(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 790 830 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
30.05.2007 Patentblatt 2007/22

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

(21) Anmeldenummer: **05025829.2**

(22) Anmeldetag: **25.11.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **Borgwarner, Inc.**
Auburn Hills, MI 48326-2872 (US)

(72) Erfinder:
- **Weber, Mathias, Dr.**
67655 Kaiserslautern (DE)
- **Zuck, Jochen**
55545 Bad Kreuznach (DE)
- **Metz, Dietmar**
67149 Meckenheim (DE)

(74) Vertreter: **Schmitz, Hans-Werner**
Hoefer & Partner
Patentanwälte
Gabriel-Max-Strasse 29
81545 München (DE)

(54) Turbolader

(57) Die Erfindung betrifft einen Turbolader (1) mit einem Turbinengehäuse (2), das eine Abgaseintrittsöffnung (3) und eine Abgasaustrittsöffnung (4) aufweist; mit einem Turbinenrad (5), das auf einer Welle (6) befestigt und in Turbinengehäuse (2) angeordnet ist; mit einer Mehrzahl von Schaufeln (7;7'), die im Turbinengehäuse (2) zwischen der Abgaseintrittsöffnung (3) und dem Turbinenrad (5) angeordnet sind, wobei jede Schaufel folgendes aufweist:
eine Profilunterseite (8;8') und eine Profiloberseite (9;9'), die die Schaufeldicke bestimmen, eine Schaufelvorderkante (10;10') an einem ersten Schnittpunkt der Schaufelunterseite (8;8') und der Schaufeloberseite (9;9'), eine Schaufelhinterkante (11;11') an einem zweiten Schnittpunkt der Schaufelunterseite (8;8') und der Schaufeloberseite (9;9'), eine Profilmittellinie (12;12'), die von der Schaufelunterseite (8;8') und der Schaufeloberseite (9;9') definiert ist und zwischen diesen von der Schaufelvorderkante (10;11') zur Schaufelhinterkante (11;11') verläuft, wobei der Verlauf der Profilmittellinie (12;12') wellenförmig ist.

