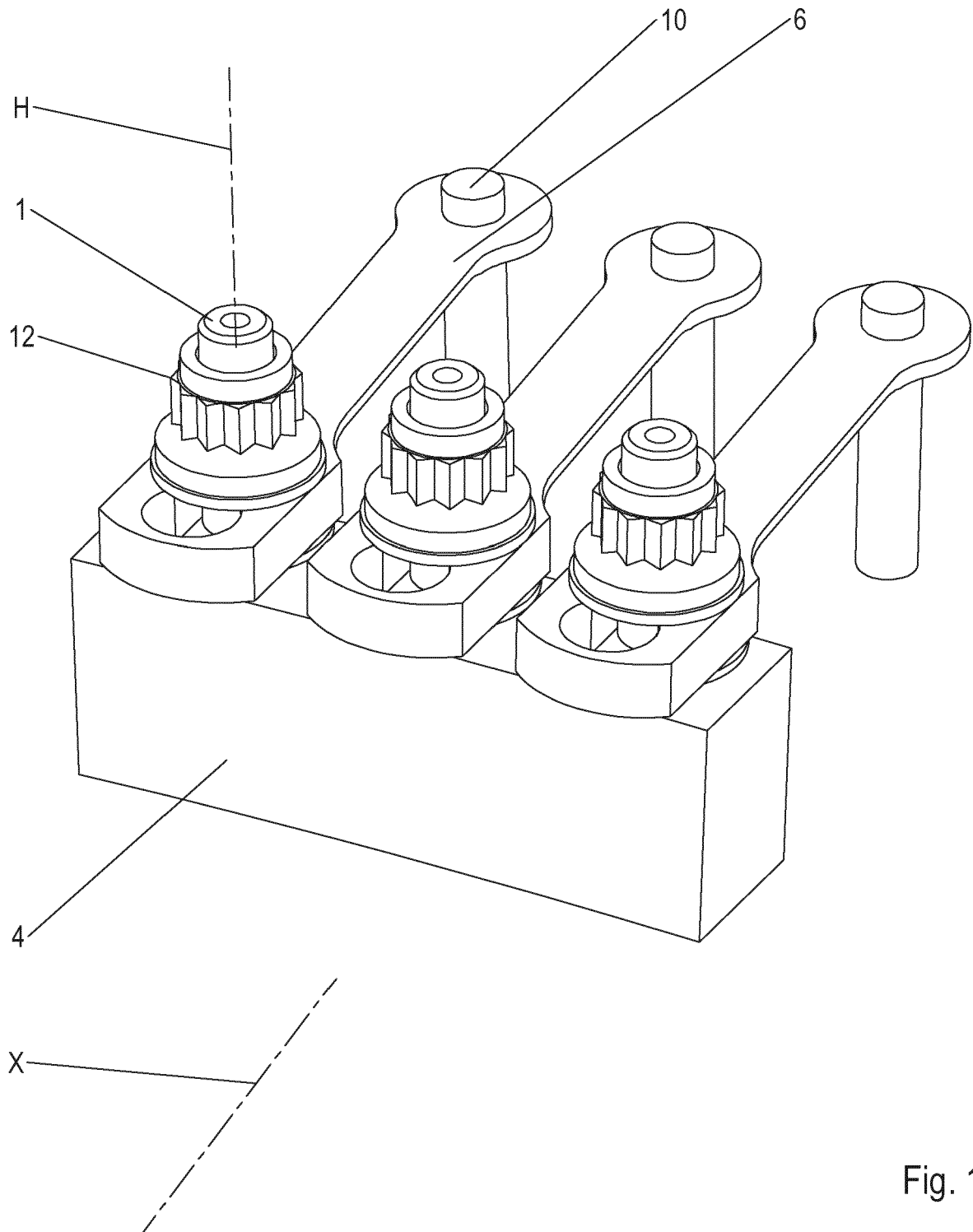
5	1	Schaufelschaft
	2	Hebelanbindung
	4	Gehäuse
	6	Verstellhebel / Hebel
	8	Verstellring
10	10	Verstellringstift
	12	Schraubelement
	14	Verbindungsabschnitt
	16	Kontaktbereich
	18	weiterer Verbindungsabschnitt / Anbindungsabschnitt
15	20	streifenartiger Hebelabschnitt
	22	Ausnehmung
	24	Langloch
	26	Schlüsselfläche
20	28	Schlüsselfläche
	30	Konkavfläche
	32	Einfädelöffnung
	34	freies Ende des Schaufelschaftes / radial äußerer Schaftbereich
25	36	Durchgangsbohrung
	38	Kontaktfläche
	40	Kontaktfläche
	42	Umfangsfläche
	44	angrenzender Schaftbereich radial innen
30	46	Schulterfläche
	48	Schulterfläche
	50	Ringnut
	52	Unterlegscheibe
	54	Lagerbuchse
35	56	Ringschulter
	58	Öffnung im Verstellring
	H	Hochachse
	X	Maschinenlängsachse
	B	Hebelbreitenrichtung
40	L	Hebellängsrichtung

