

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.02.2023 Patentblatt 2023/06

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01D 17/16 (1968.09)

(21) Anmeldenummer: **22188203.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01D 17/162; F05D 2230/644; F05D 2250/294;
 F05D 2250/90; F05D 2260/36

(22) Anmeldetag: **02.08.2022**

(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:

- **Stettner, Axel**
80995 München (DE)
- **Dr. Roth, Christian**
80995 München (DE)
- **Humhauser, Werner**
80995 München (DE)

(30) Priorität: 05.08.2021 DE 102021120382

(54) **VERBINDUNGSEINRICHTUNG EINER VERSTELLBAREN SCHAUFEL EINER GASTURBINE UND GASTURBINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Verbindungseinrichtung (50) einer verstellbaren Schaufel (51) einer Gasturbine (10), umfassend ein mit einer betreffenden Schaufel (51) verbundenes Zapfenelement (52), ein mit dem Zapfenelement (52) verbundenes Hebelelement (54), wobei das Hebelelement (54) und das Zapfenelement (52) gemeinsam um eine Zapfendrehachse (ZD) beweglich sind.

Es ist ein Spannelement (70) vorgesehen, das zwischen dem Hebelelement (54) und dem Zapfenelement (52) angeordnet ist, derart dass eine kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Zapfenelement (52), dem Spannelement (70) und dem Hebelelement (54) herstellbar oder hergestellt ist.

Das Hebelelement (54), das Spannelement (70) und das Zapfelement (52) sind mittels eines Positionierungselements (68) zueinander ausgerichtet, wobei das Positionierungselement (68) in einer ersten Aufnahme (60) des Zapfelements (52) und einer korrespondierenden zweiten Aufnahme (66, 66a, 66b) des Hebelelements (54) aufgenommen ist. Die erste Aufnahme (60) ist als Nut in der radialen Außenmantelfläche des Zapfelements (52) und die zweite Aufnahme (66, 66a, 66b) ist als Nut in einer radial inneren Kontaktfläche (82) des Hebelelements (54) ausgebildet und die Aufnahmen bilden gemeinsam eine Tasche, in welcher das Positionierungselement (68) aufgenommen ist.

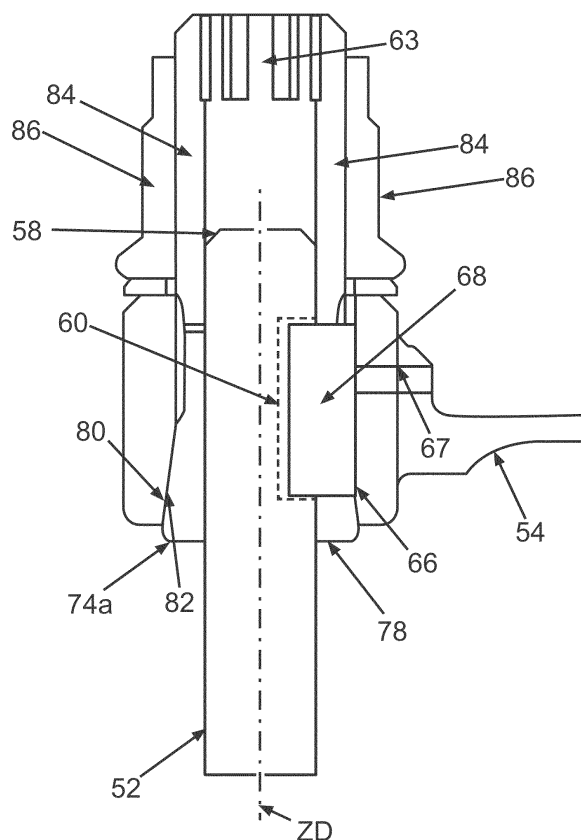


Fig.2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Verbindungseinrichtung einer verstellbaren Schaufel einer Gasturbine, insbesondere einer Fluggasturbine, und eine Gasturbine, insbesondere eine Fluggasturbine, mit einer Verbindungseinrichtung.

[0002] Gasturbinen weisen Leitschaufeln und Laufschaufeln auf. Diese sind auf jeweiligen Leitschaufelkränzen oder jeweiligen Laufschaufelkränzen angeordnet. Dabei ist es verbreitet, die Schaufeln derart in dem Kranz zu lagern, dass die einzelnen Schaufeln um ihre Längsachse gedreht werden können. Dies ist insbesondere bei den Leitschaufeln üblich, um eine optimale Strömungszuleitung auf die Laufschaufeln zu ermöglichen. Zu diesem Zweck sind an Endzapfen der jeweiligen Schaufeln Hebelelemente angeordnet, mit welchen die Ausrichtung der einzelnen Schaufeln eingestellt werden kann. Zur mechanischen Verbindung der einzelnen Schaufel mit dem zugehörigem Hebelelement weist der Endzapfen einen Gewindeabschnitt oder eine sonstige Form auf, welche eine Kraftübertragung von dem Hebelelement auf die Schaufel ermöglicht. Bei kleineren Schaufeln ist es unterhalb einer bestimmten Größe nicht mehr möglich, die einzelnen Schaufeln auf diese Weise an dem Zapfenelement mit dem Hebelelement zu verbinden. Aus diesem Grund werden bei kleineren Schaufeln besondere Verbindungseinrichtungen verwendet, welche eine Verbindung einer Schaufel mit einem Hebelelement ermöglichen.

[0003] Eine solche Verbindungseinrichtung für eine verstellbare Schaufel einer Gasturbine ist beispielsweise in der EP 3 524 781 B1 offenbart. Die darin beschriebene Verbindungseinrichtung weist ein mit einer betreffenden Schaufel verbundenes Zapfenelement auf, ein mit dem Zapfenelement verbundenes Hebelelement, wobei das Hebelelement und das Zapfenelement gemeinsam um eine Zapfendrehachse beweglich gelagert sind. Es ist vorgesehen, ein Spannelement zwischen dem Hebelelement und dem Zapfenelement anzuordnen, das derart gelagert ist, dass eine kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Zapfenelement, dem Spannelement und dem Hebelelement hergestellt ist. Das Hebelelement, das Spannelement und das Zapfenelement sind dabei mittels eines Positionierungselements zueinander ausgerichtet, wobei das Positionierungselement in einer Zapfenaufnahme und einer Hebelaufnahme aufgenommen ist.

[0004] In der US 2019/0353197A1 ist eine Verriegelungsklappe zum Einschränken einer Drehung eines Befestigungselements offenbart. Das Befestigungselement verbindet eine erste Komponente des Gasturbinentriebwerks und eine zweite Komponente des Gasturbinentriebwerks. Ein Eingriff zwischen einem Verriegelungsabschnitt und der ersten Komponente schränkt die Drehung des Verriegelungsabschnitts ein. Ein Keil erstreckt sich von einer Basis und kann mit dem Befestigungselement verbunden werden, sodass das Befestigungselement nicht relativ zu dem Keil drehbar ist, wenn der

Verriegelungsabschnitt in die erste Komponente eingegriffen hat.

