

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Verdichter von Abgasturboladern. Sie betrifft einen Verdichter mit hohem spezifischem Schluckvermögen.

Stand der Technik

[0002] In modernen Turboladern werden zur Erhöhung des Ansaugdrucks des Motors in der Regel einstufige Radialverdichter mit beschauften Diffusoren eingesetzt. Die meistverbreiteten Verdichterräder umfassen eine bestimmte Anzahl Hauptlaufschaufeln und jeweils eine Zwischenlaufschaufel pro Hauptlaufschaufel. Die Diffusoren weisen Leitschaufeln mit prismatischen, in der Regel aerodynamischen Profilen auf.

[0003] Bei der Auslegung von Verdichterstufen muss stets ein Kompromiss zwischen der aerodynamischen Performance, der mechanischen Auslastung und der Lärmbildung durch den Verdichter gefunden werden. Verdichterstufen mit hohen spezifischen Schluckvermögen haben lange Laufschaufeln, deren Eigenformen bei niedrigen Frequenzen auftreten und sich leicht anregen und in Schwingung versetzen lassen. Eine Hauptquelle dieser Anregungen ist ein durch die Leitschaufeln des Diffusors erzeugtes, ungleichförmiges Druckpotenzialfeld. Erfahrungsgemäss erzeugen Verdichterstufen mit hohen spezifischen Schluckvermögen auch hohe Lärmpegel am Verdichteraustritt, welche im wesentlichen durch das Auftreffen der Strömungsschwankungen in Umfangsrichtung auf die Leitschaufeln des Diffusors verursacht werden.

[0004] Aus "Flow Investigation Of A Transonic Centrifugal Compressor For Turbocharger", S. Ibaraki, H. Higashimori and T. Matsuo, Mitsubishi Heavy Industries Ltd, Japan, CIMAG 2001, ist bekannt, dass zur weiteren Steigerung des Schluckvermögens zwischen Hauptlaufschaufeln und den ersten Zwischenlaufschaufeln zusätzliche, zweite Zwischenlaufschaufeln vorgesehen werden können. Diese Massnahme kann jedoch auf der mechanischen Seite zu zusätzlichen Schwingungsformen führen. Zudem ist ein Verdichterrad mit zusätzlichen Zwischenlaufschaufeln in der Herstellung teurer als ein herkömmliches Verdichterrad mit jeweils einer oder gar keiner Zwischenlaufschaufel pro Hauptlaufschaufel.

[0005] Zur Reduktion der Schaufelschwingungen können die Laufschaufeln des Verdichterrades verdickt werden oder aber der Abstand des Diffusors zum Verdichterradaustritt vergrössert werden, um die Anregungen zu reduzieren. Die Vergrösserung des Diffusorabstands führt gleichzeitig zu einer Reduktion des Lärms. Beide Massnahmen führen jedoch zwangsläufig zu einer Reduktion des Wirkungsgrades, weswegen die gewünschte thermodynamische Performance verfehlt werden dürfte.

Kurze Darstellung der Erfindung

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Verdichter für ein absolutes Schluckvermögen zu schaffen, welcher den strengen Randbedingungen aus Mechanik und Akustik genügt und welcher im Vergleich zu herkömmlichen Verdichtern mit gleichem Schluckvermögen mit geringen Produktionskosten herstellbar ist.

[0007] Der erfindungsgemässe Verdichter für hohes spezifisches Schluckvermögen weist ein Verdichterrad mit mehreren Zwischenlaufschaufeln pro Hauptlaufschaufeln auf. Damit kann das Schluckvermögen eines Verdichters vergrössert werden, ohne dass an den äusseren Abmessungen etwas geändert werden müsste. Das spezifische Schluckvermögen wird erhöht. Meridional geneigte Eintrittskanten der Leitschaufeln des Diffusors unterstützen beim erfindungsgemässen Verdichter mit erhöhtem spezifischem Schluckvermögen die sehr gute aerodynamische Performance, während sie dank anregungsreduzierender Wirkung auch die Einhaltung der strengen Randbedingungen aus der Mechanik erlauben, ohne Verdickung der Laufschaufeln. Die mechanische Belastung der Laufschaufeln kann reduziert werden, ebenso wie der durch die ungleichmässige Abströmung des Laufrades erzeugte Lärm.