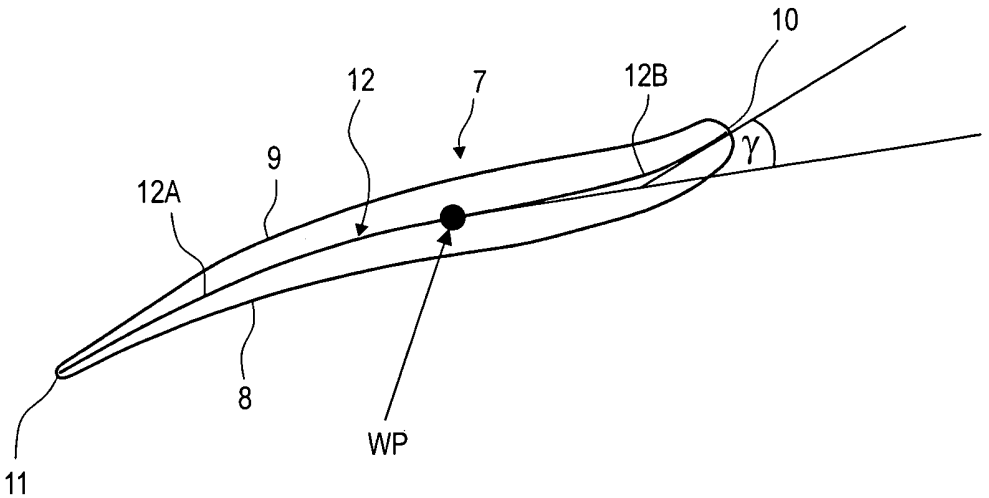

FIG. 2

EP 1 790 830 A1

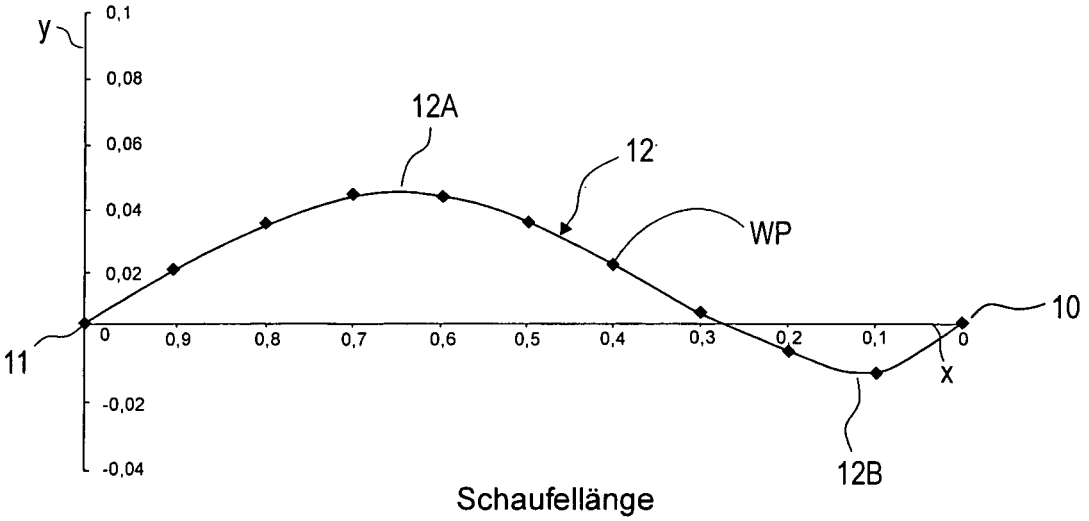
y
0,1
0,08
0,06
0,04
0,02
-0,02
-0,04
12A
12
WP
10
11
0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
x
12B
Schaufellänge

FIG. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Turbolader, insbesondere einen VTG-Abgasturbolader, nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

[0002] Ein derartiger Turbolader ist aus der US 6,709,232 B1 (entsprechend EP 1 534 933 A1) bekannt.

[0003] Die Vorteile und der Erfolg direkt einspritzender Dieselmotoren bezüglich Fahrbarkeit und geringem Verbrauch sind durch den Einsatz von Turboladern mit leitschaufelgeregelter Turbine wesentlich unterstützt worden. Hiermit kann der mögliche Betriebsbereich der Turbine bei gutem Wirkungsgrad im Vergleich zu bypassgeregelten Turbinen wesentlich vergrößert werden.

[0004] Bei Einsatz eines Turboladers mit variabler Turbinengeometrie (VTG) ist es bekannt, dass die Effizienz bei Verwendung von geraden Schaufeln (d.h., Schaufeln mit gerader Skelett- bzw. Profilmittellinie und einer symmetrischen Dickenverteilung) bei hohen Aufladegraden an ihre Grenzen stößt. Dies gilt insbesondere für den Anfahrbereich des Motors (geringe Motordrehzahl bei Volllast). Die Eigenschaften der geraden Schaufeln bezüglich deren Regelbarkeit können jedoch als gut bezeichnet werden.

[0005] Um die genannten thermodynamischen Defizite der geraden Schaufeln auszugleichen, schlägt die zuvor genannte US 6,709,232 B1 den Einsatz gebogener bzw. profilierter Schaufeln vor. Im geschlossenen Zustand dieser Schaufeln, d.h., wenn die Schaufeln sehr eng beieinanderstehen, kommt es bei der aus der gattungsgemäßen Druckschrift bekannten Anordnung zu Fehlanströmungen, die zu Verstellmomenten führen, die entweder in die Richtung des Öffnens der Schaufeln oder des Schließens der Schaufeln wirken. Weiterhin beeinflusst die Geschwindigkeitsverteilung und die daraus resultierende Verteilung des statisches Druckes im Kanal, der von zwei benachbarten Schaufeln gebildet wird, die Momentenbildung auf die Schaufeln. Ferner kann dieser Effekt zu einer Vergrößerung der Hysterese beim Regelungsvorgang führen, was bis zum Verlust der Verstellfähigkeit führen kann, falls die auftretenden Kräfte die Kräfte der Verstelleinrichtung überschreiten.

