

(19)



(11)

EP 3 372 791 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.09.2018 Patentblatt 2018/37

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

(21) Anmeldenummer: **17160274.1**

(22) Anmeldetag: **10.03.2017**

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

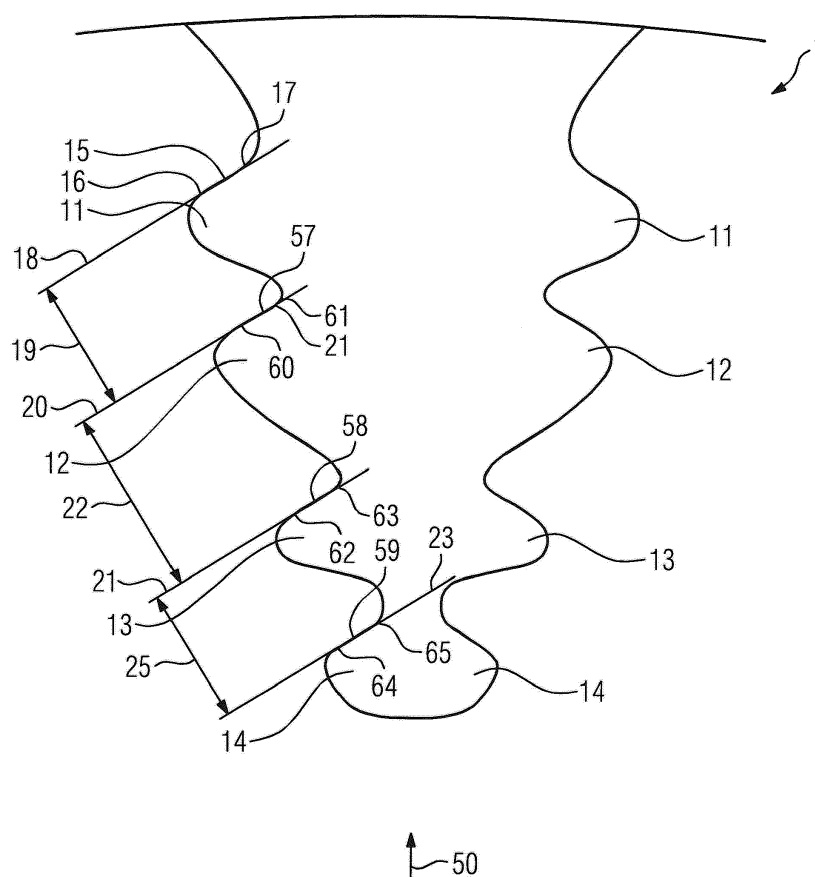
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **DE LAZZER, Armin, Dr.**
45479 Mülheim an der Ruhr (DE)
• **LÜBBE, Bertold**
45473 Mülheim an der Ruhr (DE)
• **NILSSON, Ricardo**
40474 Düsseldorf (DE)

(54) **LAUSCHAUFELBEFESTIGUNG FÜR EINE THERMISCHE STRÖMUNGSMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Lauschaufelbefestigung (1), die geeignet ist für Dampfturbinen, Gasturbinen oder Verdichter, wobei die Fußgeometrie optimal gestaltet ist.

FIG 2



EP 3 372 791 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Laufschaufelbefestigung für eine thermische Strömungsmaschine, umfassend einen Laufschaufelträger als Teil eines Rotors der Strömungsmaschine mit zumindest einer Reihe von umfangsmäßig verteilten Haltenuten für Laufschaufeln,

wobei jede Haltenut zwei einander zugewandte, profilierte Rotor-Seitenwände umfasst, die zur Profilierung jeweils zu mindestens zwei radial beabstandete Rotor-Tragzähne aufweisen, die gemeinschaftlich im Querschnitt senkrecht zur Rotordrehachse betrachtet sich zu einer tannenbaumförmigen Kontur der Haltenut ergänzen und jeweils eine radial nach innen weisende Rotor-Tragflanke umfassen,

wobei in jeder Haltenut ein tannenbaumförmiger Schaufelfuß eine der Laufschaufeln unter Bildung einer Haltenut-Schaufel-Paarung sitzt, dessen jeweilige der jeweiligen Rotor-Seitenwand zugewandte Schaufel-Seitenwand unter Bildung einer Seitenwand-Paarung in korrespondierender Anzahl zu den Rotor-Tragzähnen Schaufel-Tragzähne aufweisen, die an ihrer radial nach außen weisenden Fläche Schaufel-Tragflanken unter Bildung von Tragflanken-Paarungen in entsprechenden Anzahl umfassen, so dass unter Fliehkrafteinwirkung zur Anlage an den entsprechenden Rotor-Tragflanken gelangen, wobei die Tragflanke in im Wesentlichen Umfangsrichtung gesehen einen Anfang und ein Ende aufweist, wobei eine durch den Anfang und das Ende gezogene Gerade einen Tragflankenabstand zu einer zweiten Geraden aufweist, die durch den Anfang und das Ende einer benachbarten Tragflanke gebildet ist.

[0002] Die rotierenden Laufschaufeln in Gas- und Dampfturbinen oder Verdichtern müssen im Rotor verankert werden. Dies erfolgt üblicherweise über geeignete Schaufelfußgeometrien, die über einen Formschluss realisiert werden. Die Verankerung ist umso anspruchsvoller, je größer die zu haltende Fliehkraft der Laufschaufel ist. Daher werden bei zunehmenden Belastungen Schaufelfußdesigns mit möglichst vielen Last-Tragflächen verwendet, um so die auftretenden Kräfte besser zu verteilen, wie z. B. in Tannenfüßen mit mehreren Tragflankenpaaren. Solche Befestigungsformen stellen unter der Annahme von Starrkörpern ein statisch unbestimmtes System dar. Die Belastungssituation an den einzelnen Tragflanken hängt vom individuellen elastischen Verhalten der beiden Komponenten, des Rotors (der Welle) und des Schaufelfusses, ab.

