

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. Juni 2010 (10.06.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/063518 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F01D 5/04 (2006.01) F04D 29/28 (2006.01)
F01D 5/16 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/064141
- (22) Internationales Anmeldedatum:
27. Oktober 2009 (27.10.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2008 059 874.7
1. Dezember 2008 (01.12.2008) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KAUFMANN, Andre [DE/DE]; Rilkeweg 22, 88255 Baienfurt (DE). KLAUS, Michael [DE/DE]; Oberweickenhof 26, 92355 Velburg (DE). KRONSCHNABL, Florian [DE/DE]; Westendstraße 1b, 93049 Regensburg (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH; Postfach 22 16 39, 80506 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: GEOMETRIC DESIGN OF ROTOR BLADES OF A TURBOCHARGER

(54) Bezeichnung : GEOMETRISCHE GESTALTUNG DER LAUFRADSCHAUFELN EINES TURBOLADERS

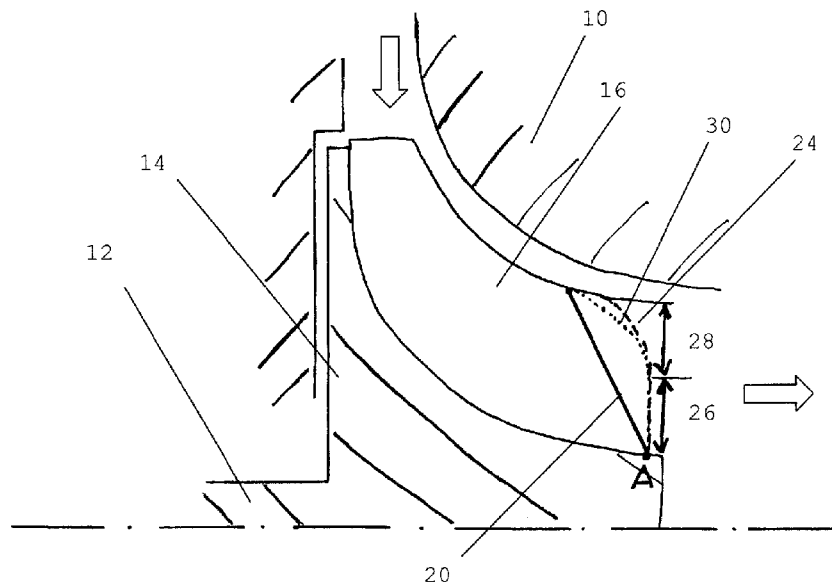


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a blade (16) of a rotor (14) of a turbocharger: wherein the blade has a non-linear reduction of the axial length at least in one or more sections on the trailing edge (24, 30) thereof in the meridional view in the case of a turbine blade, or the leading edge thereof in the case of a compressor blade, and wherein the respective section and the reduction of the axial length of the blade is selected such that the blade has a predetermined ratio of natural frequencies and an efficiency loss of the blade or rotor.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2010/063518 A1

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft eine Schaufel (16) eines Laufrads (14) eines Turboladers: wobei die Schaufel in der Meridionalansicht an ihrer Austrittskante (24, 30) bei einer Turbinenradschaufel bzw. an ihrer Eintrittskante bei einer Verdichterradschaufel zumindest in einem oder mehreren Abschnitten eine nicht-lineare Reduzierung der axialen Länge aufweist, und wobei der jeweilige Abschnitt und die Reduzierung der axialen Länge der Schaufel derart gewählt ist, so dass die Schaufel ein vorbestimmtes Verhältnis aus Eigenfrequenzen und einem Wirkungsgradverlust der Schaufel bzw. des Laufrads aufweist.

Beschreibung

Geometrische Gestaltung der Laufradschaufeln eines Turboladers

5

Die Erfindung betrifft eine Schaufel bzw. die Beschaukelung für ein Laufrad eines Turboladers, beispielsweise für ein Turbinenlaufrad oder ein Verdichterlaufrad.

10 Ein Turbolader weist im Allgemeinen eine Turbine und einen Verdichter auf. Das Laufrad der Turbine wird hierbei über den Abgasmassenstrom angetrieben und treibt wiederum ein Laufrad des Verdichters an, welcher Frischluft verdichtet und einer Brennkraftmaschine zuführt. Beide Laufräder sind hierbei auf
15 einer gemeinsamen Welle angeordnet. Sind die Laufräder dabei beispielsweise nicht genau ausgewuchtet, so können ungewollte Vibrationen entstehen.

Des Weiteren unterliegen beispielsweise Turbinenschaufeln in
20 Turboladern einer Anregung durch Druckpulsationen oder periodische Druckschwankungen aufgrund einer nicht symmetrischen Zuströmgeometrie. Um Ausfälle durch Schaufelbrüche zu verhindern, ist es daher notwendig die Laufräder bei einem Turbolader so zu konstruieren, dass die Eigenfrequenzen deutlich über
25 den Anregungsfrequenzen liegen. Eine Möglichkeit die Eigenfrequenz zu erhöhen besteht hierbei darin, die axiale Erstreckung der Schaufeln an der Gehäusekontur zu reduzieren.

Aus dem Stand der Technik ist es bisher bekannt, Turbinen mit
30 einer linear zurückgeschnittenen Hinterkante (in der Meridionalansicht) zu versehen.

Demnach ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Schaufelgeometrie für einen Turbolader bereitzustellen.
35

Diese Aufgabe wird durch eine Schaufel mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 oder 2 gelöst.

- Demgemäß wird erfindungsgemäß eine Schaufel eines Laufrads eines Turboladers bereitgestellt,
- wobei die Schaufel in der Meridionalansicht bei einer Turbinenradschaufel an ihrer Austrittskante und bei einer Verdichterradschaufel an ihrer Eintrittskante zumindest in einem oder mehreren Abschnitten bzw. Bereichen eine nicht-lineare Reduzierung der axialen Länge aufweist, und
 - wobei der jeweilige Abschnitt bzw. Bereich und das Maß der Reduzierung der axialen Länge der Schaufel derart gewählt ist, so dass die Schaufel ein vorbestimmtes Verhältnis zwischen Eigenfrequenzen und dem Wirkungsgradverlust der Schaufel bzw. des Laufrads, der aus der axialen Kürzung der Schaufel resultiert, aufweist, wobei vorzugsweise möglichst hohe Eigenfrequenzen bei einem möglichst geringen Wirkungsgradverlust der Schaufel bzw. des Laufrads angestrebt werden.

Aus dem Stand der Technik sind bisher nur Schaufeln bekannt, deren Austrittskante in der Meridionalansicht entweder senkrecht verläuft (s.h. z.B. Fig. 1), was geringe Eigenfrequenzen zur Folge hat, oder Schaufeln mit einer linearen Reduzierung der axialen Länge über die gesamte Austrittskante, wie in nachfolgender Fig. 2 dargestellt ist. Solche Schaufeln haben zwar höhere Eigenfrequenzen aber dafür einen schlechteren Wirkungsgrad des dazu gehörenden Laufrads. Die erfindungsgemäße Schaufel hat dem gegenüber den Vorteil, dass sie eine Schaufel mit einem optimalen Verhältnis aus Eigenfrequenzen und einem Wirkungsgrad der Schaufel bzw. des Laufrads bereitstellt, indem sie die Austrittskante bei der Turbinenradschaufel bzw. die Eintrittskante bei der Verdichterradschaufel geeignet anpasst und die axiale Länge der Schaufel bei der Austrittskante bzw. Eintrittskante in wenigstens einem oder mehreren geeigneten Abschnitten bzw. Bereichen nicht-linear reduziert. Mit anderen Worten, die Austrittskante einer Turbinenradschaufel verläuft in dem Abschnitt in Form einer Kurve nach hinten entgegen der Strömungsrichtung, um die Eigenfrequenzen zu erhöhen ohne den Wirkungsgrad zu stark zu reduzieren, wie in dem Beispiel in nachfolgender Fig. 3. Bei

einem Verdichterlaufrad verläuft die Eintrittskante in dem Abschnitt in Form einer Kurve nach hinten in Strömungsrichtung, um die Eigenfrequenzen zu erhöhen ohne den Wirkungsgrad zu stark zu reduzieren.