[0006] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Turbolader der im Oberbegriff des Anspruches 1 angegebenen Art zu schaffen, der gute thermodynamische Eigenschaften seiner Schaufeln der verstellbaren Turbinengeometrie mit einer verbesserten Regelungseigenschaft ermöglicht.

[0007] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale des Anspruchs 1.

[0008] Durch den Einsatz eines Turboladers mit der erfindungsgemäßen Schaufelform kann neben einer Verbesserung der Thermodynamik durch Verringerung der Totaldruckverluste im Leitapparat das auftretende Schließmoment deutlich reduziert werden. Somit kann unter Beibehaltung der Drehachse der Schaufel das Regelungsverhalten verbessert werden.

[0009] Sollen Öffnungsmomente erzielt werden, muss eine Verschiebung der Drehachse zur Schaufelvorderkante hin erfolgen. Hierfür bietet die erfindungsgemäße Schaufelgeometrie den Vorteil, dass die Verschiebung der Drehachse im Vergleich zu den aus dem Stand der Technik bekannten Schaufeln nur um einen geringeren Betrag erfolgen muss. Somit ist ein geringerer radialer Bauraum im Vergleich zu bekannten Lösungen erforderlich.

[0010] Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung zum Inhalt.

[0011] Die wellenförmige Profilmittellinie der erfindungsgemäßen Schaufel besteht aus zwei gegenläufigen Wellenbäuchen. Wird diese Profilmittellinienform in ein X-Y-Koordinatensystem mit horizontaler X-Achse und vertikaler Y-Achse eingetragen, ergeben sich im Anschluss an die Schaufelvorderkante zunächst negative Y-Werte, die nach dem Durchtritt durch die X-Achse in positive Y-Werte übergehen und bei denen die Profilmittellinie einen Wendepunkt aufweist.

[0012] Hinsichtlich der thermodynamischen Eigenschaften ergibt sich eine geänderte Ausrichtung der Schaufelvorderkante, was die Stoßverluste aufgrund einer flacheren Anströmung der Schaufelvorderkante verringert.

[0013] Ferner ergeben sich in den Kanälen zwischen den Schaufeln geringere Geschwindigkeiten, was geringere Strömungsverluste ergibt, wobei jedoch eine annähernd gleich bleibende Umlenkung in Umfangsrichtung aufrecht erhalten werden kann.

[0014] Ferner werden die auftretenden Momente in Richtung "Öffnen" geändert, was durch geringere Geschwindigkeiten im Kanal erreicht wird, wobei der statische Druck ansteigt und dadurch in Verbindung mit dem Drehpunkt ein Moment in Richtung "Öffnen" entsteht. Dies gilt für den vorderen Bereich der Schaufelunterseite und den hinteren Bereich der Schaufeloberseite
Wird der hintere Bereich 13' der Schaufeloberseite geradlinig ausgeführt, ergibt sich eine Vergrößerung des wirksamen Kanalquerschnitts.

[0015] Dies ergibt wiederum geringere Verluste durch niedrige Geschwindigkeiten im Kanal bei gleich bleibender Umlenkung in Umfangsrichtung.

[0016] Auch bei dieser Ausführungsform ergibt sich eine Änderung der auftretenden Momente in Richtung "Öffnen" durch geringere Geschwindigkeiten im Kanal, was wiederum den statischen Druck ansteigen lässt, der in Verbindung mit dem Drehpunkt ein Moment in Richtung "Öffnen" entstehen lässt.

[0017] In Anspruch 5 ist eine erfindungsgemäße Schaufel als selbstständig handelbares Objekt definiert.

[0018] Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus nachfolgender Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigt:

Fig. 1 eine teilweise aufgebrochene perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen Turboladers;

Fig. 2 eine vereinfachte Darstellung einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schaufel der verstellbaren Turbinengeometrie des Turboladers gemäß Fig. 1;

Fig. 3 ein X-Y-Koordinatensystem, in dem der Verlauf der Profilmittellinie bzw. Skelettlinie der Schaufel gemäß Fig. 2 dargestellt ist;

Fig. 4 und 5 weitere Ausführungsvarianten der Schaufel gemäß Fig. 2;

[0019] In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßer Turbolader 1 in Form eines VTG-Abgasturboladers dargestellt.