[0003] An die Befestigung der Laufschaufeln an den Rotor werden weitere Anforderungen gestellt. Die geometrischen Verhältnisse, das heißt die Verjüngung des Fußes sowie des Wellensegmentes zwischen den Füßen spielen hierbei eine entscheidende Rolle. So ist die radial äußerste Engstelle des Fußes durch die gesamte Fliehkraft des Blattes belastet, gleichzeitig aber auch durch hochfrequente dynamische Lasten und durch maximale niederzyklische Lasten der Start-Stopp-Zyklen. Die radial äußerste Engstelle des Rotors ist demgegenüber nur durch den über die obere Tragflanke eingeleiteten Fliehkraftanteil belastet und somit in geringerem Maße niederzyklischen Lasten ausgesetzt und in Folge gegenseitiger Abstützung hinsichtlich hochfrequenter dynamischer Lasten entlastet. Dabei variieren die Verhältnisse radial von Tragflanke zu Tragflanke in Folge der spezifischen elastischen Eigenschaften von Welle und Rotor.

[0004] Im Stand der Technik ist die eingangs beschriebene Befestigung von Laufschaufeln an Rotorscheiben eines Rotors bestens bekannt. Bekanntermaßen sitzen die eine Tannenbaumform mit mehreren Tragflanken aufweisenden Schaufelfüße in dazu korrespondierend ausgeführten Haltenuten der Rotorscheibe, so dass Letztere die aufgrund des Betriebs auf die Laufschaufel wirkenden Fliehkkräfte dauerhaft und zuverlässig aufnehmen können. Prinzipiell können dabei nicht die Tragzähne insgesamt gezählt werden, sondern nur die radial zueinander benachbarten Tragzähne, so dass aufgrund der häufig gegebenen Symmetrie der Schaufelfüße jede profilierte Seitenwand des Schaufelfußes in entsprechender Anzahl Tragflanken und Tragzähne aufweist.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Laufschaufelbefestigung anzugeben, mit der eine Lebensdauerverlängerung erreicht wird.

[0006] Gelöst wird dies durch eine Laufschaufelbefestigung gemäß Anspruch 1.

[0007] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0008] Erfindungsgemäß wird demnach die Aufgabe dahingehend gelöst, dass ein Konstruktionsprinzip über geometrische Führungslinien aufgegeben wird. Dadurch, dass die geometrischen Proportionen zwischen den Tragflanken freigegeben werden, lässt sich eine weitergehende gleichzeitige Optimierung in Bezug auf ertragbare Fliehkraftlasten und dynamische Belastbarkeit erreichen.

[0009] Durch die individuelle Anpassung der Parameter Tragflankenbreite, Tragflankenabstand zur nächsten Tragflanke sowie der geometrischen Lage und der benachbarten Fuß- und Nutparameter sind Optimierungen möglich.

[0010] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

[0011] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben. Diese soll die Ausführungsbeispiele nicht maßgeblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterungen dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt.

[0012] Im Hinblick auf Ergänzungen der in der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren, wird auf den einschlägigen

Stand der Technik verwiesen.

[0013] Gleiche Bauteile oder Bauteile mit gleicher Funktion sind dabei mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0014] Es zeigen:

5 Figur 1 eine Schaufelbefestigungsanordnung gemäß dem Stand der Technik,

Figur 2 eine erfindungsgemäße Schaufelbefestigungsanordnung,

10 Figur 3 eine alternative Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schaufelbefestigungsanordnung,

Figur 4 eine weitere alternative Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schaufelbefestigungsanordnung.

[0015] Die Figur 1 zeigt in schematisierter Weise eine Laufschaufelbefestigung 1 für eine thermische Strömungsmaschine. Die Laufschaufelbefestigung 1 umfasst einen Laufschaufelträger 2, der Teil eines Rotors 3 ist. Der Rotor 3 weist
15 zumindest eine Reihe von umfangsmäßig verteilten Haltenuten 4 für Laufschaufeln 5 auf. Jede Haltenut 4 hat zwei zueinander zugewandte, profilierte Rotor-Seitenwände 6, die zur Profilierung jeweils zumindest zwei radial beabstandete Rotor-Tragzähne 7 aufweisen, die gemeinschaftlich im Querschnitt senkrecht zur Rotordrehachse betrachtet (nicht dargestellt) sich zu einer tannenbaumförmigen Kontur 8 der Haltenut 4 ergänzen und jeweils eine radial nach innen weisende Rotor-Tragflanke 9 umfassen. In jeder Haltenut 4 ist ein tannenbaumförmiger Schaufelfuß 10 angeordnet. In
20 jeder Haltenut 4 sitzt ein tannenbaumförmiger Schaufelfuß 10 unter der Bildung einer Haltenut-Schaufel-Paarung, dessen jeweilige der jeweiligen Rotor-Seitenwand 6 zugewandte Schaufel-Seitenwand unter Bildung einer Seitenwand-Paarung in korrespondierender Anzahl zu den Rotor-Tragzähnen 7 Schaufel-Tragzähne aufweisen, die an ihrer radial nach außen weisenden Fläche Schaufel-Tragflanken unter Bildung von Tragflanken-Paarungen in entsprechender Anzahl umfassen, so dass unter Fliehkrafteinwirkung zur Anlage an den entsprechenden Rotor-Tragflanken gelangen.

[0016] Der Schaufelfuß 10 weist einen ersten Zahn 11 auf, der in einer radialen Richtung 50 oben angeordnet ist. Unter dem ersten Zahn 11 ist ein zweiter Zahn 12, ein dritter Zahn 13 und ein vierter Zahn 14 ausgebildet. Der erste Zahn 11 weist eine erste Zahnspitze auf (nicht dargestellt). Der zweite Zahn 12 weist eine zweite Zahnspitze 51 auf. Der dritte Zahn 13 weist eine dritte Zahnspitze 52 auf. Der vierte Zahn 14 weist eine vierte Zahnspitze 54 auf. Durch die zweite Zahnspitze 51, dritte Zahnspitze 52 und vierte Zahnspitze 53 läuft eine Spitzenführungslinie 30. Die Spitzenführungslinie 30 berührt den zweiten Zahn 12, dritten Zahn 13 und vierten Zahn 14 tangential in der zweiten Zahnspitze
30 51, dritte Zahnspitze 52 und entsprechend vierte Zahnspitze 53. Gemäß dem Stand der Technik sind die Schaufelfüße so ausgebildet, dass die Zahnspitzen 51, 52, 53 auf einer Linie, hier der Spitzenführungslinie 30 liegen.