[0008] In der Praxis kann der erfindungsgemäss ausgebildete Verdichter zum Erzielen eines gegebenen, absoluten Schluckvermögens dank erhöhtem spezifischem Schluckvermögen gegenüber herkömmlichen Verdichtern in der Grösse reduziert werden. Zur Bewältigung eines vorgegebenen Schluckvermögens kann also ein kleinerer Verdichter eingesetzt werden. Da die Produktionskosten stark von der Grösse des Verdichterrades abhängen, wirkt sich eine Grössenreduktion des Verdichters positiv auf der Kostenrechnung des Turboladers aus.

[0009] Die erfindungsgemässe Verbindung der zwei, die Produktionskosten an sich erhöhenden Massnahmen, führt also unter dem Strich zu einem kostengünstiger hergestellten Turbolader.

[0010] Weitere Vorteile ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0011] Folgend ist anhand der Figur eine Ausführungsform des erfindungsgemässen Verdichters beschrieben. Die Figur zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines erfindungsgemässen Verdichters mit einem Diffusor mit geneigten Leitschaufeleintrittskanten.

Weg zur Ausführung der Erfindung

[0012] In einem in der Figur nur teilweise dargestellten Verdichtergehäuse 31 ist ein Verdichterrad 10 um eine Achse drehbar angeordnet. Das Verdichterrad sitzt auf einer Welle, welche bei einem Abgasturbolader durch

eine nicht dargestellte Turbine angetrieben wird. Das Verdichterrad umfasst die Nabe 10 sowie auf der Nabe angeordnet eine Vielzahl von Laufschaufeln. In der dargestellten Ausführungsform umfassen die Laufschaufeln drei verschiedene Gruppen von unterschiedlich langen Schaufeln. Die längsten Laufschaufeln sind die Hauptlaufschaufeln 11. Sie reichen vom anströmseitigen, axial ausgerichteten Ende des Verdichterrades bis zum abströmseitigen Ende am radialen Aussenrand des Verdichterrades.

[0013] In Umfangsrichtung zwischen den Hauptlaufschaufeln ist jeweils zwischen zwei Hauptlaufschaufeln je eine erste Zwischenlaufschaufel 12 angeordnet. Die Eintrittskanten 14 der ersten Zwischenlaufschaufeln 12 sind gegenüber den Eintrittskanten 14 der Hauptlaufschaufeln 11 in Strömungsrichtung stromab versetzt. Die Strömung wird somit erst von den Hauptlaufschaufeln erfasst, und danach von den ersten Zwischenlaufschaufeln.

[0014] In einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemässen Radialverdichters ist in Umfangsrichtung zwischen jeweils einer Hauptlaufschaufeln 11 und einer ersten Zwischenlaufschaufel 12 eine zweite Zwischenlaufschaufel 13 angeordnet. Die Eintrittskante 14 der zweiten Zwischenlaufschaufel 13 ist gegenüber der Eintrittskante 14 der ersten Zwischenlaufschaufel 12 in Strömungsrichtung noch ein Stück weiter stromab versetzt. Die Zwischenlaufschaufel mit der jeweils weiter stromab versetzten Eintrittskante kann in Umlaufrichtung vor oder nach der Hauptlaufschaufel, d.h. entweder auf deren Druck- oder auf der Saugseite angeordnet sein. Die jeweils von den Haupt- und Zwischenlaufschaufeln begrenzten Strömungskanäle können in Umfangsrichtung gleich oder unterschiedlich breit ausgebildet sein.

[0015] In einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemässen Radialverdichters ist beidseitig jeder Hauptlaufschaufel, jeweils zwischen der Hauptlaufschaufel und den benachbarten ersten Zwischenlaufschaufel 12 je eine zweite Zwischenlaufschaufel 13 angeordnet, so dass die Anzahl der zweiten Zwischenlaufschaufeln doppelt so gross ist, wie die Anzahl der Haupt- und ersten Zwischenlaufschaufeln.

[0016] Die zweiten Zwischenlaufschaufeln in Umfangsrichtung vor bzw. nach einer Hauptlaufschaufel können in Strömungsrichtung unterschiedlich lang ausgebildet sein. So können beispielsweise die zweiten Zwischenlaufschaufeln, welche in Rotationsrichtung hinter den Hauptlaufschaufeln angeordnet sind, in Strömungsrichtung etwas länger ausgebildet sein, so dass ihre Eintrittskante in Strömungsrichtung weiter stromauf liegt als die Eintrittskante der zweiten Zwischenlaufschaufeln, welche in Rotationsrichtung vor den Hauptlaufschaufeln angeordnet sind.

