



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 225 642.6**  
(22) Anmelddatum: **11.12.2013**  
(43) Offenlegungstag: **11.06.2015**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **17.09.2020**

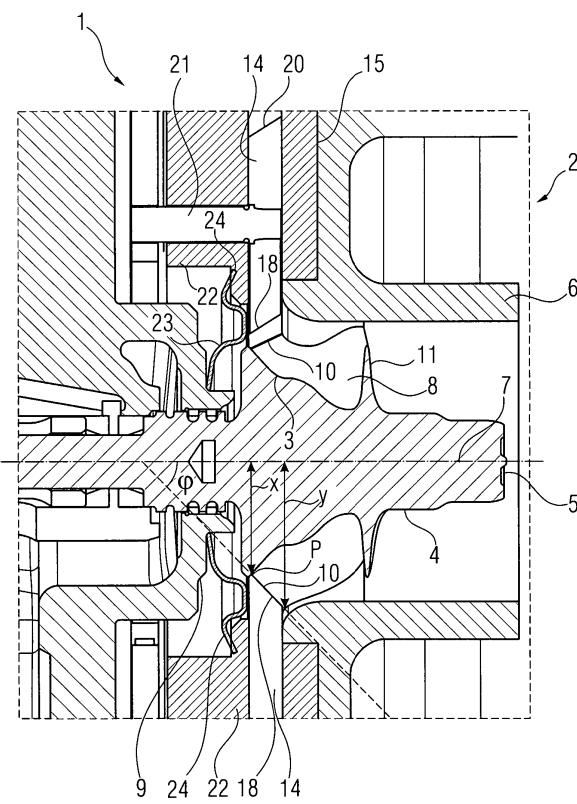
(51) Int Cl.: **F01D 17/16** (2006.01)  
**F01D 9/02** (2006.01)  
**F02B 37/24** (2006.01)  
**F02C 6/12** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber: <b>Vitesco Technologies GmbH, 30165 Hannover, DE</b>	(56) Ermittelter Stand der Technik:
	US 3 495 921 A
	EP 1 895 106 A1
(72) Erfinder: <b>Böning, Ralf, 67829 Reiffelbach, DE; Sandor, Ivo, 93059 Regensburg, DE</b>	WO 2008/137 410 A2
	WO 2008/137 410 A3
	WO 2013/080 795 A1

(54) Bezeichnung: **Abgasturbolader mit einem verstellbaren Leitgitter**

(57) Hauptanspruch: Abgasturbolader (1), umfassend eine Turbine (2) mit einem Turbinenrad (4), wobei das Turbinenrad (4) axial in einem Turbinengehäuse (6) gelagert ist und Turbinenschaufeln (8) mit jeweils einer Eintrittskante (10) für einen Medienstrom aufweist, wobei im Turbinengehäuse (6) ein verstellbares Leitgitter (12) mit einer Mehrzahl von Leitschaufeln (14) zur veränderlichen Einstellung eines Strömungsquerschnitts (16) bezüglich der Eintrittskante (10) des Turbinenrades (4) angeordnet ist, und die Leitschaufeln (14) jeweils eine dem Turbinenrad (4) zugewandte Schaufelhinterkante (18) und eine vom Turbinenrad (4) abgewandte Schaufelvorderkante (20) aufweisen, eine Ebene aufgespannt wird durch eine Drehachse (7) des Turbinenrades (4) und mindestens einen auf der Eintrittskante liegenden Punkt (P), wobei eine Projektion der Eintrittskante (10) auf diese Ebene zumindest in einem Bereich axial geneigt ist gegenüber der Drehachse (7) des Turbinenrades (4) und die Leitschaufeln (14) zumindest in diesem Bereich radial um das Turbinenrad (4) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Querschnitte jeweils einer Leitschaufel (14) senkrecht zur Drehachse (7) jeweils eine unterschiedliche Form aufweisen, wobei unterschiedliche Strömungsfäden (33) jeweils einen geringsten Abstand auf einer Leitschaufeloberfläche (19) von der Schaufelvorderkante (20) bis zur Schaufelhinterkante (18) definieren, wobei die unterschiedlichen Strömungsfäden (33) jeweils eine gleiche Länge aufweisen.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Abgasturbolader gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

**[0002]** Mittels eines Abgasturboladers kann einem Verbrennungsmotor zusätzlich Frischluft zugeführt werden, wodurch mehr Kraftstoff verbrannt werden kann. Dementsprechend kann der Abgasturbolader die Leistung des Verbrennungsmotors steigern. Darüber hinaus vermögen Abgasturbolader auch den Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors zu erhöhen.

**[0003]** Typischerweise weist ein Abgasturbolader eine Turbine mit einem Turbinenrad und einen Verdichter mit einem Verdichterrad auf, wobei das Turbinenrad und das Verdichterrad zumeist auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sind. Das Turbinenrad wird hierbei über einen Abgasmassenstrom des Verbrennungsmotors angetrieben, und dieser treibt wiederum das Verdichterrad an. Der Verdichter, auch Kompressor genannt, verdichtet angesaugte Frischluft und führt diese dem Verbrennungsmotor zu. Die gemeinsame Welle des Verdichters und der Turbine ist oftmals in einem Lagergehäuse des Turboladers gelagert. Des Weiteren ist z.B. das Turbinenrad der Turbine in einem Turbinengehäuse angeordnet und entsprechend das Verdichterrad des Verdichters in einem Verdichtergehäuse.

**[0004]** Um eine Anpassung der Turbinenleistung an einen Betrieb des Verbrennungsmotors zu verbessern, sind insbesondere bei Dieselmotoren, in letzter Zeit aber auch bei Ottomotoren, sogenannte variable Turbinengeometrie-Verstellsysteme entwickelt worden. Hierbei besteht die häufigste Form der variablen Turbinengeometrie aus einem Vorleitgitter mit verstellbaren Leitschaufeln, welche vor dem Turbinenrad angeordnet sind. Die Leitschaufeln sind in Abhängigkeit von einem aktuellen Betriebszustand des Verbrennungsmotors zwischen einer offenen Stellung und einer geschlossenen Stellung verstellbar. Über die Einstellung der Leitschaufeln und des Leitgitters kann ein Abgasgegendruck sowie auch die Art und Weise der Zuströmung des Abgasmassenstromes auf das Turbinenrad beeinflusst werden. So kann ein Strömungsquerschnitt des Abgasmassenstromes zum Turbinenrad verändert werden. Der Strömungsquerschnitt des Abgasmassenstromes zum Turbinenrad ist hierbei in der offenen Stellung der Leitschaufeln am größten und in der geschlossenen Stellung am geringsten. Bei einem geringeren Abgasmassenstrom werden die Leitschaufeln in die geschlossene Stellung bewegt. Durch den geringen Strömungsquerschnitt in der geschlossenen Stellung erhöht sich die Geschwindigkeit des Abgasmassenstromes zwischen den Leitschaufeln. Der Abgasmassenstrom trifft somit mit höherer Geschwindigkeit auf die Turbinenschaufeln, wodurch die Drehzahl der Welle und somit die Leistung des Abgasturboladers

steigt. Hierdurch kann auch bei geringem Abgasmassenstrom genügend Frischluft durch den Verdichter verdichtet werden und dem Verbrennungsmotor zugefügt werden. Somit kann die Leistung des Abgasturboladers bedarfsgemäß an den Betriebszustand des Verbrennungsmotors eingestellt werden.

**[0005]** In den Druckschriften WO 2008/137410 A2, US 3 495 921 A, EP 1 895 106 A1 und WO 2013/080795 A1 sind Abgasturbolader gezeigt, die jeweils eine variable Turbinengeometrie mit verstellbaren Leitschaufeln aufweisen.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten Abgasturbolader zu entwickeln, bei dem die Leistung insbesondere in einem niedrigen Drehzahlbereich des Verbrennungsmotors erhöht ist.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch einen Abgasturbolader mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich mit den Merkmalen der Unteransprüche und der Ausführungsbeispiele.