[0017] Zu den Zahnspitzen 51, 52, 53 korrespondieren Nutspitzen 54, 55, 56. Zwischen dem ersten Zahn 11 und dem zweiten Zahn 12 ist eine erste Nutspitze 54 ausgebildet. Zwischen dem zweiten Zahn 12 und dem dritten Zahn 13 ist
35 eine zweite Nutspitze 55 ausgebildet. Zwischen dem dritten Zahn 13 und dem vierten Zahn 14 ist eine dritte Nutspitze 56 ausgebildet. Die erste Nutspitze 54, zweite Nutspitze 55 und dritte Nutspitze 56 ist durch eine Nutspitzenführungslinie 34 miteinander verbunden. Die Nutspitzenführungslinie 34 liegt tangential am Schaufelfuß an 10 an. Gemäß dem Stand der Technik liegen die erste Nutspitze 54, die zweite Nutspitze 55 und die dritte Nutspitze 56 auf einer Linie, hier der Nutspitzenführungslinie 34. Der erste Zahn 11 weist eine erste Tragflanke 15 auf (in Figur 1 nicht dargestellt). Der zweite
40 Zahn 12 weist eine zweite Tragflanke 57 auf. Der dritte Zahn 13 weist eine dritte Tragflanke 58 auf. Der vierte Zahn 14 weist eine vierte Tragflanke 59 auf. Die Tragflanke 15, 57, 58, 59 ist der Bereich, in dem im Betriebszustand Kontakt zwischen dem Schaufelfuß 10 und der Haltenut 4 entsteht. Die Tragflanken 15, 57, 58, 59 sind dadurch durch einen Anfang 16, 60, 62, 64 und einem Ende 17, 61, 63, 65 charakterisiert. So weist die erste Tragflanke 15 einen ersten Anfang 16 ein erstes Ende 17 auf (in Figur 1 nicht dargestellt). Die zweite Tragflanke 57 weist einen zweiten Anfang 60 und ein zweites Ende 61 auf. Die dritte Tragflanke 58 weist einen dritten Anfang 62 und ein drittes Ende 63 auf. Die
45 vierte Tragflanke 59 weist einen vierten Anfang 64 und ein viertes Ende 65 auf.

[0018] Gemäß dem Stand der Technik wie in Figur 1 beschrieben, liegen der erste Anfang 16, der zweite Anfang 60, der dritte Anfang 62 und der vierte Anfang 64 auf einer Geraden, hier einer Anfangstragflankenführungslinie 66. Außerdem liegen gemäß dem Stand der Technik wie in Figur 1 dargestellt das erste Ende 17, das zweite Ende 61, das dritte Ende
50 63 und das vierte Ende 65 auf einer Geraden, hier einer Endentragflankenführungslinie 67. In Figur 1 ist lediglich (aus Gründen der Übersichtlichkeit) links einer Symmetrieachse 68 die Anfangstragflankenführungslinie 66, Endentragflankenführungslinie 67, Nutspitzenführungslinie 34, Spitzenführungslinie 30 dargestellt.

[0019] Die Figur 2 zeigt eine erfindungsgemäße Laufschaufelbefestigung 1. Die erfindungsgemäße Laufschaufelbefestigung 1 umfasst einen ersten Zahn 11, einen zweiten Zahn 12, einen dritten Zahn 13 und einen vierten Zahn 14. Die Tragflanke 15 weist einen Anfang 16 und ein Ende 17 auf, wobei eine durch den Anfang 16 und das Ende 17 gezogene Gerade 18 einen Tragflankenabstand 19 zu einer zweiten Geraden 20 aufweist, die durch den Anfang und das Ende einer benachbarten Tragflanke gebildet ist. Die Laufschaufelbefestigung 1 ist charakterisiert durch eine dritte Gerade 21, die einen zweiten Tragflankenabstand 22 zur zweiten Gerade 20 bildet 20 bildet.

[0020] Desweiteren ist die Laufschaufelbefestigung 1 durch eine vierte Gerade 23 charakterisiert, die durch einen Anfang 64 und Ende 65 einer vierten Tragflanke 59 gebildet ist. Die vierte Gerade 23 ist unter einem dritten Tragflankenabstand 25 zur dritten Gerade 21 beabstandet. Der Tragflankenabstand 19 ist kleiner als der zweite Tragflankenabstand 22. Der zweite Tragflankenabstand 22 ist größer als der dritte Tragflankenabstand 25. Der dritte Tragflankenabstand 25 ist in einer ersten Ausführungsform genau so groß wie der Tragflankenabstand 19. In einer zweiten Ausführungsform ist der Tragflankenabstand 19 unterschiedlich zum dritten Tragflankenabstand 25 ausgebildet.

[0021] Die Figur 3 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Laufschaufelbefestigung 1. Durch die Zahnspitze 26 des ersten Zahns 27 und der Zahnspitze 53 des untersten Zahns 29 ist eine Spitzenführungslinie 30 gebildet. Die erfindungsgemäße Laufschaufelbefestigung 1 ist dadurch charakterisiert, dass die zweite Zahnspitze 51 und dritte Zahnspitze 52 zwischen dem ersten Zahn 27 und untersten Zahn 29 nicht auf der Spitzenführungslinie 30 liegt.

[0022] Die Laufschaufelbefestigung 1 umfasst eine erste Nutspitze 54 einer ersten Nut und der dritten Nutspitze 56 einer untersten Nut, wobei durch die erste Nutspitze 54 und der dritten Nutspitze 56 eine Nutspitzenführungslinie 34 gebildet ist, wobei die Nutspitze zwischen der ersten und untersten Nut nicht auf der Nutspitzenführungslinie 34 liegt.

[0023] Die Laufschaufelbefestigung 1 umfasst einen Anfang 16 einer Tragflanke 15 sowie ein Ende 17 einer Tragflanke 15. Der Anfang 16 der Tragflanke 15 am ersten Zahn 11 und der Anfang 14 der Tragflanke 59 am untersten Zahn 14 bilden eine Anfangstragflankenführungslinie 66, wobei der Anfang 62 und 60 der Tragflanken 57 und 58 nicht auf der Anfangstragflankenführungslinie 66 liegen.