[0005] Die US 2019/0178096 A1 offenbart eine Hebelanbindung zum drehfesten Verbinden einer Leitschaufel mit einem Hebel einer Leitschaufelverstellung einer Strömungsmaschine. Der Hebel ist einstückig an einem radial äußeren Ende einer den Leitschaufelschaft abschnittsweise coaxial umschließenden, im Wesentlichen hohlzylindrischen Spannhülse ausgebildet.

[0006] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Verbindungseinrichtung bereitzustellen, welche eine platzsparende Verbindung einer Leitschaufel mit einem Hebelelement ermöglicht.

[0007] Diese Aufgabe wird durch eine Verbindungseinrichtung einer verstellbaren Schaufel einer Gasturbine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie durch eine Gasturbine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 14 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben.

[0008] Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft eine Verbindungseinrichtung einer verstellbaren Schaufel einer Gasturbine. Bei der Gasturbine kann es sich insbesondere um eine Fluggasturbine handeln. Die Verbindungseinrichtung weist ein mit einer betreffenden Schaufel verbundenes Zapfenelement auf. Die Verbindungseinrichtung weist ein mit dem Zapfenelement verbundenes Hebelelement auf, wobei das Hebelelement und das Zapfenelement gemeinsam um eine Zapfendrehachse beweglich sind. Mit anderen Worten ist das Zapfenelement mit dem Hebelelement verbunden, sodass eine Rotation des Zapfenelements und des Hebelelements um eine Zapfendrehachse des Zapfenelements erfolgen kann. Für die Verbindungseinrichtung ist ein Spannelement vorgesehen, das zwischen dem Hebelelement und dem Zapfenelement angeordnet ist, derart, dass eine kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Zapfenelement, dem Spannelement und dem Hebelelement herstellbar oder hergestellt ist. Mit anderen Worten weist die Verbindungseinrichtung das Spannelement auf, welches zur Bereitstellung einer kraftschlüssigen Verbindung zwischen dem Zapfenelement und dem Hebelelement angeordnet ist. Das Hebelelement, das Spannelement und das Zapfenelement sind mittels eines Positionierungselements zueinander ausgerichtet. Mit anderen Worten weist die Verbindungseinrichtung das Positionierungselement auf, welches dazu eingerichtet ist, das Hebelelement, das Spannelement und das Zapfenelement zueinander auszurichten. Die Ausrichtung kann sich auf eine Richtung bezüglich der Zapfendrehachse beziehen. Das Positionierungselement ist in einer ersten Aufnahme des Zapfenelements und einer korrespondierenden zweiten Aufnahme des Hebelelements aufgenommen. Mit anderen Worten weist das Zapfenelement die erste Aufnahme auf und das Hebelelement die zweite Aufnahme auf. Die erste und die zweite Aufnahme sind jeweils dazu eingerichtet, das Positionierungselement aufzunehmen, um somit das Hebelelement und das Zapfenelement mittels

des Positionierungselements zueinander auszurichten.

[0009] Es ist vorgesehen, dass die erste Aufnahme des Zapfenelements eine Tiefe aufweist, die kleiner ist als ein Zapfenradius des Zapfenelements. Mit anderen Worten ragt die erste Aufnahme in das Zapfenelement mit der Tiefe hinein. Die Tiefe ist jedoch kleiner als der Radius, den das Zapfenelement aufweist. Dadurch ragt die Tiefe der ersten Aufnahme nicht in das Zentrum des Zapfens hinein. Die Tiefe beschreibt dabei den radialen Anteil der Abmessung der ersten Aufnahme. Die zweite Aufnahme des Hebelelements ist als eine axial zur Zapfenlängsachse verlaufende Nut ausgebildet, die entlang einer radial inneren Kontaktfläche eines hülsenartigen Kopplungsabschnitts des Hebelelements verläuft. Mit anderen Worten handelt es sich bei der zweiten Aufnahme, welche durch das Hebelelement bereitgestellt ist, um eine Nut. Die Nut verläuft dabei entlang der Achsenrichtung oder auch Längsrichtung der Zapfendrehachse. Angeordnet ist die zweite Aufnahme entlang der inneren radialen Kontaktfläche des hülsenartigen Kopplungsabschnitts des Hebelelements. Der hülsenartige Kopplungsabschnitt kann beispielsweise ein Hohlzylinder oder ein Hohlkonus sein, wobei die innere Kontaktfläche die Innenfläche des Hohlzylinders beziehungsweise des Hohlkonus ist. Durch die Bereitstellung der zweiten Aufnahme als Nut ist es möglich, das Positionierungselement, welches auch als Passfeder bezeichnet werden kann, zuerst in die erste Aufnahme des Zapfenelements einzuordnen und anschließend in die zweite Aufnahme einzuführen. Das Positionierungselement kann aus der ersten Aufnahme herausragen, wenn es in diese eingesetzt ist. Ein herausragender Teil des Positionierungselements kann dabei bei einer Anordnung des Hebelelements auf dem Zapfenelement entlang der Nut geführt werden. Die Nut kann dabei eine Tiefe aufweisen, die ein Herausfallen des Positionierungselements verhindert. Dadurch ist es möglich, das hülsenartige Kopplungselement über das Zapfenelement entlang der Achsenrichtung des Zapfenelements zu bewegen, wobei das Positionierungselement entlang der Nut zu einem Endabschnitt der zweiten Aufnahme geführt wird.

[0010] Durch die Erfindung ergibt sich der Vorteil, dass eine platzsparende Möglichkeit der Befestigung eines Zapfenelements an dem Hebelelement mittels des Positionierungselements ermöglicht wird.

[0011] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass der Kopplungsabschnitt und das Zapfenelement konzentrisch zueinander angeordnet sind. Mit anderen Worten ist es vorgesehen, dass der Kopplungsabschnitt um das Zapfenelement angeordnet ist, wobei das Zapfenelement im Zentrum angeordnet ist und ein Randabschnitt durch den Kopplungsabschnitt gebildet wird.

[0012] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das Spannelement einen Gewindeabschnitt aufweist, an dem eine Mutter befestigbar oder befestigt ist, wobei der Gewindeabschnitt an einem axialen Bereich des Spannelements angeordnet ist, der vom Zapfenele-

ment abgewandt ist. Mit anderen Worten weist das Spannelement ein Gewinde auf, welches dazu vorgesehen ist, eine Anordnung der Mutter an dem Spannelement zu ermöglichen. Das Gewinde ist dabei in dem Gewindeabschnitt des Spannelements angeordnet. Der Gewindeabschnitt befindet sich in einem axialen Bereich in Bezug auf die Längsachse, welcher axial von dem Zapfenelement abgewandt ist. Eine Bohrung des Gewindeabschnitts weist ein Mitnahmeprofil auf. Das Mitnahmeprofil ist dazu vorgesehen, ein Festhalten des Spannelements durch ein Werkzeug mit einer zum Mitnahmeprofil korrespondierenden Form während der Montage der Mutter zu ermöglichen. Dadurch ist es möglich, das Spannelement derart zu halten, dass eine Drehung des Spannelements oder eine resultierende Kraftwirkung in Tangentialrichtung in Bezug auf die Zapfenachse während einer Aufdrehung der Mutter auf dem Gewinde verhindert werden kann. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass tangential auf das Positionierungselement während eines Anbringens der Mutter wirkenden Kräfte reduziert werden können.