**[0008]** Der erfindungsgemäße Abgasturbolader umfasst eine Turbine mit einem Turbinenrad, wobei das Turbinenrad axial in einem Turbinengehäuse gelagert ist und Turbinenschaufeln mit jeweils einer Eintrittskante für einen Medienstrom aufweist. Im Turbinengehäuse ist ein verstellbares Leitgitter mit einer Mehrzahl von Leitschaufeln zur veränderlichen Einstellung eines Strömungsquerschnitts bezüglich der Eintrittskante des Turbinenrades angeordnet. Die Leitschaufeln weisen jeweils eine dem Turbinenrad abgewandte Schaufelvorderkante auf. Eine Ebene wird durch eine Drehachse des Turbinenrades und mindestens einen auf der Eintrittskante liegenden Punkt aufgespannt. Eine Projektion der Eintrittskante auf diese Ebene ist zumindest in einem Bereich gegenüber der Drehachse des Turbinenrades axial geneigt (geneigte Eintrittskante). Weiterhin sind die Leitschaufeln zumindest in diesem Bereich radial um das Turbinenrad angeordnet. Ein Beispiel einer solchen geneigten Eintrittskante eines Turbinenrades ist zur Veranschaulichung in der **Fig. 10** gezeigt.

**[0009]** Unter der Projektion der Eintrittskante auf die Ebene wird im Sinne der vorliegenden Anmeldung eine Abbildung einer dreidimensionalen Eintrittskante auf eine zweidimensionale Ebene verstanden. Eine Turbine mit einer derartigen geneigten Eintrittskante wird auch als Radial-Axial-Turbine oder Turbine mit halbaxialer Zuströmung bezeichnet. Typischerweise variiert ein radialer Abstand der Eintrittskante senkrecht zur Drehachse des Turbinenrades in dem genannten Bereich.

**[0010]** Durch die Erfindung können die Vorteile einer Turbine mit halbaxialer Zuströmung mit den Vorteilen einer Turbine mit einem verstellbaren Leitgitter

ter, wobei das Leitgitter eine Mehrzahl von Leitschaufeln aufweist, kombiniert werden. Durch die geneigte Eintrittskante kann das Turbinenrad ein geringeres Trägheitsmoment aufweisen als ein Turbinenrad mit einer Projektion einer Eintrittskante auf die genannte Ebene parallel zur Drehachse des Turbinenrades (gerade Eintrittskante), das auch Turbinenrad mit radialer Zuströmung genannt wird. Hierdurch wird die Leistung und das Ansprechverhalten des Abgas-turboladers, insbesondere in einem Bereich niedriger Drehzahl des Verbrennungsmotors, gesteigert. Die verstellbaren Leitschaufeln sorgen ebenfalls für eine Verbesserung der Leistung des Verbrennungsmotors im niedrigen Drehzahlbereich.

**[0011]** Aufgrund des geringeren Trägheitsmoments kann das erfundungsgemäße Turbinenrad kleiner gebaut werden als Turbinenräder mit einer geraden Eintrittskante. Hierdurch kann das Vorleitgitter kleiner und mit weniger Leitschaufeln ausgeführt werden. Folglich können Kosten eingespart werden.

**[0012]** Außerhalb des genannten Bereichs kann die Projektion der Eintrittskante auf die Ebene auch zumindest teilweise parallel zur Drehachse des Turbinenrades sein.

**[0013]** Die axial geneigte Projektion der Eintrittskante kann abschnittsweise um einen Winkel von mindestens  $30^\circ$  gegenüber der Drehachse des Turbinenrades geneigt sein. Dieser Winkel kann einen konstanten Wert aufweisen. In typischen Ausführungen beträgt dieser Winkel weniger als  $60^\circ$ . Ein Beispiel einer um einen Winkel  $\varphi$  gegenüber einer Drehachse eines Turbinenrades geneigten Projektion einer Eintrittskante ist zur Veranschaulichung in der **Fig. 10** gezeigt.

**[0014]** Bevorzugt ist eine Projektion der Schaufelhinterkante auf die genannte Ebene zumindest in dem genannten Bereich ebenfalls axial geneigt gegenüber der Drehachse. Hierdurch kann eine Strömungsführung des Medienstroms von den Leitschaufeln zum Turbinenrad verbessert werden.

**[0015]** In bevorzugter Weise verläuft die Schaufelhinterkante jeweils einer Leitschaufel im Wesentlichen parallel zur Eintrittskante einer jeweils nächstliegenden Turbinenschaufel. Die Schaufelhinterkante weist einen gleichen Neigungswinkel gegenüber der Drehachse des Turbinenrades wie die Eintrittskante auf. In diesem Fall ist also die Projektion der Schaufelhinterkante parallel zur Projektion der Eintrittskante. Typischerweise hat ein Spalt zwischen der Schaufelhinterkante und der Eintrittskante also im Wesentlichen einen konstanten Wert. Die Strömungsführung des Medienstroms von den Leitschaufeln zum Turbinenrad kann dadurch verbessert werden.

**[0016]** Üblicherweise sind die Leitschaufeln zwischen einer offenen Stellung und einer geschlossenen Stellung verstellbar. Zumindest in der offenen Stellung kann ein minimaler radialer Abstand der Schaufelhinterkante jeweils einer Leitschaufel senkrecht zur Drehachse des Turbinenrades kleiner sein als ein maximaler radialer Abstand der Eintrittskante einer jeweils nächstliegenden Turbinenschaufel senkrecht zur Drehachse des Turbinenrades. In diesem Fall hinterschneidet die Schaufelhinterkante also in radialer Richtung die Eintrittskante einer nächstliegenden Turbinenschaufel. Hierdurch kann der Medienstrom möglichst nahe an das Turbinenrad geführt werden. Bevorzugt ist eine Spaltbreite zwischen Schaufelhinterkante und Eintrittskante minimal. Beispielsweise ist die Spaltbreite kleiner als 2 mm. Unter Berücksichtigung von Fertigungs- und Montagetoleranzen ist die ist die Spaltbreite typischerweise jedoch größer als 0,5 mm. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Spaltbreite 1 mm.

**[0017]** Vorzugsweise ist ein erster Querschnitt jeweils einer Leitschaufel senkrecht zur Drehachse des Turbinenrades um einen Winkel geneigt gegenüber einem zweiten Querschnitt der jeweiligen Leitschaufel senkrecht zur Drehachse des Turbinenrades. Das heißt, dass die Leitschaufel in dieser Ausführung eine verdrillte Form aufweist. Durch die verdrillte Form der Leitschaufel erhält der Medienstrom vor dem Auftreffen auf die Eintrittskante neben einer Geschwindigkeitskomponente senkrecht zur Drehachse eine Geschwindigkeitskomponente parallel zur Drehachse, d.h. in axialer Richtung. Hierdurch wird eine Strömungsführung des Medienstroms von der Leitschaufel auf das Turbinenrad verbessert. Der erste Querschnitt kann um einen Winkel von größer als  $5^\circ$  geneigt sein gegenüber dem zweiten Querschnitt. Typischerweise beträgt dieser Winkel weniger als  $25^\circ$ .

**[0018]** Zur weiteren Verbesserung der Strömungsführung können mindestens zwei Querschnitte jeweils einer Leitschaufel senkrecht zur Drehachse jeweils eine unterschiedliche Form aufweisen.

