

(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
25. August 2016 (25.08.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/131534 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F04D 29/42 (2006.01) *F04D 29/68* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/000255
- (22) Internationales Anmeldedatum:
15. Februar 2016 (15.02.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 002 028.5
17. Februar 2015 (17.02.2015) DE
- (71) Anmelder: DAIMLER AG [DE/DE]; Mercedesstrasse
137, 70327 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder: CHEBLI, Elias; Obere Str. 20/3, 71134
Aidlingen (DE). FLEDBERSBACHER, Peter;
Knappenweg 27/A, 70569 Stuttgart (DE). SUMSER,
Siegfried; Buchauer Str. 3, 70327 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, 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,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: COMPRESSOR, IN PARTICULAR FOR AN EXHAUST GAS TURBOCHARGER OF AN INTERNAL
COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : VERDICHTER, INSBESONDERE FÜR EINEN ABGASTURBOLADER EINER
VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE

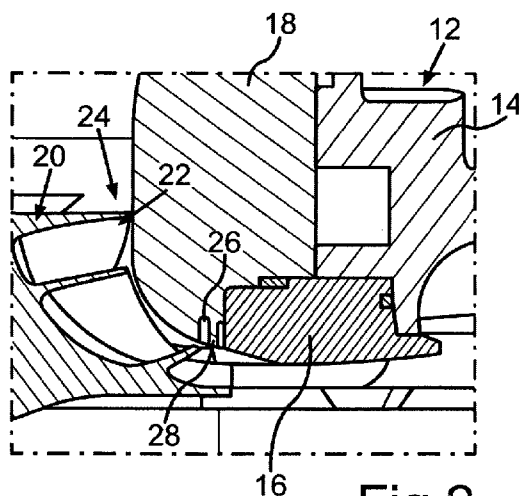


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a compressor (10), in particular for an exhaust gas turbocharge of an internal combustion engine, having a compressor housing (12), having a compressor wheel (20), which is rotatably received in the compressor housing (12) about a rotation axis (23) relative to the compressor housing (12), and having a contour region (24) fastened to the housing which encloses at least a partial region of the compressor wheel (20) in the circumferential direction of the compressor wheel (20) over the circumference thereof, wherein the contour region (24) has at least one groove (26) which is open on one end thereof which faces the compressor wheel (20) closed on the other end thereof.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Verdichter (10), insbesondere für einen Abgasturbolader einer Verbrennungskraftmaschine, mit einem Verdichtergehäuse (12), mit einem Verdichterrad (20), welches in dem Verdichtergehäuse (12) um eine Drehachse (23) relativ zu dem Verdichtergehäuse (12) drehbar aufgenommen ist, und mit einem gehäusefesten Konturbereich (24), welcher zumindest einen Teilbereich des Verdichterrads (20) in Umfangsrichtung des Verdichterrads (20) über dessen Umfang umgibt, wobei der Konturbereich (24) wenigstens eine Nut (26) aufweist, welche an ihrem einen, dem Verdichterrad (20) zugewandten

Ende offen und an ihrem anderen Ende geschlossen ist.

Daimler AG

Verdichter, insbesondere für einen Abgasturbolader einer Verbrennungskraftmaschine

Die Erfindung betrifft einen Verdichter, insbesondere für einen Abgasturbolader einer Verbrennungskraftmaschine, gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Derartige Verdichter, insbesondere für Abgasturbolader von Verbrennungskraftmaschinen, sind beispielsweise bereits der DE 198 23 274 C1 und der DE 196 47 605 C2 als bekannt zu entnehmen. Der Verdichter weist ein Verdichtergehäuse sowie ein Verdichterrad auf, welches in dem Verdichtergehäuse um eine Drehachse relativ zu dem Verdichtergehäuse drehbar aufgenommen ist. Das Verdichterrad dient zum Verdichten von Luft, welche beispielsweise der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere wenigstens einem Brennraum wie beispielsweise einem Zylinder der Verbrennungskraftmaschine, zugeführt werden kann.

