



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**25.10.2017 Patentblatt 2017/43**

(51) Int Cl.:  
**F01D 5/30 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **17166817.1**

(22) Anmeldetag: **18.04.2017**

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

(72) Erfinder:  
• **WEINERT, Markus**  
**15834 Rangsdorf (DE)**  
• **LEYMANN, Tobias**  
**14059 Berlin (DE)**

(74) Vertreter: **Maikowski & Ninnemann**  
**Patentanwälte Partnerschaft mbB**  
**Postfach 15 09 20**  
**10671 Berlin (DE)**

(30) Priorität: **20.04.2016 DE 102016107315**

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**  
**15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)**

(54) **ROTOR MIT ÜBERHANG AN LAUFSCHAUFELN FÜR EIN SICHERUNGSELEMENT**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft einen Rotor für ein Triebwerk (T), mit  
- einem Rotorbasisteil (2), das entlang einer Umfangsrichtung (U) um eine Rotationsachse (M) hintereinander angeordnete Befestigungsnuten (20) für Laufschaufeln (3a, 3b) aufweist,  
- mehreren jeweils über einen Schauffelfuß (32) formschlüssig in einer zugehörigen Befestigungsnut (20) gehaltenen Laufschaufeln (3a, 3b) und  
- mindestens einem Sicherungselement (4) zur, bezogen auf die Rotationsachse (M), axialen Sicherung wenigstens einer der Laufschaufeln (3a, 3b) an dem Rotorbasisteil (2),  
wobei das mindestens eine Sicherungselement (4) zwei radial zueinander beabstandete Ränder (42, 43) aufweist, über die das Sicherungselement (4) einerseits an dem Rotorbasisteil (2) und andererseits an der wenigstens einen Laufschaufel (3a, 3b) formschlüssig gehalten ist und für den Formschluss mit der Laufschaufel (3a, 3b) der eine Rand (43) des Sicherungselements (4) zumindest in einem Bereich von einem Überhang (310) der Laufschaufel (3a, 3b) umgriffen ist, der sich hierfür bezüglich der Rotationsachse (M) radial nach innen über den einen Rand (43) des Sicherungselements (4) hinweg und entlang der Umfangsrichtung (U) erstreckt.

Erfindungsgemäß weist der Überhang (310) entlang seiner Erstreckung in Umfangsrichtung (U) wenigstens einen den Rand (43) des Sicherungselements (4) umgreifenden Randabschnitt (311a, 311c) auf, der an einer radial innen liegenden Unterkante des Überhangs (310) gegenüber wenigstens einem weiteren, den Rand (43)

des Sicherungselements (4) ebenfalls umgreifenden Randabschnitt (311b) des Überhangs (310) in radial nach außen weisender Richtung (ra) zurückgenommen ist.

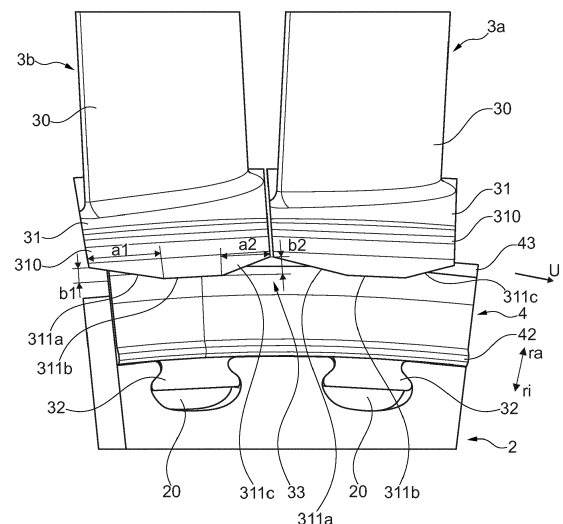


Fig. 1A

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Rotor für ein Triebwerk, insbesondere ein Gasturbinentriebwerk nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Ein gattungsgemäßer und beispielsweise aus der US 5,256,035 bekannter Rotor weist ein Rotorbasisteil auf, das entlang einer Umfangsrichtung um eine Rotationsachse hintereinander angeordnete Befestigungsminuten für Laufschaufeln aufweist. Die einzelnen Laufschaufeln sind hierbei jeweils über einen Schaufelfuß formschlüssig in einer zugehörigen Befestigungsnut gehalten. Zur axialen Sicherung bezüglich der Rotationsachse ist ein einteiliges oder mehrteiliges Sicherungselement vorgesehen, das an einem radial äußeren Rand formschlüssig an wenigstens einer der Laufschaufel und an einem radial inneren Rand formschlüssig an dem Rotorbasisteil gehalten ist.

**[0003]** In der US 5,256,035 ist beispielsweise ein mehrteiliges Sicherungselement vorgesehen, das aus mehreren Plattensegmenten und einem Befestigungsring besteht. Ein radial innerer Rand der einzelnen Plattensegmente ist hierbei in einer Nut des Rotorbasisteils formschlüssig aufgenommen, sodass ein sich radial nach außen erstreckender Überhang des Rotorbasisteils den radial inneren Rand der Plattensegmente jeweils umgreift. Der Befestigungsring ist wiederum in einer Nut aufgenommen, die jeweils an einer Schaufelbasis einer Laufschaufel gebildet ist. Dabei umgreift ein sich radial nach innen erstreckender Überhang der Schaufelbasis den radial äußeren Rand des Befestigungsringes, worüber auch ein Plattensegment gesichert ist, das benachbart zu und in axialer Richtung neben dem Befestigungsring angeordnet ist.

**[0004]** Mit Blick auf die einzelnen Überhänge der mehreren mit dem Rotorbasisteil verbundenen Laufschaufeln kann sich jedoch im Betrieb des Rotors eine unerwünschte Verwirbelungen im Bereich zweier aneinander angrenzende Überhänge ergeben, insbesondere bei einem schnell drehenden und hochbelasteten Rotor, wie er in einem Gasturbinentriebwerk, zum Beispiel im Hochdruckverdichter oder der Hochdruckturbine eingesetzt ist. Dies ist anhand der Figuren 5A, 5B, 5C und 5D näher veranschaulicht, die einen aus dem Stand der Technik bekannten Rotor jeweils ausschnittsweise zeigen.

**[0005]** Der Rotor umfasst hierbei ein Rotorbasisteil in Form einer Rotorscheibe 2 mit mehreren entlang einer Umfangsrichtung U zueinander beabstandeten Befestigungsnuten 20. In jeder Befestigungsnut 20 ist ein Schaufelfuß 32 einer Laufschaufel 3a, 3b aufgenommen. Von der Vielzahl der Laufschaufel, die entlang des Umfangs des Rotors hintereinander angeordnet sind (beispielsweise 20 Stück) sind in den Figuren 5A, 5B, 5C und 5D jeweils nur zwei ausschnittsweise mit Blick entlang der Rotationsachse des Rotors dargestellt. Jede Laufschaufel 3a, 3b umfasst eine Schaufelbasis 31, von der jeweils ein Schaufelblatt 30 radial vorsteht. In radial nach innen weisender Richtung ri erstreckt sich von der

Schaufelbasis 31 der Schaufelfuß 32.

**[0006]** Die Schaufelbasis 31 einer Laufschaufel 3a oder 3b bildet jeweils einen sich radial nach innen, d.h., sich entlang der nach ihnen weisenden Radialrichtung ri erstreckenden Überhang 310 aus. Über diesen Überhang 310 ist ein radial äußerer Rand 43 einer Sicherungsplatte 4 umgriffen. Über diese Sicherungsplatte 4 sind mehrere (mindestens zwei) Laufschaufeln 3a und 3b in axialer Richtung an dem Rotorbasisteil 2 im Bereich der Befestigungsnuten 20 gesichert. Hierfür ist die Sicherungsplatte 4 nicht nur mit den Laufschaufeln 3a und 3b, sondern auch mit dem Rotorbasisteil 2 verbunden. Für einen Formschluss zwischen dem Rotorbasisteil 2 und der Sicherungsplatte 4 umgreift dabei ein in den Figuren 5A bis 5C nicht dargestellter Überstand des Rotorbasisteils 2 einen radial inneren Rand 42 der Sicherungsplatte 4. Die längserstreckte und sich in Umfangsrichtung erstreckende Sicherungsplatte 4 ist somit sowohl an ihrem radial äußeren Rand 43 als auch an ihrem radial inneren Rand 42 gehalten und jeweils in einer Nut aufgenommen, die von einer Laufschaufel 3a, 3b oder dem Rotorbasisteil 2 gebildet wird.

**[0007]** Wie insbesondere anhand der Figur 5A ersichtlich ist, bildet eine aus dem Stand der Technik bekannte Laufschaufel 3a, 3b jeweils einen Überhang 310 zum Umgriff des radial äußeren Rand 43 der Sicherungsplatte 4 aus, der über eine Gesamtlänge L entlang der Umfangsrichtung U einen durchgehenden geradlinig oder kreisbogenförmig verlaufenden Rand 311 ausgebildet ist. Entlang der Umfangsrichtung U sollten somit an einem Paar zueinander benachbart angeordneter Laufschaufel 3a und 3b ihre jeweiligen Überhänge 310 aneinander angrenzender Ränder 311 miteinander fluchten, sodass die radial innen liegenden Unterkanten dieser Ränder 311 auf einer Kreisbahn um die Rotationsachse M des Rotors liegen.

**[0008]** Dies ist jedoch in der Praxis tatsächlich häufig nicht der Fall, wie die Figuren 5B und 5C veranschaulichen. So kommt es auf Grund zuzulassender Toleranzen vor, dass die einzelnen Überhänge 310 zueinander benachbarter Laufschaufeln 3a, 3b radial zueinander versetzt sind. Die Figuren 5B und 5C zeigen hierbei exemplarisch jeweils einen Versatz g der beiden Laufschaufeln 3a und 3b im Bereich ihrer Überhänge 310. Dabei ist bei der Variante der Figur 5B die eine (linke) Laufschaufel 3b radial nach innen gegenüber der benachbarten (rechten) Laufschaufel 3a versetzt. Bezogen auf eine Rotationsachse des Rotors um die Rotationsachse M entlang der Umfangsrichtung ragt somit der eine Überhang 310 der einen Laufschaufel 3b in eine Ringspaltströmung in Umfangsrichtung U (Versatz "into wind"). Bei der Variante der Figur 5C ist die eine (linke) Laufschaufel 3b radial nach außen gegenüber der anderen (rechten) Laufschaufel 3a versetzt (Versatz "out of wind"). Der Rand 311 des Überhangs 310 der einen Laufschaufel 3b ist somit vollständig gegenüber dem Überhang 310 der anderen Laufschaufel 3a radial nach außen versetzt.

**[0009]** Ein in der Praxis beobachtbarer Versatz g für

beide Fälle liegt dabei zwar bei einem Rotor nur im Bereich von 0,2 mm bis 0,4 mm. Jedoch kann es hier gerade bei schnelldrehenden Rotoren für ein Gasturbinentriebwerk, beispielsweise bei einem Rotor einer Hochdruckturbine oder eines Hochdruckdichters, zu unerwünschten Verwirbelungen im Bereich aneinander angrenzende Schaufelbasen 31 und damit aneinander angrenzender Überhänge 310 kommen.

**[0010]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Rotor in dieser Hinsicht zu verbessern.

**[0011]** Diese Aufgabe wird mit einem Rotor des Anspruchs 1 gelöst.

**[0012]** Erfindungsgemäß ist ein Rotor mit einem speziell ausgestalteten Überhang an wenigstens einer mit dem Rotorbasisteil formschlüssig verbundenen Laufschaufel vorgeschlagen. Hierbei weist der Überhang entlang seiner Erstreckung in Umfangsrichtung wenigstens einen Randabschnitt auf, der einen (radial äußeren) Rand des Sicherungselements umgreift und an einer radial innen liegenden Unterkante des Überhangs gegenüber wenigstens einem weiteren, den Rand des Sicherungselements ebenfalls umgreifenden Randabschnitt des Überhangs in radial nach außen weisender Richtung zurückgenommen ist.