[0013] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das Mitnahmeprofil als Innenverzahnung ausgebildet ist. Mit anderen Worten weist das Mitnahmeprofil nach innen gerichtete Zähne auf.

[0014] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das Mitnahmeprofil als Vielkantprofil ausgebildet ist. Mit anderen Worten weist das Mitnahmeprofil mehrere Kanten auf, welche ein Haltern des Spannelements ermöglichen. Das Vielkantprofil kann beispielsweise ein Sechskant- oder Vierkantprofil sein.

[0015] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das Zapfenelement mehrere erste Aufnahmen aufweist und das Hebelelement mehrere zweite Aufnahmen aufweist, in denen jeweilige Positionierungselemente angeordnet sind. Mit anderen Worten weist die Verbindungseinrichtung mehrere Positionierungselemente auf, um das Hebelelement auf das Zapfenelement auszurichten. Die einzelnen Positionierungselemente sind dabei jeweils in einer der ersten Aufnahmen des Zapfenelements und einer der zweiten Aufnahmen des Hebelelements angeordnet. Durch die Weiterbildung ergibt sich der Vorteil, dass das Zapfenelement und das Hebelelement über mehrere Positionierungselemente miteinander verbunden sind. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass tangential wirkende Kräfte auf mehrere der Positionierungselemente verteilt sind.

[0016] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die ersten Aufnahmen und die zweiten Aufnahmen jeweils identische Radialwinkel zueinander aufweisen. Mit anderen Worten ist es vorgesehen, dass die ersten Aufnahmen und die korrespondierenden zweiten Aufnahmen bezüglich ihrer radialen Ausrichtung gleichmäßig verteilt sind.

[0017] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die ersten Aufnahmen und die zweiten Aufnahmen unterschiedliche Winkel zueinander aufweisen. Durch die Weiterbildung ergibt sich der Vorteil, dass eine vor-

bestimmte Anordnung des Hebelelements auf dem Zapfenelement vorgegeben sein kann. Dadurch kann ein verdrehtes Aufbringen des Zapfenelements in dem Hebelelement vermieden werden.

[0018] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die erste Aufnahme des Zapfenelements auf axialer Höhe der Kontaktfläche des Zapfenelements angeordnet ist. Mit anderen Worten ist die erste Aufnahme des Zapfenelements in axialer Richtung in dem axialen Bereich angeordnet, in welchem sich die Kontaktfläche des Zapfenelements befindet, welche gegen die Kontaktfläche des Hebelelements während des Einbaus gepresst wird. Durch die Weiterbildung ergibt sich der Vorteil, dass kein zusätzlicher axialer Bereich zur Anordnung des Positionierungselements bereitgestellt werden muss. Es ist somit eine platzsparendere Anordnung möglich, als es bei getrennten axialen Bereichen möglich ist.

[0019] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das Hebelelement eine Öffnung aufweist, welche von der Nut zu einer Außenwand des Hebelelements verläuft. Mit anderen Worten ist eine nach außen ausgerichtete Fläche der Nut, an welcher das Positionierungselement im verbauten Zustand anliegen kann, durch eine Öffnung, beispielsweise einer Bohrung, mit einer Außenwand des Hebelelements verbunden. Durch die Weiterbildung ergibt sich der Vorteil, dass das Vorhandensein eines Positionierungselements in der zweiten Aufnahme in einem zusammengebauten Zustand der Verbindungseinrichtung überprüft werden kann. Dies kann beispielsweise durch bloßes Betrachten oder mittels eines zugeordneten Werkzeugs wie einem Lehrdorn erfolgen. Dadurch kann überprüft werden, ob eine Anordnung des Positionierungselements während des Einbaus vergessen wurde.

[0020] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass ein Positionierungselementsquerschnitt des Positionierungselements zumindest bereichsweise entlang einer Längsrichtung des Positionierungselements eine Form eines Trapezes und/oder eines Dreiecks aufweist. Mit anderen Worten hat der Positionierungselementsquerschnitt zumindest bereichsweise entlang einer Längsrichtung des Positionierungselements eine Form des Dreiecks oder des Trapezes. Entsprechend haben die erste Aufnahme und die zweite Aufnahme eine korrespondierende Form zur Aufnahme des Dreiecks oder des Trapezes.

[0021] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das Positionierungselement derart durch die erste Aufnahme und die zweite Aufnahme aufgenommen ist, dass das Positionierungselement mit einer Längsrichtung versetzt gegenüber einem Zentrum des Zapfenelements angeordnet ist. Mit anderen Worten verläuft das Positionierungselement versetzt gegenüber dem Zentrum des Querschnitts des Zapfenelements.

[0022] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das Zapfenelement an einem axialen Ende des Zapfenelements eine Stufe oder ein Profil aufweist, welches mit einem Profil einer Bohrung des Gewindeabschnitts

korrespondiert, um eine eindeutige Ausrichtung des Zapfenelements in dem Spannelement festzulegen. Es können beispielsweise Stufen oder Nasen an dem axialen Ende des Zapfenelements angeordnet sein, welche axial oder radial ausgerichtet sind, um eine eindeutige Anordnung in der Bohrung des Gewindeabschnitts zu ermöglichen.

[0023] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Gasturbine, insbesondere eine Fluggasturbine, die eine Verbindungseinrichtung aufweist.

[0024] Die im Zusammenhang mit der Verbindungseinrichtung gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung vorgestellten Merkmale sowie deren Vorteile gelten entsprechend für die erfindungsgemäße Gasturbine gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung und umgekehrt.

[0025] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und den Ausführungsbeispielen. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen, sowie die nachfolgend in den Ausführungsbeispielen genannten und/oder alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Es sind somit auch Ausführungen von der Erfindung als umfasst und offenbart anzusehen, die in den Ausführungsbeispielen nicht explizit gezeigt und erläutert sind, jedoch durch separierte Merkmalskombinationen aus den erläuterten Ausführungen hervorgehen und erzeugbar sind. Es sind auch Ausführungen und Merkmalskombinationen als offenbart anzusehen, die somit nicht alle Merkmale eines ursprünglich formulierten unabhängigen Anspruchs aufweisen. Dabei zeigt:

FIG. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Verbindungseinrichtung einer verstellbaren Schaufel einer Gasturbine;

FIG. 2 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch die in der **FIG. 1** gezeigte, erfindungsgemäße Verbindungseinrichtung;

FIG. 3 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des Zapfenelements in konzentrischer Anordnung in einer weiteren Ausführungsform des Hebelelements; und

FIG. 4 eine schematische Darstellung der weiteren Ausführungsform des Zapfenelements aus **FIG. 3**.