**[0019]** In der vorliegenden Schrift definieren unterschiedliche Strömungsfäden jeweils einen geringsten Abstand auf einer den Medienstrom führenden Leitschaufeloberfläche von der Schaufelvorderkante bis zur Schaufelhinterkante. Bevorzugt weisen die unterschiedlichen Strömungsfäden jeweils eine gleiche Länge auf. Beispielsweise können die Strömungsfäden bei verdrillt geformten Leitschaufeln oder bei unterschiedlich geformten Querschnitten einer Leitschaufel jeweils eine gleiche Länge aufweisen. Unterschiedliche Strömungswege des Abgasmassenstromes auf der Leitschaufel sind dann von gleicher Länge. Dadurch ist die Strömungsführung des Medienstroms von der Leitschaufel auf das Turbinenrad besonders günstig ausgeführt.

**[0020]** Gemäß einer weiteren Definition teilen Profilmittellinien jeweils einer Leitschaufel jeweils einen Querschnitt der Leitschaufel senkrecht zur Drehachse seiner Länge nach in zwei gleich dicke Hälften. Die Profilmittellinien erstrecken sich hierbei von der Schaufelhinterkante zu der Schaufelvorderkante der Leitschaufel. Vorzugsweise sind die Profilmittellinien zumindest abschnittsweise gekrümmmt. Hierdurch kann die Strömungsführung von der Leitschaufel zum Turbinenrad weiter verbessert werden.

**[0021]** Die zumindest abschnittsweise gekrümmte Profilmittellinie kann einen einzigen konstanten Krümmungsradius aufweisen. Sie kann in anderen Ausführungen auch bereichsweise jeweils verschiedene Krümmungsradien aufweisen. Es kann vorgesehen sein, dass die Profilmittellinie in einem ersten Bereich gerade ist und in einem zweiten Bereich gekrümmmt ist. Sämtliche Profilmittellinien jeweils einer Leitschaufel sind vorzugsweise gleichgeformt. Alternativ kann der Profilmittellinie innerhalb der jeweiligen Leitschaufel auch variiert werden.

**[0022]** Typischerweise ist eine den Medienstrom führende und sich von der Schaufelhinterkante bis zur Schaufelvorderkante der Leitschaufel erstreckende Leitschaufeloberfläche gewölbt.

**[0023]** Bevorzugt sind die Schaufelvorderkante und die Schaufelhinterkante zweier benachbarter Leitschaufeln derart geformt, dass sie in der geschlossenen Stellung der Leitschaufeln einen Durchbruch für eine Strömungsführung des Medienstroms zum Turbinenrad bilden. Vorzugsweise ist eine Form der Schaufelvorderkante an eine Form der Schaufelhinterkante angepasst, um eine strömungsgünstige Düse zu bilden. Hierdurch kann eine günstige Strömungsführung des Medienstroms realisiert werden.

**[0024]** Das Turbinenrad ist in typischen Ausführungen zusammen mit einem Verdichterrad auf einer Welle gelagert, wobei die Welle in einem Lagergehäuse gelagert ist. Üblicherweise sind die Leitschaufeln auf Leitschaufelwellen befestigt, wobei die Leitschaufelwellen drehbar in einem Schaufellagerring angeordnet sind. Zwischen dem Schaufellagerring und der Welle ist vorzugsweise ein Hitzeschild strömungsführend angeordnet. Der Hitzeschild kann einen Hitzeeintrag in das genannte Lagergehäuse verringern und kann für eine verbesserte Strömungsführung des Medienstroms von den Leitschaufeln zum Turbinenrad sorgen.

**[0025]** Durch die oben beschriebenen Verbesserungen der Strömungsführung des Medienstroms von den Leitschaufeln zum Turbinenrad können geringere Strömungsverluste auftreten, was zu einem besseren Wirkungsgrad der Turbine führt.

**[0026]** Ausführungsbeispiele werden anhand der beigefügten Figuren erläutert. In den Figuren zeigt

**Fig. 1** einen Querschnitt eines turbinenseitigen Abschnitts eines Abgasturboladers;

**Fig. 2** eine Draufsicht auf ein Turbinenrad und radial um das Turbinenrad angeordnete Leitschaufeln in einer Offenstellung der Leitschaufeln;

**Fig. 3** eine perspektivische Darstellung einer Eintrittskante sowie einer nächstliegenden Schaufelhinterkante;

**Fig. 4** die Anordnung aus **Fig. 2** in einer mittleren Schaufelstellung;

**Fig. 5** eine Vergrößerung der Anordnung aus **Fig. 2** in einer geschlossenen Stellung der Leitschaufeln;

**Fig. 6A-6D** verschiedene Querschnitte einer Leitschaufel;

**Fig. 7** eine perspektivische Darstellung einer auf einer Leitschaufelwelle angeordneten Leitschaufel;

**Fig. 8** eine Vorderansicht auf zwei Leitschaufeln;

**Fig. 9** um einen Winkel  $\alpha$  geneigte Querschnitte einer Leitschaufel und

**Fig. 10** eine schematische Darstellung des Turbinenrades aus den **Fig. 1-5**.

**[0027]** Funktionsgleiche Teile bzw. wiederkehrende Merkmale sind in den Figuren durchgängig mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

**[0028]** **Fig. 1** zeigt einen Querschnitt eines Abschnitts eines Abgasturboladers **1**. Im gezeigten Abschnitt ist eine Turbine **2** mit einem Turbinenrad **4** gezeigt. Das Turbinenrad **4** ist axial auf einer Drehachse **7** definierenden Welle **5** in einem Turbinengehäuse **6** gelagert. Auf der Welle **5** befindet sich ebenfalls ein nicht gezeigtes Verdichterrad in einem Verdichtergehäuse. Die Welle **5** des Turbinenrades **4** und des Verdichterraades ist in einem Lagergehäuse **9** gelagert.

**[0029]** Das Turbinenrad **4** weist eine Nabe **3** mit darauf angeordneten Turbinenschaufeln **8** auf. Die Turbinenschaufeln **8** umfassen jeweils eine Eintrittskante **10** und eine Austrittskante **11** für einen Abgasmassestrom aus einem Verbrennungsmotor. Im gezeigten Beispiel ist der Verbrennungsmotor ein Dieselmotor. Alternativ kann der Verbrennungsmotor aber auch ein Ottomotor sein.

**[0030]** Der Abgasturbolader **1** weist eine variable Turbinengeometrie auf, die ein verstellbaren Leitgitter **12** mit einer Mehrzahl von Leitschaufeln **14** zur veränderlichen Einstellung eines Strömungsquer-

schnitts **16** bezüglich der genannten Eintrittskante **10** des Turbinenrades **4** umfasst, wobei das Leitgitter **12** im Turbinengehäuse **6** angeordnet ist. Über die Leitschaufeln **14** wird der Abgasmassenstrom auf die Turbinenschaufel **8** des Turbinenrades **4** geführt. Hierbei trifft der Abgasmassenstrom zunächst auf eine vom Turbinenrad **4** abgewandte Schaufelvorderkante **20** und gelangt über eine Schaufeloberfläche **19** und eine dem Turbinenrad zugewandte Schaufelhinterkante **18** zur Eintrittskante **10** des Turbinenrades **4**.

**[0031]** Die Leitschaufeln **14** sind zwischen einer Offenstellung und einer geschlossenen Stellung verstellbar. Dazu sind die Leitschaufeln **14** auf Leitschaufelwellen **21** angeordnet, die in einem Leitschaufellagerring **22** drehbar gelagert sind. Die Leitschaufeln **14** sind durch den Leitschaufellagerring **22** und eine Scheibe **15** begrenzt. Die Leitschaufeln **14** des Leitgitters **12** sind in Abhängigkeit von einem Betriebszustand des Verbrennungsmotors durch einen nicht-dargestellten elektrischen Aktuator verstellbar. Der Aktuator kann alternativ auch als Druckdose ausgebildet sein.