**[0013]** Folglich ist der Überhang wenigstens einer Laufschaufel bei einem erfindungsgemäßen Rotor derart an einer Unterkante des Überhangs in radial nach außen weisender Richtung zurückgenommen oder zurückgesetzt, dass der Überhang an einer radial innen liegenden Unterkante keinen geradlinigen oder kreisbogenförmigen Verlauf entlang der Umfangsrichtung aufweist. Dies schließt insbesondere die Ausbildung eines Randabschnitts mit radialen Versatz zu einem angrenzenden Randabschnitt desselben Überhangs ein wie auch die Ausbildung eines Randabschnitts, dessen radiale Erstreckung in Umfangsrichtung stetig abnimmt und somit einen schräg zur Umfangsrichtung verlaufenden Bereich der Unterkante des Überhangs definiert. An einer radial innen liegenden Unterkante eines Überhangs sind somit zum Beispiel radial zueinander versetzte und/oder unter einem Winkel zueinander verlaufende Bereiche ausgebildet. Es ist somit von vornherein ein Rücksprung, vorzugsweise im Bereich aneinandergrenzender Überhänge, definiert. Dieser kann, insbesondere bei entsprechender Dimensionierung, zur Minimierung oder Vermeidung störender Verwirbelungen im Bereich des Sicherungselements führen. Ferner ist hierüber eine Gewichtsreduzierung erzielbar sowie eine Vereinfachung bei der Montage und/oder Demontage einer Laufschaufel, Letzteres indem der wenigstens eine zurückgenommene Randabschnitt derart ausgebildet und entlang der Umfangsrichtung angeordnet sein kann, dass zumindest ein Teil des Überhangs in axialer Richtung durch die Befestigungsnut hindurchgeschoben werden kann, wenn das Sicherungselement noch nicht oder nicht mehr an dem Rotorbasisteil festgelegt ist.

**[0014]** Der wenigstens eine radial nach außen zurückgenommene Randabschnitt kann eine geringere Erstre-

ckung in radial nach innen weisender Richtung aufweisen als ein angrenzender Randabschnitt. Der Überhang erstreckt sich somit im Bereich des zurückgenommenen Randabschnitts weniger stark radial nach innen.

**[0015]** Der wenigstens eine radial nach außen zurückgenommene Randabschnitt ist in einem Ausführungsbeispiel an einem in Umfangsrichtung liegenden Ende des Überhangs vorgesehen. Auf diese Art und Weise wird über den zurückgenommenen Randabschnitt in demjenigen Bereich ein definierter Rücksprung bereitgestellt, an dem zwei zueinander benachbarte Laufschaufeln mit ihren Schaufelbasen aneinandergrenzen.

**[0016]** Der wenigstens eine radial nach außen zurückgenommene Randabschnitt bildet in einem Ausführungsbeispiel einen Bereich an der radial inneren Unterkante des Überhangs aus, der zur Umfangsrichtung wenigstens teilweise geneigt verläuft. So kann der zurückgenommene Randabschnitt folglich nicht nur stufig zu einem angrenzenden Randabschnitt des Überhangs zurückspringend ausgeführt sein, sondern auch einen sich zumindest abschnittsweise in Umfangsrichtung stetig vergrößernden oder verkleinerten Rücksprung bilden.

**[0017]** Es hat sich gezeigt, dass für bestimmte Einsatzzwecke und insbesondere Drehzahlen des Rotors eine bestimmte Mindestgröße für die radial nach außen gerichtete Rücknahme des Randabschnitts eines Laufschaufelüberhangs von Vorteil ist, um Verwirbelungen zu reduzieren. Im diesem Zusammenhang sieht ein Ausführungsbeispiel vor, dass sich der wenigstens eine radial nach außen zurückgenommenen Randabschnitt mit einer Länge entlang der Umfangsrichtung des Rotors erstreckt, die mindestens dem Dreifachen, in einer Variante mindestens dem Vierfachen einer Höhe entspricht, mit der der radial nach außen zurückgenommenen Randabschnitt gegenüber einem angrenzenden Randabschnitt des Überhangs (mindestens) zurückgenommen ist. Bei einer minimalen Höhe  $b$ , mit der der wenigstens eine Randabschnitt gegenüber einem angrenzenden Randabschnitt des Überhangs radial nach außen, d.h., radial in nach außen weisender Richtung zurückgenommen ausgeführt ist, und einer Länge  $a$ , mit der sich der wenigstens eine zurückgenommene Randabschnitt entlang der Umfangsrichtung erstreckt, bedeutet dies folglich, dass gilt:  $a \geq 3b$ .

**[0018]** Alternativ oder ergänzend ist der wenigstens eine radial nach außen zurückgenommene Randabschnitt gegenüber einem angrenzenden Randabschnitt des Laufschaufelüberhangs mindestens um eine Höhe von 0,5 mm, insbesondere mindestens um eine Höhe von 0,8 mm oder 1 mm zurückgenommen. Es ist über den zurückgenommenen Randabschnitt somit ein Rücksprung gebildet, der bei nomineller Ausrichtung zweier benachbarter Laufschaufeln eine maximale Tiefe von mindestens 0,5 mm, 0,8 mm oder 1 mm aufweist.

**[0019]** In einer Variante kann der Überhang einer Laufschaufel des Rotors zwei Randabschnitte, nämlich einen ersten und einen zweiten Randabschnitt, aufweisen, die jeweils gegenüber wenigstens einem weiteren, den

Rand des Sicherungselements ebenfalls umgreifenden dritten Randabschnitt des Überhangs in radial nach außen weisender Richtung zurückgenommen sind. Der erste Randabschnitt und der zweite Randabschnitt sind somit entlang der Umfangsrichtung räumlich voneinander getrennt und zueinander beabstandet, jedoch jeweils gegenüber wenigstens einem dritten Randabschnitt des Laufschaufelüberhangs radial nach außen zurückgenommen.

**[0020]** Hierbei können die zwei zurückgenommenen Randabschnitte unterschiedlich stark zurückgenommen sein und/oder sich entlang der Umfangsrichtung mit zueinander unterschiedlichen Längen erstrecken. Der Überhang einer Laufschaufel kann somit asymmetrisch bezüglich einer Radialrichtung ausgestaltet sein. Dies ermöglicht beispielsweise eine drehrichtungsoptimierte Ausgestaltung eines Rücksprungs, der durch zwei aneinander angrenzende und jeweils radial nach außen zurückgenommene Randabschnitte zweier benachbarter Laufschaufeln gebildet ist.

**[0021]** Insbesondere mit Blick auf eine solche Variante kann vorgesehen sein, dass die ersten und zweiten radial nach außen zurückgenommenen Randabschnitte einer Laufschaufel an entlang der Umfangsrichtung zueinander beabstandeten Enden des zugehörigen Überhangs (und einer Schaufelbasis der zugehörigen Laufschaufel) vorgesehen sind. Entlang des Umfangs des Rotors grenzen somit bei benachbarten Laufschaufeln und einander angrenzenden Schaufelbasen ein zweiter Randabschnitt eines (ersten) Laufschaufelüberhangs und ein erster Randabschnitt eines anderen (zweiten) Laufschaufelüberhangs aneinander an. Derart können an wenigstens zwei entlang der Umfangsrichtung zueinander benachbart angeordneten Laufschaufeln des Rotors Überhänge mit aneinander angrenzenden und jeweils radial nach außen zurückgenommenen Randabschnitten vorgesehen sein. Auf diese Weise ist dann im Bereich der aneinander angrenzenden Randabschnitte zweier benachbarter Laufschaufeln ein radial nach außen gerichteter Rücksprung definierter Mindestlänge und Mindesthöhe gebildet. An dem radialen Rücksprung ist somit gezielt eine Unterbrechung eines kreisbahnförmigen Verlaufs der entlang der der Umfangsrichtung aufeinanderfolgender Ränder der einzelnen Überhänge vorgesehen.

**[0022]** In einer Variante ist wenigstens einer der ersten und zweiten radial nach außen zurückgenommenen Randabschnitte gegenüber dem angrenzenden dritten Randabschnitt des Laufschaufelüberhangs mindestens um die Summe der Form- und Lagetoleranzen diesen dritten Randabschnitts zurückgenommen. Über einen zurückgenommenen ersten oder zweiten Randabschnitt ist somit ein Rücksprung gebildet, der bei nomineller Ausrichtung zweier benachbarter Laufschaufeln eine maximale (radiale) Tiefe von mindestens der Summe der Form- und Lagetoleranzen des dritten Randabschnitts aufweist. Über die Form- und Lagetoleranzen ist dabei eine nominelle Position des dritten Randabschnitts be-

züglich der zugehörigen Befestigungsnut und/oder bezüglich eines Überhangs einer benachbarten Laufschaufel des Rotors vorgegeben ist.

**[0023]** Ein im Bereich der Schaufelbasen zweier benachbarter Laufschaufeln definierter Rücksprung ist hierbei beispielsweise in einer Ansicht entlang der Rotationsachse ellipsenförmig, trapezförmig oder dreiecksförmig.

**[0024]** Entlang der Umfangsrichtung des Rotors können an jedem Paar zueinander benachbart angeordneter Laufschaufeln Überhänge mit aneinander angrenzenden und jeweils radial nach außen zurückgenommenen Randabschnitten vorgesehen sein, sodass entlang der Umfangsrichtung im Bereich aneinander angrenzender Randabschnitte zweier benachbarter Laufschaufeln jeweils ein radial nach außen gerichteter Rücksprung definierter Mindestlänge und Mindesthöhe gebildet ist. Die Ausbildung eines Rücksprungs ist in dieser Variante somit nicht auf einzelne Laufschaufelpaare beschränkt, sondern durchgehend in jedem Bereich zweier benachbarter Laufschaufeln vorgesehen.

**[0025]** Der wenigstens eine radial nach außen zurückgenommene Randabschnitt kann beispielsweise durch mechanischen Materialabtrag hergestellt sein. Dies schließt eine Herstellung durch ein spanabhebendes Fertigungsverfahren, wie zum Beispiel Schleifen oder Fräsen ein. In einer solchen Variante kann folglich am Überhang einer Laufschaufelbasis gezielt Material abgetragen, beispielsweise abgeschliffen sein, um zu erreichen, dass eine radial innen liegende Unterkante des Überhangs keinen geradlinigen Verlauf mehr aufweist.

**[0026]** Alternativ kann ein radial nach außen zurückgenommener Randabschnitt durch thermischen Materialabtrag hergestellt sein. Beispielsweise kann in diesem Zusammenhang vorgesehen sein, dass die Herstellung mittels Erodieren erfolgt. Dies schließt eine Herstellung durch Funkenerodieren ein, wodurch ein zurückgenommener Randabschnitt auch nachträglich an einem Überhang aus hochfestem Material eines vergleichsweise einfach herstellbar ist. Hierbei kann vorgesehen sein, dass der (thermische) Materialabtrag am Überhang zur Erzeugung eines zurückgesetzten Randabschnitts in einem Arbeitsgang mit der Herstellung von bestimmten Funktionsbereichen an einer Laufschaufel erfolgt. Beispielsweise ist es üblich, dass ein Funktionsbereich, wie zum Beispiel eine Dämpfertasche oder ein zur Gewichtsreduzierung mit wenigstens einer Aussparung versehener Schaufelbasisbereich, an einer Laufschaufel im Bereich der Schaufelbasis durch Erodieren hergestellt wird. In einem solchen Arbeitsgang kann dann auch der Überhang einer Laufschaufel entsprechend bearbeitet werden, um hieran einen radial nach außen zurückgenommenen Randabschnitt vorzusehen.

**[0027]** Grundsätzlich kann das mindestens eine Sicherungselement zur axialen Sicherung von mindestens zwei Laufschaufeln vorgesehen sein. Hierbei ist dann ein vorzugsweise plattenförmig ausgestattetes Sicherungselement an einem (radial äußeren) Rand von den Über-

hängen mindestens zweier Laufschaufeln umgriffen.

**[0028]** Die beigefügten Figuren veranschaulichen exemplarisch mögliche Ausführungsvarianten der Erfindung.

**[0029]** Es zeigen:

Figur 1A ausschnittsweise einen erfindungsgemäß ausgestalteten Rotor mit Blick entlang einer Rotationsachse des Rotors auf zwei abschnittsweise radial nach außen zurückgenommene Überhänge zweier benachbarter Laufschaufeln des Rotors;

Figur 1B in mit der Figur 1A übereinstimmender Ansicht einen radialen Versatz zwischen zwei Schaufelbasen der benachbarten Laufschaufeln gegenüber der in der Figur 1A dargestellten nominellen Ausrichtung der beiden Laufschaufeln zueinander;

Figur 1C in mit der Figur 1A übereinstimmender Ansicht den Rotor unter teilweiser Ausblendung eines Sicherungselements zur Veranschaulichung eines Schaufelhalses einer Laufschaufel, der in eine Befestigungsnut eingeschoben ist;

Figur 1D eine Laufschaufel in Einzeldarstellung;

Figur 2A in mit den Figuren 1A und 1B übereinstimmender Ansicht eine weitere Ausführungsvariante mit geometrisch unterschiedlich ausgestalteten zurückgenommenen Randabschnitten an zwei Überhängen zweier Laufschaufeln;

Figur 2B in mit der Figur 1C übereinstimmender Ansicht den Rotor der Figur 2A;

Figur 3 eine Schnittdarstellung längs der Rotationsachse eines erfindungsgemäß ausgestalteten Rotor im eingebauten Zustand in ein Gasturbinentriebwerk;

Figur 4 ausschnittsweise eine entlang einer Schnittlinie parallel zur Rotationsachse des Rotors gewonnene Schnittdarstellung des Rotors;

Figuren 5A - 5D jeweils ausschnittsweise ein aus dem Stand der Technik bekannter Rotor mit zwei benachbarten Lauf-

schaufeln, deren Überhänge mit einem geradlinig verlaufenden Rand und damit nominell miteinander fluchtenden Unterkanten (Figur 5A) sowie gegebenenfalls toleranzbedingt zueinander versetzten Unterkanten (Figuren 5B und 5C) sowie unter teilweiser Ausblendung eines Sicherungselements (Figur 5D) dargestellt sind;

Figur 6 in Schnittdarstellung schematisch ein Gasturbinentriebwerk, in dem ein erfindungsgemäßer Rotor Verwendung findet.