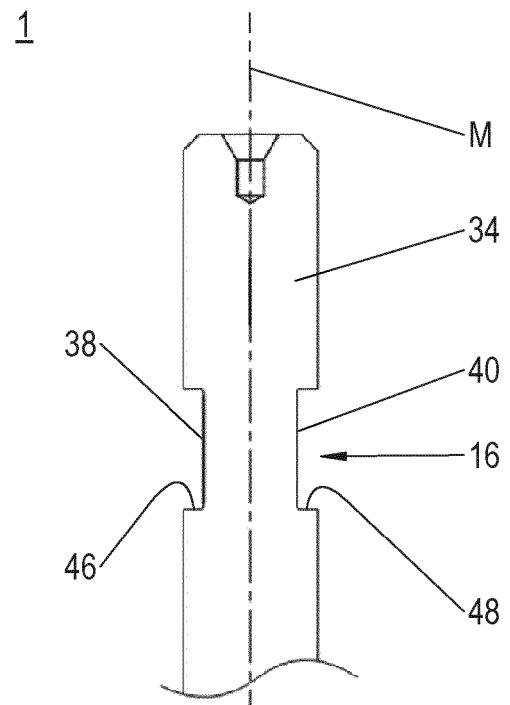
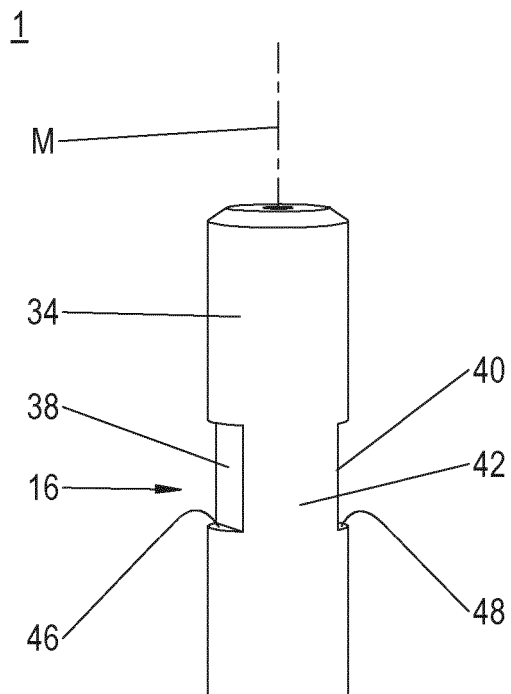
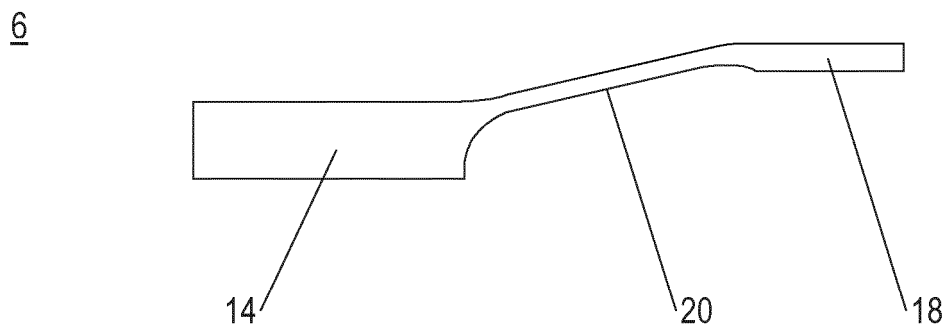
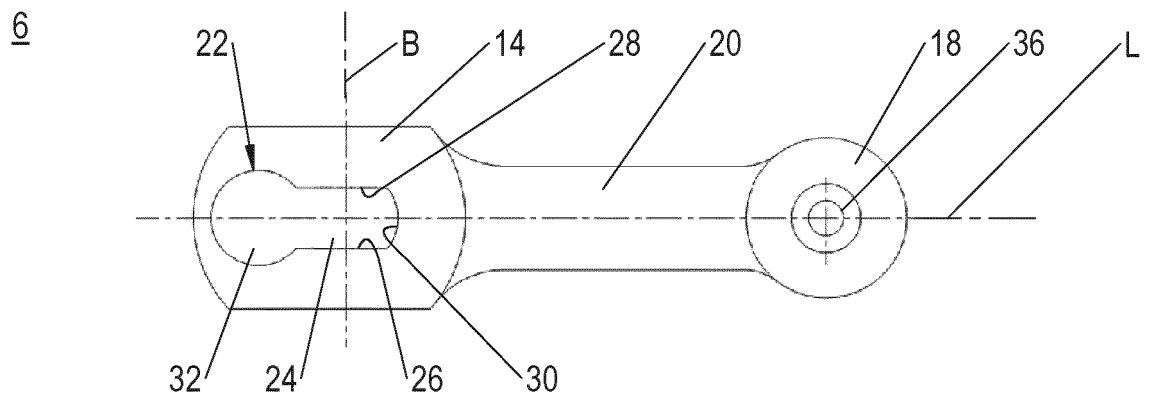
Patentansprüche