**[0032]** Zwischen der Nabe **3** und dem Leitschaufellagerring **22** ist ein Hitzeschild **23** angeordnet, der einen Wärmeeintrag des Abgasmassenstromes in eine Lagerung der Welle **5** im Lagergehäuse **9** reduziert. Um temperaturbedingte Verbiegungen zu kompensieren, ist der Hitzeschild **23** an einem Federarm **24** federnd angeordnet und zwischen dem Schaufellagerring **22** und dem Lagergehäuse **9** eingespannt. Ferner begünstigt der Hitzeschild **23** eine Strömungsführung des Abgasmassenstromes auf das Turbinenrad **4**. Beim Drehen der Leitschaufelwellen **21** von der geschlossenen Stellung in die Offenstellung der Leitschaufeln **14**, werden die Leitschaufeln **14** über den Hitzeschild **23** geschwenkt.

**[0033]** In der **Fig. 1** wird eine Ebene aufgespannt durch die Drehachse **7** des Turbinenrades **4** und einen auf der Eintrittskante **10** liegenden Punkt **P**. Zu erkennen ist, dass eine Projektion der dreidimensionalen Eintrittskante **10** auf diese Ebene gegenüber der Drehachse **7** des Turbinenrades **4** axial geneigt ist. Die Leitschaufeln **14** sind um die Eintrittskante **10** des Turbinenrades **4** radial angeordnet. In der Figur ist die Projektion der gesamten Eintrittskante **10** geneigt.

**[0034]** Die beschriebene axial geneigte Projektion der Eintrittskante **10** auf die genannte Ebene wird häufig als geneigte oder schräge Eintrittskante **10** bezeichnet. Die in der **Fig. 1** gezeigte Turbine **2** ist also eine Turbine mit halbaxialer Zuströmung. Der Abgasmassenstrom strömt aus einem nicht gezeigten Strömungsgehäuse der Turbine überwiegend radial auf die Vorderkanten **20** der Leitschaufeln **14**, während sie neben einer radialen Strömungskomponen-

te auch mit einer axialen Strömungskomponente auf die Eintrittskante **10** der Turbinenschaufeln **8** treffen.

**[0035]** Die axial geneigte Projektion der Eintrittskante **10** auf die Ebene ist um einen Winkel  $\varphi$  von etwa  $48^\circ$  gegenüber der Drehachse **7** des Turbinenrades **4** geneigt. Ebenfalls ist zu erkennen, dass eine Projektion der Schaufelhinterkante **18** auf die genannte Ebene gegenüber der Drehachse **7** um den gleichen Winkel  $\varphi$  von etwa  $48^\circ$  axial geneigt ist. Die Schaufelhinterkante **18** verläuft also im Wesentlichen parallel zur Eintrittskante **10** einer jeweils nächstliegenden Turbinenschaufel **8**. Ein Spalt **26** zwischen Eintrittskante **10** und Schaufelhinterkante **18** ist somit im Wesentlichen von konstanter Dicke und beträgt etwa 1 mm.

**[0036]** Die in **Fig. 1** gezeigten Leitschaufeln **14** befinden sich in einer Offenstellung. In dieser Stellung ist ein minimaler radialer Abstand  $x$  der Schaufelhinterkante **18** jeweils einer Leitschaufel **14** senkrecht zur Drehachse **7** kleiner als ein maximaler radialer Abstand  $y$  der Eintrittskante **10** einer jeweils nächstliegenden Turbinenschaufel **14** senkrecht zur Drehachse **7**. Die Leitschaufeln **14** hinterschneiden somit die Turbinenschaufeln **8** im Bereich der Eintrittskante **10**.

**[0037]** Die **Fig. 2** zeigt eine Aufsicht auf das Turbinenrad **4** und die Leitschaufeln **14** der in der **Fig. 1** gezeigten Turbine in der Offenstellung der Leitschaufeln **14**. Zur besseren Darstellung wurden hier unter anderem das Lagergehäuse **9** und die Scheibe **15** weggelassen. Die **Fig. 3** zeigt eine Vergrößerung des Details A aus der **Fig. 2** in einer perspektivischen Darstellung. Wie aus den **Fig. 2** und **Fig. 3** hervorgeht, weisen die Leitschaufeln **14** eine gewölbte Leitschaufeloberfläche **19** auf. Aus diesem Grund ist die Leitschaufeloberfläche **19** in der Aufsicht der **Fig. 2** zu erkennen. Neben der geneigten Eintrittskante **10** des Turbinenrades **4** besitzen die Leitschaufeln **14** ebenfalls geneigte Schaufelkanten **18**, um den Abgasmassenstrom bis möglichst nahe an das Turbinenrad **4** sauber zu führen. Dies geht insbesondere aus der perspektivischen Darstellung der **Fig. 3** der Eintrittskante **10** und der Schaufelhinterkante **18** hervor.

**[0038]** **Fig. 4** und **Fig. 5** zeigen die Anordnung aus **Fig. 2** in einer mittleren Leitschaufelstellung bzw. in einer geschlossenen Stellung der Leitschaufeln **14**. Insbesondere in **Fig. 5** ist gut zu erkennen, dass die Schaufelvorderkante **20** und die Schaufelhinterkante **18** zweier benachbarter Leitschaufeln **14** derart geformt sind, dass sie eine strömungsgünstige Düse **28** für eine Strömungsführung des Abgasmassenstromes zum Turbinenrad **4** bilden. Die Düse **28** ist in der Figur als Durchbruch **28** zu erkennen.

**[0039]** In den **Fig. 6A** bis **Fig. 6D** sind verschiedene Querschnitte unterschiedlich geformter Leitschaufeln **14** senkrecht zur Drehachse **7** gezeigt. Eine Pro-

filmittellinie **30** der Leitschaufel **14** teilt einen Querschnitt der Leitschaufel **14** seiner Länge **31** nach in zwei gleich dicke Hälften. Die Profilmittellinie **30** erstreckt sich hierbei von der Schaufelhinterkante **18** zu der Schaufelvorderkante **20**.

**[0040]** In **Fig. 6A** ist die Profilmittellinie eine gerade Linie, während in **Fig. 6B** die Profilmittellinie **30** gekrümmt ist und einen konstanten Krümmungsradius aufweist, der einen endlichen Wert hat. Die Profilmittellinie **30** aus **Fig. 6C** hingegen weist zwei verschiedenen gekrümmte Bereiche mit jeweils unterschiedlichen Krümmungsradien auf. Schließlich zeigt die Profilmittellinie **30** aus der **Fig. 6D**, die abschnittsweise gekrümmmt ist und abschnittsweise gerade ist.

**[0041]** Eine perspektivische Ansicht einer noch nicht montierten Leitschaufel **14** mit einer Leitschaufelwelle **5** aus dem in den **Fig. 1** bis **Fig. 5** gezeigten Abgasturbolader **1** ist zur Deutlichkeit noch mal in der **Fig. 7** gezeigt. An einer der Scheibe **15** zugewandten Seite **35'** weist die Leitschaufel **14** einen in der **Fig. 6D** gezeigten Querschnitt auf. Auch an einer dem Schaufellagerring zugewandten Seite **34'** weist die Leitschaufel **14** den in der **Fig. 6D** gezeigten Querschnitt auf, wobei die beiden Querschnitte gegenüber einander um einen Winkel  $\alpha$  von  $10^\circ$  verdrillt sind (vgl. **Fig. 9**). Es ist alternativ auch möglich, dass mindestens zwei Querschnitte jeweils einer Leitschaufel **14** senkrecht zur Drehachse **7** des Turbinenrades **4** jeweils eine unterschiedliche Form aufweisen. So kann es vorgesehen sein, dass eine einzige Leitschaufel **14** sämtliche Querschnitte aus den **Fig. 6A** bis **Fig. 6D** aufweist.