5

Des Weiteren wird erfindungsgemäß eine Schaufel eines Laufrads eines Turboladers bereitgestellt,

- wobei die Schaufel des Laufrads, d.h. die Turbinenrad-schaukel an ihrer Austrittskante bzw. die Verdichterrad-schaukel an ihrer Eintrittskante in einem ersten, oberen Bereich in der axialen Länge reduziert ist und
- wobei die Austrittskante in einem zweiten, unteren Bereich senkrecht, im Wesentlichen senkrecht oder nach hinten, entgegen der Strömungsrichtung verläuft bzw. wobei die Eintrittskante in einem zweiten, unteren Bereich senkrecht, im Wesentlichen senkrecht oder nach hinten, in Strömungsrichtung verläuft, so dass der Wirkungsgradverlust des Laufrads einen vorbestimmten Grenzwert nicht übersteigt bzw. in einem vorbestimmten Toleranzbereich liegt.

20

Die Schaufel eines Laufrads eines Turboladers hat dabei den Vorteil, im Gegensatz zu den Schaufeln, wie sie bisher aus dem Stand der Technik bekannt sind, dass die erfindungsgemäße Schaufel nur in dem ersten, oberen Bereich geeignet in der axialen Länge gekürzt wird, um hierbei die Eigenfrequenzen des Laufrads geeignet zu erhöhen. Im zweiten, unteren Bereich, erfolgt dagegen kein kürzen der axialen Länge der Schaufel, zum Zweck deren Eigenfrequenzen zu erhöhen. Mit anderen Worten, in dem zweiten, unteren Bereich erfolgt entweder keine Kürzung der axialen Länge der Schaufel, so dass die Austrittskante bzw. Eintrittskante hier senkrecht verläuft. Oder es erfolgt alternativ nur eine verhältnismäßig geringfügige Kürzung der axialen Länge der Schaufel, wobei die Kürzung der axialen Länge der Schaufel nur in soweit erfolgt, so dass der Wirkungsgradverlust des Laufrads auf einen vorbestimmten zulässigen Bereich beschränkt wird bzw. vorzugsweise minimiert wird. Es ist im Allgemeinen wünschenswert, den Wir-

25

30

35

kungsgradverlust möglichst klein zu halten und gleichzeitig aber auch ausreichend hohe Eigenfrequenzen des Laufrads zu erhalten, um schädlichen Resonanzen entgegen zu wirken.

5 Die Erfindung erlaubt durch die Unterteilung der Schaufel beispielsweise in wenigstens zwei Bereiche bzw. die Ausgestaltung dieser beiden Bereiche, ein geeignetes Optimum für das Verhältnis von Eigenfrequenzen und Wirkungsgrad des Laufrads zu erreichen. Der obere und/oder untere Bereich kann dabei so gekürzt werden, dass höchstens ein bestimmter Wirkungsgradverlust auftritt. Dabei kann der untere Bereich beispielsweise weniger stark gekürzt werden als der obere Bereich, um den Wirkungsgradverlust möglichst gering zu halten. Für den Wirkungsgradverlust ist sowohl der obere Bereich wie
10 auch der untere Bereich relevant.
15

Beispielsweise kann eine Kürzung der axialen Länge in dem unteren Bereich und/oder oberen Bereich nur soweit erfolgen, wie sich kein Wirkungsgradverlust des Laufrads von beispielsweise größer als 1% ergibt. Dieser Wert von 1% ist beispielhaft und die Erfindung ist nicht darauf beschränkt. Grundsätzlich kann auch jeder andere Wert gewählt werden der größer oder kleiner als 1% ist, je nach Funktion und Einsatzzweck des Laufrads bzw. dessen Schaufeln.
20

25 Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

30 In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform ist die Austrittskante (Turbinenradschaufel) der Schaufel innerhalb des ersten, oberen Bereichs und/oder des zweiten, unteren Bereichs nach hinten entgegen der Strömungsrichtung durchgehend gekrümmt oder zumindest teilweise gekrümmt. Bei der Verdichterradschaufel ist die Eintrittskante innerhalb des ersten, oberen Bereichs und/oder des zweiten, unteren Bereichs nach hinten in Strömungsrichtung durchgehend gekrümmt oder zumindest teilweise gekrümmt. Durch die Krümmung oder teilweise Krüm-
35

mung der Austrittskante bzw. Eintrittskante in dem ersten, oberen Bereich nach hinten entgegen der Strömungsrichtung bzw. nach hinten in Strömungsrichtung können die Eigenfrequenzen der Schaufel bzw. des Laufrads erhöht werden. Eine Krümmung oder teilweise Krümmung der Austrittskante bzw. Eintrittskante in dem zweiten, unteren Bereich führt ebenfalls zu einer zusätzlichen, wenn auch geringfügigeren Erhöhung der Eigenfrequenzen, wobei die Krümmung bzw. teilweise Krümmung aber soweit beschränkt wird, dass der Wirkungsgrad des zugeordneten Laufrads nicht über ein vorbestimmtes Maß abnimmt.

In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform ist die Austrittskante (Turbinenradschaufel) der Schaufel innerhalb des ersten, oberen Bereichs und/oder des zweiten, unteren Bereichs nach hinten abgeknickt entgegen der Strömungsrichtung. Bei der Verdichterradschaufel ist die Eintrittskante innerhalb des ersten, oberen Bereichs und/oder des zweiten, unteren Bereichs nach hinten abgeknickt in Strömungsrichtung. Die Austrittskante bzw. Eintrittskante weist dabei in dem ersten, oberen Bereich bzw. zweiten, unteren Bereich beispielsweise die Form einer durchgehenden Gerade auf oder weist zumindest einen oder mehrere geradlinige Abschnitte auf. Ähnlich wie zuvor beschrieben, bewirkt das Abknicken der Austrittskante nach hinten, entgegen der Strömungsrichtung bzw. bei der Eintrittskante nach hinten in Strömungsrichtung eine Erhöhung der Eigenfrequenzen der Schaufel bzw. des Laufrads. Dabei wird der zweite, untere Bereich jedoch weniger stark abgeknickt oder bei der Turbinenradschaufel nach hinten entgegen der Strömungsrichtung gekrümmt bzw. bei der Verdichterradschaufel nach hinten in Strömungsrichtung gekrümmt als der erste, obere Bereich, um den Wirkungsgrad des Laufrads nicht zu stark zu reduzieren bzw. auf ein vorbestimmtes Maß zu begrenzen.

Gemäße einer Weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform ist zumindest der Übergang zwischen dem ersten, oberen Bereich und dem zweiten, unteren Bereich der Austrittskante (Turbinenradschaufel) bzw. Eintrittskante (Verdichterradschaufel)

vorzugsweise abgerundet ausgebildet. Dies ist sowohl thermodynamisch und strukturmechanisch als auch aus fertigungstechnischen Gesichtspunkten vorteilhafter gegenüber einem scharfen Knick als Übergang.