1. Hebelanbindung (2) einer Leitschaukelverstellung einer Strömungsmaschine zum Herstellen einer Verbindung zwischen einer Leitschaukel und einem Stellantrieb, wobei die Leitschaukel einen Schaufelschaft (1) aufweist, der sich entlang ihrer Hochachse (H) erstreckt und der mittels eines Hebels (6) mit einem Verstellring (8) des Stellantriebs in Verbindung bringbar ist, wobei der Schaufelschaft (1) einen Kontaktbereich (16) aufweist, der gegenüber einem radial äußeren Schaftbereich (34) querschnittsreduziert ist, wobei der Hebel (6) einen Verbindungsabschnitt (14) mit einem Langloch (24) und einer Einfädelöffnung (32) aufweist,

- wobei das Langloch (24) Schlüsselflächen (26, 28) zur drehfesten Wirkverbindung mit entsprechend ausgebildeten Kontaktflächen (38, 40) des Kontaktbereichs (16) aufweist und die Einfädelöffnung (32) umfangsseitig in das Langloch (24) übergeht, und wobei die Einfädelöffnung (32) im Vergleich zum Langloch (24) querschnittserweitert ist und dazu eingerichtet ist, dass der Hebel (6) über die Einfädelöffnung (32) mit seinem Verbindungsabschnitt (14) auf den Schaufelschaft (1) radial aufschiebbar ist. 5 10
2. Hebelanbindung nach Patentanspruch 1, wobei die Schlüsselflächen (26, 28) und die Kontaktflächen (38, 40) Parallelf Flächen sind. 15
3. Hebelanbindung nach Patentanspruch 1 oder 2, wobei die Kontaktflächen (38, 40) durch seitliche Querschnittsverjüngungen des Schaufelschaftes (1) sind und die Kontaktflächen (38, 40) über jeweils eine Schulterfläche (46, 48) auf einen an den Kontaktbereich (16) radial innen angrenzenden Schaftbereich (44) übergehen, die Auflagen für den Verbindungsabschnitt (14) bilden. 20
4. Hebelanbindung nach Patentanspruch 1, 2 oder 3, wobei die Verspannung des Hebels (6) an dem Schaufelschaft (1) mittels eines mit dem radial äußeren Schaftbereich (34) zusammenwirkenden Schraubelementes (12) erfolgt. 25 30
5. Hebelanbindung nach Patentanspruch 4, wobei bei montierten Schraubelement (12) der Verbindungsabschnitt (14) des Hebels (6) zwischen den schaftseitigen Schulterflächen (46, 48) und dem Schraubelement (12) eingespannt ist. 35
6. Hebelanbindung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei der Hebel (6) mit einem Verstellringstift (10) zur Verbindung an dem Verstellring (8) zusammenwirkt, der dazu eingerichtet ist, dass die Verbindung an dem Verstellring (8) mittels einer radialen Bewegung des Hebels (6) erfolgt. 40
7. Verfahren zum Herstellen einer Verbindung zwischen einer Leitschaufel und einem Stellantrieb, wobei die Leitschaufel einen Schaufelschaft (1) hat, der sich entlang ihrer Hochachse (H) erstreckt und der mittels eines Hebels (6) mittel- oder unmittelbar mit einem Verstellring (8) des Stellantriebs in Verbindung gebracht wird, wobei der Hebel (6) aus einer ersten Montagerichtung radial auf den Schaufelschaft (1) aufgeschoben wird und anschließend durch eine Bewegung in eine zweite Montagerichtung mit dem Schaufelschaft (1) formschlüssig verriegelt wird, die verschieden zur ersten Montagerichtung ist. 45 50 55
8. Verfahren nach Patentanspruch 7, mit den Schritten:
- radiales Aufschieben des Hebels (6) auf den Schaufelschaft (1) über eine hebelseitige Einfädelöffnung (32) und radiales Verbinden des Hebels (6) mit dem Verstellring (8),
 - axiales Verschieben des Verstellrings (8) mit dem Hebel (6) entlang eines hebelseitigen Langlochs (24) bis sich gegenüberliegende Schlüsselflächen (26, 28) des Langloches (24) in Anlage mit korrespondierenden Kontaktflächen (38, 40) des Schaufelschaftes (1) befinden,
 - Verspannen des Hebels mit dem Schaufelschaft (1) durch Zusammenwirken eines Schraubelementes (12) mit einem radial äußeren Schaftbereich (34), wobei der Hebel (6) zwischen schaftseitigen Schulterflächen (46, 48) und dem Schraubelement (12) radial eingespannt wird.
9. Strömungsmaschine mit einer Vielzahl von Hebelanbindungen (2) nach einem der Patentansprüche 1 bis 6 zum Herstellen einer Verbindung zwischen Leitschaufeln einer Verstellschaufelreihe und einem Stellantrieb.