**[0042]** Unterschiedliche Strömungsfäden **33** sind jeweils definiert durch einen geringsten Abstand auf der Leitschaufeloberfläche **19** von der Schaufelvorderkante **20** bis zur Schaufelhinterkante **18**. Um sicherzustellen, dass Abgasmassenströme einen gleich langen Strömungsweg auf jeweils einer Leitschaufeloberfläche **19** zum Turbinenrad **4** zurücklegen, weisen unterschiedliche Strömungsfäden **33** jeweils eine gleiche Länge auf.

**[0043]** In der **Fig. 8** ist eine weitere schematische Ansicht der Leitschaufel **14** aus den **Fig. 1** bis **Fig. 5** und **Fig. 7** gezeigt.

Die Strömungsfäden **33** in **Fig. 8** weisen eine gleiche Länge auf. Damit dies sichergestellt ist, ist die Leitschaufel **14** verdrillt, d.h., die Leitschaufeloberfläche **19** ist gewölbt ausgeführt.

**[0044]** In **Fig. 9** sind zwei Querschnitte der in den **Fig. 1-5**, **Fig. 7** und **Fig. 8** gezeigten Leitschaufel **14** senkrecht zur Drehachse **7** des Turbinenrades **4** gezeigt. Hierbei ist zu erkennen, dass ein erster Querschnitt **34** der Leitschaufel **14** an der dem Schaufellagerring zugewandten Seite **34'** um den Winkel  $\alpha$  von  $10^\circ$  gegenüber einem zweiten Querschnitt **35** der

Leitschaufel **14** an der der Scheibe **15** zugewandten Seite **35'** geneigt ist.

**[0045]** In der **Fig. 10** ist das Turbinenrad **4** mit halbaxialer Zuströmung aus den **Fig. 1** bis **Fig. 5** nochmals in schematischer Darstellung gezeigt. In dieser **Fig. 10** ist zu erkennen, dass eine Ebene durch die Drehachse **7** des Turbinenrades **4** und mindestens einen auf der Eintrittskante **10** liegenden Punkt **P** aufgespannt wird. Die Projektion der Eintrittskante **10** auf diese Ebene ist axial um den Winkel  $\varphi$  gegenüber der Drehachse **7** des Turbinenrades **4** geneigt.

**[0046]** Neben dem ebenfalls in der **Fig. 1** gezeigten Punkt **P**, ist es auch möglich, einen anderen Punkt **P'** an einer anderen Stelle auf der Eintrittskante **10** zu wählen. Die Projektion auf die durch den Punkt **P'** und die Drehachse **7** definierte Ebene ist auch in diesem Fall um den Winkel  $\varphi$  geneigt.

**[0047]** Lediglich in den Ausführungsbeispielen offenbare Merkmale der verschiedenen Ausführungsformen können miteinander kombiniert und einzeln beansprucht werden.

## Patentansprüche

1. Abgasturbolader (**1**), umfassend eine Turbine (**2**) mit einem Turbinenrad (**4**), wobei das Turbinenrad (**4**) axial in einem Turbinengehäuse (**6**) gelagert ist und Turbinenschaufeln (**8**) mit jeweils einer Eintrittskante (**10**) für einen Medienstrom aufweist, wobei im Turbinengehäuse (**6**) ein verstellbares Leitgitter (**12**) mit einer Mehrzahl von Leitschaufeln (**14**) zur veränderlichen Einstellung eines Strömungsquerschnitts (**16**) bezüglich der Eintrittskante (**10**) des Turbinenrades (**4**) angeordnet ist, und die Leitschaufeln (**14**) jeweils eine dem Turbinenrad (**4**) zugewandte Schaufelhinterkante (**18**) und eine vom Turbinenrad (**4**) abgewandte Schaufelvorderkante (**20**) aufweisen, eine Ebene aufgespannt wird durch eine Drehachse (**7**) des Turbinenrades (**4**) und mindestens einen auf der Eintrittskante liegenden Punkt (**P**), wobei eine Projektion der Eintrittskante (**10**) auf diese Ebene zumindest in einem Bereich axial geneigt ist gegenüber der Drehachse (**7**) des Turbinenrades (**4**) und die Leitschaufeln (**14**) zumindest in diesem Bereich radial um das Turbinenrad (**4**) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Querschnitte jeweils einer Leitschaufel (**14**) senkrecht zur Drehachse (**7**) jeweils eine unterschiedliche Form aufweisen, wobei unterschiedliche Strömungsfäden (**33**) jeweils einen geringsten Abstand auf einer Leitschaufeloberfläche (**19**) von der Schaufelvorderkante (**20**) bis zur Schaufelhinterkante (**18**) definieren, wobei die unterschiedlichen Strömungsfäden (**33**) jeweils eine gleiche Länge aufweisen.

2. Abgasturbolader gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die axial geneigte Projektion

der Eintrittskante (10) abschnittsweise um einen Winkel  $\varphi$  von mindestens  $30^\circ$  gegenüber der Drehachse (7) des Turbinenrades (4) geneigt ist.

3. Abgasturbolader gemäß einem der Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Projektion der Schaufelhinterkante (18) auf die genannte Ebene zumindest in dem genannten Bereich axial geneigt ist gegenüber der Drehachse (7).

4. Abgasturbolader gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaufelhinterkante (18) jeweils einer Leitschaufel (14) im Wesentlichen parallel zur Eintrittskante (10) einer jeweils nächstliegenden Turbinenschaufel (8) verläuft.

5. Abgasturbolader nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Leitschaufeln (14) zwischen einer Offenstellung und einer geschlossenen Stellung verstellbar sind, und zumindest in der Offenstellung ein minimaler radialer Abstand (x) der Schaufelhinterkante (18) jeweils einer Leitschaufel (14) senkrecht zur Drehachse (7) des Turbinenrades (4) kleiner ist als ein maximaler radialer Abstand (y) der Eintrittskante (10) einer jeweils nächstliegenden Turbinenschaufel (8) senkrecht zur Drehachse (7) des Turbinenrades (4).

6. Abgasturbolader gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster Querschnitt (34) jeweils einer Leitschaufel (14) senkrecht zur Drehachse (7) des Turbinenrades (4) um einen Winkel  $\alpha$  geneigt ist gegenüber einem zweiten Querschnitt (35) der jeweiligen Leitschaufel (14) senkrecht zur Drehachse (7) des Turbinenrades (4).

7. Abgasturbolader gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Profilmittellinien (30) jeweils einer Leitschaufel (14) jeweils einen Querschnitt der Leitschaufel (14) senkrecht zur Drehachse (7) seiner Länge nach in zwei gleich dicke Hälften teilen und die Profilmittellinien (30) sich von der Schaufelvorderkante (20) zu der Schaufelhinterkante (18) der Leitschaufel (14) erstrecken, wobei die Profilmittellinien (30) zumindest abschnittsweise gekrümmmt sind.

8. Abgasturbolader nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine den Medienstrom führende und sich von der Schaufelvorderkante (20) bis zur Schaufelhinterkante (18) der Leitschaufel (14) erstreckende Leitschaufeloberfläche (19) gewölbt ist.

9. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaufelvorderkante (20) und die Schaufelhinterkante (18) zweier benachbarter Leitschaufeln (14) derart geformt sind, dass sie in der geschlossenen Stellung

der Leitschaufeln (14) einen Durchbruch (28) für eine Strömungsführung des Medienstroms zum Turbinenrad (4) bilden.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

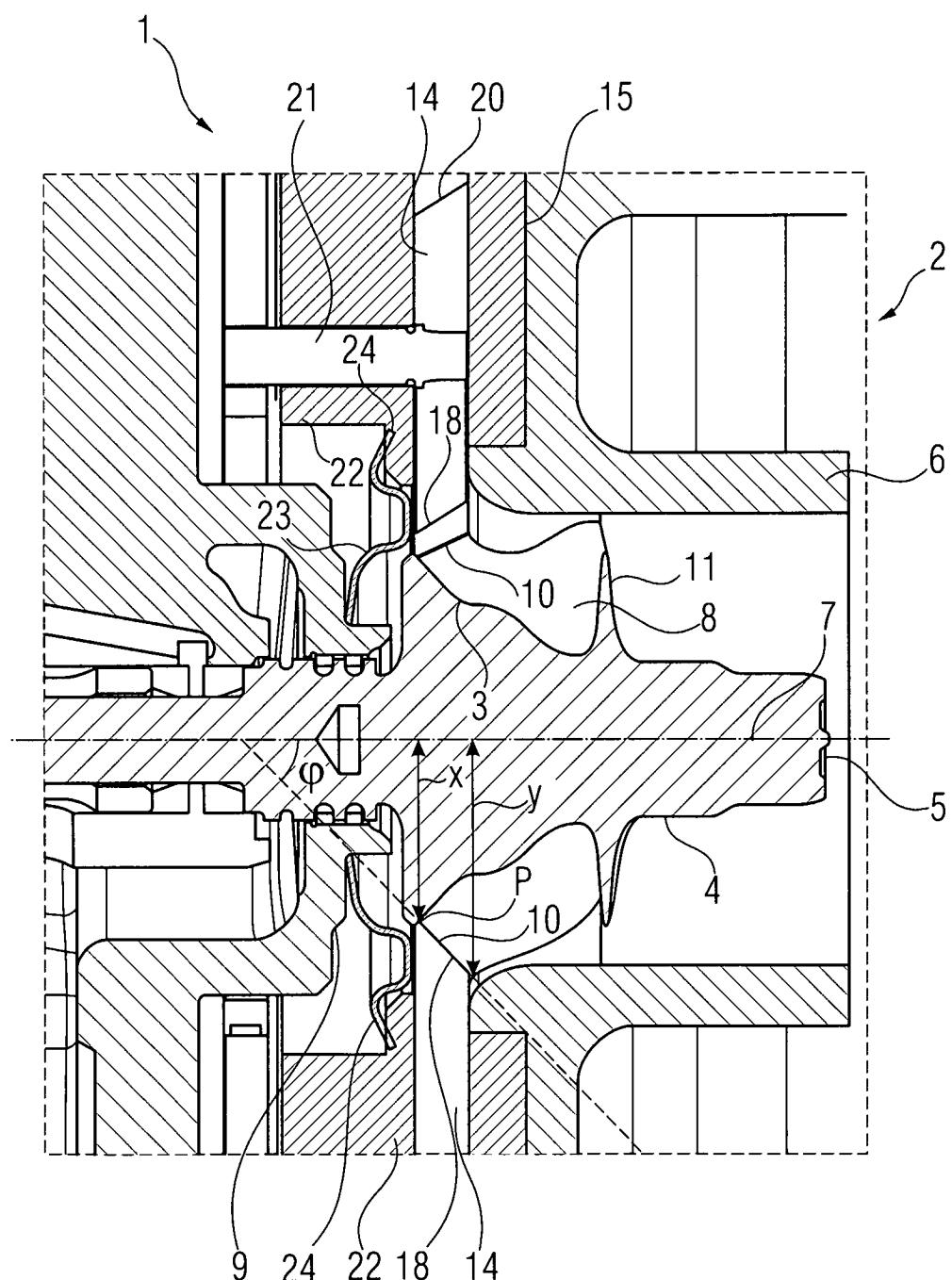


FIG 1

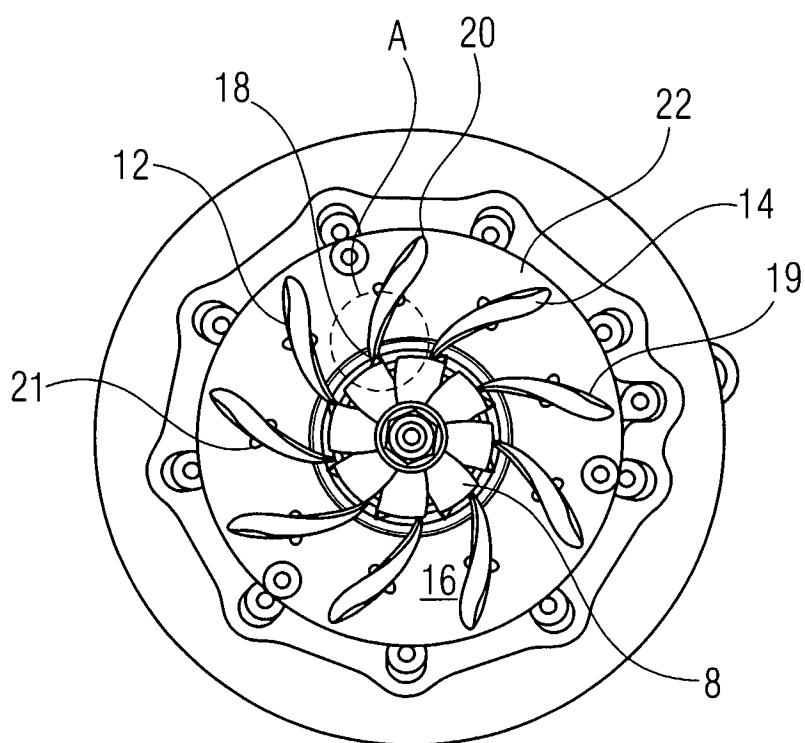


FIG 2

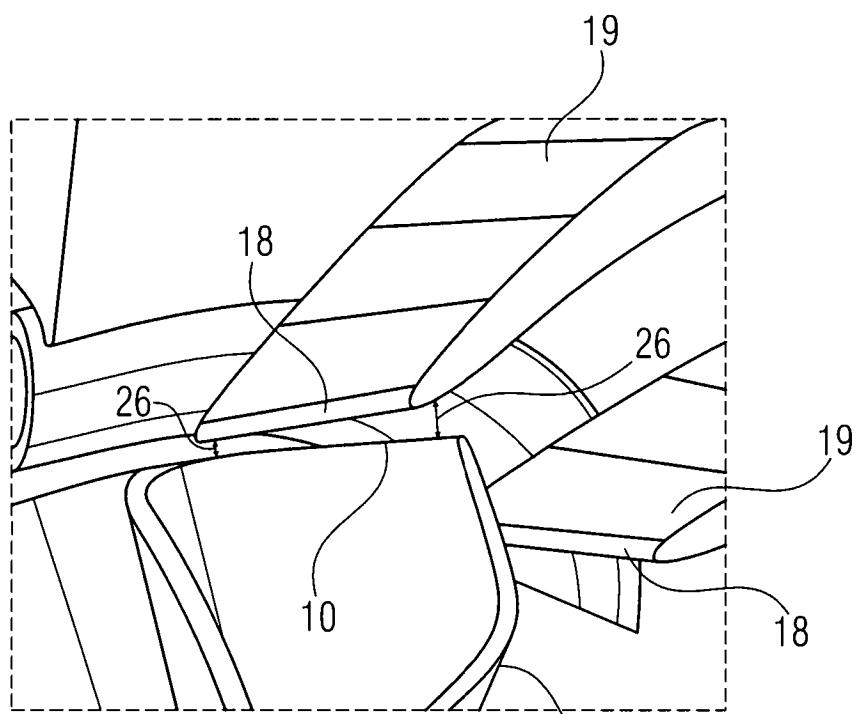


FIG 3

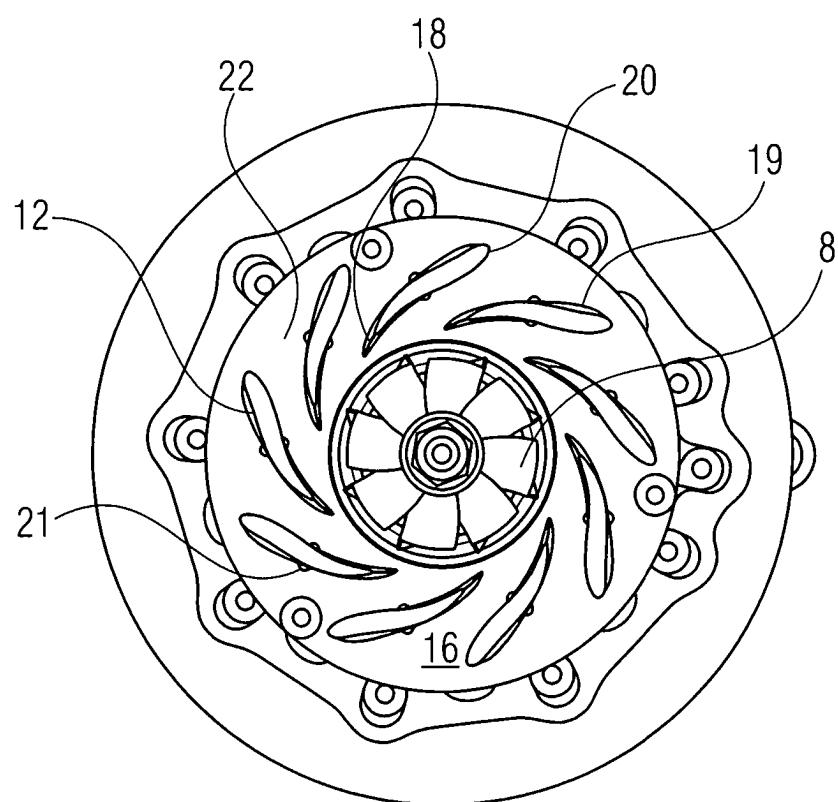


FIG 4