5

In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform weist die Austrittskante (Turbinenradschaufel) bzw. Eintrittskante (Verdichterradschaufel) der Schaufel eine S-Form auf bzw. der erste, obere Bereich und der zweite, untere Bereich der Austrittskante bzw. Eintrittskante bilden zusammen eine S-Form aus. Die S-Form ist vorteilhaft insbesondere in Bezug auf mechanische Spannungen, die in der Schaufel auftreten können. In der erfindungsgemäßen Ausführungsform ist der obere Teil der S-Form dabei beispielsweise konvex bzw. nach außen gewölbt und der untere Teil der S-Form konkav bzw. nach innen gewölbt. Dadurch können höhere Eigenfrequenzen der Schaufel bzw. des Laufrads erzielt werden, im Vergleich zu einer Schaufel mit einer senkrechten Austrittskante bzw. Eintrittskante.

10
15
20

Gemäß einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform ist die Schaufel eine Schaufel eines Turbinerads und/oder eines Verdichterrads, beispielsweise einer Radialturbine bzw. eines Radialverdichters. Die Schaufel kann hierbei durch Gießen (Metallguss) und/oder Fräsen hergestellt werden. Mit anderen Worten, es kann eine Gussform hergestellt werden, bei welcher die Austrittskante (Turbinenradschaufel) bzw. Eintrittskante (Verdichterradschaufel) der Schaufel bereits die fertige oder im Wesentlichen fertige Form aufweist. Alternativ kann die Schaufel aber auch als Ganzes gefräst werden oder mittels Fräsen die Kontur der Austrittskante bzw. Eintrittskante entsprechend der Erfindung ausgebildet werden.

25
30

Bei einem Turbinenrad oder Verdichterrad eines Turboladers können hierbei wenigstens eine, mehrere oder alle Schaufeln gemäß der erfindungsgemäßen Schaufel ausgebildet sein. Dies hat den Vorteil, dass durch die hohen Eigenfrequenzen des jeweiligen Laufrads, die höher sind als die Anregungsfrequenz

35

des Laufrads, das Auftreten unerwünschter, schädlicher Resonanzen verhindert werden kann.

Die Erfindung wird nachfolgend, anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnungen angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Meridionalansicht einer Turbine bestehend aus dem Turbinengehäuse und dem Turbinenlaufrad, welches Laufschaufeln gemäß dem Stand der Technik aufweist;

Fig. 2 eine Meridionalansicht einer Turbine bestehend aus dem Turbinengehäuse und dem Turbinenlaufrad, welches Laufschaufeln gemäß einer weiteren Ausführungsform des Standes der Technik aufweist;

Fig. 3 eine Meridionalansicht einer Turbine bestehend aus dem Turbinengehäuse und dem Turbinenlaufrad, welches Laufschaufeln gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung aufweist, im Vergleich zu einer Ausführungsform gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 4 eine Meridionalansicht einer Turbine bestehend aus dem Turbinengehäuse und dem Turbinenlaufrad, welches Laufschaufeln gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung aufweist, im Vergleich zu der in Fig. 3 beschriebenen Ausführungsform; und

Fig. 5 eine Meridionalansicht einer Turbine bestehend aus dem Turbinengehäuse und dem Turbinenlaufrad, welches Laufschaufeln gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung aufweist, im Vergleich zu einer Ausführungsform gemäß dem Stand der Technik.

In allen Figuren sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente und Vorrichtungen - sofern nichts anderes angegeben ist - mit denselben Bezugszeichen versehen worden.

Die nachfolgenden Figuren stellen eine Turbine mit einem Turbinengehäuse und einem Turbinenrad und dessen Laufschaufel in einer Meridionalansicht dar. Die Meridionalansicht der Turbine und deren Turbinengehäuse und Turbinenrad, ebenso der Laufschaufel ist dabei stark vereinfacht und rein schematisch. Insbesondere ist der Verlauf der Austrittskante der dabei gezeigten Turbinenradschaufel stark vereinfacht und rein schematisch, um den Unterschied zwischen dem Stand der Technik und der Erfindung zu erläutern und zu verdeutlichen. Die Darstellungen sind nicht maßstäblich.

Die vorliegende Erfindung wird anhand des Beispiels einer Turbinenradschaufel näher erläutert und der Anpassung deren Austrittskante. Die Erfindung gilt aber entsprechend auch für ein Verdichterlaufrad. Bei dem Verdichterlaufrad wird aber statt der Austrittskante die Eintrittskante entsprechend angepasst. Die Ausführungen zu der Turbinenradschaufel und deren Austrittskante gelten daher im Wesentlichen entsprechend für das Verdichterlaufrad und dessen Eintrittskante und werden daher nicht wiederholt.

In Fig. 1 ist eine Meridionalansicht einer Turbine eines Turboladers dargestellt, die ein Turbinengehäuse und ein Turbinenrad aufweist. In dem Turbinengehäuse 10 ist auf einer Welle 12 das Turbinenlaufrad 14 der Turbine angeordnet. Das Turbinenlaufrad 14 weist dabei Laufschaufeln 16 gemäß dem Stand der Technik auf. Wie aus dem Ausschnitt in Fig. 1 einer Laufschaufel 16 des Turbinenlaufrades 14 entnommen werden kann, weist dieses eine durchgehend senkrechte Austrittskante 18 auf. Das bedeutet, dass die Laufschaufel 16 über seine gesamte Austrittskante 18 keine Reduzierung der axialen Länge aufweist. Auf diese Weise kann zwar ein guter Wirkungsgrad der Turbine erzielt werden, jedoch sind die Eigenfrequenzen dieser Laufschaufel 16 und damit des Turbinenlaufrades 14 vergleichsweise niedrig. Aufgrund der niedrigen Eigenfrequenzen kann es daher zu unerwünschten Resonanzen kommen, die im schlimmsten Fall zu einem Schaufelbruch führen können.

In Fig. 2 ist nun eine weitere Meridionalansicht einer Turbine eines Turboladers dargestellt, die ein Turbinengehäuse und ein Turbinenrad aufweist. Dabei ist eine Laufschaufel 16 des Turbinenlaufrads 14 eines Turboladers gezeigt. Hierbei ist in dem Turbinengehäuse 10 auf einer Welle 12 das Turbinenlaufrad 14 der Turbine angeordnet. Die Laufschaufeln 16 des Turbinenlaufrads 14 stellen hierbei eine weitere Ausführungsform da, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt ist.

10

In der Meridionalansicht in Fig. 2 ist dabei eine der Laufschaufeln 16 des Turbinenlaufrads 14 gezeigt. Die Laufschaufel 16 weist dabei jedoch im Gegensatz zu der ersten Ausführungsform gemäß dem Stand der Technik keine senkrechte Austrittskante 18 auf, sondern eine nach hinten bzw. entgegen der Strömungsrichtung geneigte, geradlinige Austrittskante 20 auf. Die Strömungsrichtung des Abgasmassenstroms ist in allen Figuren durch Pfeile dargestellt.

20

In Fig. 2 ist zunächst zum Vergleich die senkrechte Austrittskante 18 gemäß der Ausführungsform in Fig. 1 mit einer durchgezogenen Linie eingezeichnet. Die geneigte Austrittskante 20 gemäß der zweiten Ausführungsform des Standes der Technik ist in Fig. 2 mit einer gestrichelten Linie eingezeichnet. Gegenüber der Ausführungsform in Fig. 1 wurde bei der zweiten Ausführungsform des Standes der Technik ein dreieckiger Abschnitt 22 sozusagen entfernt, um die nach hinten bzw. zurück geneigte Austrittskante 20 der Laufschaufel 16 vorzusehen. Mit anderen Worten, bei der zweiten Ausführungsform liegt eine lineare Reduzierung (in der Meridionalansicht) der axialen Länge der Laufschaufel 16 vor.