[0024] Die Figur 4 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform der Laufschaufelbefestigung 1. Zwischen zwei Zähnen ist eine Fußhalsbreite (FHB) definiert, wobei in der in Figur 4 dargestellten Ausführungsform eine erste Fußhalsbreite (FHB1), eine zweite Fußhalsbreite (FHB2), eine dritte Fußhalsbreite (FHB3) und eine vierte Fußhalsbreite (FHB4) ausgebildet ist. Zwischen zwei Nuten ist eine Nutbreite (NB) definiert, wobei in der in Figur 4 dargestellten Ausführungsform eine erste Nutbreite (NB1), eine zweite Nutbreite (NB2), eine dritte Nutbreite (NB3) und eine vierte Nutbreite (NB4) ausgebildet ist.

[0025] Die Tragflanken der Zähne weisen eine Tragflankenbreite (TFB) auf, wobei in der in Figur 4 dargestellten Ausführungsform eine erste Tragflankenbreite (TFB1), eine zweite Tragflankenbreite (TFB2), eine dritte Tragflankenbreite (TFB3) und eine vierte Tragflankenbreite (TFB4) ausgebildet ist. Zwischen den Nuten ist eine Nutbreite (NB) definiert, wobei in der in Figur 4 dargestellten Ausführungsform eine erste Nutbreite (NB1), eine zweite Nutbreite (NB2), eine dritte Nutbreite (NB3) und eine vierte Nutbreite (NB4) ausgebildet ist.

[0026] Die Zähne 11, 12, 13, 14 sind durch eine Fußzahnhöhe (FZH) definiert, wobei der Anfang der Fußzahnhöhe mit dem Anfang einer Tragflanke übereinstimmt und in senkrechter Richtung bis zur Nut geht. In dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel ist eine erste Fußzahnhöhe (FZH1), eine zweite Fußzahnhöhe (FZH2), eine dritte Fußzahnhöhe (FZH3) und eine vierte Fußzahnhöhe (FZH4) ausgebildet.

[0027] Die Nuten sind durch eine Nutzahnhöhe (NZH) definiert, wobei der Anfang einer Nutzahnhöhe mit dem Ende einer Tragflanke übereinstimmt und in senkrechter Richtung bis zur nächsten Nut geht. In dem in Figur 4 dargestellten Beispiel ist eine erste Nutzahnhöhe (NZH1), eine zweite Nutzahnhöhe (NZH2), eine dritte Nutzahnhöhe (NZH3) und eine vierte Nutzahnhöhe (NZH4) ausgebildet.

[0028] Es gelten folgende Beziehungen:

$$\frac{NB1}{2} : TFB1 = 3,7 \text{ bis } 4,2 ; \quad \frac{NB2}{2} : TFB2 = 3,7 \text{ bis } 4,2 ; \quad \frac{NB3}{2} : TFB3 = 3,7 \text{ bis } 4,2 ;$$

$$\frac{NB4}{2} : TFB4 = 3,2 \text{ bis } 4,2$$

[0029] Des Weiteren gilt folgende Beziehung:

$$\begin{aligned} NZH1:FZH1 &= 1,30 \text{ bis } 2,30, \\ NZH2:FZH2 &= 0,7 \text{ bis } 1,2, \\ NZH3:FZH3 &= 0,6 \text{ bis } 1,1, \\ NZH4:FZH4 &= 0,72 \text{ bis } 1,2 \end{aligned}$$

[0030] Des Weiteren gilt folgende Beziehung:

$$\frac{NZH1}{FZH1} \text{ und } \frac{NZH4}{FZH4} > \frac{NZH2}{FZH2} \text{ und } \frac{NZH3}{FZH3} \text{ sowie } \frac{NZH1}{FZH1} > \frac{NZH4}{FZH4}.$$

[0031] Des Weiteren gilt folgende Beziehung:

$$\frac{FZH1}{TFB1} = 1,0 \text{ bis } 2,0,$$

$$\frac{FZH2}{TFB2} = 1,75 \text{ bis } 2,75,$$

$$\frac{FZH3}{TFB3} = 2,5 \text{ bis } 3,5,$$

$$\frac{FZH4}{TFB4} = 2,5 \text{ bis } 2,5.$$

[0032] Des Weiteren gilt folgende Beziehung:

$$\frac{FZH3}{TFB3} \text{ und } \frac{FZH4}{TFB4} > \frac{FZH1}{TFB1} \text{ und } \frac{FZH2}{TFB2}.$$

[0033] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Laufschaufelbefestigung (1)

für eine thermische Strömungsmaschine,

umfassend einen Laufschaufelträger (2) als Teil eines Rotors (3) der Strömungsmaschine mit zumindest einer Reihe von umfangsmäßig verteilten Haltenuten (4) für Laufschaufeln (5), wobei jede Haltenut (4) zwei einander zugewandte, profilierte Rotor-Seitenwände (6) umfasst, die zur Profilierung jeweils zumindest zwei radial beabstandete Rotor-Tragzähne (7) aufweisen, die gemeinschaftlich im Querschnitt senkrecht zur Rotordrehachse betrachtet sich zu einer tannenbaumförmigen Kontur (8) der Haltenut (4) ergänzen und jeweils eine radial nach innen weisende Rotor-Tragflanke (9) umfassen,

wobei in jeder Haltenut (4) ein tannenbaumförmiger Schaufelfuß (10) eine der Laufschaufeln (5) unter Bildung einer Haltenut-Schaufel-Paarung sitzt, dessen jeweilige der jeweiligen Rotor-Seitenwand (6) zugewandte Schaufel-Seitenwand unter Bildung einer Seitenwand-Paarung in korrespondierender Anzahl zu den Rotor-Tragzähnen (7) Schaufel-Tragzähne aufweisen, die an ihrer radial nach außen weisenden Fläche Schaufel-Tragflanken unter Bildung von Tragflanken-Paarungen in entsprechenden Anzahl umfassen, so dass unter Fliehkrafteinwirkung zur Anlage an den entsprechenden Rotor-Tragflanken (9) gelangen,

wobei die Tragflanke (15) in im Wesentlichen Umfangsrichtung gesehen einen Anfang (16) und ein Ende (17) aufweist,

wobei eine durch den Anfang (16) und das Ende (17) gezogene Gerade (18) einen Tragflankenabstand (19) zu einer zweiten Geraden (20) aufweist,

die durch den Anfang (16) und das Ende (17) einer benachbarten Tragflanke gebildet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Tragflankenabstände unterschiedlich sind.