[0020] Der Turbolader 1 weist ein Turbinengehäuse 2 auf, das eine Abgaseintrittsöffnung 3 und eine Abgasaustrittsöffnung 4 umfasst.

[0021] Ferner ist im Turbinengehäuse 2 ein Turbinenrad 5 angeordnet, das auf einer Welle 6 befestigt ist.

[0022] Eine Mehrzahl von Schaufeln, von denen in Fig. 1 nur die Schaufel 7 zu sehen ist, ist im Turbinengehäuse 2 zwischen Abgaseintrittsöffnung 3 und dem Turbinenrad 5 angeordnet.

[0023] Natürlich weist der erfindungsgemäße Turbolader 1 auch alle anderen üblichen Bauteile eines Turboladers wie ein Verdichterrad, das auf der Welle 6 befestigt und in einem Verdichtergehäuse angeordnet ist, wie auch die gesamte Lagereinheit auf, die jedoch nachfolgend nicht beschrieben werden, da sie für die Erläuterung der Prinzipien vorliegender Erfindung nicht erforderlich sind.

[0024] In Fig. 2 ist eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schaufel 7 dargestellt.

[0025] Die Schaufel 7 weist eine Schaufelunterseite 8 auf, die im eingebauten Zustand die dem Turbinenrad 5 zugewandte Schaufelseite ist.

[0026] Ferner weist die Schaufel 7 eine Schaufeloberseite 9 auf, die zusammen mit der Schaufelunterseite 8 die Dicke der Schaufel 7 bestimmt.

[0027] Die Schaufelunterseite 8 und die Schaufeloberseite 9 laufen bei der in Fig. 2 dargestellten Lage der Schaufel 7 auf der rechten Seite in einer Schaufelvorderkante 10 und auf der linken Seite in einer Schaufelhinterkante 11 zusammen.

[0028] Die Schaufelunter- und -oberseite 8 bzw. 9 definieren eine zwischen ihnen liegende Profilmittellinie 12, die auch als Skelettlinie bezeichnet wird. Wie Fig. 2 verdeutlicht, weist bei der dargestellten Ausführungsform diese Profilmittellinie 12 zwei gegenläufig gekrümmte Bereiche 12A und 12B auf, deren Ausgestaltung eine wellenförmige Kontur der Profilmittellinie 12 ergeben, wobei die Bereiche 12A und 12B jeweils nach Art von Wellenbäuchen ausgebildet sind. Fig. 2 verdeutlicht ferner, dass die Profilmittellinie 12 einen Wendepunkt WP aufweist und ferner verdeutlicht Fig. 2 die Lage des Anströmwinkels γ an der Schaufelvorderkante 10, die auch als Nase des Profils der Schaufel 7 bezeichnet wird. Der Anströmwinkel γ ist der spitze Winkel der Tangente der Profilmittellinie 12 im Wendepunkt und der Tangente der Profilmittellinie 12B an der Schaufelvorderkante 10.

[0029] In Fig. 3 ist der Verlauf der Profilmittellinie 12 in einem X-Y-Koordinatensystem aufgetragen, wobei die X-Achse die Schaufellänge der Schaufel 7 darstellt.

[0030] Der Graph der Profilmittellinie 12 zeigt den an der Schaufelvorderkante 10 beginnenden Bereich 12B, der zwischen der Schaufelvorderkante 10 (X=0, Y=0) und dem Nulldurchgang (X≈0,27; Y=0) negative Y-Werte aufweist. Der Nulldurchgang liegt vorzugsweise in einem Bereich zwischen X=0,10 und X=0,40.

[0031] Der zweite Bereich 12A weist ab dem genannten Nulldurchgang stets positive Werte bis zur Schaufelhinterkante 11 (X=1, Y=0) auf. Der Wendepunkt WP liegt bei einem Wert von etwa X=0,4; Y=0,02).