30

Bei den nachfolgenden erfindungsgemäßen Ausführungsformen erfolgt dagegen eine nicht-lineare Reduzierung der axialen Länge der Schaufel (in der Meridionalansicht) zumindest in einem Abschnitt der Austrittskante, um auf diese Weise das Verhältnis von Eigenfrequenzen und Wirkungsgrad der Schaufel bzw. des Laufrads zu optimieren, so dass sich möglichst hohe Ei-

35

genfrequenzen bei einem möglichst geringen Wirkungsgradverlust der Schaufel bzw. des Laufrads ergeben.

Die lineare Reduzierung der axialen Länge bei der zweiten
5 Ausführungsform der Laufschaufel 16 gemäß dem Stand der Technik erhöht nun zwar die Eigenfrequenzen der Turbinenschaufel 14. Die lineare Reduzierung hat jedoch den Nachteil, dass die Strömung im gesamten Austrittsbereich der Turbinenschaufel 14 weniger geführt wird. Hierdurch wird der Wirkungsgrad der
10 Turbine gesenkt.

In Fig. 3 ist eine Meridionalansicht einer Turbine eines Turboladers dargestellt, die ein Turbinengehäuse und ein Turbinenlaufrad 14 aufweist. Dabei ist eine Laufschaufel 16 des
15 Turbinenlaufrads 14 gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung gezeigt. Dabei ist zunächst die Laufschaufel 16 der zweiten Ausführungsform gemäß dem Stand der Technik, wie er in Fig. 2 gezeigt ist, zum Vergleich mit einer durchgezogenen Linie 20 eingezeichnet.

20 Die Austrittskante 24, 30 der erfindungsgemäßen Laufschaufel 16 setzt sich nun beispielsweise aus zwei Bereichen 26, 28 zusammen. In dem unteren Bereich 26 verläuft die Austrittskante 24, 30 zunächst senkrecht oder im Wesentlichen senkrecht.
25 In dem anschließenden oberen Bereich 28 ist der Verlauf der Austrittskante 24 zurück gerichtet bzw. die Austrittskante 24, 30 ist nach hinten bzw. entgegen der Strömungsrichtung abgeknickt. Dabei ist der Verlauf der Austrittskante 24, 30 in dem oberen Bereich 26 nach hinten entgegen
30 der Strömungsrichtung abgeknickt.

In Fig. 3 sind hierbei zwei Beispiele für eine Austrittskante 24, 30 einer Laufschaufel 16 gemäß der ersten, erfindungsgemäßen Ausführungsform dargestellt. Die erste, erfindungsgemäße
35 Austrittskante 24 ist dabei in Fig. 3 mit einer gestrichelten Linie und die zweite, erfindungsgemäße Austrittskante 30 mit einer gepunkteten Linie eingezeichnet. Die beiden erfindungsgemäßen Austrittskanten 24, 30 weisen beide einen un-

teren Bereich 26 auf, in welchem die Austrittskante 24, 30 der Laufschaufel 16 beispielsweise senkrecht verläuft. Der untere Bereich 26 kann dabei beispielsweise bis zur Hälfte der Schaufelhöhe verlaufen, wie in Fig. 3 angedeutet ist, oder bis zu einem ersten Drittel oder zweiten Drittel der Schaufelhöhe oder auch nur bis ein Viertel oder auch bis zu drei Viertel der Schaufelhöhe. Dies ist jedoch lediglich beispielhaft und die Erfindung ist auf diese Größen des unteren Bereichs 26 nicht beschränkt. Grundsätzlich können der obere Bereich 28 und der entsprechend dazu gehörende untere Bereich 26 beliebig groß gewählt werden, je nach Funktion und Einsatzzweck. Die zuvor genannten Größen für den unteren Bereich 26 sind rein beispielhaft.

In jedem Fall ist gemäß der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform der Laufschaufel 16 deren Austrittskante 24, 30 in dem unteren Bereich 26 senkrecht, im Wesentlichen senkrecht oder geringfügig entgegen der Strömungsrichtung nach hinten abgelenkt oder gekrümmt. In dem oberen Bereich 28 ist die Austrittskante 24, 30 des Weiteren entgegen der Strömungsrichtung nach hinten abgelenkt oder gekrümmt. Dabei ist die Austrittskante 24, 30 im oberen Bereich 28 stärker nach hinten, entgegen der Strömungsrichtung gerichtet als im unteren Bereich 26, um die Eigenfrequenzen des Laufrads 14 zu erhöhen. Dadurch, dass der untere Bereich 26 weniger stark nach hinten gekrümmt ist, wird eine zu starke Reduktion des Wirkungsgrades des Laufrads 14 vermieden.

Die beiden dargestellten erfindungsgemäßen Austrittskanten 24, 30 unterscheiden sich dabei voneinander, wie in Fig. 3 gezeigt ist, dass die zweite Austrittskante 30 in dem oberen Bereich 28 stärker nach hinten bzw. entgegen der Strömungsrichtung gerichtet verläuft als die erste erfindungsgemäße Austrittskante 24. Des Weiteren verläuft die Austrittskante 24 der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform der Schaufel 16 in ihrem oberen Bereich 28 in einem Bogen nach hinten entgegen der Strömungsrichtung. Die Austrittskante 30 der zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform der Schaufel 16 ist

wiederum in ihrem oberen Bereich 28 nach hinten linear abgknickt, wobei der Übergang der Austrittskante 30 zwischen dem unteren Bereich 26 und dem oberen Bereich 28 vorzugsweise abgerundet ausgebildet ist.

5

Wenn man nun alle drei möglichen Verläufe der Austrittskante 20, 24, 30 der Turbinenlaufschaufel 16 miteinander vergleicht, so kann man folgendes feststellen.

10 Die erste und zweite erfindungsgemäße Austrittskante 24, 30 weist jeweils einen besseren bzw. höheren Wirkungsgrad der Turbine auf als die Austrittskante 20 gemäß dem Stand der Technik, wie sie auch in Fig. 2 dargestellt ist. Dies liegt daran, dass die erste und zweite erfindungsgemäße Austritts-
15 kante 24, 30 in dem unteren Abschnitt 26 beispielsweise senkrecht verlaufen, d.h. die jeweilige Schaufel 16 ist in ihrer Länge in axialer Richtung nicht reduziert, im Gegensatz zu der Austrittskante 20 gemäß dem Stand der Technik, wie sie in Fig. 2 gezeigt ist. Dadurch wird sowohl im oberen und unteren
20 Bereich der Austrittskante eine bessere Strömungsführung erreicht, wodurch der Wirkungsgrad steigt.

Des Weiteren weist die erste erfindungsgemäße Austrittskante 24, die mit einer gestrichelten Linie eingezeichnet ist, et-
25 was geringere Eigenfrequenzen auf als die Austrittskante 20 gemäß dem Stand der Technik, wie sie auch in Fig. 2 gezeigt ist. Die Eigenfrequenzen der ersten erfindungsgemäßen Austrittskante 24 sind aber höher als die Eigenfrequenzen der anderen Austrittskante 18 gemäß dem Stand der Technik, wie
30 sie in Fig. 1 gezeigt ist, welche in der Länge in axialer Richtung ungekürzt ist.

Weiter sind die Eigenfrequenzen der zweiten erfindungsgemäßen Austrittskante 30, die mit einer gepunkteten Linie einge-
35 zeichnet ist, größer als die Eigenfrequenzen der ersten erfindungsgemäßen Austrittskante 24, da die zweite erfindungsgemäße Austrittskante 30 weiter nach hinten entgegen der

Strömungsrichtung verläuft. Dafür sinkt allerdings etwas der Wirkungsgrad.

Die Laufschaufeln 16 gemäß der Erfindung, wie sie in dem Beispiel in Fig. 3 gezeigt sind, sind vorzugsweise im Wesentlichen nur in dem Bereich in ihrer axialen Länge reduziert, der wesentlich zu einer Vergrößerung der Eigenfrequenzen führt, hier in dem oberen Bereich 28.