**[0030]** Die Figur 6 veranschaulicht schematisch und in Schnittdarstellung ein (Gasturbinen-) Triebwerk T, bei dem die einzelnen Triebwerkskomponenten entlang einer Mittelachse oder Rotationsachse M hintereinander angeordnet sind. An einem Einlass oder Intake E des Triebwerks T wird Luft entlang einer Eintrittsrichtung E mittels eines Fans F angesaugt. Angetrieben wird dieser Fan F über eine Welle, die von einer Turbine TT in Drehung versetzt wird. Die Turbine TT schließt sich hierbei an einen Verdichter V an, der beispielsweise einen Niederdruckverdichter 11 und einen Hochdruckverdichter 12 aufweist, sowie gegebenenfalls noch einen Mitteldruckverdichter. Der Fan F führt einerseits dem Verdichter V Luft zu sowie andererseits einem Bypasskanal B zur Erzeugung des Schubs. Die über den Verdichter V geförderte Luft gelangt schließlich in einen Brennkammerabschnitt BK, in dem die Antriebsenergie zum Antreiben der Turbine TT erzeugt wird. Die Turbine TT weist hierfür eine Hochdruckturbine 13, eine Mitteldruckturbine 14 und eine Niederdruckturbine 15 auf. Die Turbine TT betreibt über die bei der Verbrennung freiwerdende Energie den Fan F an, um dann über die in den Bypasskanal B geförderte Luft den erforderlichen Schub zu erzeugen. Die Luft verlässt hierbei den Bypasskanal B im Bereich eines Auslasses A am Ende des Triebwerks T, an dem die Abgase aus der Turbine TT nach außen strömen. Der Auslass A weist hierbei üblicherweise eine Schubdüse auf.

**[0031]** Insbesondere im Bereich der Hochdruckturbine 13 kommt wenigstens ein Rotor mit der einleitend in Zusammenhang mit den Figuren 5A bis 5D dargestellten Konfiguration zur Anwendung. Hierbei ist der Rotor derart angeordnet und um die Mittelachse oder Rotationsachse M drehbar gelagert, dass die einzelnen entlang der Umfangsrichtung U zur axialen Sicherung der Laufschaufeln 3a, 3b vorgesehenen Sicherungsplatten 4 an einer stromab liegenden Stirnseite des Rotors 2 angeordnet sind. Die einzelnen Sicherungselemente 4 sind somit einem Ringraum 5 zugewandt, der im Bereich der Schaufelfüße 32 der einzelnen Laufschaufeln 3a, 3b zwischen dem Rotor und einer Leitschaufelanordnung 6 gebildet ist. Die in diesem Ringraum 5 entstehende Strö-

mung kann - wie einleitend erläutert - bei einer Konfiguration der zur Verbindung zwischen den Laufschaufeln 3a, 3b und einem Sicherungselement 4 genutzten Überhänge 310 der Schaufelbasen 31 unerwünscht verwirbelt werden, wenn einzelne Überhänge 310 toleranzbedingt zueinander versetzt sind. Dann ragen einzelne Überhänge 31 vollständig in den kreisringförmig um die Rotationsachse entlang der Sicherungsplatten 4 definierten Strömungspfad oder sind hierzu radial nach außen zurückgesetzt (vergleiche Figuren 5B und 5C).

**[0032]** Hier lässt sich mit der erfindungsgemäßen Lösung eine Verbesserung erzielen. Hiernach ist ein Überhang 310, der zur formschlüssigen Verbindung mit einem radial äußeren Rand 43 einer mehrteiligen oder einteiligen Sicherungselement, wie einer Sicherungsplatte 4, vorgesehen ist, mit einem in radial äußerer Richtung ra zurückgenommenen Randabschnitt definierter Geometrie und Größe ausgebildet. Mit der erfindungsgemäßen Lösung kann somit auch bei nomineller Anordnung der einzelnen Laufschaufeln 3a, 3b zueinander ausgeschlossen werden, dass an jedem Paar benachbarter Laufschaufeln 3a, 3b ein geradliniger oder kreisbogenförmiger Verlauf der die entlang der Umfangsrichtung U aufeinanderfolgenden, radial innen liegenden Unterkanten der Überhänge 310 gegeben ist. Vielmehr ist von vornherein wenigstens ein definierter radialer Rücksprung bereitstellt, der die Strömung möglichst wenig, jedoch in jedem Fall vorhersehbar beeinflusst. Vorzugsweise sind mehrere entlang der Umfangsrichtung U verteilte Rücksprünge vorgesehen, insbesondere an jedem Paar zueinander benachbart angeordneter Schaufelbasen 31.

**[0033]** Bei der Ausführungsvariante der Figuren 1A bis 1C weist beispielsweise ein Überhang 310 einer Schaufelbasis 31 jeder an dem Rotorbasisteil 2 fixierten Laufschaufel 3a, 3b zwei radial nach außen zurückgenommene Randabschnitte 311a und 311c auf. Diese zwei radial zurückgenommenen Randabschnitte 311 a und 311c weisen eine geringere Erstreckung in radial nach innen weisender Richtung ri auf als ein zwischen ihnen ausgebildeter dritter Randabschnitt 311 b. Die Länge des dritten Randabschnitts 311 b entlang der Umfangsrichtung U kann dabei mindestens das Zweifache der Form- und Lagetoleranzen eines Spaltes zwischen den axialen Sicherungselementen 4 und/oder mindestens der Hälfte einer minimalen Breite d eines in die zugehörige Befestigungsnut 20 eingeschobenen Schaufelhalses 320 des Schaufelfußes 32 einer Laufschaufel 3a oder 3b sein (vgl. die Einzeldarstellung einer Laufschaufel 3a der Figur 1 D). Die Länge des dritten Randabschnitts 311 b entlang der Umfangsrichtung U macht hierbei weniger als 60%, gegebenenfalls weniger als 50% oder sogar weniger als 35% der Gesamtlänge L eines Überhang 310 entlang der Umfangsrichtung U aus.

**[0034]** An den entlang der Umfangsrichtung U zueinander beabstandeten Enden eines Überhangs 310 ist jeweils ein zurückgenommener Randabschnitt 311a oder 311c vorgesehen. Die Randabschnitte 311a und

311c erstrecken sich dabei mit unterschiedlichen Längen a1 und a2 in Umfangsrichtung U. Beide zurückgenommenen Randabschnitte 311a und 311c bilden ferner einen geneigt zu Umfangsrichtung U verlaufenden Bereich der Unterkante des Überhangs 310 aus. Jeder zurückgenommene Randabschnitt 311a, 311c verläuft dabei ausgehend von dem mittleren, dritten Randabschnitt 311b schräg nach außen zum jeweiligen Ende hin, so dass eine radiale Erstreckung des jeweiligen zurückgenommenen Randabschnitts 311a oder 311c zum jeweiligen seitlichen Rand des Überhangs 310 hin stetig abnimmt.

**[0035]** Hierbei sind die einzelnen Randabschnitte 311a und 311c jeweils bis zu einer Höhe b1 oder b2 gegenüber dem mittleren Randabschnitts 311b zurückgenommen. Diese Höhe b1 oder b2 ist vorliegend größer als 0,8 mm und beträgt etwa 1 mm. Die Erstreckung in Umfangsrichtung U des jeweiligen zurückgenommenen Randabschnitts 311a, 311c wiederum bemisst sich als - vorzugsweise ganzzahliges - Vielfaches dieser Höhe b1 oder b2. Vorliegend entspricht eine Länge a1, a2 wenigstens dem Dreifachen einer Höhe b1 oder b2 des jeweiligen zurückgenommenen Randabschnitts 311 a, 311 c.

**[0036]** Die Höhen b1 und b2 der zurückgenommenen Randabschnitte 311 a und 311 c sind so bemessen, dass im Bereich zueinander benachbart liegender Laufschaufeln 3a, 3b und damit aneinander angrenzender Schaufelbasen 31 durch zwei schräg aufeinander zu verlaufende zurückgenommene Randabschnitte 311c und 311a jeweils ein radialer Rücksprung 33 im Verlauf der in Umfangsrichtung U aufeinanderfolgenden Unterkanten mehrerer Sicherungsplatten 4 gebildet ist. Dieser radialer Rücksprung 33 ist über die zurückgenommenen Randabschnitte 311 c und 311 a der einzelnen Laufschaufeln 3a und 3b so bemessen, dass auch bei einem toleranzbedingten maximalen radialen Versatz g zweier Laufschaufeln 3a und 3b eine radiale Tiefe des jeweiligen Rücksprung 33 größer als der Versatz g ist und vorzugsweise einem Vielfachen des Versatzes g entspricht. Damit ist eine (relevante) Strömungsbeeinflussung aufgrund des Versatzes g ausgeschlossen oder minimal (vergleiche Figur 1 B).

**[0037]** Die zurückgenommenen Randabschnitte 311a und 311c stellen selbstverständlich weiterhin noch einen ausreichende Erstreckung des Überhang 310 in radial innerer Richtung ri bereit, sodass auch im Bereich eines zurückgenommenen Randabschnitts 311a oder 311c eine Nut 3100 für den umgriffenen radial äußeren Rand 43 der Sicherungsplatte 4 vorhanden ist. Der radial innere Rand 42 einer Sicherungsplatte 4 ist in einer Nut 2100 des Rotorbasisteils 2 aufgenommen, die durch einen in radial äußerer Richtung ra vorstehenden Überstand 210 gebildet ist. Derart stellt die Sicherungsplatte 4 sicher, dass die einzelnen Laufschaufeln 3a, 3b im Bereich ihres jeweiligen Schaufelfußes 32, den eine Sicherungsplatte 4 zumindest teilweise überdeckt, an dem Rotorbasisteil 2 axial gesichert sind (vergleiche auch Figur 3).

**[0038]** Im Unterschied zu der aus dem Stand der Technik bekannten Lösung nach den Figuren 5A bis 5D (vgl. insbesondere Figur 5D) ist über die zurückgenommenen Randabschnitte 311a und 311c ferner erreicht, dass mit dem sich entlang der Umfangsrichtung U dazwischenliegenden Randabschnitt 311 b der Überhang 310 nur in dem Bereich weiter radial nach innen erstreckt, in dem sich die Befestigungsnut 20 befindet. Derart ist der radial nach innen weiter vorstehende Randabschnitt 311b so bemessen, dass der Schaufelfuß 32 in axialer Richtung durch die Befestigungsnut 20 und die damit zwischen zwei Stegen 22 des Rotorbasisteils 2 definierte Lücke hindurchgeschoben werden kann, wenn die Sicherungsplatte 4 noch nicht oder nicht mehr angebracht ist. Dies ist bei einem Überhang gleichbleibender radialer Erstreckung entsprechend der Figur 5D nicht möglich. Hier ist ein Hindurchschieben des Schaufelfußes 32 durch eine Befestigungsnut 20 durch den Überhang 310 blockiert. Der Überhang 310 kann über die einander gegenüberliegenden, eine Befestigungsnut 20 seitlich berandeten Stege 22 des Rotorbasisteils 2 nicht hinweg geschoben werden. Für eine vollständige axiale Verschieblichkeit durch die Befestigungsnut 30 hindurch, müsste hier die radiale Erstreckung des Schaufelfußes 32 und damit die Länge eines Schaufelhalses 320 erhöht werden, so dass eine Unterkante des Überhangs 310 durchweg radial weiter außen verläuft als die Ende der Stege 22. Damit ginge aber eine Erhöhung des Gewichts einer Laufschaufel 3a, 3b einher. Demgegenüber lässt sich der zusätzliche Montagevorteil bei der dargestellten Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Lösung ohne Gewichtsnaht realisieren.