[0032] Bei der in Fig. 3 gewählten Darstellung handelt es sich um einen Verlauf der Profilmittellinie bzw. Skelettlinie 12, gebildet als senkrechter Abstand relativ zur Sehne, die durch lineare Verbindung der Schaufelvorder- und der Schaufelhinterkante gebildet wird und die Länge der Schaufel repräsentiert.

[0033] Die Fig. 4 und 5 stellen zwei grundsätzlich denkbare Ausführungsvarianten der Schaufel 7 gemäß Fig. 2 dar. Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4 ist die Oberseite 9 im Bereich 13 anschließend an die Schaufelhinterkante 11 gekrümmt ausgebildet. Dieser Bereich ist in Fig. 5 mit dem Bezugszeichen 13' gekennzeichnet und ist abgeplattet, also nicht gekrümmt, sondern flach ausgebildet.

[0034] Zur Offenbarung der Merkmale vorliegender Erfindung wird zusätzlich zur schriftlichen Beschreibung explizit auf die zeichnerische Darstellung verwiesen.

Bezugszeichenliste

[0035]

1	Turbolader
2	Turbinengehäuse
3	Abgaseintrittsöffnung
4	Abgasaustrittsöffnung
5	Turbinenrad
6	Welle
7, 7'	Schaufeln
8, 8'	Schaufelunterseite (untere Leitflächen)
9, 9'	Schaufeloberseite (obere Leitflächen)
10, 10'	Schaufelvorderkante
11, 11'	Schaufelhinterkante
12, 12'	Profilmittellinie (Skelettlinie)
12A, 12B	Bauchige Bereiche der Profilmittellinie 12
13, 13'	Hintere Bereiche der Profiloberseite 9 bzw. 9'
WP	Wendepunkt
γ	Anströmwinkel

Patentansprüche

1. Turbolader (1)
mit einem Turbinengehäuse (2), das eine Abgaseintrittsöffnung (3) und eine Abgasaustrittsöffnung (4) aufweist;
mit einem Turbinenrad (5), das auf einer Welle (6) befestigt und im Turbinengehäuse (2) angeordnet ist;
mit einer Mehrzahl von Schaufeln (7; 7'), die im Turbinengehäuse (2) zwischen der Abgaseintrittsöffnung (3) und im Turbinenrad (5) angeordnet sind, wobei jede Schaufel folgendes aufweist:

- eine Schaufelunterseite (8; 8') und eine Schaufeloberseite (9; 9'), die die Schaufeldicke bestimmen,
- eine Schaufelvorderkante (10; 10') an einem ersten Schnittpunkt der Schaufelunterseite (8; 8') und der Schaufeloberseite (9; 9'),
- eine Schaufelhinterkante (11; 11') an einem zweiten Schnittpunkt der Schaufelunterseite (8; 8') und der Schaufeloberseite (9; 9'),
- eine Profilmittellinie (12; 12'), die von der Schaufelunterseite (8; 8') und der Schaufeloberseite (9; 9') definiert ist und zwischen diesen von der Schaufelvorderkante (10; 10') zur Schaufelhinterkante (11; 11') verläuft,

dadurch gekennzeichnet,

- **dass** der Verlauf der Profilmittellinie (12; 12') wellenförmig mit zwei gegenläufigen Wellenbäuchen (12A, 12B) ist.

2. Turbolader nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel (7) einen hinteren Bereich (13) der Schaufeloberseite (9) aufweist, der gekrümmt ist.

3. Turbolader nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel (7') einen hinteren Bereich (13') der Schaufeloberseite (9') aufweist, der flach ausgebildet ist

4. Turbolader nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anströmwinkel γ vorzugsweise in einem Bereich von 10° bis 30 ° liegt.