[0026] **FIG. 1** zeigt eine schematische Darstellung einer Verbindungseinrichtung 50 einer verstellbaren Schaufel 51 einer Gasturbine 10. Zu erkennen ist ein Zapfenelement 52, welches mit der zugeordneten Schaufel 51 einstückig verbunden sein kann. Bei der Schaufel 51 kann es sich beispielsweise um eine Laufschaufel oder eine Leitschaufel handeln. Die Verbindungseinrichtung 50 weist ein Hebelelement 54 auf. Das

Hebelelement 54 ist dazu eingerichtet, das Zapfenelement 52 um die Axialachse AR des Zapfenelements 52 zu drehen, um dadurch die Ausrichtung der Schaufel 51 in der Gasturbine 10 ändern zu können. Um eine Übertragung einer durch das Hebelelement 54 ausgeübten Kraft auf das Zapfenelement 52 ermöglichen zu können, kann das Hebelelement 54 über ein Spannelement 70 mit dem Zapfenelement 52 verbunden sein. Um die Verbindung herzustellen, ist das Zapfenelement 52 mit seiner der Schaufel 51 abgewandten Seite 58 in dem Spannelement 70 angeordnet. Das Spannelement 70 ist in einem Bereich in einem Kopplungsabschnitt 62 des Hebelelements 54 angeordnet. Um das Hebelelement 54 und das Zapfenelement 52 bezüglich einer Umfangsrichtung der Verbindungseinrichtung 50 zueinander auszurichten, ist ein Positionierungselement 68 bereitgestellt. Das Positionierungselement 68 ist in einer ersten Aufnahme 60 des Zapfenelements 52 und einer korrespondierenden zweiten Aufnahme 66 des Hebelelements 54 angeordnet. Die erste Aufnahme 60 kann somit die Aufnahme sein, die durch das Zapfenelement 52 zur Aufnahme des Positionierungselements 68 durch das Zapfenelement 52 bereitgestellt ist. Die erste Aufnahme 60 kann derart ausgelegt sein, dass sich das Positionierungselement 68 formschlüssig innerhalb der ersten Aufnahme 60 des Zapfenelements 52 befinden kann. Eine Tiefe der ersten Aufnahme 60 kann derart gewählt sein, dass die Tiefe kleiner ist als ein Radius des Zapfenelements 52. Die erste Aufnahme 60 ragt somit nicht in ein Zentrum des Zapfenelements 52 hinein. Die korrespondierende zweite Aufnahme 66 des Hebelelements 54 kann dazu vorgesehen sein, eine Aufnahme des Positionierungselements 68 durch das Hebelelement 54 zu ermöglichen. Die zweite Aufnahme 66 kann als Nut eingerichtet sein. Die Nut kann parallel zu der Axialachse AR des Zapfenelements 52 verlaufen und ein offenes Ende an einem axialen Ende des Hebelelements 54 aufweisen. Die Nut kann insbesondere entlang einer radial inneren Kontaktfläche 82 eines hülsenartigen Kopplungsabschnitts 62 des Hebelelements 54 verlaufen. Die radial innere Kontaktfläche 82 des Kopplungsabschnitts 62 des Hebelelements 54 kann dazu vorgesehen sein, durch eine Ausübung eines Drucks auf eine radial äußere Kontaktfläche 80 des Spannelements 70 einen Druck auf das Zapfenelement 52 zu übertragen und somit das Zapfenelement 52 in dem Spannelement 70 lagern zu können. Der Kopplungsabschnitt 62 kann dabei hülsenartig um die radial äußere Kontaktfläche 80 des Spannelements 70 und das Zapfenelement 52 verlaufen. Das Spannelement 70 kann dritte Ausnehmungen 76 aufweisen, welche einzelne Spannabschnitte 74 voneinander trennen können. Dadurch kann eine elastische Biegung der einzelnen Spannabschnitte 74 ermöglicht sein. Durch eine dieser Ausnehmungen 74 kann das Positionierungselement 68 ragen. Das Positionierungselement 68 kann an Randwänden einer der Ausnehmungen 74, sodass auch das Spannelement 70 bezüglich einer Umfangsrichtung um die Axialachse AR in Bezug auf das

Zapfenelement 52 und das Hebelelement 54 ausgerichtet sein kann. Um eine axiale Größe der Verbindungseinrichtung 50 gering halten zu können, kann es vorgesehen sein, dass das Positionierungselement 68 und die erste Aufnahme 60 sowie die zweite Aufnahme 66 im Kopplungsabschnitt 62 angeordnet sind. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass es nicht erforderlich ist, einen zusätzlichen axialen Bereich zur Ausrichtung des Zapfenelements 52, des Spannelements 70 und des Hebelelements 54 bereitzustellen. Es kann vorgesehen sein, dass mehrere Positionierungselemente 68 zur Positionierung bereitgestellt werden. In diesem Fall weist das Zapfenelement 52 mehrere erste Aufnahmen 60 auf. Die ersten Aufnahmen 60 des Zapfenelements 52 können Winkel zueinander aufweisen, die identisch sein können oder sich voneinander unterscheiden. Sich voneinander unterscheidende Winkel weisen den Vorteil auf, dass diese so gewählt sein können, dass nur eine Ausrichtung der einzelnen Komponenten 52, 54, 70 zueinander ermöglicht sein kann. Dadurch kann verhindert werden, dass die Komponenten 52, 54, 70 verdreht zueinander aufeinander angeordnet werden. Für den Fall, dass mehrere der Positionierungselemente 68 verwendet werden, weist das Hebelelement 54 entsprechend mehrere der zweiten Aufnahmen 66 auf, welche zu den jeweiligen ersten Aufnahmen 60 korrespondieren. Um in einem verbauten Zustand der Verbindungseinrichtung 50 feststellen zu können, ob das Positionierungselement 68 in der Verbindungseinrichtung 50 verbaut ist, kann es vorgesehen sein, dass das Hebelelement 54 eine Öffnung 67 aufweist, welche von der zweiten Aufnahme 66 zu einer Außenwand des Hebelelements 54 verläuft. Dadurch kann es möglich sein, beispielsweise mittels eines Lehndorns zu überprüfen, ob das Positionierungselement 68 in der Verbindungseinrichtung 50 angeordnet ist. Somit kann sichergestellt werden, dass das Positionierungselement 68 in der Verbindungseinrichtung 50 verbaut ist und durch dieses während eines Betriebs der Verbindungseinrichtung 50 eine Rotation der Elemente 52, 54, 70 zueinander unterbunden ist. Die Verbindungseinrichtung 50 kann einen Gewindeabschnitt 84 aufweisen, welcher sich an einer der Schaufel 51 gegenüberliegenden axialen Seite des Spannelements 70 befindet. An dem Gewindeabschnitt 84 kann eine Mutter 86 angeordnet werden. Bei einem Festziehen der Mutter 86 erfolgt eine axiale Verschiebung des Hebelelements 54 bezüglich des Spannelements 70. Die radial äußere Kontaktfläche 80 des Hebelelements 54 kann aufgrund der axialen Verschiebung gegen die radial innere Kontaktfläche des Spannelements gepresst. Bei einem solchen Verfahren besteht die Möglichkeit, dass aufgrund der Drehbewegung der Mutter 86 eine tangential um die Axialachse AR wirkende Kraft von dem Hebelelement 54 auf das Spannelement 70 übertragen wird. Dies kann dazu führen, dass im Bereich der ersten Aufnahme 60 und der zweiten Aufnahme 66 eine seitliche Kraft auf das Positionierungselement 68 übertragen wird. Dies kann unter Umständen zu einer Beschädigung und/oder einem Ver-