**[0039]** Bei der mit den Figuren 2A und 2B veranschaulichten Variante ist die Form der zurückgenommenen Randabschnitte 311 a und 311 c gegenüber der Variante der Figuren 1A bis 1C variiert. Ein Überhang 310 an einer Schaufelbasis 31 ist hierbei profiliert ausgeführt, sodass die beiden entlang der Umfangsrichtung U zueinander beabstandeten Randabschnitte 311 a und 311 b einer Laufschaufel 3a oder 3b in radial äußerer Richtung ra gegenüber dem mittleren, dritten Randabschnitt 311b des Überhangs 310 der jeweiligen Laufschaufel 3a oder 3b radial zurückspringend ausgebildet sind. Die einzelnen zurückgenommenen Randabschnitte 311a und 311c weisen dabei jeweils Bereiche konstanter radialer Erstreckung entlang der Umfangsrichtung U auf. Mit anderen Worten weist jeder der zurückgenommenen Randabschnitte 311 a, 311c einer Laufschaufel der Figuren 2A und 2B wenigstens einen Bereich auf, an dem eine Höhe des jeweiligen zurückgenommenen Randabschnitts 311a, 311c in Umfangsrichtung U oder entgegengesetzt hierzu nicht abnimmt.

**[0040]** Insbesondere hierdurch ist erreicht, dass ein im Bereich der Schaufelbasen 31 zweier benachbarter Laufschaufel 3a, 3b definierter Rücksprung 33 in der Ansicht entlang der Rotationsachse der Figur 2 trapezförmig ist, während der Rücksprung 33 bei der Variante der Figuren 1A bis 1C dreiecksförmig ist. Bei stärker abge-

rundetem Verlauf der Unterkanten der zurückgenommenen Randabschnitte 311a, 311c kann in einer möglichen Weiterbildung auch ein ellipsenförmiger Rücksprung gebildet sein.

**[0041]** Für die Herstellung der zurückgenommenen Randabschnitte 311a, 311c an einer Laufschaufel 3a oder 3b kann ein spanabhebendes Fertigungsverfahren oder ein thermischer Materialabtrag vorgesehen sein. So können beispielsweise die zurückgenommenen Randabschnitte 311a und 311c in der Ausführungsvariante der Figuren 1A bis 1C vergleichsweise einfach durch Abschleifen hergestellt werden. Eine profilierte Ausführung entsprechend der Variante der Figuren 2A und 2B lässt sich beispielsweise durch Erodieren herstellen. Dabei kann die Herstellung der zurückgenommenen Randabschnitte 311 a und 311 c in einem Arbeitsgang mit (hier nicht dargestellten) Dämpfertaschen oder anderen Funktionsbereichen an den Laufschaufeln 3a, 3b vorgenommen werden, die üblicherweise ebenfalls durch Erodieren hergestellt werden.

**[0042]** Anhand der Figur 2B ist in Übereinstimmung mit der Figur 1C noch unter teilweiser Ausblendung der Sicherungsplatte 4 veranschaulicht, dass auch bei dieser Ausführungsvariante durch die zurückgenommenen Randabschnitte 311 a und 311c der Überhang 310 ein Hindurchschieben des Schaufelfußes 32 in axialer Richtung durch eine Befestigungsnut 20 nicht blockiert. Der radial nach innen weiter vorstehende (mittlere) Randabschnitt 311 b ist so bemessen, dass er am oberen Ende der Befestigungsnut 20 durch die zwischen zwei Stegen 22 des Rotorbasisteils 2 definierte Lücke passt.

**[0043]** Anhand der ausschnittweisen Darstellung eines Längsschnitts entsprechend der Figur 4 ist die Ausgestaltung der Sicherungsplatte 4 gesondert veranschaulicht. Die Sicherungsplatte 4 weist einen zwischen den radial inneren und radial äußeren Rändern 42 und 43 liegenden Mittelbereich 40 auf. Aus der Figur 4 ist insbesondere ersichtlich, wie ein radial äußerer Rand 43 der Sicherungsplatte 4 in der Nut 3100 der Schaufelbasis 31 einer Laufschaufel 3b aufgenommen und durch den sich radial nach innen erstreckenden Überhang 310 umgriffen ist, während sich der Mittelbereich 40 außerhalb der Nut 3100 entlang des Schaufelfußes 32 erstreckt.

#### 45 Bezugszeichenliste

##### [0044]

|      |                       |
|------|-----------------------|
| T    | Gasturbinentriebwerk  |
| 11   | Niederdruckverdichter |
| 12   | Hochdruckverdichter   |
| 13   | Hochdruckturbine      |
| 14   | Mitteldruckturbine    |
| 15   | Niederdruckturbine    |
| 2    | Rotorbasisteil        |
| 20   | Befestigungsnut       |
| 210  | Überstand             |
| 2100 | Nut                   |

|                  |                                       |    |
|------------------|---------------------------------------|----|
| 22               | Steg                                  |    |
| 30               | Schaufelblatt                         |    |
| 31               | Schaufelbasis                         |    |
| 310              | Überhang                              |    |
| 3100             | Nut                                   | 5  |
| 311              | Rand                                  |    |
| 311a, 311b, 311c | Randabschnitt                         |    |
| 32               | Schaufelfuß                           |    |
| 320              | Schaufelhals                          |    |
| 33               | Radialer Rücksprung                   | 10 |
| 3a, 3b           | Laufschaufel                          |    |
| 4                | Sicherungsplatte (Sicherheitselement) |    |
| 40               | Mittelbereich                         |    |
| 42               | Innerer Rand                          | 15 |
| 43               | Äußerer Rand                          |    |
| 5                | Ringspalt                             |    |
| 6                | Leitschaufelanordnung                 |    |
| A                | Auslass                               |    |
| a1, a2           | Länge                                 | 20 |
| B                | Bypasskanal                           |    |
| BK               | Brennkammerabschnitt                  |    |
| b1, b2           | Höhe                                  |    |
| c                | Breite                                |    |
| d                | Minimale Breite des Schaufelhalses    | 25 |
| E                | Einlass / Intake                      |    |
| F                | Fan                                   |    |
| g                | Versatz                               |    |
| L                | Gesamtlänge                           | 30 |
| M                | Mittelachse / Rotationsachse          |    |
| R                | Eintrittsrichtung                     |    |
| ra, ri           | Radialrichtung                        |    |
| TT               | Turbine                               |    |
| U                | Umfangsrichtung                       | 35 |
| V                | Verdichter                            |    |

## Patentansprüche

### 1. Rotor für ein Triebwerk (T), mit

- einem Rotorbasisteil (2), das entlang einer Umfangsrichtung (U) um eine Rotationsachse (M) hintereinander angeordnete Befestigungsnuten (20) für Laufschaufeln (3a, 3b) aufweist,
- mehreren jeweils über einen Schaufelfuß (32) formschlüssig in einer zugehörigen Befestigungsnut (20) gehaltenen Laufschaufeln (3a, 3b) und
- mindestens einem Sicherheitselement (4) zur, bezogen auf die Rotationsachse (M), axialen Sicherung wenigstens einer der Laufschaufeln (3a, 3b) an dem Rotorbasisteil (2),

wobei das mindestens eine Sicherheitselement (4) zwei radial zueinander beabstandete Ränder (42, 43) aufweist, über die das Sicherheitselement (4)

einerseits an dem Rotorbasisteil (2) und andererseits an der wenigstens einen Laufschaufel (3a, 3b) formschlüssig gehalten ist und für den Formschluss mit der Laufschaufel (3a, 3b) der eine Rand (43) des Sicherheitselements (4) zumindest in einem Bereich von einem Überhang (310) der Laufschaufel (3a, 3b) umgriffen ist, der sich hierfür bezüglich der Rotationsachse (M) radial nach innen über den einen Rand (43) des Sicherheitselements (4) hinweg und entlang der Umfangsrichtung (U) erstreckt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Überhang (310) entlang seiner Erstreckung in Umfangsrichtung (U) wenigstens einen den Rand (43) des Sicherheitselements (4) umgreifenden Randabschnitt (311 a, 311 c) aufweist, der an einer radial innen liegenden Unterkante des Überhangs (310) gegenüber wenigstens einem weiteren, den Rand (43) des Sicherheitselements (4) ebenfalls umgreifenden Randabschnitt (311b) des Überhangs (310) in radial nach außen weisender Richtung (ra) zurückgenommen ist.

2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine radial nach außen zurückgenommene Randabschnitt (311a, 311c) eine geringere Erstreckung in radial nach innen weisender Richtung (ri) aufweist.

3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine radial nach außen zurückgenommene Randabschnitt (311a, 311c) an einem in Umfangsrichtung (U) liegenden Ende des Überhangs (310) vorgesehen ist.

4. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine radial nach außen zurückgenommene Randabschnitt (311a, 311c) einen Bereich an der radial inneren Unterkante ausbildet, der zur Umfangsrichtung (U) wenigstens teilweise geneigt verläuft.

5. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der wenigstens eine radial nach außen zurückgenommene Randabschnitt (311a, 311c) mit einer Länge (a1, a2) entlang der Umfangsrichtung (U) erstreckt, die mindestens dem Dreifachen einer Höhe (b1, b2) entspricht, mit der der radial nach außen zurückgenommene Randabschnitt (311 a, 311c) gegenüber einem angrenzenden Randabschnitt (311b) des Überhangs (310) maximal zurückgenommen ist.

6. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine radial nach außen zurückgenommene Randabschnitt (311a, 311 c) gegenüber einem angrenzenden Randabschnitt (311 b) des Überhangs (310) mindestens um eine Höhe (b1, b2) von 0,5



mm, insbesondere mindestens um eine Höhe (b1, b2) von 0,8 mm oder 1 mm zurückgenommen ist.

7. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Überhang (310) zwei, erste und zweite, Randabschnitte (311a, 311c) aufweist, die jeweils gegenüber wenigstens einem weiteren, den Rand (43) des Sicherungselements (4) ebenfalls umgreifenden dritten Randabschnitts (311b) des Überhangs (310) in radial nach außen weisender Richtung (ra) zurückgenommen sind. 5
8. Rotor nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwei zurückgenommenen Randabschnitte (311 a, 311 c) unterschiedlich stark zurückgenommen sind und/oder sich entlang der Umfangsrichtung (U) mit zueinander unterschiedlichen Längen (a1, a2) erstrecken. 10
9. Rotor nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten und zweiten radial nach außen zurückgenommenen Randabschnitte (311 a, 311c) an entlang der Umfangsrichtung (U) voneinander beabstandeten Enden des Überhangs (310) vorgesehen sind. 15
10. Rotor nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** einer der ersten und zweiten radial nach außen zurückgenommenen Randabschnitte (311 a, 311c) gegenüber dem angrenzenden dritten Randabschnitt (311b) des Überhangs (310) mindestens um die Summe vorgegebener Form- und Lagetoleranzen diesen dritten Randabschnitts (311b) zurückgenommen sind, wobei über die Form- und Lagetoleranzen eine nominelle Position des dritten Randabschnitts (311b) bezüglich der zugehörigen Befestigungsnut (20) und/oder bezüglich eines Überhangs (310) einer benachbarten Laufschaufel (3b, 3a) des Rotors vorgegeben ist. 20
11. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an wenigstens zwei entlang der Umfangsrichtung (U) zueinander benachbart angeordneten Laufschaufeln (3a, 3b) des Rotors Überhänge mit aneinander angrenzenden und jeweils radial nach außen zurückgenommenen Randabschnitten (311 a, 311c) vorgesehen sind, sodass im Bereich der aneinander angrenzenden Randabschnitte (311 a, 311 c) der zwei benachbarten Laufschaufeln (3a, 3b) ein radial nach außen gerichteter Rücksprung (33) definierter Mindestlänge und Mindesthöhe gebildet ist. 25
12. Rotor nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rücksprung (33) in einer Ansicht entlang der Rotationsachse (M) ellipsenförmig, trapezförmig oder dreiecksförmig ist. 30

förmig oder dreiecksförmig ist.