10 In Fig. 4 ist eine weitere Meridionalansicht einer Turbine eines Turboladers dargestellt, die ein Turbinengehäuse und ein Turbinenlaufrad 14 aufweist. Genauer gesagt ist das Turbinenlaufrad 14 gezeigt, welches Laufschaufeln 16 gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung aufweist, wobei eine
15 Laufschaufel 16 in einer Meridionalansicht gezeigt ist. Dabei ist zum Vergleich die erste, erfindungsgemäße Austrittskante 24 gemäß Fig. 3 mit einer durchgezogenen Linie in Fig. 4 eingezeichnet und des Weiteren ein Beispiel einer Austrittskante 32 einer Laufschaufel 16 gemäß der zweiten erfindungsgemäßen
20 Ausführungsform mit einer gestrichelten Linie.

Die Austrittskante 32 der Laufschaufel 16 des Turbinenlaufrads 14 gemäß der zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform weist dabei eine S-Form bzw. im Wesentlichen eine S-Form auf.
25 Die Austrittskante 32 ist dabei beispielsweise in dem unteren Bereich 26 nach innen, entgegen der Strömungsrichtung in einem Bogen geschwungen bzw. konkav ausgebildet. Im Gegensatz dazu verläuft die erste, erfindungsgemäße Austrittskante 30, wie sie mit der durchgezogenen Linie in Fig. 4 dargestellt
30 ist und außerdem in Fig. 3 gezeigt ist, in dem unteren Bereich 26 senkrecht. Daran anschließend ist die Austrittskante 32 gemäß der zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform in dem oberen Bereich 28 nach außen geschwungen bzw. konvex ausgebildet. Die Aufteilung der beiden Bereiche 26 und 28 kann beliebig, geeignet variiert werden. Dies gilt für alle Ausführungsformen der Erfindung. Des Weiteren kann die Austrittskante auch in mehr als zwei Bereiche aufgeteilt werden. Dies
35 gilt ebenfalls für alle Ausführungsformen. Die S-Form der

Austrittskante 32 der Laufschaufel 16 ist insbesondere für die auftretenden mechanischen Spannungen in der Laufschaufel 16 vorteilhaft. Durch die S-Form der Austrittskante 32 der Laufschaufel 16 kann die Spannung infolge der Fliehkraftbelastung im unteren Bereich bzw. unteren Punkt A der Laufschaufel 16 reduziert werden.

Weiter ist in Fig. 5 eine Meridionalansicht einer Turbine eines Turboladers dargestellt, die ein Turbinengehäuse 10 und ein Turbinenlaufrad 14 aufweist. Das dargestellte Turbinenlaufrad 14 weist hierbei Laufschaufeln 16 gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung auf, wobei eine Laufschaufel 16 in einer Meridionalansicht gezeigt ist.

Bei der Darstellung der Laufschaufel 16 ist dabei zum Vergleich die erste Ausführungsform der Austrittskante 18 einer Laufschaufel 16 gemäß dem Stand der Technik als durchgezogene Linie eingezeichnet. Diese Laufschaufel 16 wurde bereits in Fig. 1 dargestellt und kennzeichnet sich dadurch, dass die Austrittskante 18 durchgehend senkrecht ausgebildet ist.

Des Weiteren sind in Fig. 5 drei Beispiele für Austrittskanten 34, 36, 38 für eine erfindungsgemäße Laufschaufel 16 eines Turbinenrads 14 dargestellt in Form einer gestrichelten Linie 34, einer strichpunktieren Linie 36 und einer gepunkteten Linie 38. Die drei Verläufe für die Austrittskante 34, 36, 38 zeichnen sich dadurch aus, dass sie nach hinten, entgegen der Strömungsrichtung geschwungen sind. Im Gegensatz zu der zweiten Ausführungsform der Austrittskante 20 einer Laufschaufel 16 gemäß dem Stand der Technik ist die erfindungsgemäße Austrittskante 34, 36, 38 nicht in Form einer Gerade ausgebildet, die einfach nach hinten geneigt ist, wie im Stand der Technik in Fig. 2 gezeigt ist. Stattdessen beschreibt die Austrittskante 34, 36, 38 der erfindungsgemäßen Laufschaufel 16 eine Kurve oder einen Bogen welche nach hinten geschwungen ist entgegen der Strömungsrichtung, wobei die Austrittskante 34, 36, 38 selbst keine durchgehende Gerade

bildet, sondern keinen oder allenfalls nur wenigstens einen oder mehrere Geradenabschnitte aufweist.

5 Je stärker die Austrittskante 34, 36, 38 der erfindungsgemä-
ßen Laufschaufel 16 dabei nach hinten geschwungen ist desto
höher sind die Eigenfrequenzen der Laufschaufel 16 und desto
mehr kann aber auch der Wirkungsgrad des Laufrads 14 abneh-
men. Mit anderen Worten, die Laufschaufel 16 mit der äußeren,
erfindungsgemäßen Austrittskante 34, die mit einer gestri-
10 chelten Linie eingezeichnet ist, hat geringere Eigenfrequen-
zen und einen höheren Wirkungsgrad als beispielsweise die
Laufschaufel 16 mit der am weitesten innen liegenden, erfin-
dungsgemäßen Austrittskante 38, die in Fig. 5 mit einer ge-
punkteten Linie eingezeichnet ist.

15

Die Eigenfrequenzen der Laufschaufeln 16 mit den drei erfin-
dungsgemäßen Austrittskanten 34, 36, 38 haben aber jeweils hö-
here Eigenfrequenzen als die Laufschaufel 16 mit der Aus-
trittskante 18 gemäß dem Stand der Technik. Der Turbinenwir-
kungsgrad der Laufschaufeln 16 mit den drei erfindungsgemäßen
20 Austrittskanten 34, 36, 38 ist dabei geringer als der Wir-
kungsgrad der Laufschaufel 16 mit der Austrittskante 18 gemäß
dem Stand der Technik. Dafür wirken die Laufschaufeln 16 mit
dem erfindungsgemäßen frei nach hinten geschwungen Verlauf
25 der jeweiligen Austrittskante 34, 36, 38 entgegen der Ström-
ungsrichtung dem Auftreten von unerwünschten Resonanzen ge-
eignet entgegen, im Gegensatz zu den Laufschaufeln 16 gemäß
dem Stand der Technik, wie z.B. in den Fig. 1 und 5 gezeigt
ist.

30

In der erfindungsgemäßen Geometrie wird der Wirkungsgradver-
lust durch die Reduzierung der axialen Länge vorzugsweise nur
in einem bestimmten, ausgewählten Bereich oder Bereichen mi-
nimiert. Des Weiteren können die Eigenfrequenzen in einem ge-
wünschten Bereich oder Bereichen erhöht werden und die Belas-
35 tung der Schaufeln durch Resonanzen vermieden werden. Dies
gilt für alle Ausführungsformen der Erfindung.

Die vorliegende Erfindung kann sowohl bei Turbinenlaufrädern wie auch bei Verdichterlaufrädern eingesetzt werden. Die zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Ausführungsformen wurden anhand eines Turbinenlaufrads und seiner Laufschaufeln bzw. 5 Schaufeln erläutert. Die Ausführungen gelten aber, wie zuvor beschrieben, auch im Wesentlichen entsprechend für ein Verdichterlaufrad und seine Laufschaufeln bzw. Schaufeln und werden daher hierfür nicht wiederholt.