2





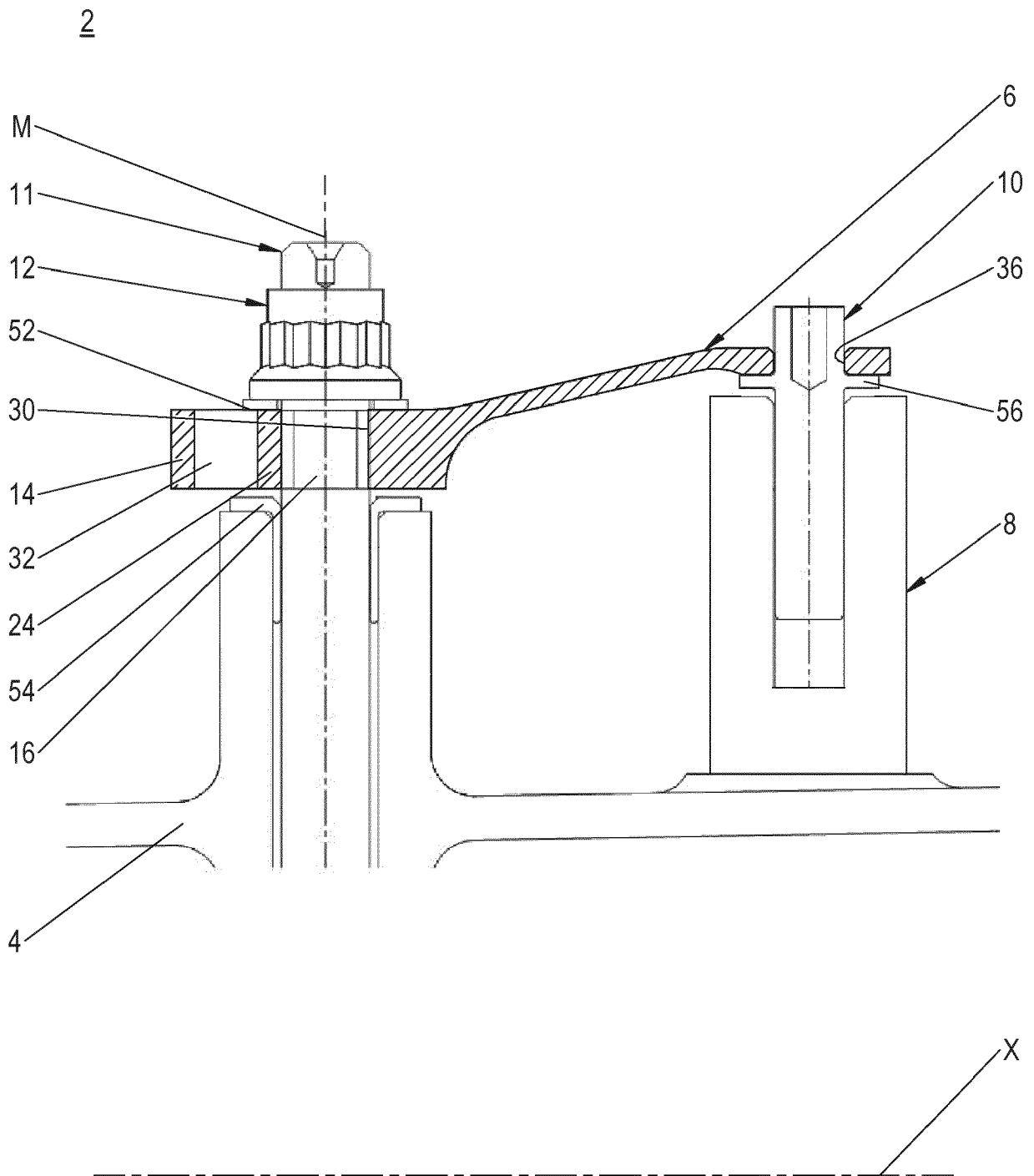


Fig. 6

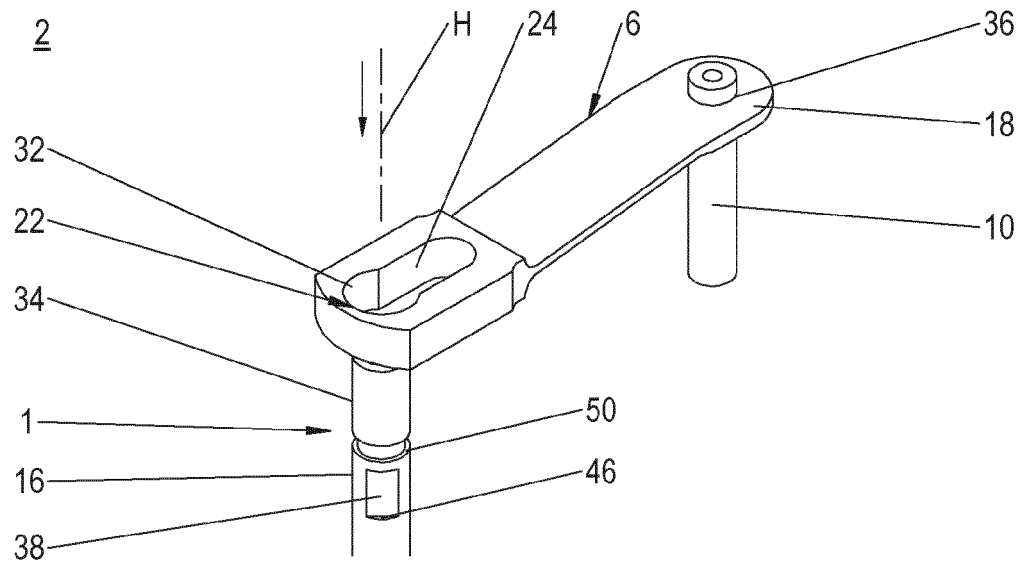


Fig. 7

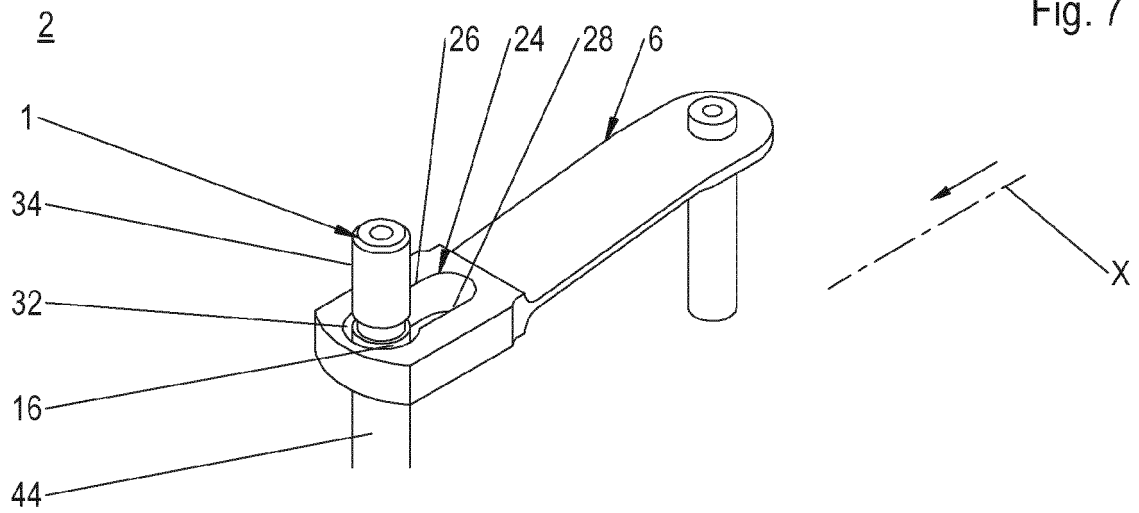


Fig. 8

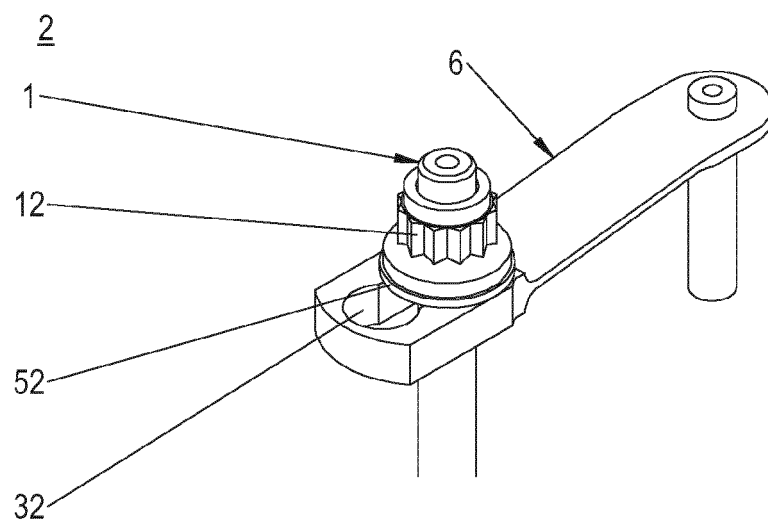


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 15 6350

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)
E	EP 3 495 625 A1 (MTU AERO ENGINES AG [DE]) 12. Juni 2019 (2019-06-12) * Anspruch 15; Abbildungen 8, 9 * * Absätze [0057], [0066] - Absatz [0067] *	7	INV. F01D9/04 F01D17/16
A	----- US 2008/107520 A1 (BATTIG JOSEF [CH] ET AL) 8. Mai 2008 (2008-05-08) * das ganze Dokument *	1-9	