13. Rotor nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** entlang der Umfangsrichtung (U) an jedem Paar zueinander benachbart angeordneter Laufschaufeln (3a, 3b) Überhänge mit aneinander angrenzenden und jeweils radial nach außen zurückgenommenen Randabschnitten (311a, 311c) vorgesehen sind, sodass entlang der Umfangsrichtung (U) im Bereich aneinander angrenzender Randabschnitte (311 a, 311c) zweier benachbarter Laufschaufeln (3a, 3b) jeweils ein radial nach außen gerichteter Rücksprung (33) definierter Mindestlänge und Mindesthöhe gebildet ist. 35
14. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine radial nach außen zurückgenommene Randabschnitt (311a, 311 c) durch mechanischen oder thermischen Materialabtrag hergestellt ist. 40
15. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Sicherungselement (4) zur axialen Sicherung von mindestens zwei Laufschaufeln (3a, 3b) vorgesehen ist und der eine Rand (43) des Sicherungselements (4) somit von Überhängen (310) mindestens zweier Laufschaufeln (3a, 3b) umgriffen ist. 45

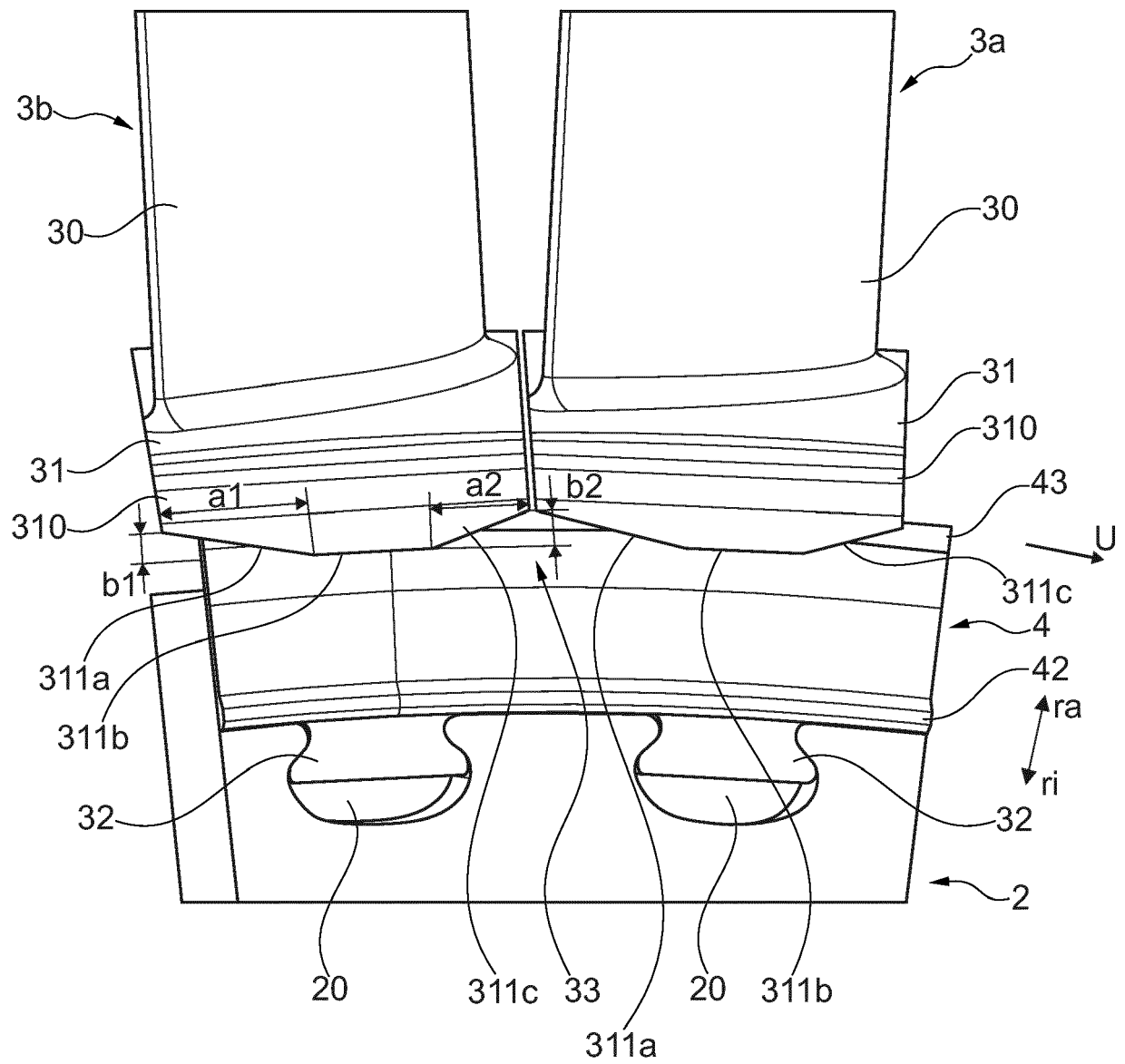


Fig. 1A

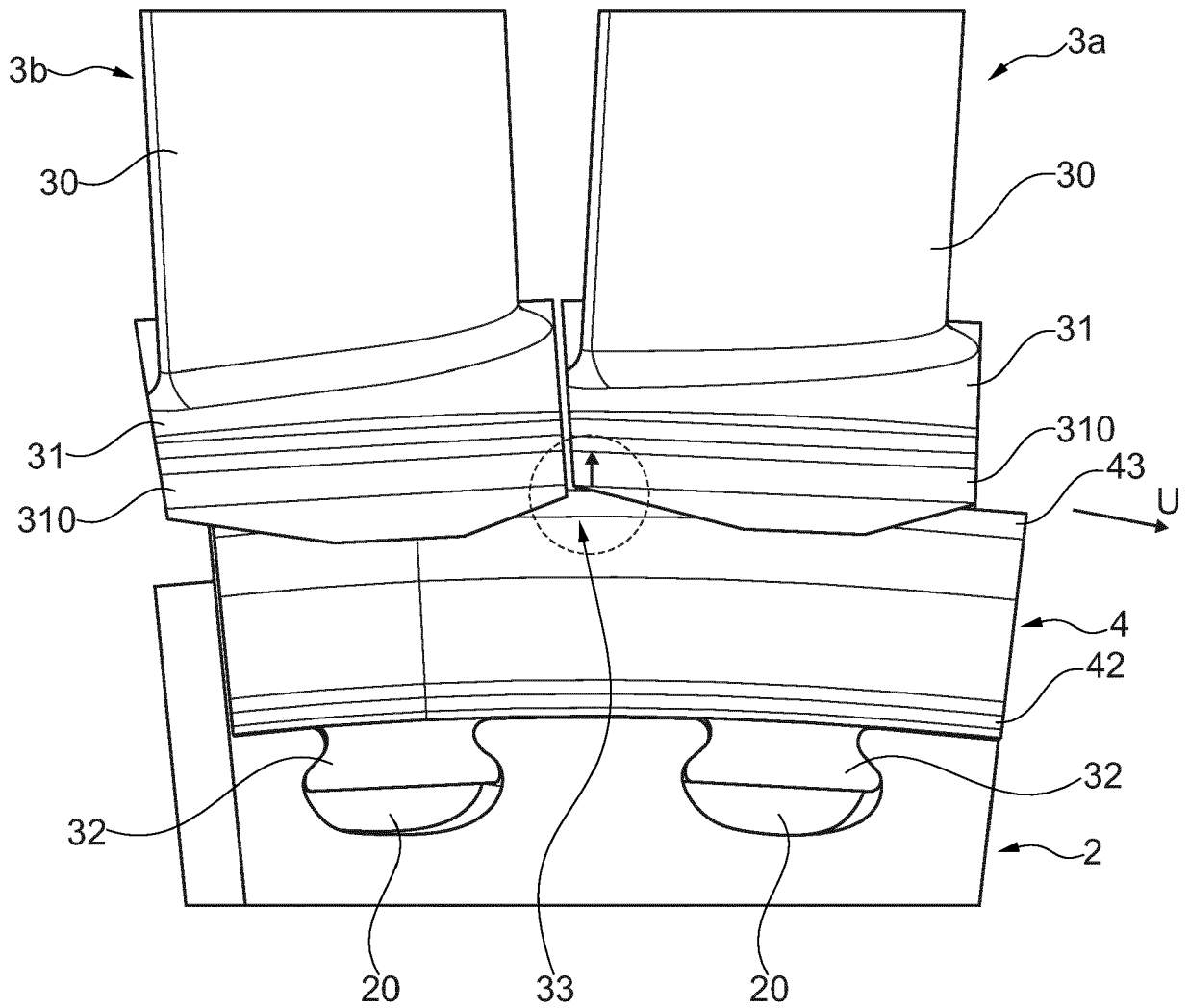


Fig. 1B

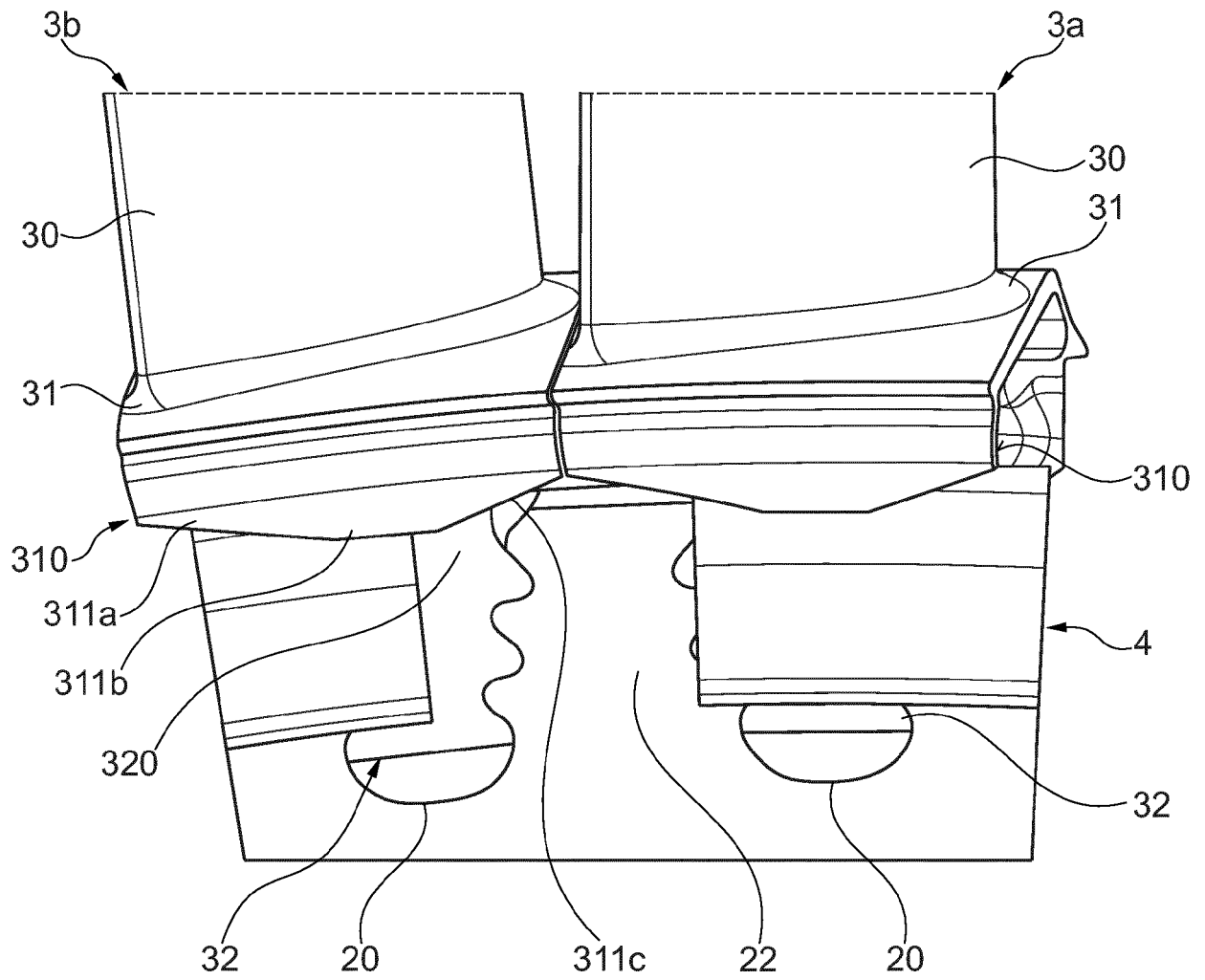


Fig. 1C

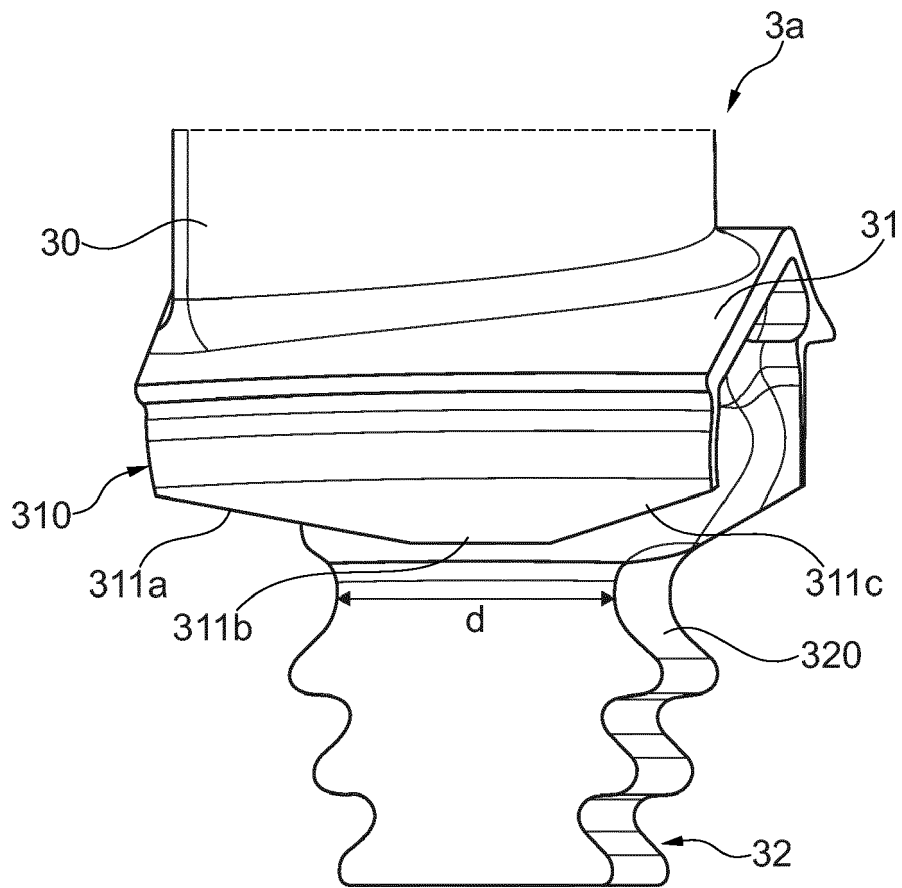


Fig. 1D

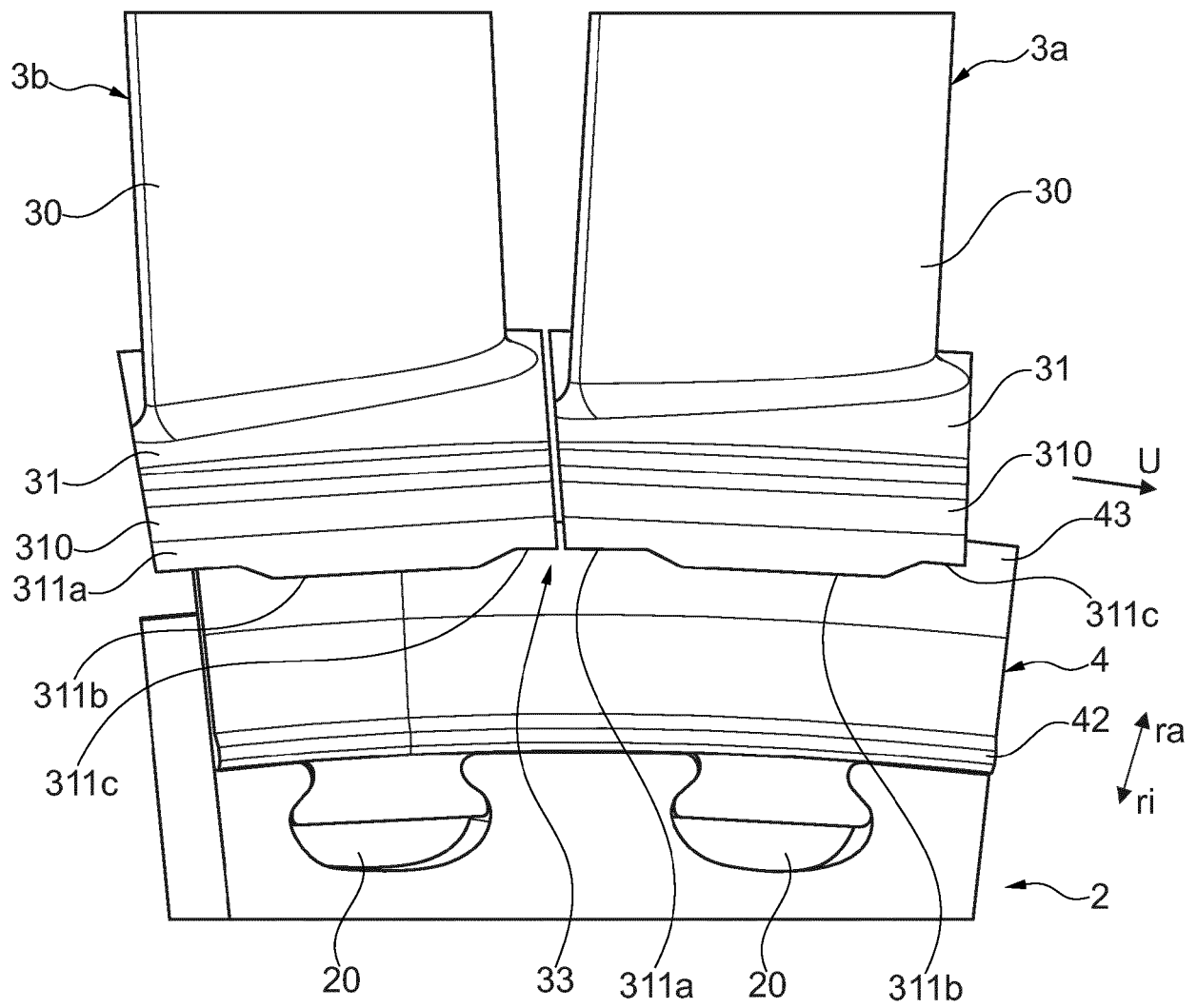
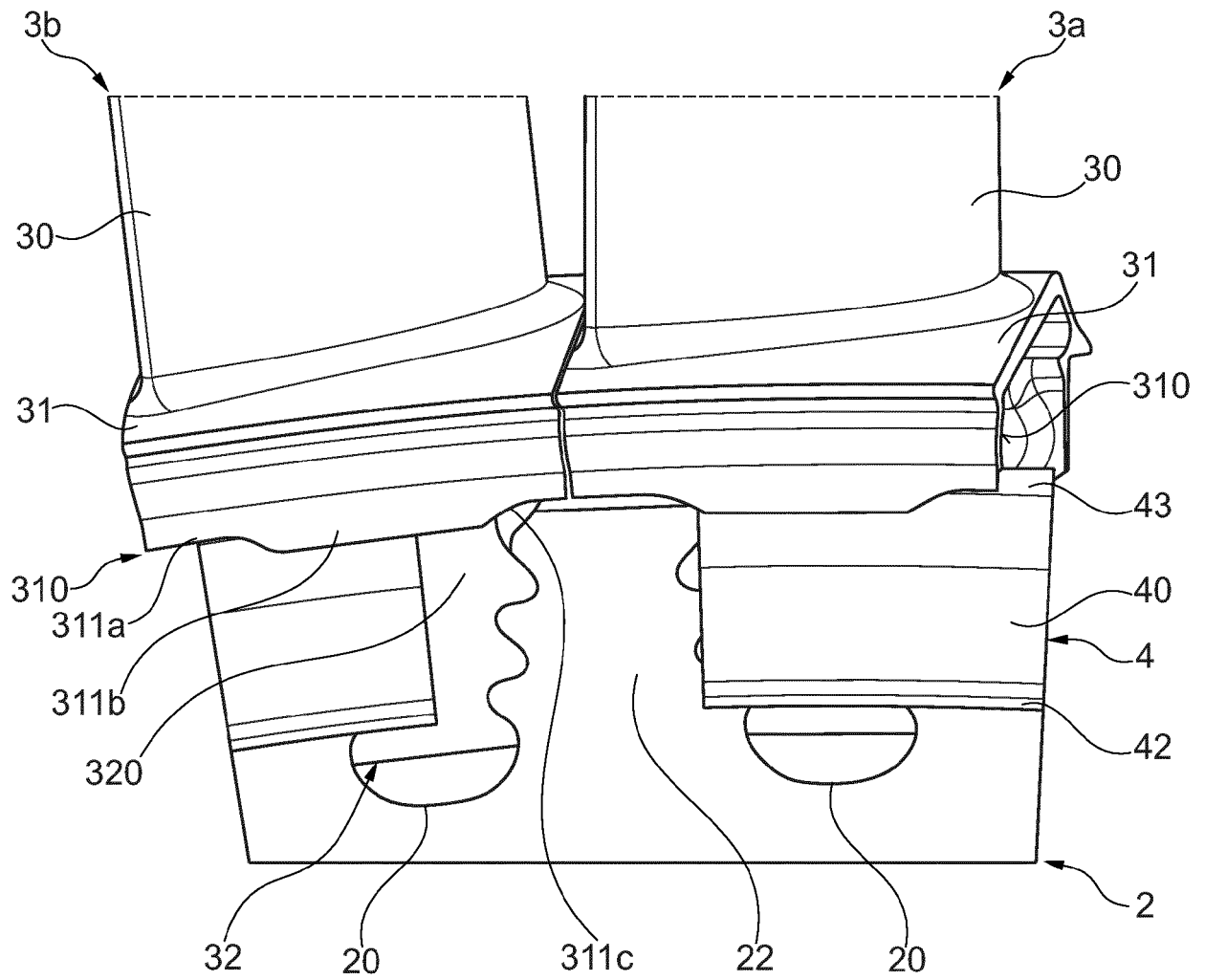