[0017] In weiteren Ausführungsformen des erfindungsgemässen Radialverdichters können zwischen den Haupt- und den ersten Zwischenlaufschaufeln weitere zweite Zwischenlaufschaufeln angeordnet sein. Erste und zweite Zwischenlaufschaufeln können dabei in

Strömungsrichtung unterschiedlich lang ausgebildet sein. Die Anzahl erster und zweiter Zwischenlaufschaufeln beträgt jeweils ein ein- oder mehrfaches der Anzahl Hauptlaufschaufeln.

[0018] So können beispielsweise in Umlaufrichtung jeweils zwischen einer Hauptlaufschaufel und der nächsten Zwischenlaufschaufel zwei zweite Zwischenlaufschaufeln, mit in Strömungsrichtung zueinander versetzten Eintrittskanten, und zwischen der ersten Zwischenlaufschaufel und der nächsten, angrenzenden Hauptlaufschaufel ein weitere, zweite Zwischenlaufschaufel angeordnet sein.

[0019] Jede der Laufschaufeln, ob Hauptlaufschaufel, erste Zwischenlaufschaufel oder zweite Zwischenlaufschaufel, endet mit einer Austrittskante 15 am abströmseitigen Ende des Verdichterrades.

[0020] In Strömungsrichtung weiter stromabwärts des abströmseitigen Endes des Verdichterrades ist ein Diffusor angeordnet. Der Diffusor setzt sich aus Diffusorwänden 22 und mehreren, entlang des Umfangs verteilt angeordneten Leitschaufeln 21 zusammen. Die Diffusorwände begrenzen den Strömungskanal 42 stromabwärts des Verdichterrades.

[0021] Die Leitschaufeln des Diffusors weisen je eine Eintrittskante auf, deren Umfangsposition sich in Richtung längs der Drehachse ändert. Zusätzlich sind die Eintrittskanten der Leitschaufeln des Diffusors meridional geneigt. Sie verlaufen also in einem Winkel α zur Rotationsachse.

[0022] Auch die abströmseitigen Austrittskanten 15 der Laufschaufeln des Verdichterrades können eine meridionale Neigung aufweisen und in einem Winkel β zur Rotationsachse verlaufen.

[0023] Die meridional geneigten Eintrittskanten 23 der Leitschaufeln des Diffusors führen zu einer Abschwächung der Druckpulsation, welche von der Strömung am Austritt des Verdichterrades erzeugt wird. Diese Abschwächung der Druckpulsation hat wiederum einen positiven Einfluss auf die Anregung der Schwingung der Laufschaufeln des Verdichterrades, was sich insbesondere bei einer Reduktion der Laufschaufeldicke positiv auswirkt, da dadurch die Belastung der Laufschaufeln deutlich reduziert werden kann. Andererseits erlaubt diese Abschwächung der Druckpulsation und die damit verbundene, weniger starke Anregung, eine stärkere Strömung bei gleich bleibender Abmessung von Verdichter und Diffusor. Die stärkere Strömung führt dank den meridional geneigten Eintrittskanten der Leitschaufeln des Diffusors zu keiner Erhöhung der Anregung der Laufschaufeln des Verdichterrades.

[0024] Dies wirkt sich natürlich positiv auf die Lebenserwartung der einzelnen Laufschaufel, des Verdichterrades und somit des gesamten Verdichters aus. Die Strömung trifft schräg auf die meridional geneigten Eintrittskante und führt somit zu einer deutlichen Lärmreduktion am Austritt des Verdichters. Durch gezielte Anpassung des Abströmprofils des Verdichterrades, etwa durch die meridionale Neigung der Austrittskanten der Laufschaufeln

feln, kann dank zusätzlicher Abschwächung der Druckschwankung sogar ein Wirkungsgradgewinn des Verdichters erzielt werden.

[0025] Die Kombination von Verdichterräder mit mehreren Zwischenlaufschaufern pro Hauptlaufschaufern und meridional geneigten Eintrittskanten der Leitschaufern des Diffusors ermöglicht bei Radialverdichtern mit hohem spezifischem Schluckvermögen eine sehr gute aerodynamische Performance unter Einhaltung der strengen Randbedingungen aus Mechanik und Akustik.

[0026] Die erfindungsgemässe Kombination des erhöhten spezifischen Schluckvermögens, welches mit den zusätzlichen Zwischenschaufeln erreicht wird, mit der Reduktion der Anregung der Schwingungen der Laufschaufern des Verdichterrades, welche mit den meridional geneigten Eintrittskanten der Leitschaufern des Diffusors erreicht wird, erlaubt für ein gegebenes, absolutes Schluckvermögen die Dimension des Verdichters zu reduzieren, was sich direkt auf die Herstellungskosten auswirkt. Material und Verarbeitungskosten steigen und fallen mit zu- bzw. abnehmender Grösse des Verdichters im Allgemeinen und des Verdichterrades im Speziellen.