schleiß des Positionierungselements 68 führen. Um diese Kräfte vermeiden zu können, kann es vorgesehen sein, dass das Spannelement 70 an einem axialen Ende ein Mitnahmeprofil 63 aufweist. Das Mitnahmeprofil 63 kann beispielsweise eine Innenverzahnung aufweisen oder als Vielkant eingerichtet sein. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass durch eine Anordnung eines geeigneten Gegenstücks zum Mitnahmeprofil 63 eine Drehung des Spannelements 70 während des Festziehens der Mutter 86 verhindert werden kann. Dadurch kann eine Beschädigung des Positionierungselements 68 während eines Anziehens verhindert werden.

[0027] FIG. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch die in der FIG. 1 gezeigten schematischen Darstellung der Verbindungseinrichtung 50. Gezeigt ist die Verbindungseinrichtung 50 in einem zusammengebauten Zustand, wobei eine Lage des Positionierungselements 68 in der ersten Aufnahme 60 des Zapfenelements 52 und der zweiten Aufnahme 66 des Hebelelements 54 zu erkennen ist. Die Tiefe der ersten Aufnahme 60 des Zapfenelements 52 reicht nicht bis in das Zentrum des Zapfenelements 52 hinein. Eine Tiefe der zweiten Aufnahme ist derart gewählt, dass ein Herausfallen des Positionierungselements 68 aus der ersten Aufnahme in einem zusammengebauten Zustand verhindert ist. Zu erkennen ist der Verlauf der Öffnung 67, welche beispielsweise als Kanal eingerichtet sein kann, der von einem Abschnitt der zweiten Aufnahme zu einer Außenfläche des Hebelelements 54 verlaufen kann. In das Hebelelement 54 kann die Öffnung 67, beispielsweise als Bohrung, eingebracht sein, sodass ein Vorhandensein des Positionierungselements 68 mit einem geeigneten Werkzeug, wie einem Lehrdorn, überprüft werden kann. Das Positionierungselement 68 kann auf radialer Höhe der Kontaktfläche 80 in eine hochgenaue Zapfenaufnahme 60 limitierter Tiefe im Zapfenelement 52 eingesetzt und positioniert das Hebelelement 54 mittels der Nut als zweite Aufnahme 66. Dabei hat die zweite Aufnahme 66 eine limitierte Tiefe, sodass das Positionierungselement 68 nicht herausfallen kann. Bei entsprechender Größe des Zapfenelements 52 können mehrere Positionierungselemente 68 zum Einsatz kommen, die gleichmäßig oder ungleichmäßig verteilt sind. Eine ungleichmäßige Verteilung kann beispielsweise Fehlmontagen verhindern. In die Bohrung des Gewindeabschnitts 84 wird eine Innenverzahnung 63 oder auch ein Vier- oder Sechs- oder Vielkant oder Verzahnung eingebracht, mit dem das Spannelement 70 bei der Montage beim Anziehen der Mutter 86 festgehalten werden kann. Dadurch wirken bei der Montage keine oder. geringere Kräfte auf das Positionierungselement 68.

[0028] FIG. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des Zapfenelements 52 in konzentrischer Anordnung in einer weiteren Ausführungsform des Hebelelements 54. Dargestellt sind die erste Aufnahme 60 des Zapfenelements, die zweite Aufnahme 66 des Hebelelements und das Positionierungselement 68 in einer Ausführungsform mit einem trapez-

förmigen Querschnittsprofil. Ein Positionierungselementsquerschnitt 69 des Positionierungselements 68 kann zumindest bereichsweise entlang einer Längsrichtung des Positionierungselements 68 eine Form eines Trapezes und/oder eines Dreiecks aufweisen. Entsprechend der Form des Positionierungselementsquerschnitts 69 des Positionierungselements 68 können die erste Aufnahme 60 und/oder die zweite Aufnahme 66 eine korrespondierende trapezförmige oder dreieckförmige Form aufweisen. Dadurch kann eine Ausrichtungsgenauigkeit des Hebelelements 54 zu dem Zapfenelement 52 gegenüber einer Quaderform des Positionierungselementsquerschnitts 69 des Positionierungselements 68 erhöht sein, weil eine genauere Anordnung des Positionierungselements 68 in der ersten Aufnahme 60 und der zweiten Aufnahme 66 möglich ist. Die erste Aufnahme 60 und die zweite Aufnahme 66 können außermittig eingebracht sein, um die Ausrichtung von Schaufel 51 und Verbindungseinrichtung 50 eindeutig festzulegen. Mit anderen Worten kann es vorgesehen sein, dass die erste Aufnahme 60 und die zweite Aufnahme 66 so positioniert sind, dass das Positionierungselement 68 in einem zusammengesetzten Zustand mit seiner Längsrichtung so angeordnet ist, dass es nicht zentriert durch das Zentrum des Zapfenelements 52 verläuft, sondern gegenüber diesem versetzt. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass eine eindeutige Anordnung des Zapfenelements 52 in Bezug auf das Hebelelement 54 ermöglicht ist.

[0029] FIG. 4 zeigt eine schematische Darstellung der weiteren Ausführungsform des Zapfenelements 58 aus FIG. 3. Das axiale Ende des Zapfenelements 58 kann gestuft ausgeführt sein. Mittels einer Asymmetrie in der Bohrung des Gewindeabschnitts 84 kann eine Ausrichtung von Schaufel 51 und Verbindungseinrichtung 50 eindeutig festgelegt werden. Es kann beispielsweise eine Nase oder ein Profil am axialen Ende des Zapfenelements 58 angeordnet sein, welches zu einer Form oder einem Profil der Bohrung des Gewindeabschnitts 84 korrespondiert.

[0030] Die in FIG. 3 und FIG. 4 sowie den zugehörigen Figurenbeschreibungen offenbarten Merkmale bilden eine Ausführungsform, welche für sich genommen bereits als eine eigenständige Erfindung angesehen werden kann.