10 Bei den Laufrädern, d.h. Turbinenlaufrädern bzw. Verdichterlaufrädern (beispielsweise Radialturbinenlaufräder bzw. Radialverdichterlaufräder), können wenigstens ein, zwei, mehrere oder alle Schaufeln gemäß der erfindungsgemäßen Schaufel bzw. Laufschaufel ausgebildet sein. Des Weiteren kann das Laufrad, 15 d.h. ein Turbinenlaufrad bzw. ein Verdichterlaufrad, beispielsweise gegossen werden und/oder gefräst werden, um zwei Herstellungsverfahren als Beispiele zu nennen.

Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand der bevorzugten Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf 20 nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar. Die zuvor beschriebenen Ausführungsformen sind dabei miteinander kombinierbar, insbesondere einzelne Merkmale davon.

Patentansprüche

1. Schaufel (16) eines Laufrads (14) eines Turboladers:
wobei die Schaufel (16) in der Meridionalansicht an ihrer Austrittskante (24, 30, 32, 34, 36, 38) bei einer
5 Turbinenradschaufel bzw. an ihrer Eintrittskante bei einer Verdichterradschaufel zumindest in einem oder mehreren Abschnitten eine nicht-lineare Reduzierung der axialen Länge aufweist, und wobei der jeweilige Abschnitt
10 und die Reduzierung der axialen Länge der Schaufel (16) derart gewählt ist, so dass die Schaufel (16) ein vorbestimmtes Verhältnis aus Eigenfrequenzen und einem Wirkungsgradverlust der Schaufel bzw. des Laufrads aufweist.
- 15
2. Schaufel (16) eines Laufrads (14) eines Turboladers:
wobei die Schaufel (16) des Laufrads (14) in der Meridionalansicht an ihrer Austrittskante (24, 30, 32, 34, 36, 38) bei einer Turbinenradschaufel bzw. an ihrer Eintrittskante bei einer Verdichterradschaufel in einem
20 ersten, oberen Bereich (28) in der axialen Länge reduziert ist und wobei die Austrittskante (24, 30, 32, 34, 36, 38) in einem zweiten, unteren Bereich (26) senkrecht, im Wesentlichen senkrecht oder nach hinten, entgegen der Strömungsrichtung verläuft, bzw. die Eintrittskante in einem zweiten, unteren Bereich senkrecht,
25 im Wesentlichen senkrecht oder nach hinten, in Strömungsrichtung verläuft, so dass der Wirkungsgradverlust des Laufrads (14) in einem vorbestimmten Bereich begrenzt ist.
- 30
3. Schaufel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass die Schaufel (16) in einem ersten, oberen Bereich (28) wenigstens einen Abschnitt mit einer nicht-linearen
35 Reduzierung der axialen Länge aufweist,
wobei die Austrittskante der Schaufel (16) bzw. Turbinenradschaufel in einem zweiten, unteren Bereich (26)

senkrecht, im Wesentlichen senkrecht oder nach hinten, entgegen der Strömungsrichtung verläuft, bzw.

wobei die Eintrittskante der Schaufel (16) bzw. Verdichterradschaufel in einem zweiten, unteren Bereich (26)

5 senkrecht, im Wesentlichen senkrecht oder nach hinten, in Strömungsrichtung verläuft, so dass der Wirkungsgradverlust des Laufrads (14) in einem vorbestimmten Bereich begrenzt ist.

10 4. Schaufel nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittskante (24, 30, 32, 34, 36, 38) der Schaufel (16) bzw. Turbinenradschaufel innerhalb des ersten, oberen Bereichs (28) und/oder des zweiten, unteren Bereichs (26) nach hinten entgegen der Strömungsrichtung durchgehend gekrümmt oder zumindest teilweise gekrümmt verläuft, bzw. die Eintrittskante der Schaufel
15 (16) bzw. Verdichterradschaufel innerhalb des ersten, oberen Bereichs (28) und/oder des zweiten, unteren Bereichs (26) nach hinten in Strömungsrichtung durchgehend gekrümmt oder zumindest teilweise gekrümmt verläuft.
20

5. Schaufel nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittskante (24, 30, 32, 34, 36, 38) der Schaufel (16) bzw. Turbinenradschaufel innerhalb des ersten, oberen Bereichs (28) und/oder des zweiten, unteren Bereichs (26) nach hinten abgeknickt entgegen der Strömungsrichtung in Form einer durchgehenden Gerade verläuft oder zumindest einen geradlinigen Abschnitt aufweist, bzw. die Eintrittskante der Schaufel (16) bzw.
25 Verdichterradschaufel innerhalb des ersten, oberen Bereichs (28) und/oder des zweiten, unteren Bereichs (26) nach hinten abgeknickt in Strömungsrichtung in Form einer durchgehenden Gerade verläuft oder zumindest einen geradlinigen Abschnitt aufweist.
30

35

6. Schaufel nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittskante (24, 30, 32, 34, 36, 38) der Schaufel (16) bzw. Turbinenradschaufel in dem ersten, oberen Bereich (28) stärker bzw. weiter nach hinten entgegen der Strömungsrichtung verläuft als in dem zweiten, unteren Bereich (26), bzw. die Eintrittskante der Schaufel (16) bzw. Verdichterradschaufel in dem ersten, oberen Bereich (28) stärker bzw. weiter nach hinten in Strömungsrichtung verläuft als in dem zweiten, unteren Bereich (26).
7. Schaufel nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest der Übergang zwischen dem ersten, oberen Bereich (28) und dem zweiten, unteren Bereich (26) der Austrittskante (24, 30, 32, 34, 36, 38) bzw. Eintrittskante vorzugsweise abgerundet ausgebildet ist.
8. Schaufel nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittskante (32) bzw. Eintrittskante der Schaufel (16) eine S-Form aufweist bzw. der erste, obere Bereich (28) und der zweite, untere Bereich (26) der Austrittskante bzw. Eintrittskante zusammen eine S-Form ausbilden.
9. Schaufel nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine S-Form der Austrittskante (32) bzw. der Eintrittskante der Schaufel (16) oben konvex und unten konkav ausgebildet ist.
10. Schaufel nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaufel (16) eine Schaufel eines Turbinerads (14) und/oder eines Verdichterrads ist, beispielsweise ein Radialturbinenlaufrad bzw. ein Radialverdichterlaufrad.

11. Schaufel nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaufel (16) gegossen und/oder gefräst ist.
- 5 12. Schaufel nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe des zweiten, unteren Bereichs (26) beispielsweise wenigstens in einem Bereich von $1/6$, $1/5$, $1/4$, $1/3$, $1/2$, $2/3$ bis $3/4$ der Schaufelhöhe liegt.
- 10 13. Schaufel nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittskante bzw. Eintrittskante der Schaufel (16) wenigsten in einen, zwei, drei, vier und mehr Bereiche (26, 28) aufteilbar
- 15 ist, wobei wenigstens ein Bereich (26, 28) eine nicht-lineare Reduzierung der axialen Länge aufweist, wobei die Größe von wenigstens zwei, mehr oder allen Bereichen (26, 28) gleich oder unterschiedlich ist.
- 20 14. Laufrad eines Turboladers, wobei das Laufrad (14) wenigstens eine, mehrere oder alle Schaufeln (16) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 aufweist.
- 25 15. Laufrad nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Laufrad (14) ein Turbinenlaufrad oder ein Verdichterlaufrad ist, beispielsweise ein Radialturbinenlaufrad bzw. Radialverdichterlaufrad.
- 30 16. Laufrad nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Laufrad (14) gegossen und/oder gefräst ist.