Bezugszeichenliste

[0027]

10	Verdichterradnabe
11	Hauptlaufschaufer
12	Erste Zwischenlaufschaufer
13	Zweite Zwischenlaufschaufer
14	Eintrittskante Laufschaufer
15	Austrittskante Laufschaufer
21	Diffusorleitschaufer
22	Diffusorwand
23	Eintrittskante Diffusorleitschaufer
31	Gehäusewand
41	Strömungskanal, Anströmbereich
42	Strömungskanal, Abströmbereich
50	Welle
α	Neigungswinkel der Leitschauferleitschauferkante zur Rotationsachse
β	Neigungswinkel der Laufschauferleitschauferkante zur Rotationsachse

Patentansprüche

1. Radialverdichter, umfassend ein in einem Verdichtergehäuse (31) um eine Achse drehbar angeordnetes Verdichterrad mit einer Nabe (10) und mehreren Laufschaufern (11, 12, 13), wobei die Laufschaufern in einem durch das Verdichtergehäuse (31) und die Nabe (10) begrenzten Strömungskanal (41, 42) angeordnet sind, sowie mit einem Diffusor mit mehreren Leitschaufern (21), wobei der Diffusor im Strömungskanal (42) stromabwärts der Laufschaufern (11, 12, 13) des Verdichterrades angeordnet ist,

wobei sich die Laufschaufern aus Hauptlaufschaufern (11), sowie aus zwischen den Hauptlaufschaufern angeordneten, ersten Zwischenlaufschaufern (12), sowie aus jeweils zwischen den Hauptlaufschaufern und den ersten Zwischenlaufschaufern angeordneten, zweiten Zwischenlaufschaufern (13) zusammensetzen,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Leitschaufern (21) des Diffusors mit meridional geneigten Eintrittskanten (23) ausgebildet sind.

2. Radialverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils beidseits einer Hauptlaufschaufer (11), zwischen der Hauptlaufschaufer (11) und den beiden benachbart zu der Hauptlaufschaufer angeordneten, ersten Zwischenlaufschaufern (12) je mindestens eine zweite Zwischenlaufschaufer (13) angeordnet ist.

3. Radialverdichter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten und zweiten Zwischenlaufschaufern (11, 12) mit in Strömungsrichtung zueinander versetzten Eintrittskanten (14) ausgebildet sind.

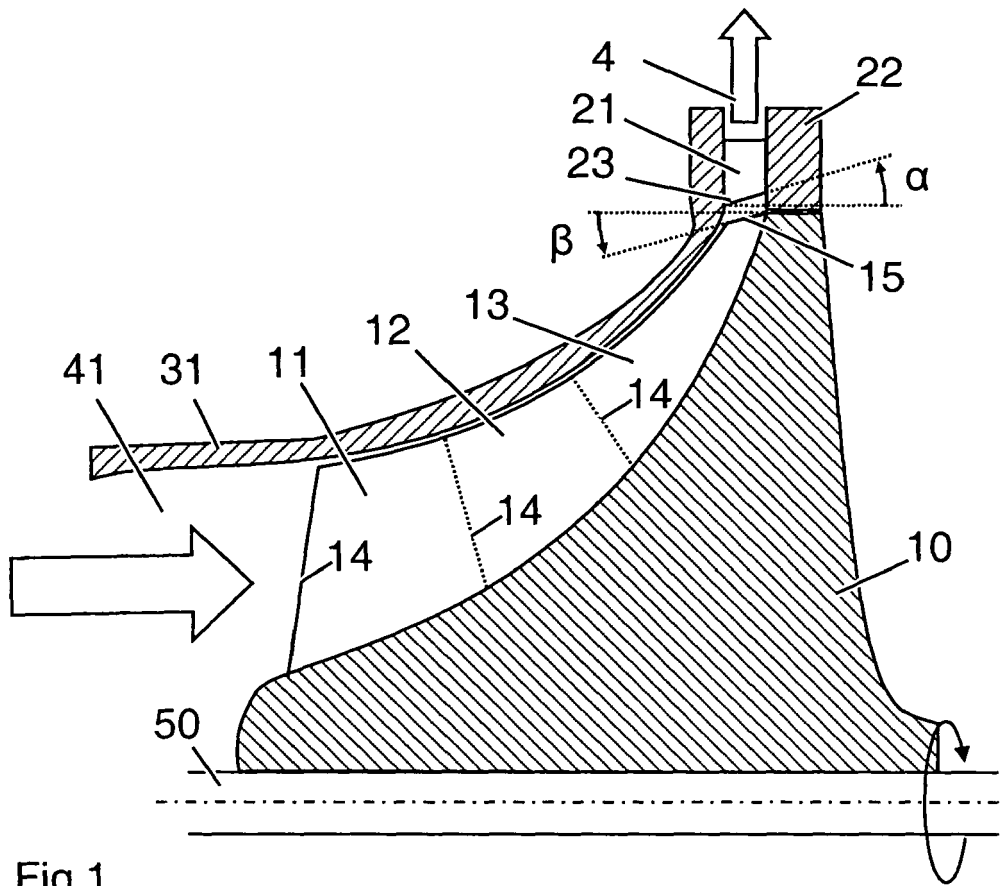
4. Radialverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen zwei Hauptlaufschaufer (11) jeweils mehrere zweite Zwischenlaufschaufern (13) angeordnet sind, und dass die jeweils zwischen zwei Hauptlaufschaufern angeordneten, zweiten Zwischenlaufschaufern (13) mit in Strömungsrichtung zueinander versetzt angeordneten Eintrittskanten (14) ausgebildet sind.

5. Radialverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil der Laufschaufern (11, 12, 13) meridional geneigte Austrittskanten (15) aufweisen.

6. Radialverdichter nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Neigungswinkel der Austrittskanten (15) der Laufschaufern zur Rotationsachse (β) und der Neigungswinkel der Eintrittskanten (23) der Leitschaufern (α) gleich gross ist.

7. Radialverdichter nach Anspruch 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Austrittskanten (15) der Zwischenlaufschaufern (12, 13) in einem anderen Winkel geneigt sind, als die Austrittskanten (15) der Hauptlaufschaufern (11).

8. Abgasturbolader, **gekennzeichnet durch** einen Radialverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 7.





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
Y	DE 298 18 179 U1 (MOTOREN VENTILATOREN LANDSHUT GMBH, 84030 LANDSHUT, DE) 11. Februar 1999 (1999-02-11) * das ganze Dokument *	1,2,8	F04D29/44 F04D29/28
Y	WO 2005/052376 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD; HIGASHIMORI, HIROTAKA; KUMA, HIROSHI) 9. Juni 2005 (2005-06-09) * das ganze Dokument *	1,2,8	
A	EP 0 538 753 A (HITACHI, LTD) 28. April 1993 (1993-04-28) * das ganze Dokument *	1,8	
A	EP 0 648 939 A (HITACHI, LTD; HITACHI LTD) 19. April 1995 (1995-04-19) * das ganze Dokument *	1,8	
A	DE 24 14 110 A1 (GUTEHOFFNUNGSHUETTE STERKRADE AG, 4200 OBERHAUSEN) 2. Oktober 1975 (1975-10-02) * das ganze Dokument *	1,8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
1	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 26. Oktober 2005	Prüfer Giorgini, G
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

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

EP 05 40 5497

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

26-10-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 29818179 U1	11-02-1999	KEINE	

WO 2005052376 A	09-06-2005	JP 2005155566 A	16-06-2005

EP 0538753 A	28-04-1993	CN 1071738 A	05-05-1993
		DE 69209434 D1	02-05-1996
		DE 69209434 T2	05-09-1996
		JP 2743658 B2	22-04-1998
		JP 5106597 A	27-04-1993
		KR 9612117 B1	12-09-1996
		US 5310309 A	10-05-1994

EP 0648939 A	19-04-1995	CN 1271817 A	01-11-2000
		CN 1111727 A	15-11-1995
		DE 69432334 D1	30-04-2003
		DE 69432334 T2	12-02-2004
		DE 69432363 D1	30-04-2003
		DE 69432363 T2	12-02-2004
		DE 69433046 D1	18-09-2003
		DE 69433046 T2	17-06-2004
		DE 69434033 D1	28-10-2004
		DE 69434033 T2	22-09-2005
		JP 3482668 B2	22-12-2003
		JP 7167099 A	04-07-1995
		US 5595473 A	21-01-1997

DE 2414110 A1	02-10-1975	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 Nicht-Patentliteratur

- **S. IBARAKI ; H. HIGASHIMORI ; T. MATSUO.** Flow Investigation Of A Transonic Centrifugal Compressor For Turbocharger. Mitsubishi Heavy Industries Ltd
[0004]