[0031] Durch die Aspekte der Erfindung können mehrere Probleme, die bei Verbindungseinrichtungen nach dem Stand der Technik auftreten können, gelöst werden. Positionierungselemente 68 nach dem Stand der Technik können bei einer Montage belastet werden. Die kann beispielsweise bei einem Anziehen der Mutter 86 erfolgen. Eine Ausrichtung von Zapfenelement 52 zu Hebelelement 54 mittels Positionierungselement 68 kann aufgrund großer Toleranzen in ersten Aufnahmen 60 und/oder zweiten Aufnahmen 66 nach dem Stand der Technik mit limitierter Genauigkeit erfolgen, welche unter Umständen nicht ausreichen kann. Verbindungseinrichtungen 50 nach dem Stand der Technik können um 180°

verdreht auf die Schaufel 51 montiert werden. Da das Positionierungselement 68 nach dem Stand der Technik oberhalb von der Kontaktfläche 80 und dem Hebelelement 54 angeordnet ist, liegt ein erhöhter radialer Platzbedarf vor.

[0032] Eine nachträgliche Überprüfung ob Positionierungselemente 68 verbaut sind ist nach dem derzeitigen Stand der Technik nicht möglich.

Bezugszeichenliste:

[0033]

50	Verbindungseinrichtung	
51	Schaufel	15
52	Zapfenelement	
54	Hebelelement	
56	Bereich des abgeschnittenen Hebelelements	
58	Axiales Ende des Zapfenelements	
60	Erste Aufnahme	20
62	Kopplungsabschnitt	
63	Mitnahmeprofil	
64	Axialer Randabschnitt	
66	Zweite Aufnahme	
66a/b	Hebelaufnahmeabschnitt	25
67	Öffnung	
68	Positionierungselement	
69	Positionierungselementsquerschnitt	
70	Spannelement	
72	Axiales Ende	30
74a/b	Spannabschnitt	
76a/b	Ausnehmung	
78	Spannaufnahme	
80	Radial äußere Kontaktfläche	
82	Radial innere Kontaktfläche	35
84	Gewindeabschnitt	
86	Mutter	
ZD	Zapfendrehachse	

Patentansprüche

1. Verbindungseinrichtung (50) einer verstellbaren Schaufel (51) einer Gasturbine (10), insbesondere einer Fluggasturbine, umfassend:

ein mit einer betreffenden Schaufel (51) verbundenes Zapfenelement (52);
 ein mit dem Zapfenelement (52) verbundenes Hebelelement (54), wobei das Hebelelement (54) und das Zapfenelement (52) gemeinsam um eine Zapfendrehachse (ZD) beweglich sind; wobei ein Spannelement (70) vorgesehen ist, das relativ zu dem Hebelelement (54) und dem Zapfenelement (52) derart angeordnet ist, dass eine kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Zapfenelement (52), dem Spannelement (70) und dem Hebelelement (54) herstellbar oder

hergestellt ist, das Hebelelement (54), das Spannelement (70) und das Zapfenelement (52) mittels eines Positionierungselements (68) zueinander ausgerichtet sind, wobei das Positionierungselement (68) in einer ersten Aufnahme (60) des Zapfenelements (52) und einer korrespondierenden zweiten Aufnahme (66, 66a, 66b) des Hebelelements (54) aufgenommen ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die erste Aufnahme (60) als Nut in der radialen Außenmantelfläche des Zapfenelements (52) und die zweite Aufnahme (66, 66a, 66b) als Nut in einer radial inneren Kontaktfläche (82) des Hebelelements (54) ausgebildet sind und die erste Aufnahme (60) und zweite Aufnahme (66, 66a, 66b) gemeinsam einen taschen- bzw. hülsenartigen Kopplungsabschnitt (62) bilden, in welchen das Positionierelement (68) aufnehmbar bzw. aufgenommen ist.

2. Verbindungseinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kopplungsabschnitt (62) und das Zapfenelement (52) konzentrisch zueinander angeordnet sind.

3. Verbindungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spannelement (70) einen Gewindeabschnitt (84) aufweist, an dem eine Mutter (86) befestigbar oder befestigt ist, wobei der Gewindeabschnitt (84) an einem axialen Abschnitt des Spannelements (70) angeordnet ist, der vom Zapfenelement (52) abgewandt ist, wobei in eine Bohrung des Gewindeabschnitts (84) ein Mitnahmeprofil (63) eingebracht ist, das dazu eingerichtet ist, ein Festhalten des Spannelements (70) bei einer Montage zu ermöglichen.

4. Verbindungseinrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mitnahmeprofil (63) als Innenverzahnung ausgebildet ist.

5. Verbindungseinrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mitnahmeprofil (63) als Vielkant ausgebildet ist.

6. Verbindungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zapfenelement (52) mehrere erste Aufnahmen (60) aufweist, und das Hebelelement (54) mehrere zweite Aufnahmen aufweist (66, 66a, 66b) in denen jeweilige Positionierelemente (68) angeordnet sind.

7. Verbindungseinrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Aufnahmen (60) und die zweiten Aufnahmen (66) identische Winkel zueinander aufweisen.

8. Verbindungseinrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Aufnahmen (60) und die zweiten Aufnahmen (66) unterschiedliche Winkel zueinander aufweisen. 5
9. Verbindungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Aufnahme (60) des Zapfenelements (52) auf einer axialen Höhe der Kontaktfläche (80) des Zapfenelements (52) angeordnet ist. 10
10. Verbindungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hebelement (54) eine Öffnung (67), aufweist, welche von der Nut zu einer Außenwand des Hebelements (54) verläuft. 15
11. Verbindungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Positionierungselementsquerschnitt (69) des Positionierungselements (68) zumindest teilweise entlang einer Längsrichtung des Positionierungselements (68) eine Form eines Trapezes und/oder eines Dreiecks aufweist. 20
25
12. Verbindungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Positionierungselement (68) derart durch die erste Aufnahme (60) und die zweite Aufnahme (66) aufgenommen ist, dass das Positionierungselement (68) mit einer Längsrichtung versetzt gegenüber einem Zentrum des Zapfenelements (52) angeordnet ist. 30
13. Verbindungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zapfenelement (52) an einem axialen Ende des Zapfenelements (58) eine Stufe oder ein Profil aufweist, welches mit einem Profil einer Bohrung des Gewindeabschnitts (84) korrespondiert, um eine eindeutige Ausrichtung des Zapfenelements (52) in dem Spannelement (58) festzulegen. 35
40
14. Gasturbine (10), insbesondere Fluggasturbine, mit mehreren in Umfangsrichtung nebeneinander angeordneten verstellbaren Schaufeln (51), insbesondere Leitschaufeln, wobei an jeder Schaufel (51) eine Verbindungseinrichtung (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche angeordnet ist. 45
50