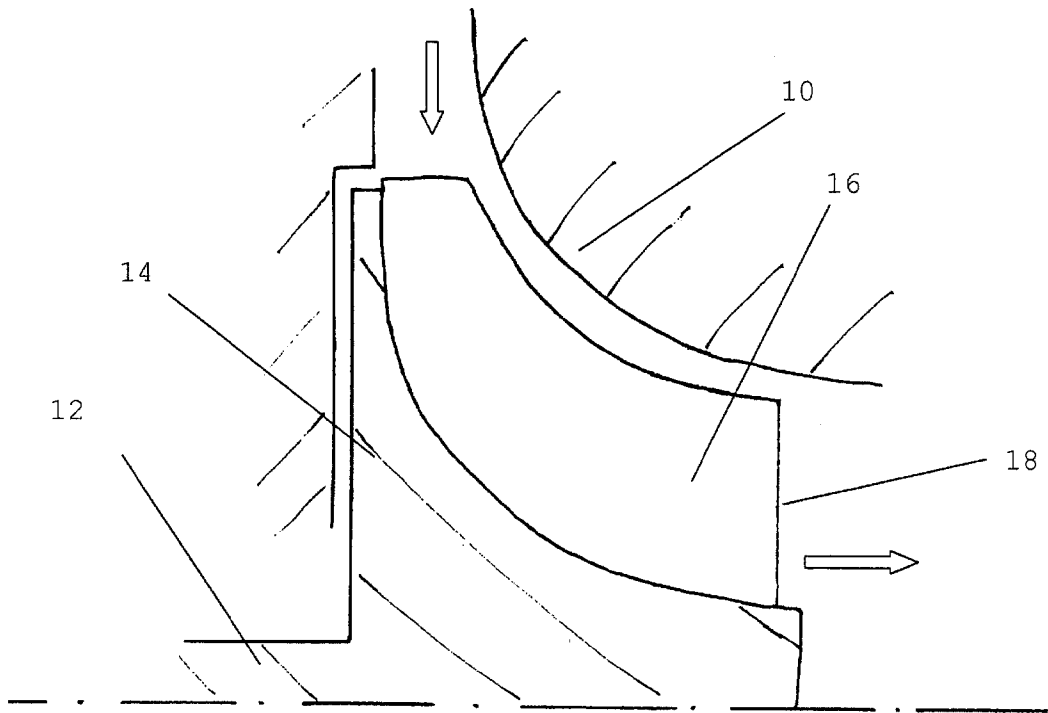


Fig. 1

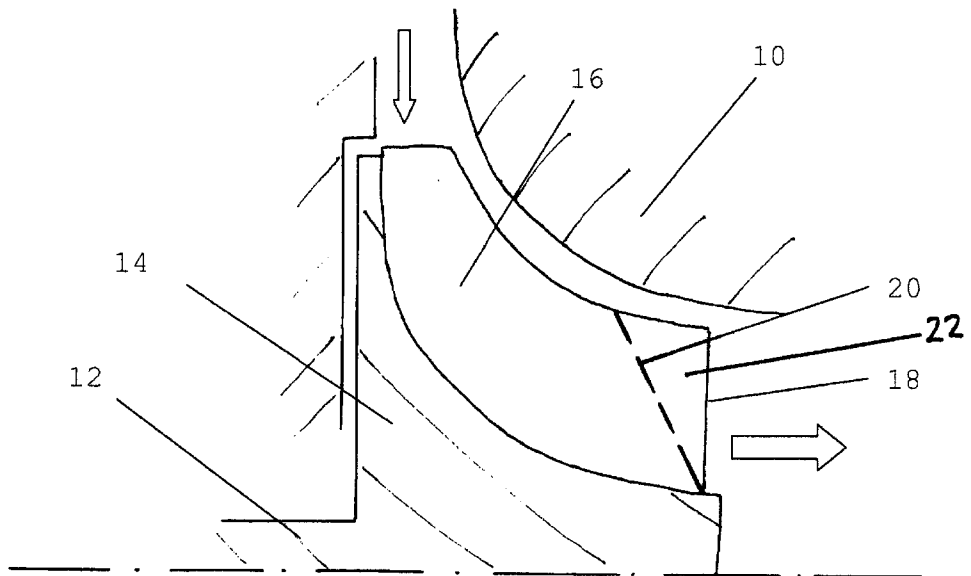


Fig. 2

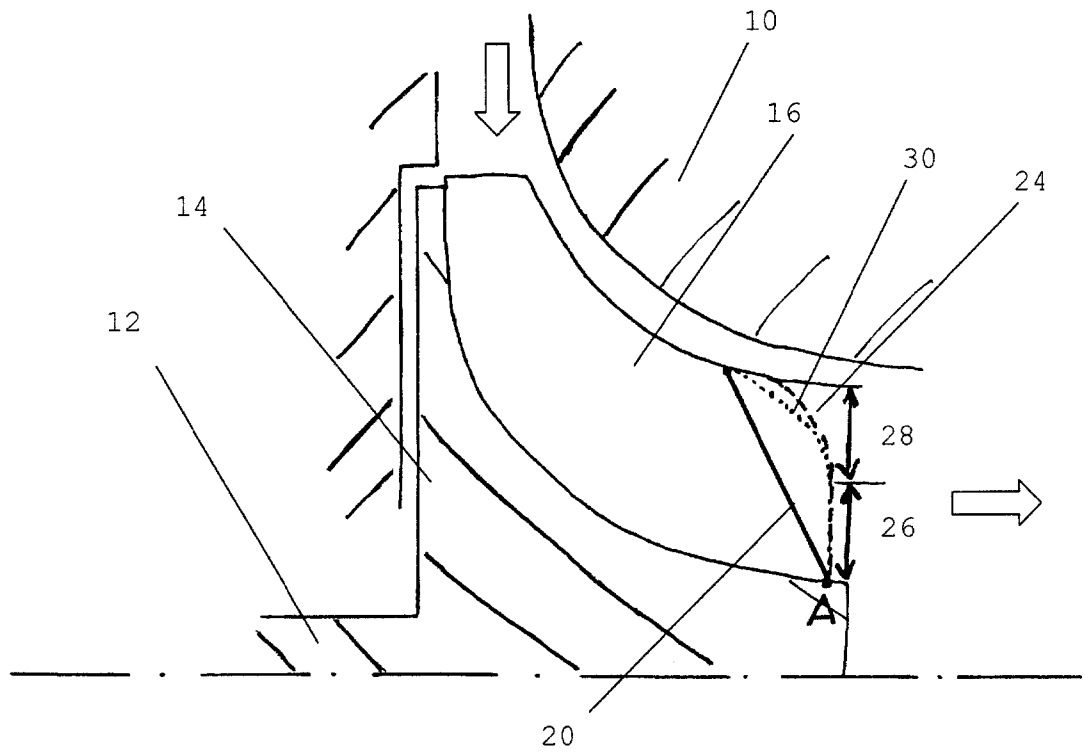


Fig. 3

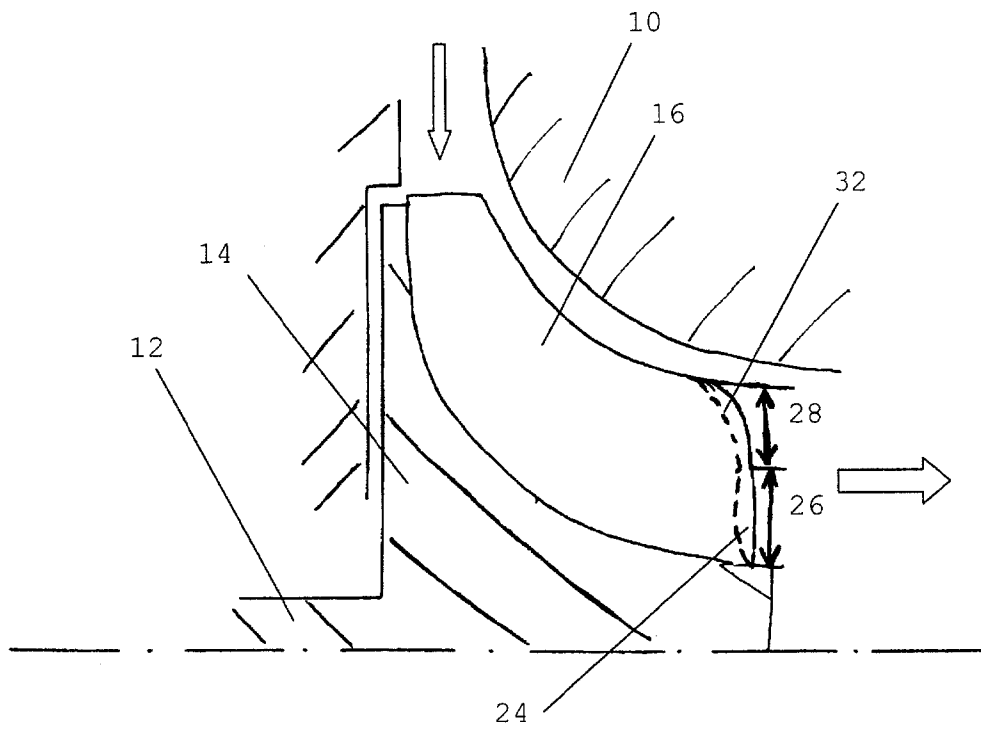


Fig. 4

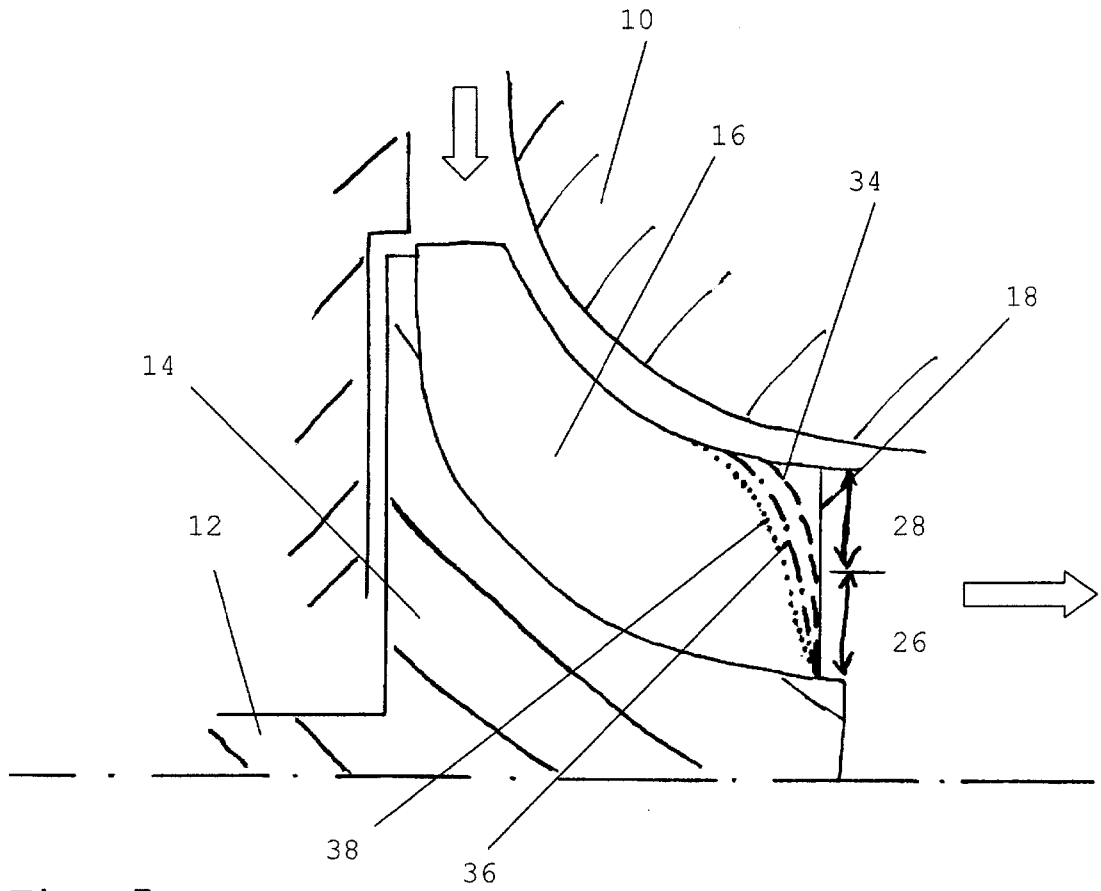


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/064141

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F01D5/04 F01D5/16 F04D29/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F01D F04D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/231141 A1 (CHAING WEI-SHING [US] ET AL) 4 October 2007 (2007-10-04) paragraphs [0029], [0030]; figures 1-5	1-16
X	EP 1 369 553 A2 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 10 December 2003 (2003-12-10) paragraphs [0014] - [0019]; figures 1A,4A,6A	1-16
X	US 2005/106013 A1 (GHIZAWI NIDAL A [US]) 19 May 2005 (2005-05-19) paragraph [0033]; figures 1-3	1-16

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 January 2010

Date of mailing of the international search report

29/01/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Oechsner de Coninck

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

supplemental sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1, 3-16

Non-linear reduction of the axial length of the blade for producing a predetermined ratio between natural frequency and loss of efficiency.

2. Claim 2

Two regions of a blade edge for reducing the loss of efficiency.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2009/064141
--

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007231141	A1	04-10-2007	NONE	
EP 1369553	A2	10-12-2003	CN 1467364 A	14-01-2004
			JP 3836050 B2	18-10-2006
			JP 2004011560 A	15-01-2004
			KR 20050105429 A	04-11-2005
			US 2003228226 A1	11-12-2003
US 2005106013	A1	19-05-2005	CN 1902379 A	24-01-2007
			EP 1706591 A1	04-10-2006