2. Laufschaufelbefestigung (1) nach Anspruch 1,

wobei der Rotor (3) in radialer Richtung gesehen einen ersten Zahn (11) und einen zweiten Zahn (12), einen dritten Zahn (13) und einen vierten Zahn (14) aufweist,

wobei zwischen dem ersten (11) und zweiten Zahn (12) ein erster Tragflankenabstand (21) ausgebildet ist,

wobei zwischen dem zweiten (12) und dritten Zahn (13) ein zweiter Tragflankenabstand (22) ausgebildet ist,

wobei zwischen dem dritten (13) und vierten Zahn (14) ein dritter Tragflankenabstand (25) ausgebildet ist,

wobei $22 > 21$ und $22 > 25$ gilt.

3. Laufschaufelbefestigung (1) nach Anspruch 2,
wobei $21=25$ gilt.
- 5 4. Laufschaufelbefestigung (1) nach Anspruch 2,
wobei $21<25$ oder $22<23$ gilt.
- 10 5. Laufschaufelbefestigung (1) nach Anspruch 1,
wobei durch die Zahnspitze (26) des ersten Zahnes (11) und der Zahnspitze (53) des untersten Zahnes (14) eine
Spitzenführungslinie (30) gebildet ist,
wobei die Zahnspitzen (51, 52) des zwischen dem ersten (11) und untersten Zahn (14) angeordneten Zahn nicht
auf der Spitzenführungslinie (30) liegen.
- 15 6. Laufschaufelbefestigung (1) nach Anspruch 5,
wobei zwischen dem ersten Zahn (11) und dem untersten Zahn (14) ein zweiter (12) und ein dritter Zahn (13)
angeordnet sind,
wobei die Zahnspitzen (51) der zwischen dem ersten (11) und untersten Zahn (14) angeordneten zweiten (12) und
dritten Zähne (13) nicht auf der Spitzenführungslinie (30) liegen.
- 20 7. Laufschaufelbefestigung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei durch die Nutspitze (54) der ersten Nut und der Nutspitze (56) der untersten Nut eine Nutspitzenführungslinie
(34) gebildet ist,
wobei die Nutspitze (55) des zwischen der ersten und untersten Nut angeordneten Nut nicht auf der Nutspitzen-
führungslinie (34) liegt.
- 25 8. Laufschaufelbefestigung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
wobei zwischen der ersten Nut und der untersten Nut eine zweite und eine dritte Nut angeordnet sind,
wobei die Nutspitzen (55) der zwischen der ersten und untersten Nut angeordneten zweiten und dritten Nut nicht
auf der Nutspitzenführungslinie (34) liegen.
- 30 9. Laufschaufelbefestigung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der erste Anfang (16) der Tragflanke (15) am ersten Zahn (11) und der vierte Anfang (64) der Tragflanke (59)
am untersten Zahn (14) eine Anfangstragflankenführungslinie (66) bilden,
wobei der Anfang (60, 62) der Tragflanke (57, 58) des zwischen dem ersten (11) und untersten Zahn (14) angeord-
neten Zahnes nicht auf der Anfangstragflankenführungslinie (66) liegen.
- 35 10. Laufschaufelbefestigung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das Ende (17) der Tragflanke (15) am ersten Zahn (11) und das Ende (65) der Tragflanke (59) am untersten
Zahn (14) eine Endentragflankenführungslinie (67) bilden,
wobei das Ende (61, 63) der Tragflanken (57, 58) zwischen dem ersten (11) und untersten Zahn (14) angeordneten
Zahnes nicht auf der Endentragflankenführungslinie (67) liegen.
- 40 11. Laufschaufelbefestigung (1) nach Anspruch 1,
wobei die Laufschaufel (5) in radialer Richtung (50) gesehen übereinander angeordnet einen oberen ersten Zahn
(11), einen zweiten Zahn (12), einen dritten Zahn (13) einen vierten Zahn (14) aufweisen,
45 wobei zwischen den Zähnen (11, 12, 13, 14) jeweils eine Nut angeordnet ist,
wobei zwischen dem ersten Zahn (11) eine erste Fußhalsbreite (FHB1) ausgebildet ist,
wobei zwischen dem zweiten Zahn (12) eine zweite Fußhalsbreite (FHB2) ausgebildet ist,
wobei zwischen den dritten Zahn (13) eine dritte Fußhalsbreite (FHB3) ausgebildet ist,
wobei zwischen dem vierten Zahn (14) eine vierte Fußhalsbreite (FHB4) ausgebildet ist,
50 wobei die Länge der ersten Tragflanke (15) eine erste Tragflankenbreite (TFB1) beträgt,
wobei die Länge der zweiten Tragflanke (57) eine zweite Tragflankenbreite (TFB2) beträgt,
wobei die Länge der dritten Tragflanke (58) eine dritte Tragflankenbreite (TFB3) beträgt,
wobei die Länge der vierten Tragflanke (59) eine vierte Tragflankenbreite (TFB4) beträgt,
wobei der erste Zahn (11) in eine erste Nut ragt,
55 wobei die erste Nut einen Abstand von einer ersten Nutbreite (NB1) aufweist,
wobei der zweite Zahn (12) in eine zweite Nut ragt,
wobei die zweite Nut einen Abstand von einer zweiten Nutbreite (NB2) aufweist,
wobei der dritte Zahn (13) in eine dritte Nut ragt,

EP 3 372 791 A1

wobei die dritte Nut einen Abstand von einer dritten Nutbreite (NB3) aufweist,
wobei der vierte Zahn (14) in eine vierte Nut ragt,
wobei die vierte Nut einen Abstand von einer vierten Nutbreite (NB4) aufweist,
wobei der Anfang (16) einer Tragflanke (15) einen Anfangspunkt einer Fußzahnhöhe (FZH) bildet,
wobei die Fußzahnhöhe (FZH) sich in radialer Richtung (50) bis zur Nut erstreckt,
wobei das Ende (17) einer Tragflanke (15) einen Anfangspunkt einer Nutzahnhöhe (NZH) bildet,
wobei die Nutzahnhöhe sich in radialer Richtung bis zum Schaufeltragzahn erstreckt,
wobei gilt:

$$\frac{NB1}{2} : TFD1 = 3,7 \text{ bis } 4,2 ; \quad \frac{NB2}{2} : TFD2 = 3,7 \text{ bis } 4,2 ; \quad \frac{NB3}{2} : TFD3 = 3,7 \text{ bis } 4,2 ;$$

$$\frac{NB4}{2} : TFD4 = 3,2 \text{ bis } 4,2 .$$

12. Laufschaufelbefestigung (1) nach Anspruch 11, wobei gilt:

NZH1:FZH1 = 1,30 bis 2,30,
NZH2:FZH2 = 0,7 bis 1,2,
NZH3:FZH3 = 0,6 bis 1,1,
NZH4:FZH4 = 0,7 bis 1,2.