Fig. 2A



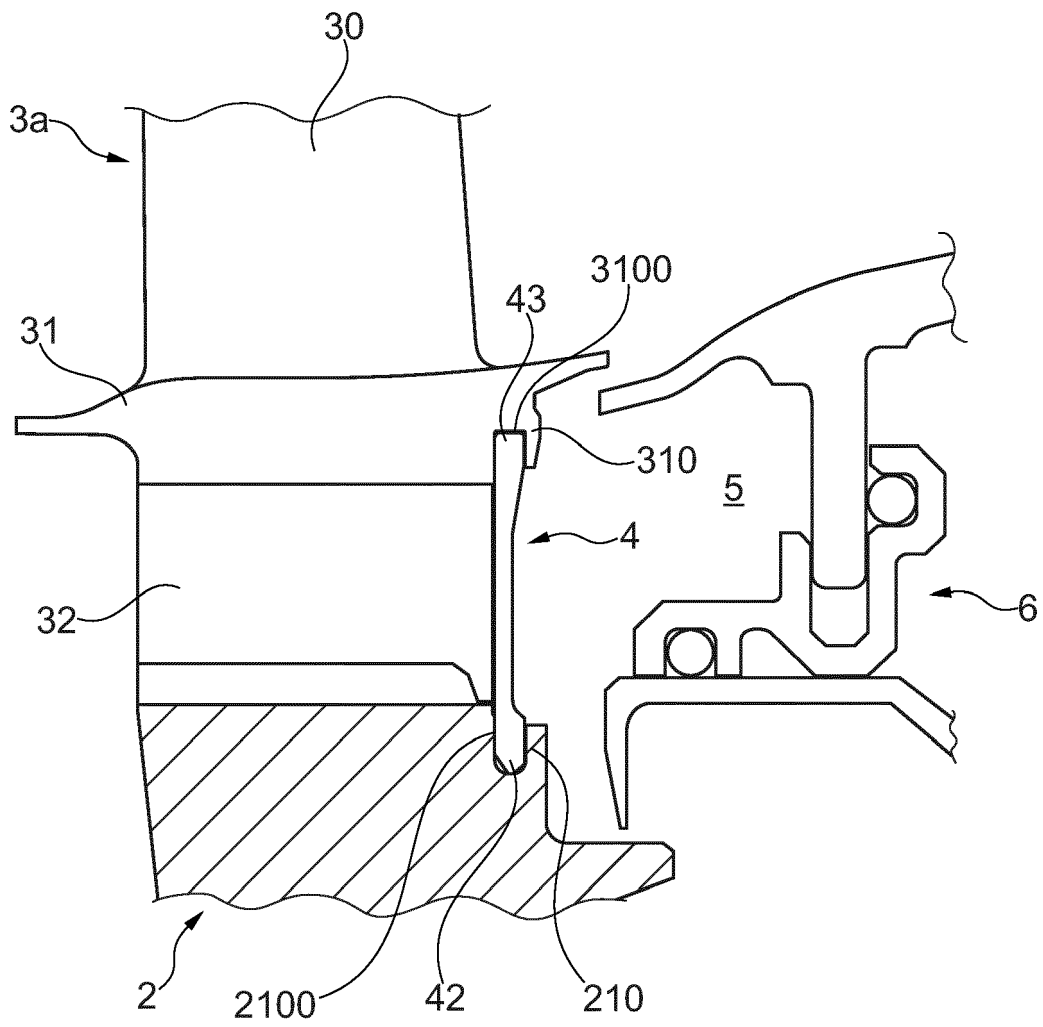


Fig. 3



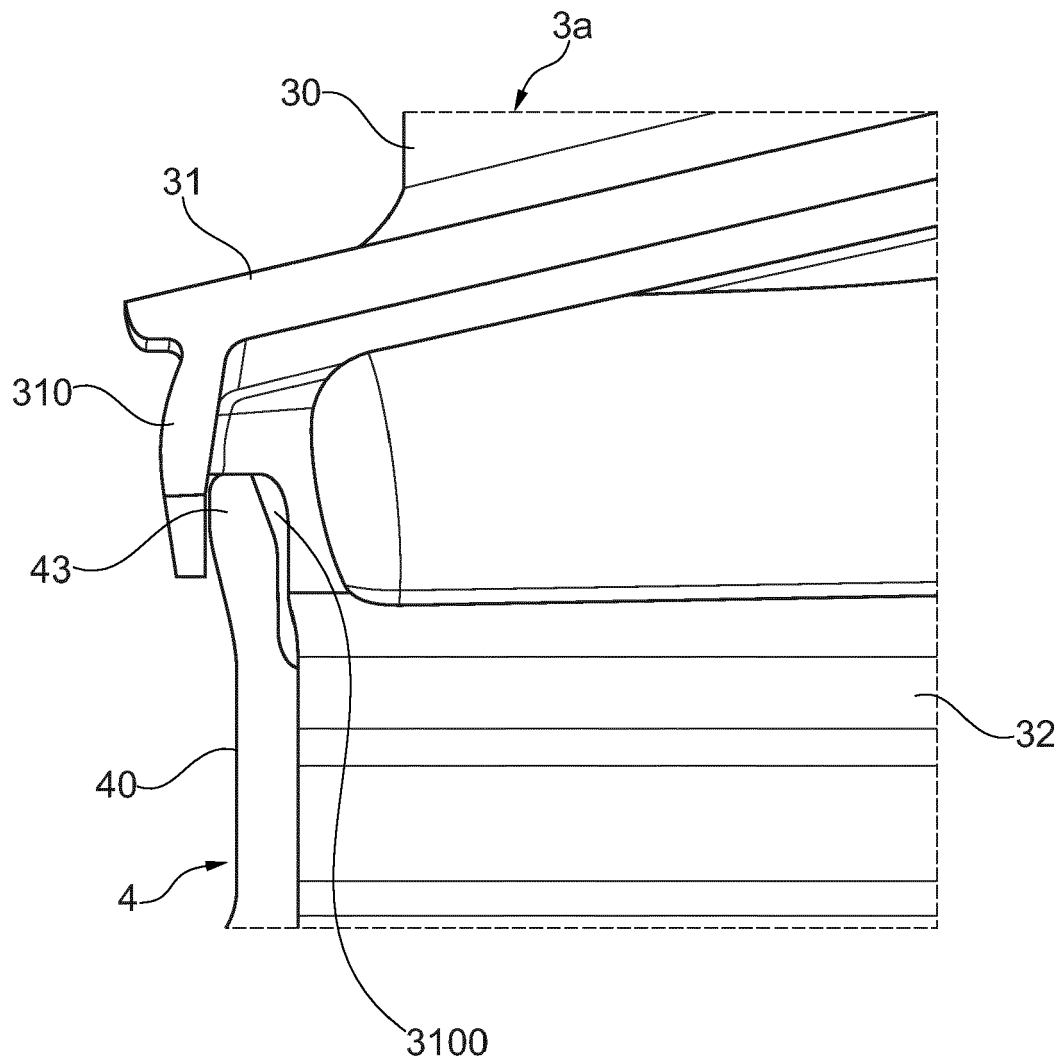


Fig. 4

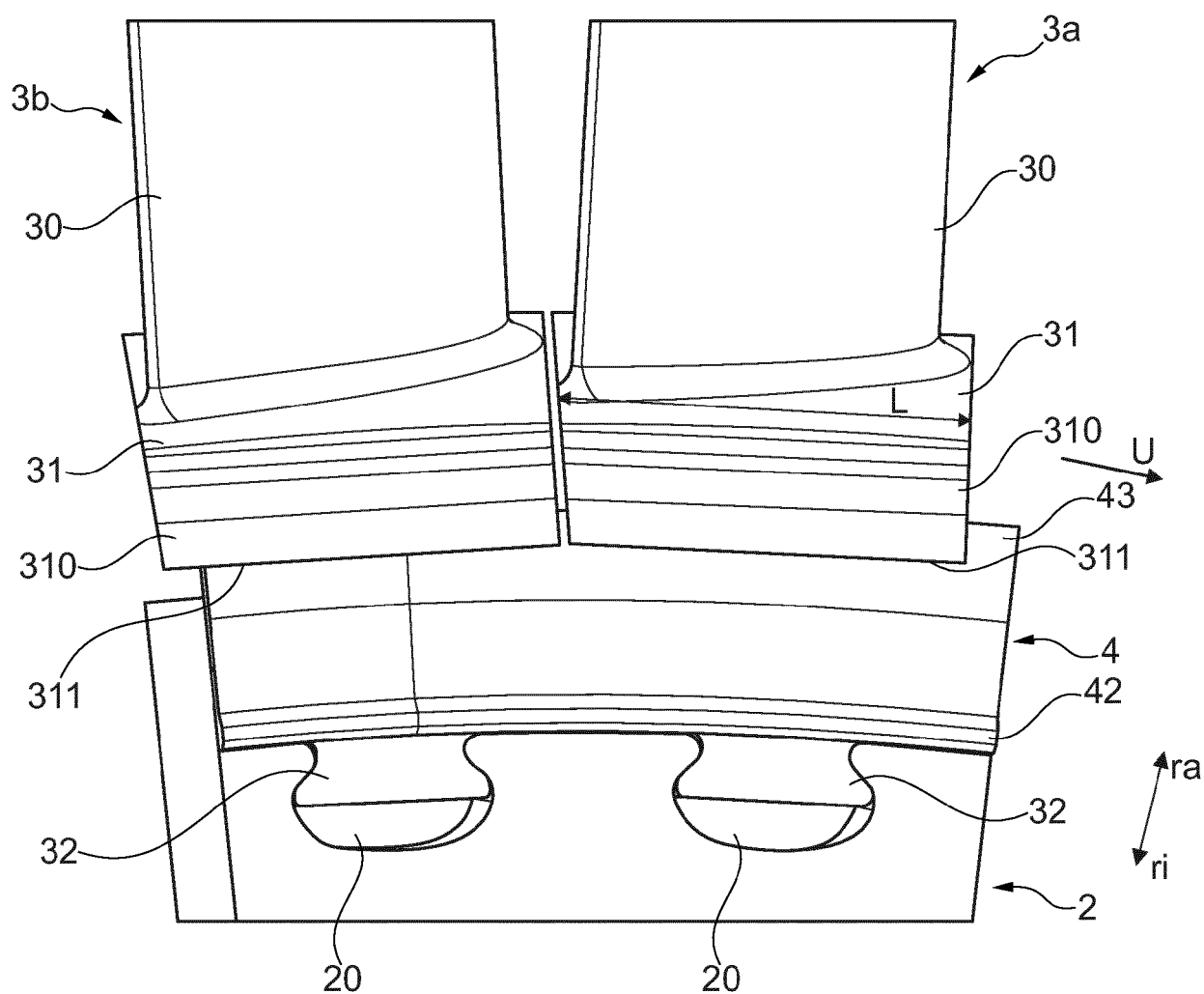


Fig. 5A  
Stand der Technik

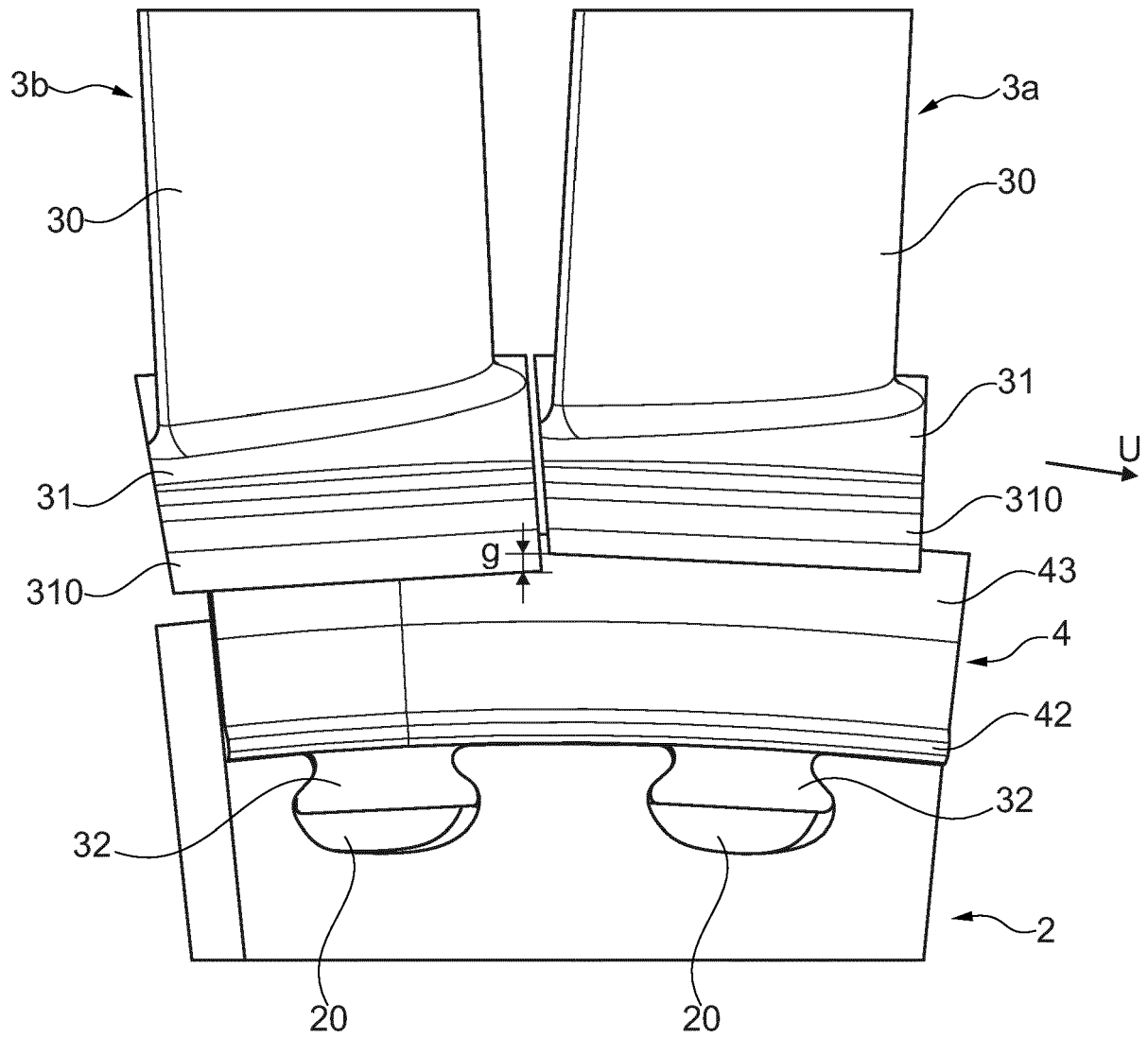


Fig. 5B  
Stand der Technik

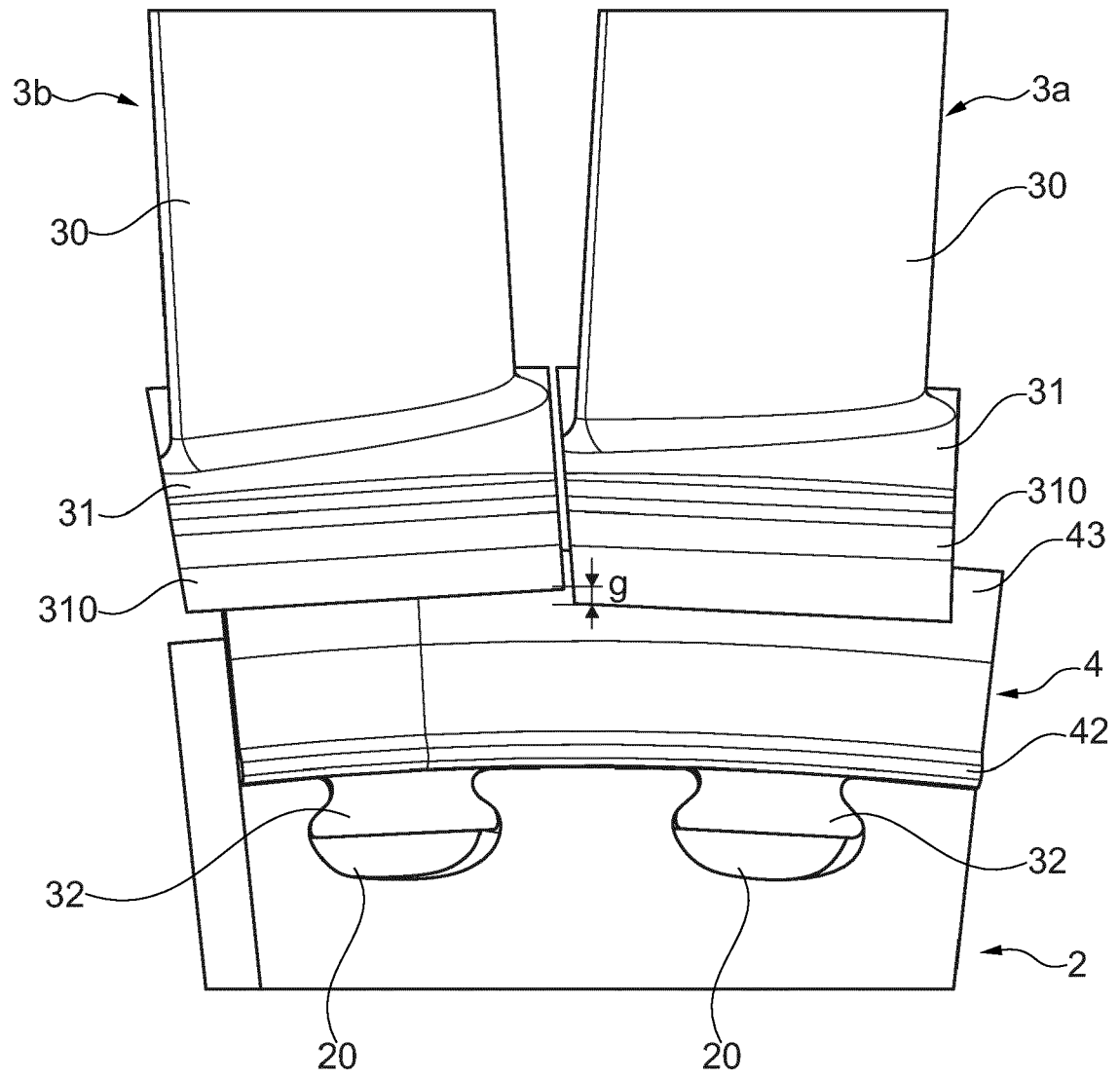
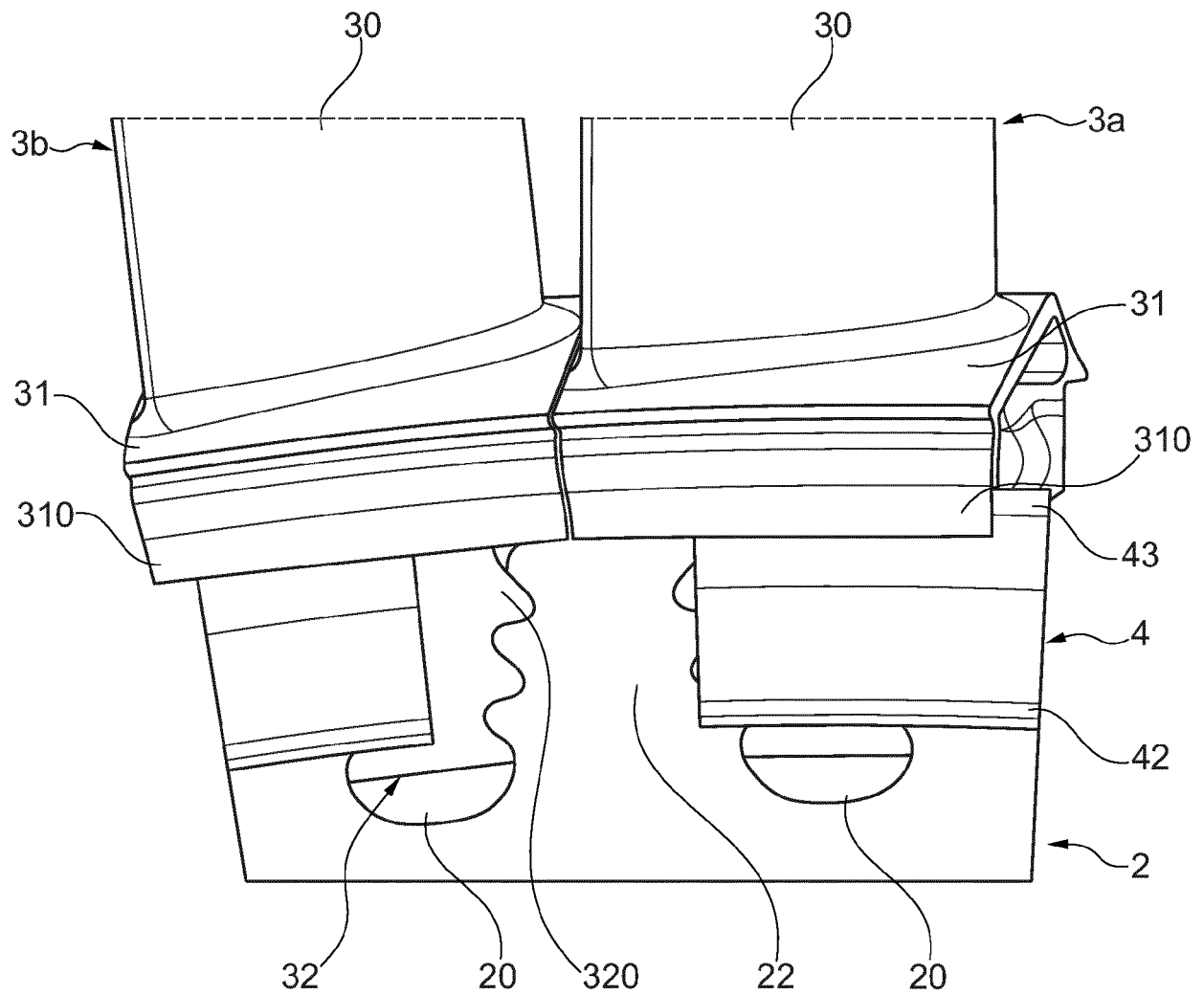


Fig. 5C  
Stand der Technik



**Fig. 5D**  
Stand der Technik

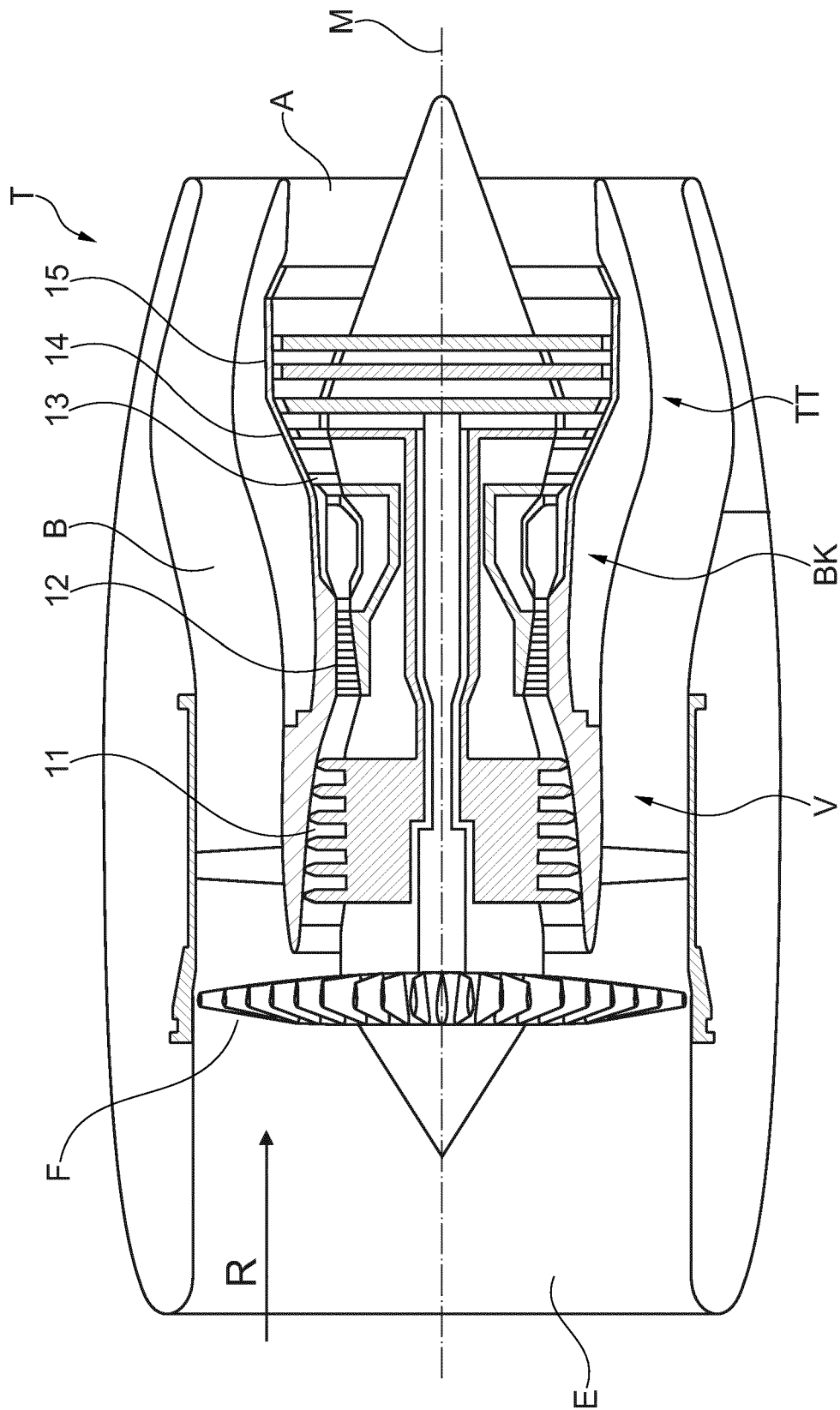


Fig. 6



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 17 16 6817

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                            | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US 2009/116965 A1 (BRILLERT DIETER [DE] ET AL) 7. Mai 2009 (2009-05-07)<br>* Seite 1, Absatz 6; Abbildung 1 *                  | 1-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | INV.<br>F01D5/30                   |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | EP 2 873 807 A1 (SIEMENS AG [DE])<br>20. Mai 2015 (2015-05-20)<br>* Abbildung 2 *                                              | 1-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | EP 2 860 350 A1 (SIEMENS AG [DE])<br>15. April 2015 (2015-04-15)<br>* Abbildung 1 *                                            | 1-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | GB 2 258 273 A (RUSTON GAS TURBINES LTD [GB]; EUROP GAS TURBINES LTD [GB])<br>3. Februar 1993 (1993-02-03)<br>* Abbildung 10 * | 1,2,4-8,<br>10-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | F01D                               |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                | Abschlußdatum der Recherche<br><b>9. August 2017</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Prüfer<br><b>Delaitre, Maxime</b>  |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                    |

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

EP 17 16 6817

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-08-2017

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2009116965 A1                                   | 07-05-2009                    | CN 101258305 A                    | 03-09-2008                    |
|                                                    |                               | EP 1922471 A1                     | 21-05-2008                    |
|                                                    |                               | JP 4646159 B2                     | 09-03-2011                    |