5. Schaufel (7; 7') eines Turboladers (1), der ein Turbinengehäuse (2) mit einer Abgaseintrittsöffnung (3) und einer Abgasaustrittsöffnung (4) aufweist, in dem ein auf einer Welle (6) befestigtes Turbinenrad (5) angeordnet ist, wobei die Schaufel (7) folgendes umfasst:

- eine Schaufelunterseite (8; 8') und eine Schaufeloberseite (9; 9'), die die Schaufeldicke bestimmen,
- eine Schaufelvorderkante (10; 10') an einem ersten Schnittpunkt der Schaufelunterseite (8; 8') und der Schaufeloberseite (9; 9'),
- eine Schaufelhinterkante (11; 11') an einem zweiten Schnittpunkt der Schaufelunterseite (8; 8') und der Schaufeloberseite (9; 9'), und
- eine Profilmittellinie (12; 12'), die von der Schaufelunterseite (8; 8') und der Schaufeloberseite (9; 9') definiert ist und zwischen diesen von der Schaufelvorderkante (10; 10') zur Schaufelhinterkante (11; 11') verläuft, **gekennzeichnet durch** wenigstens eines der kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 bis 3.

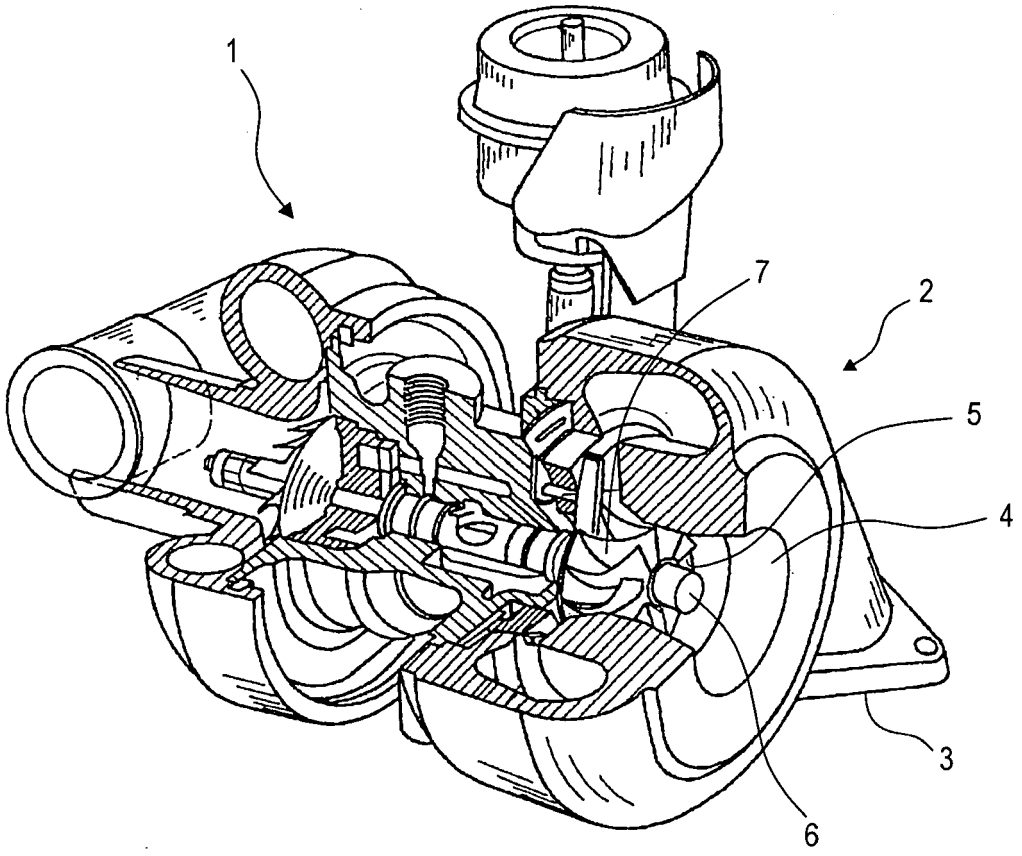

FIG. 1

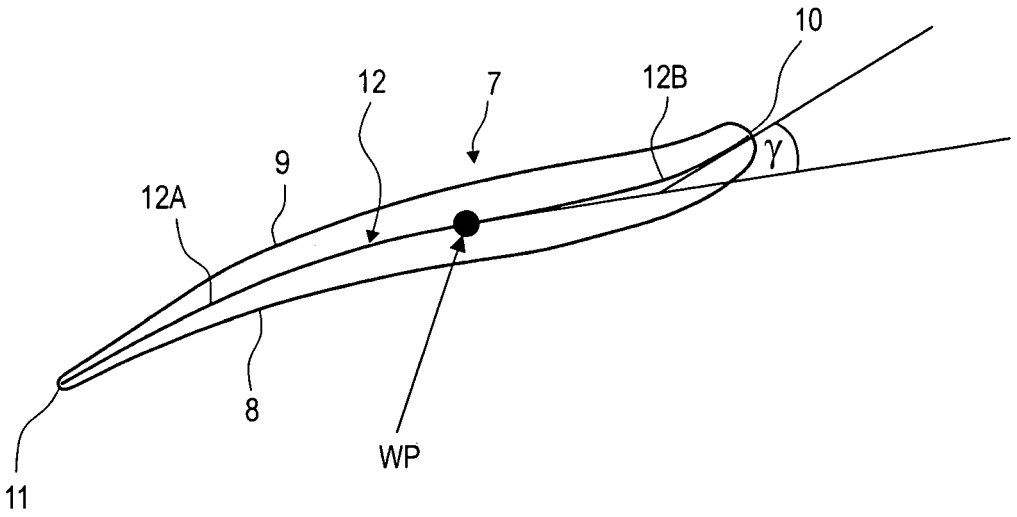
10
12
7
12B
γ
9
12A
8
WP
11

FIG. 2

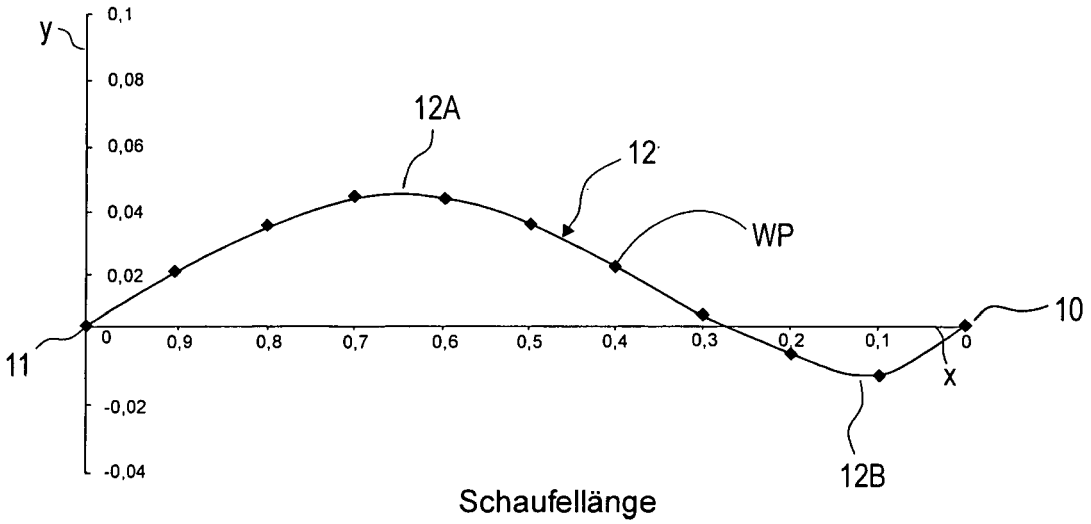
y
0,1
0,08
0,06
0,04
0,02
0
-0,02
-0,04
12A
12
WP
10
11
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
x
12B
Schaufellänge