13. Laufschaufelbefestigung (1) nach Anspruch 12, wobei gilt:

$$\frac{NZH1}{FZH1} \text{ und } \frac{NZH4}{FZH4} > \frac{NZH2}{FZH2} \text{ und } \frac{NZH3}{FZH3} \text{ und } \frac{NZH1}{FZH1} > \frac{NZH4}{FZH4} .$$

14. Laufschaufelbefestigung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche
wobei gilt:

$$\frac{FZH1}{TFB1} = 1,0 \text{ bis } 2,0,$$

$$\frac{FZH2}{TFB2} = 1,75 \text{ bis } 2,75,$$

$$\frac{FZH3}{TFB3} = 2,5 \text{ bis } 3,5,$$

$$\frac{FZH4}{TFB4} = 2,5 \text{ bis } 2,5.$$

15. Laufschaufelbefestigung (1) nach Anspruch 14, wobei gilt:

$$\frac{FZH3}{TFB3} \text{ und } \frac{FZH4}{TFB4} > \frac{FZH1}{TFB1} \text{ und } \frac{FZH2}{TFB2} .$$

FIG 1

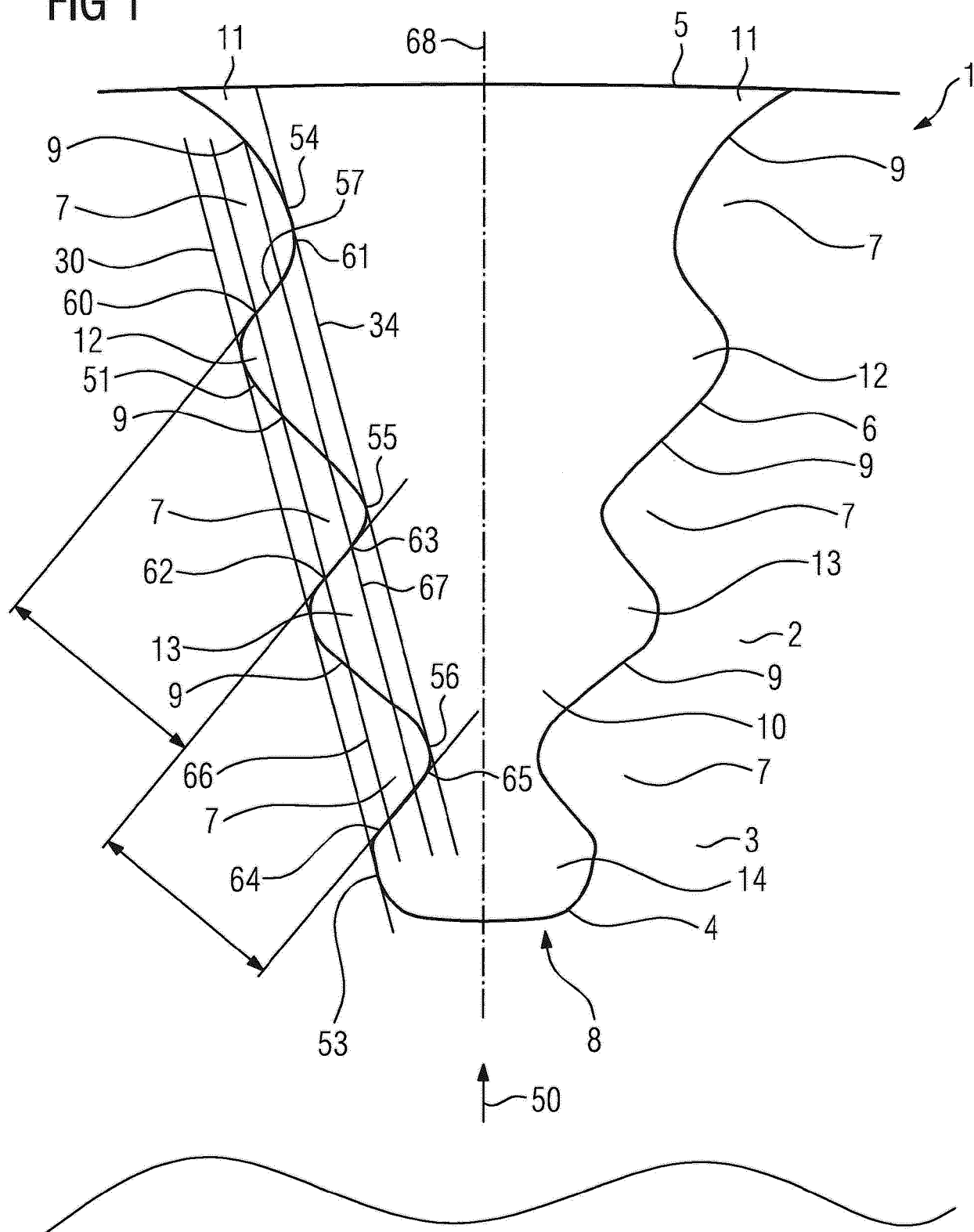


FIG 2