55

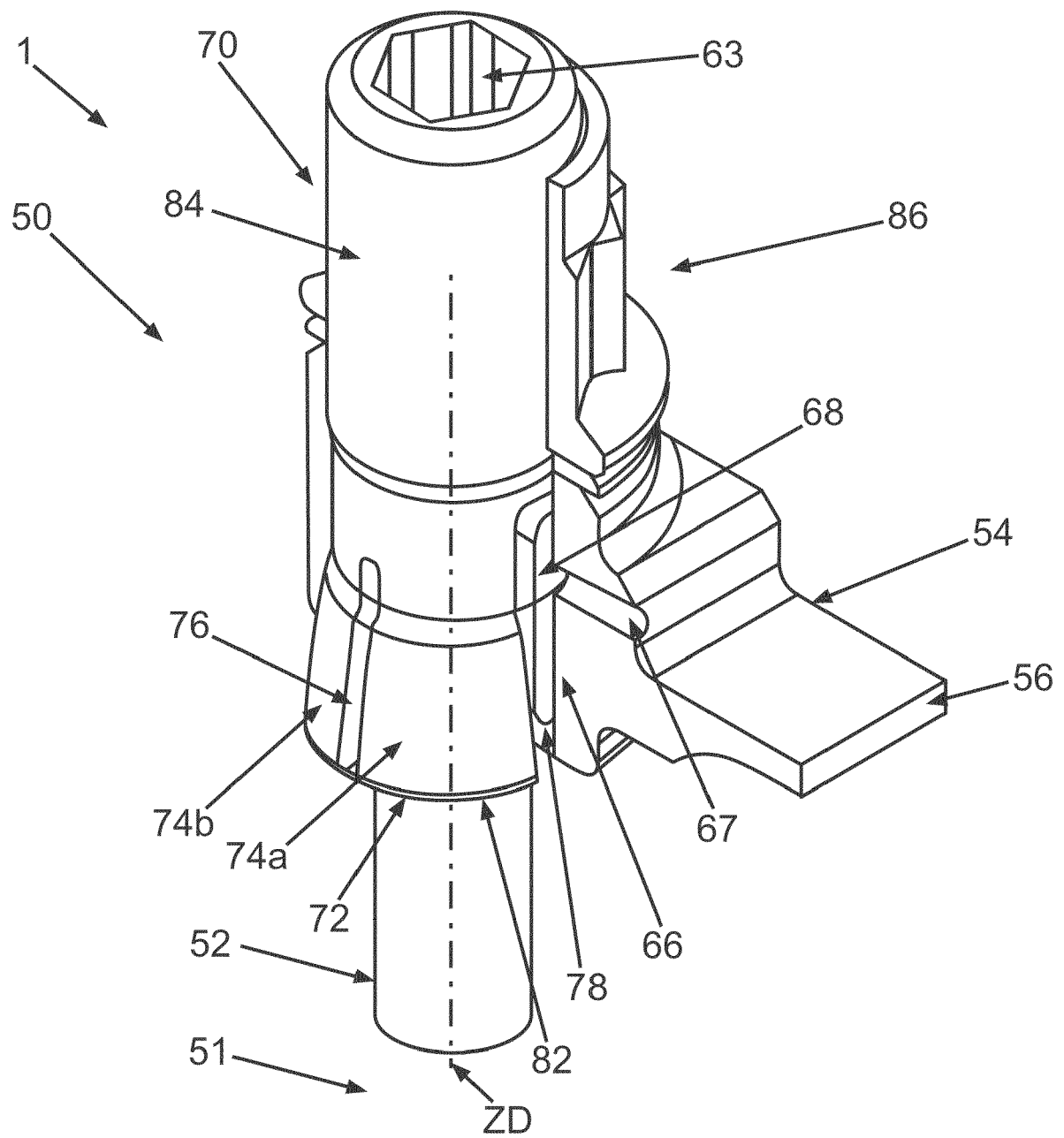


Fig.1

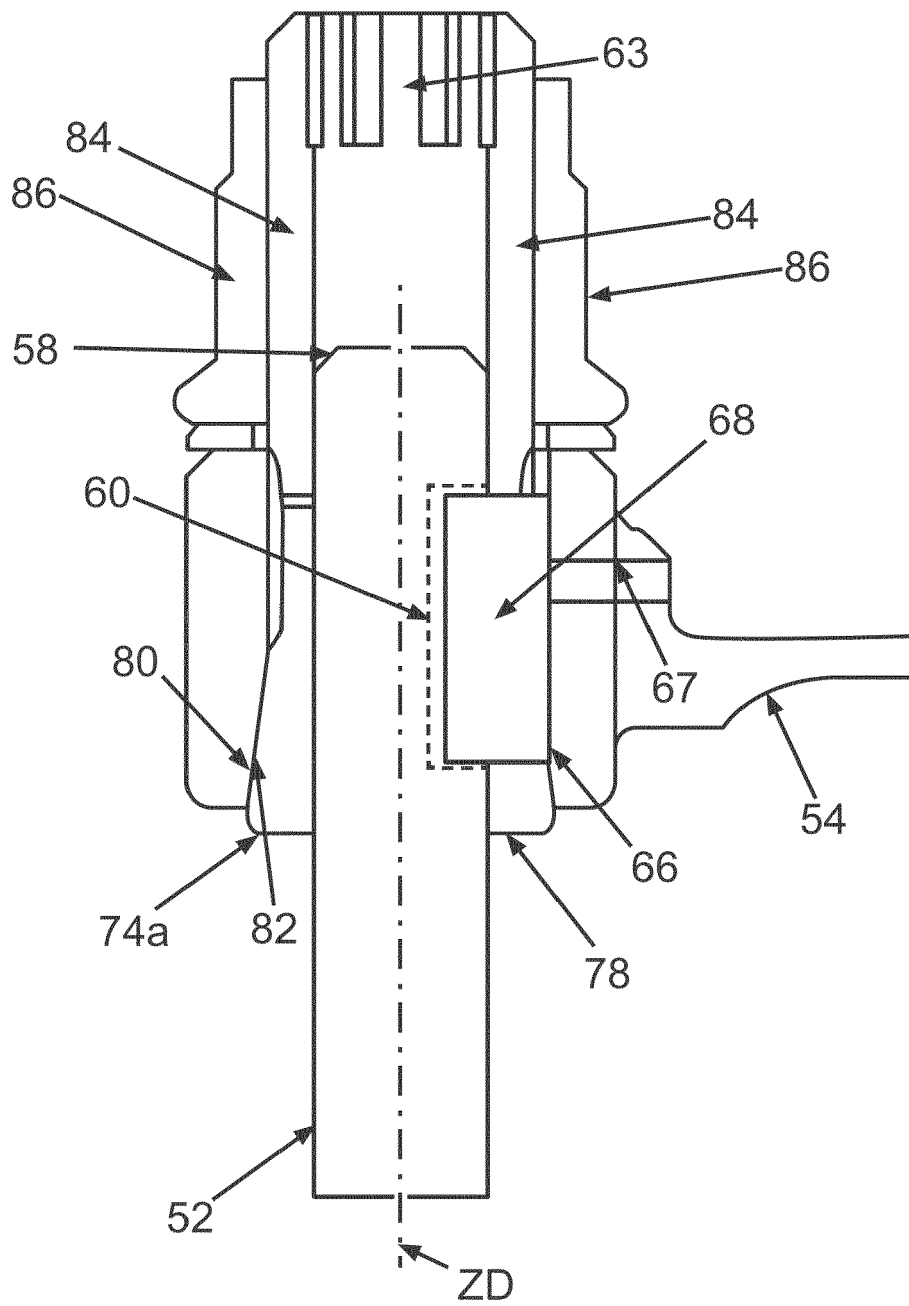


Fig.2

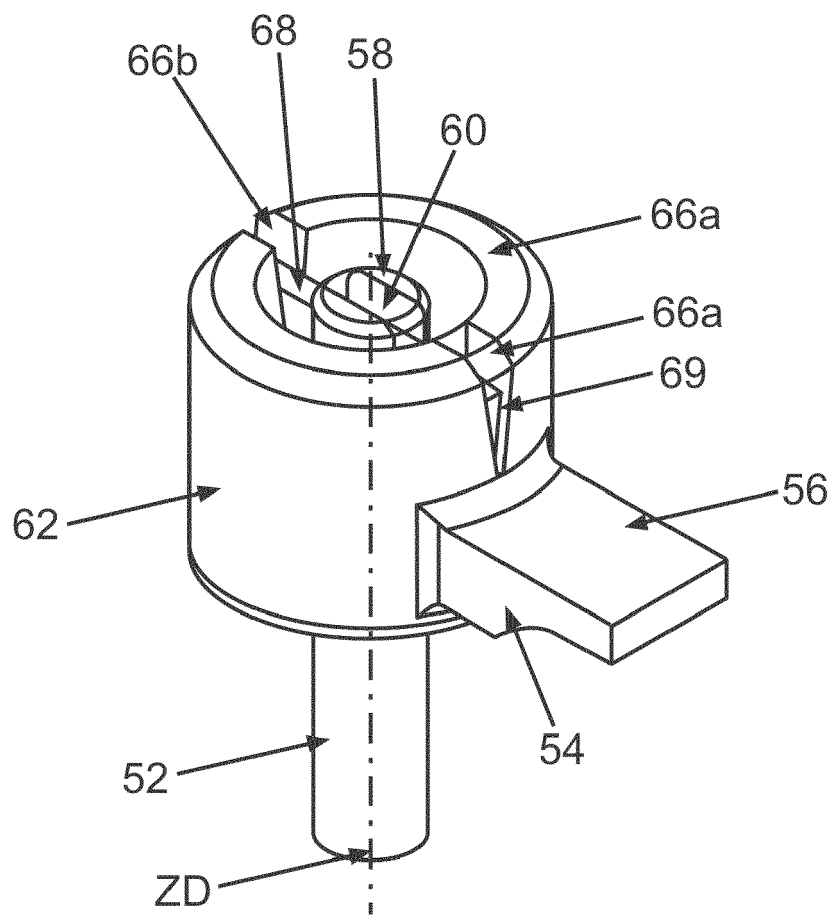


Fig.3

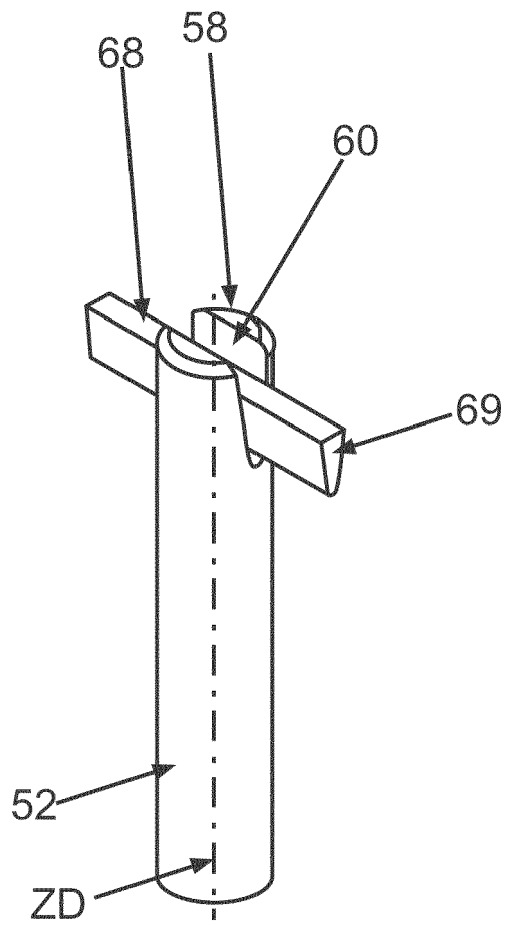


Fig.4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 18 8203

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A, D	EP 3 524 781 A1 (MTU AERO ENGINES AG [DE]) 14. August 2019 (2019-08-14) * Absätze [0029] - [0044]; Abbildungen 2-6 *	1-14	INV. F01D17/16
A	GB 2 402 181 A (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 1. Dezember 2004 (2004-12-01) * Seite 8, Zeile 6 - Seite 9, Zeile 19; Abbildungen 2-4 *	1-14	
A	DE 21 13 194 A1 (DAIMLER BENZ AG) 28. September 1972 (1972-09-28) * Seite 3, Absatz 2; Abbildungen 1,2 *	1-14	
A	EP 3 333 374 A1 (MTU AERO ENGINES AG [DE]) 13. Juni 2018 (2018-06-13) * Absätze [0028] - [0044]; Abbildungen 1,11 *	1-14	
A	WO 2014/158455 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 2. Oktober 2014 (2014-10-02) * Absätze [0046] - [0063]; Abbildungen 3, 7-10 *	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01D