FIG. 3

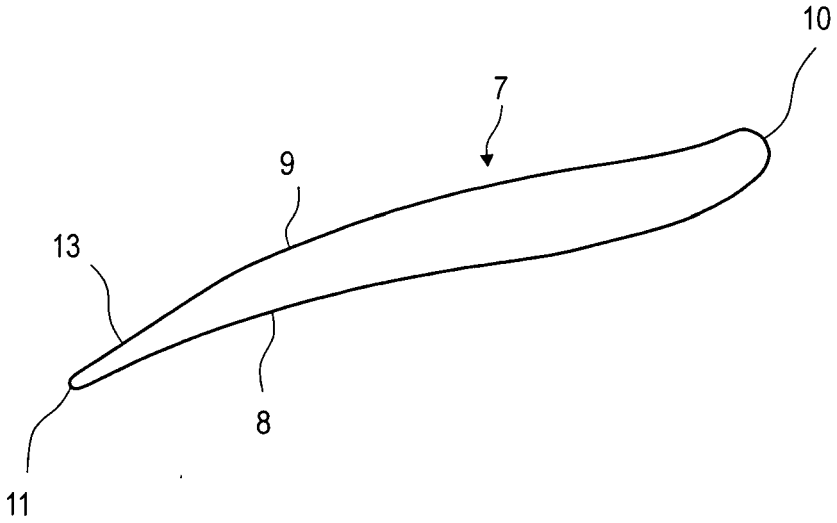

FIG. 4

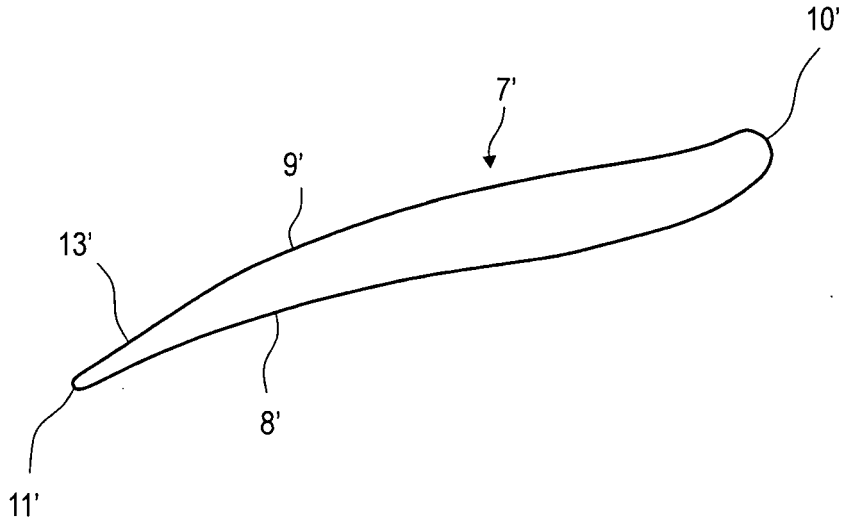

FIG. 5

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 02 5829

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2005/064121 A (HONEYWELL INTERNATIONAL, INC; CASTAN, JOEL, P) 14. Juli 2005 (2005-07-14) * Seite 2, Zeile 4 - Zeile 19 * * Seite 4, Zeile 14 - Seite 9, Zeile 2 * * Seite 10, Zeile 9 - Seite 12, Zeile 10 * * Zusammenfassung; Abbildungen * -----	1-5	INV. F01D17/16
X	US 5 299 909 A (WULF ET AL) 5. April 1994 (1994-04-05) * Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 28 * * Spalte 2, Zeile 65 - Spalte 3, Zeile 47 * * Zusammenfassung; Abbildungen * -----	1-5	
A	CH 305 524 A (AKTIENGESELLSCHAFT FUER TECHNISCHE STUDIEN) 28. Februar 1955 (1955-02-28) * Seite 1, Zeile 55 - Seite 2, Zeile 7 * * Seite 3, Zeile 13 - Zeile 22 * * Abbildungen * -----	1-5	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

F01D
F02C

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	27. April 2006	O'Shea, G

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 05 02 5829

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.

27-04-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2005064121 A	14-07-2005	AU 2003300242 A1	21-07-2005
US 5299909 A	05-04-1994	BR 9305395 A	25-10-1994
		CA 2112597 A1	26-09-1994
		CN 1100495 A	22-03-1995
		EP 0621398 A1	26-10-1994
		JP 6280503 A	04-10-1994
CH 305524 A	28-02-1955	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 6709232 B1 **[0002] [0005]**
- EP 1534933 A1 **[0002]**