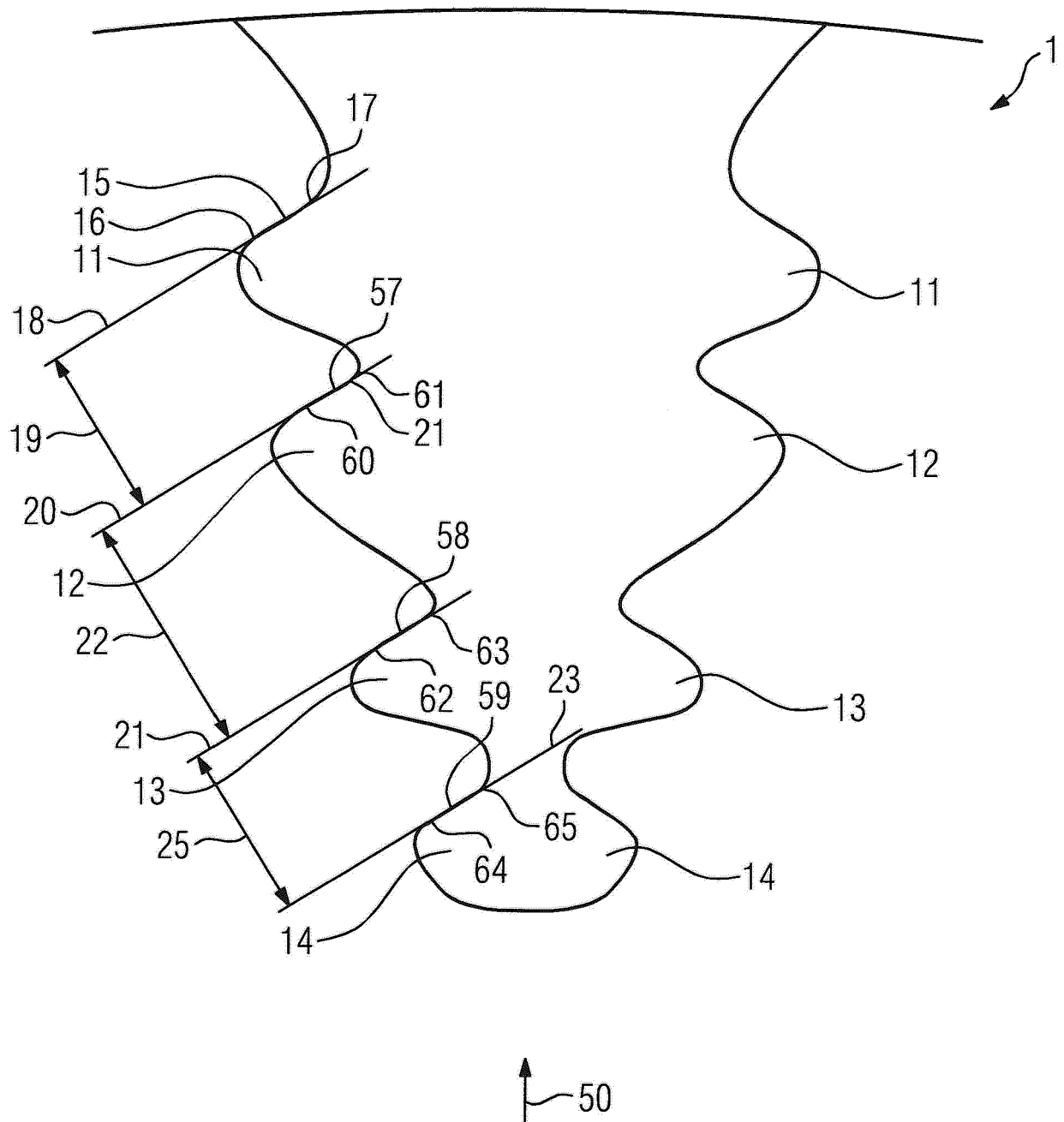


FIG 3

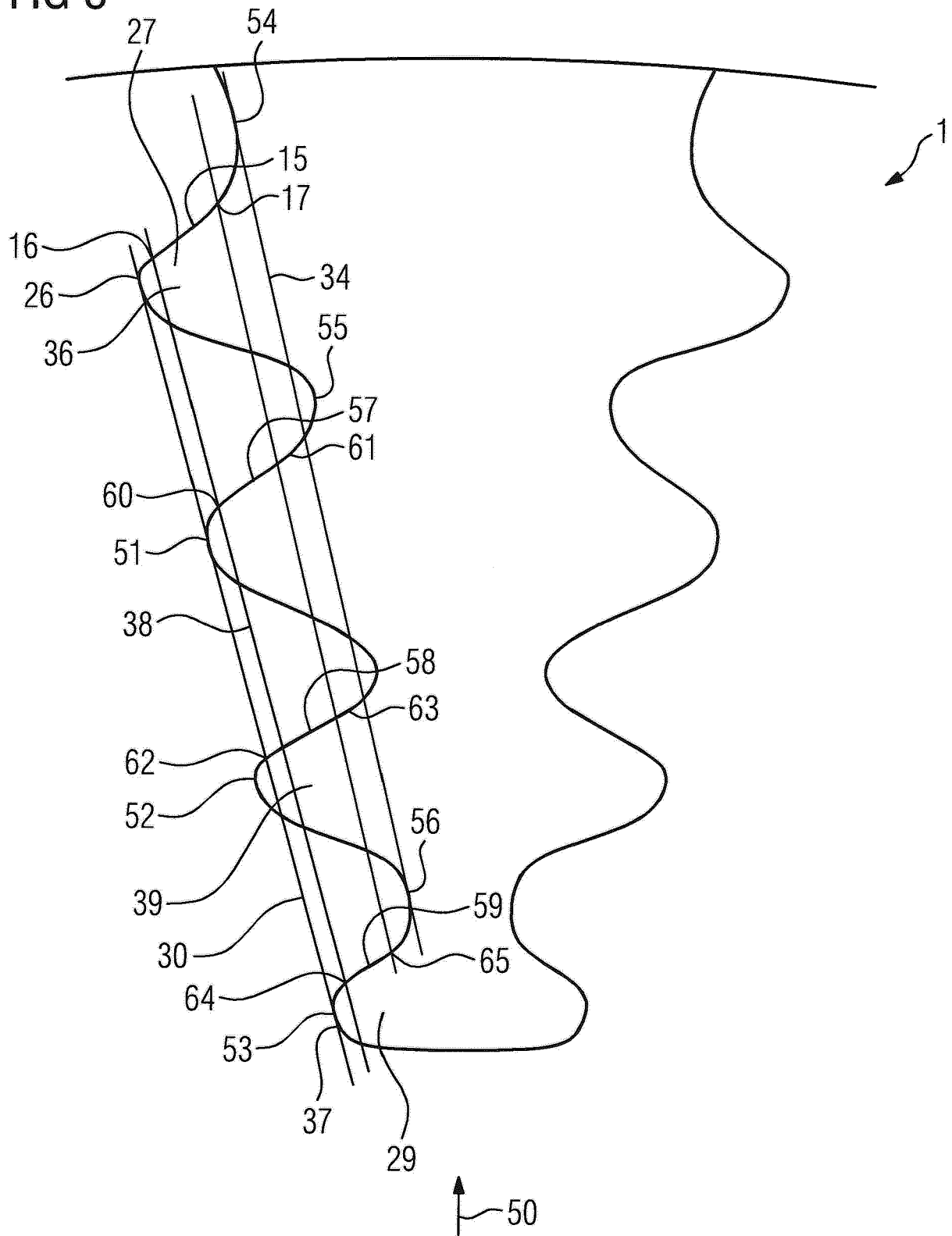
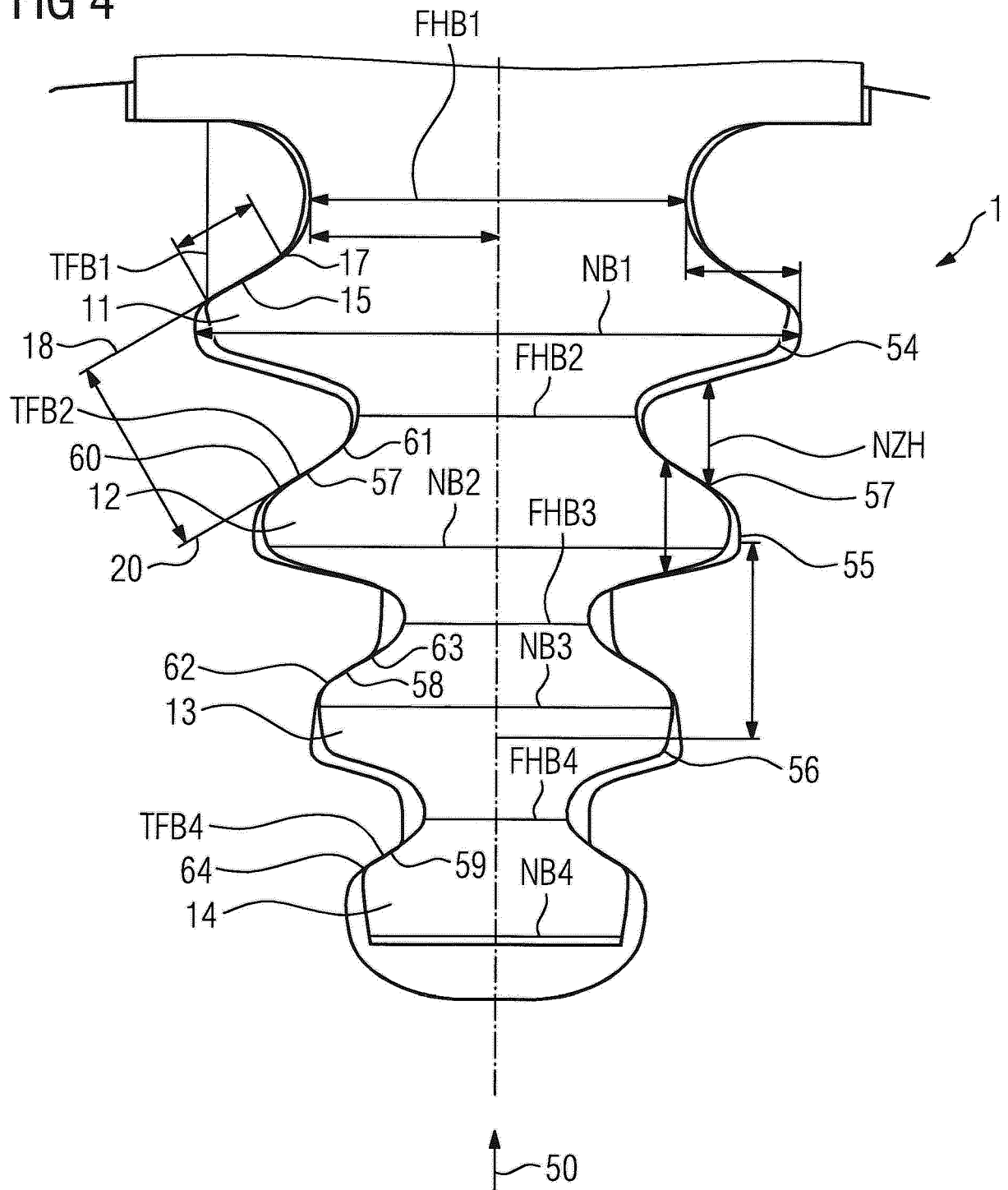


FIG 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 16 0274

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	CH 705 325 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 31. Januar 2013 (2013-01-31)	1-4,9-15	INV. F01D5/30
Y	* Zusammenfassung * * Absatz [0004] * * Absatz [0009] - Absatz [0016] * * Absatz [0022] * * Absatz [0028] * * Abbildungen *	5-8	
Y	----- US 2014/338364 A1 (JOHNS DAVID RICHARD [US] ET AL) 20. November 2014 (2014-11-20) * Zusammenfassung * * Absatz [0028] - Absatz [0029] * * Abbildungen 5,7,9,11, *	5-8	
X	----- CN 2 809 222 Y (DONGFANG STEAM TURBINE WORKS [CN]) 23. August 2006 (2006-08-23) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1,2 * -----	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01D
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. August 2017	Prüfer Mielimonka, Ingo
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 17 16 0274

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

25-08-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	CH 705325 A1	31-01-2013	KEINE	
15	US 2014338364 A1	20-11-2014	CH 708062 A2	28-11-2014
			DE 102014106243 A1	20-11-2014
			JP 2014224531 A	04-12-2014
			US 2014338364 A1	20-11-2014
20	CN 2809222 Y	23-08-2006	KEINE	
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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