|                                                    |                               | JP 2009507176 A                   | 19-02-2009                    |
|                                                    |                               | US 2009116965 A1                  | 07-05-2009                    |
|                                                    |                               | WO 2007028703 A1                  | 15-03-2007                    |
| EP 2873807 A1                                      | 20-05-2015                    | CN 105765170 A                    | 13-07-2016                    |
|                                                    |                               | EP 2873807 A1                     | 20-05-2015                    |
|                                                    |                               | EP 3071795 A2                     | 28-09-2016                    |
|                                                    |                               | US 2016265378 A1                  | 15-09-2016                    |
|                                                    |                               | WO 2015071070 A2                  | 21-05-2015                    |
| EP 2860350 A1                                      | 15-04-2015                    | CN 105637182 A                    | 01-06-2016                    |
|                                                    |                               | EP 2860350 A1                     | 15-04-2015                    |
|                                                    |                               | EP 3025027 A1                     | 01-06-2016                    |
|                                                    |                               | JP 2016538448 A                   | 08-12-2016                    |
|                                                    |                               | US 2016245107 A1                  | 25-08-2016                    |
|                                                    |                               | WO 2015051957 A1                  | 16-04-2015                    |
| GB 2258273 A                                       | 03-02-1993                    | KEINE                             |                               |

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**

- US 5256035 A [0002] [0003]