			JP 2007511708 T	10-05-2007
			WO 2005052322 A1	09-06-2005

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/064141

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F01D5/04 F01D5/16 F04D29/28

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F01D F04D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2007/231141 A1 (CHAING WEI-SHING [US] ET AL) 4. Oktober 2007 (2007-10-04) Absätze [0029], [0030]; Abbildungen 1-5	1-16
X	EP 1 369 553 A2 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 10. Dezember 2003 (2003-12-10) Absätze [0014] - [0019]; Abbildungen 1A, 4A, 6A	1-16
X	US 2005/106013 A1 (GHIZAWI NIDAL A [US]) 19. Mai 2005 (2005-05-19) Absatz [0033]; Abbildungen 1-3	1-16

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Januar 2010	29/01/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Oechsner de Coninck
--	--

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. Ansprüche Nr. weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. Ansprüche Nr. weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. Ansprüche Nr. weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1, 3-16

Nicht-lineare Reduzierung der Schaufelaxiallänge zum Erzeugen eines vorbestimmten Verhältnisses zwischen Eigenfrequenzen und Wirkungsgradverlust

2. Anspruch: 2

Zwei Bereiche einer Schaufelkante zur Reduzierung des Wirkungsgradverlusts

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/064141

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2007231141	A1	04-10-2007	KEINE
EP 1369553	A2	10-12-2003	CN 1467364 A 14-01-2004 JP 3836050 B2 18-10-2006 JP 2004011560 A 15-01-2004 KR 20050105429 A 04-11-2005 US 2003228226 A1 11-12-2003
US 2005106013	A1	19-05-2005	CN 1902379 A 24-01-2007 EP 1706591 A1 04-10-2006 JP 2007511708 T 10-05-2007 WO 2005052322 A1 09-06-2005