A	EP 1 439 283 A1 (SNECMA MOTEURS [FR]) 21. Juli 2004 (2004-07-21) * Absätze [0008] - [0010]; Abbildungen 1,2 *	1-14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 17. November 2022	Prüfer Teusch, Reinhold
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

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

EP 22 18 8203

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

17-11-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3524781 A1	14-08-2019	DE 102018202082 A1	14-08-2019
		EP 3524781 A1	14-08-2019
		US 2019249572 A1	15-08-2019

GB 2402181 A	01-12-2004	GB 2402181 A	01-12-2004
		US 2004240990 A1	02-12-2004

DE 2113194 A1	28-09-1972	KEINE	

EP 3333374 A1	13-06-2018	DE 102016224523 A1	14-06-2018
		EP 3333374 A1	13-06-2018
		US 2018163560 A1	14-06-2018

WO 2014158455 A1	02-10-2014	EP 2971597 A1	20-01-2016
		US 2016032759 A1	04-02-2016
		WO 2014158455 A1	02-10-2014

EP 1439283 A1	21-07-2004	CA 2455016 A1	17-07-2004
		EP 1439283 A1	21-07-2004
		FR 2850131 A1	23-07-2004
		JP 2004225693 A	12-08-2004
		US 2004146398 A1	29-07-2004

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 3524781 B1 [0003]
- US 20190353197 A1 [0004]
- US 20190178096 A1 [0005]