A	----- US 2011/058932 A1 (JONES GARETH J [GB] ET AL) 10. März 2011 (2011-03-10) * das ganze Dokument *	1-9	
A	----- DE 695 05 074 T2 (SNECMA [FR]) 11. März 1999 (1999-03-11) * das ganze Dokument *	1-9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. Juni 2019	Prüfer Lutoschkin, Eugen
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 19 15 6350

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.

25-06-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 3495625	A1	12-06-2019	DE 102017222205 A1	13-06-2019
				EP 3495625 A1	12-06-2019
				US 2019178100 A1	13-06-2019
15	-----				
	US 2008107520	A1	08-05-2008	CN 101072925 A	14-11-2007
				DE 112005002877 A5	31-10-2007
				EP 1669548 A1	14-06-2006
20				US 2008107520 A1	08-05-2008
				WO 2006060925 A1	15-06-2006

	US 2011058932	A1	10-03-2011	EP 2299064 A2	23-03-2011
				US 2011058932 A1	10-03-2011

25	DE 69505074	T2	11-03-1999	DE 69505074 D1	05-11-1998
				DE 69505074 T2	11-03-1999
				EP 0696675 A1	14-02-1996
				FR 2723614 A1	16-02-1996
				US 5636968 A	10-06-1997
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

- EP 1561906 B1 [0005]
- EP 2273074 B1 [0006]