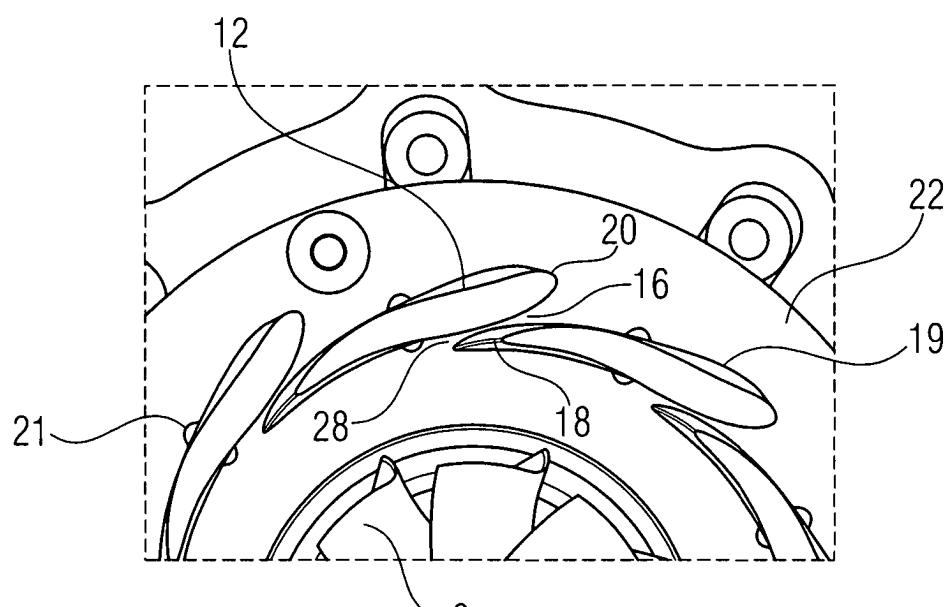


FIG 5

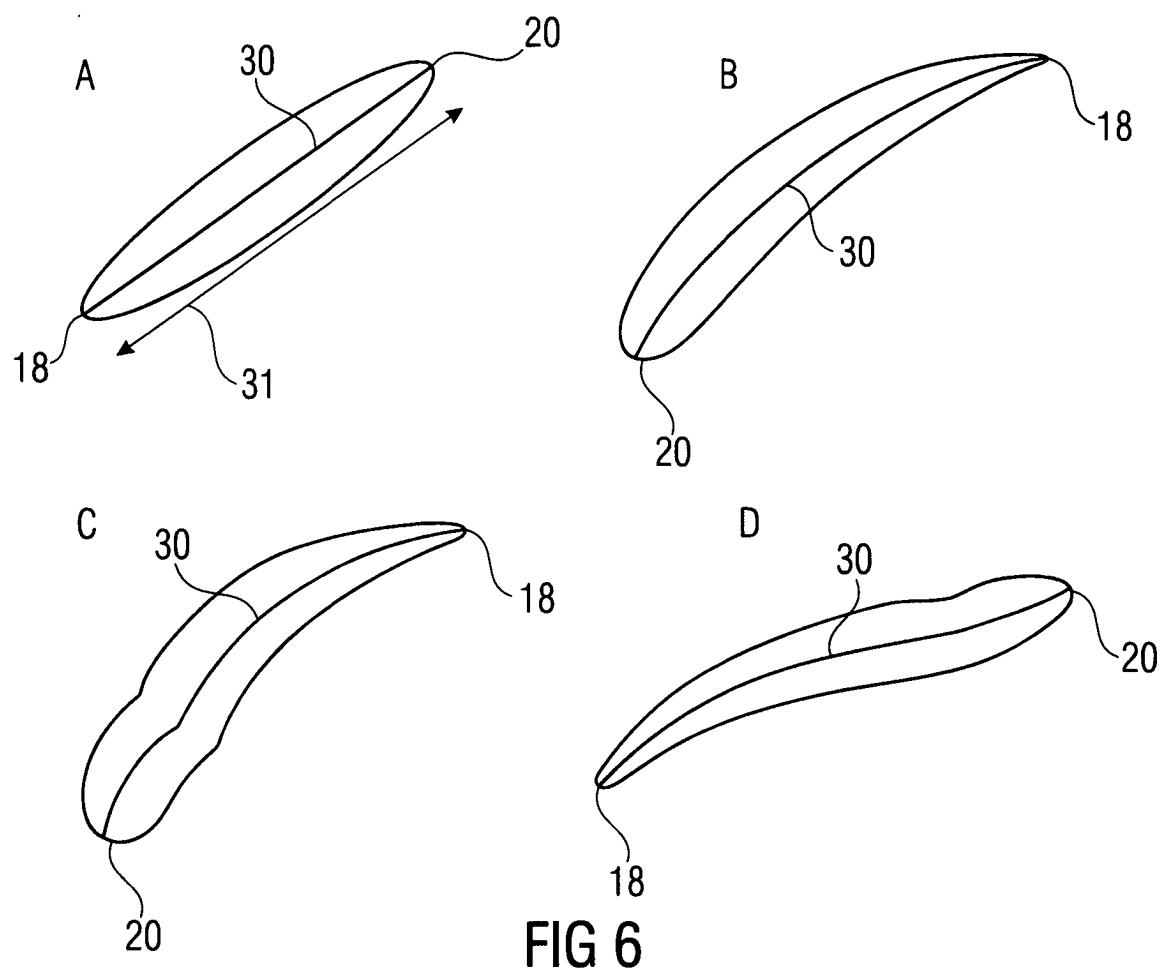


FIG 6

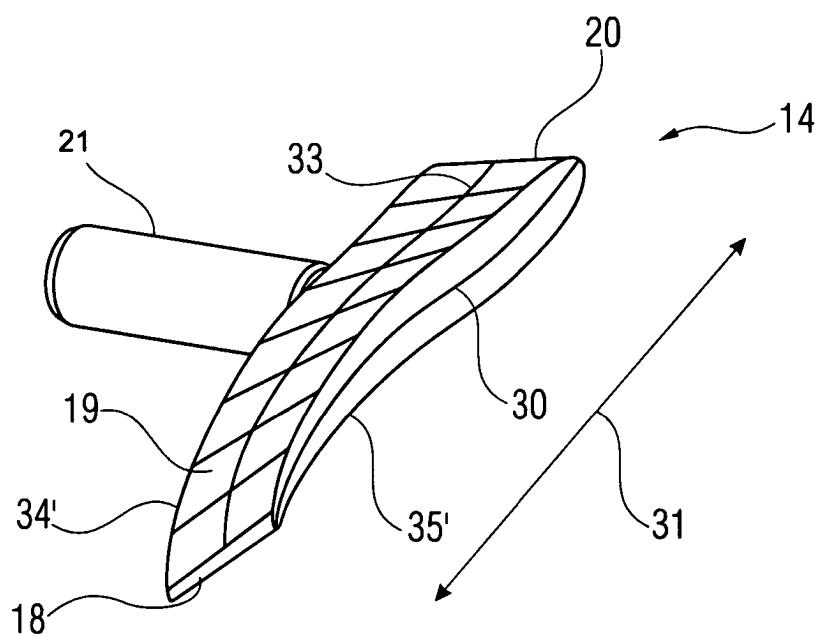


FIG 7

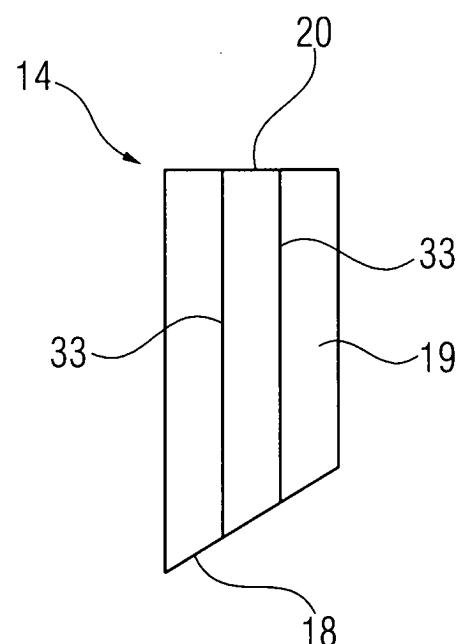


FIG 8

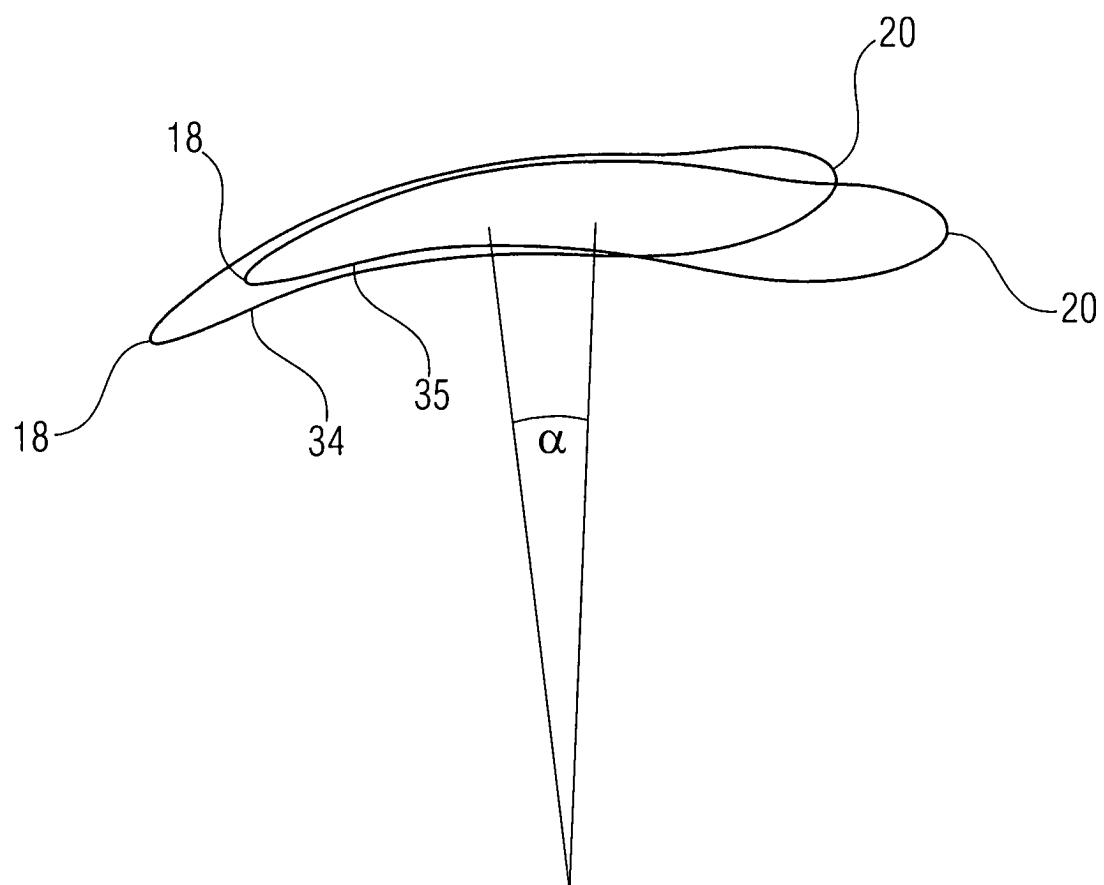


FIG 9

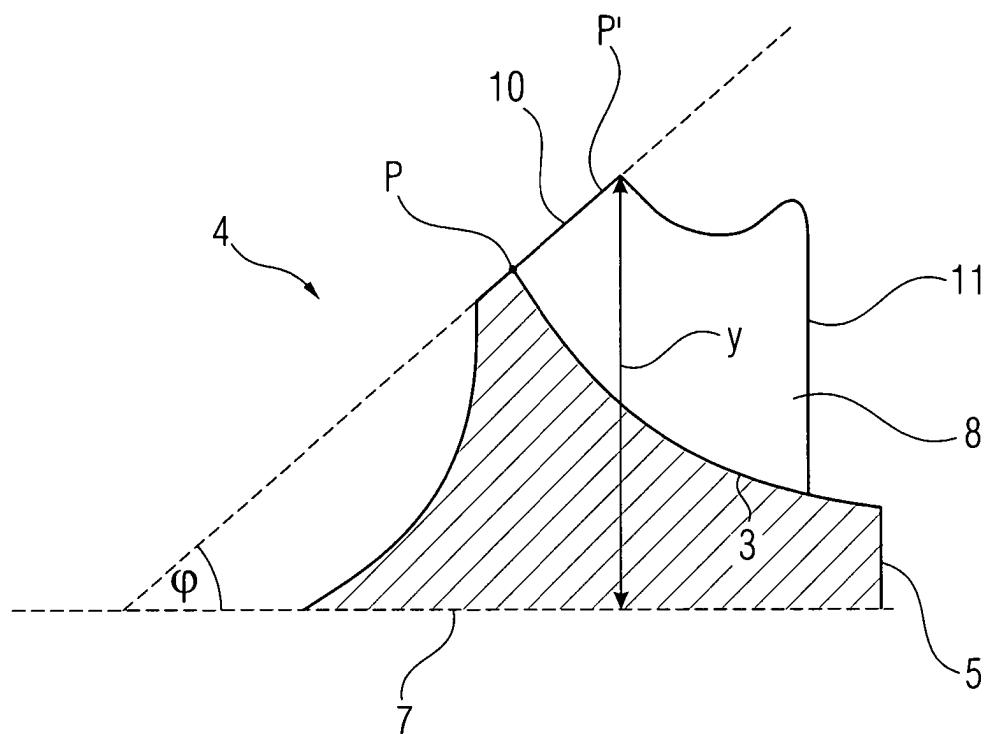


FIG 10