Ferner weist der Verdichter einen gehäusefesten Konturbereich auf, welcher zumindest einen Teilbereich des Verdichterrads in Umfangsrichtung des Verdichterrads über dessen Umfang umgibt. Unter dem Begriff „gehäusefest“ ist dabei zu verstehen, dass der Konturbereich relativ zu dem Verdichtergehäuse unbeweglich ist, sodass das Verdichterrad um die Drehachse relativ zu dem Konturbereich drehbar ist. Beispielsweise ist der Konturbereich durch das Verdichtergehäuse, insbesondere ein Gehäuseelement des Verdichtergehäuses, gebildet.

Das Verdichterrad weist mit anderen Worten eine Außenkontur auf, wobei bezogen auf die axiale Richtung des Verdichterrads zumindest ein Längenbereich des Verdichterrads beziehungsweise der Außenkontur des Verdichterrads von dem Konturbereich in Umfangsrichtung des Verdichterrads über dessen Umfang umgeben ist. Dies bedeutet, dass zumindest der Längenbereich der Außenkontur beziehungsweise des Verdichterrads in radialer Richtung nach außen durch den Konturbereich überdeckt ist. Mit anderen Worten ist der Konturbereich über dem Verdichterrad angeordnet. Der Konturbereich ist

dabei besonders nahe an dem Verdichterradd beziehungsweise an dessen Außenkontur angeordnet.

Das Versorgen der Verbrennungskraftmaschine mit mittels des Verdichters verdichteter Luft wird auch als Aufladen der Verbrennungskraftmaschine bezeichnet, sodass die Verbrennungskraftmaschine eine aufgeladene Verbrennungskraftmaschine oder ein aufgeladener Motor beziehungsweise Verbrennungsmotor ist. Die Entwicklung von solchen aufgeladenen Motoren mit hohen Volllast-Momenten bei niedrigen Motordrehzahlen erfordert – bei Nutzfahrzeug- wie auch bei Personenkraftwagen-Anwendungen – zunehmend verbreiterte Verdichter kennfelder. Das Verdichterkennfeld wird auf seiner linken Seite, das heißt zu geringeren Durchsätzen hin, durch die sogenannte Pumpgrenze des Verdichters begrenzt. Bei vorgegebenem Nennpunkt, also mit dem geforderten Nenndurchsatzpunkt und dem maximalen Momentenpunkt im Verdichterkennfeld wird auch die gewünschte Pumpgrenzenlage des Verdichters maßgebend bestimmt. Die Momentenlinie mit maximal ermöglichten Werten der turboaufgeladenen Verbrennungskraftmaschine hängt somit bis zu mittleren Motordrehzahlen häufig von der Pumpgrenzenlage des Verdichters ab. Links der Pumpgrenze, das heißt bei kleineren Durchsätzen, ist ein stabiler Betrieb der Verbrennungskraftmaschine aufgrund von Pumpstößen nicht durchführbar. Damit einher geht jedoch das Risiko, dass der Abgasturbolader schon nach geringen Laufzeiten durch Schäden an seinem Laufzeug zerstört wird. Üblicherweise umfasst das Laufzeug das Verdichterradd, eine mit dem Verdichterradd drehfest verbundene Welle sowie ein mit der Welle drehfest verbundenes Turbinenrad einer Turbine, die von Abgas der Verbrennungskraftmaschine antreibbar ist.

Durch Entwicklung von sogenannten Kennfeld-stabilisierenden Maßnahmen wird seit geraumer Zeit auf die Pumpgrenze hinsichtlich einer Verschiebung zu kleinen Durchsätzen hin eingewirkt, wodurch das Anfahrmoment und das Beschleunigungsmoment beziehungsweise das maximal ermöglichte Motormoment der jeweiligen Verbrennungskraftmaschinen deutlich steigerbar werden.

Bei einer solchen Kennfeld-stabilisierenden Maßnahme handelt es sich beispielsweise um einen als Durchgangsöffnung beziehungsweise Durchgangskanal ausgebildeten Rezirkulationskanal, über welchen Luft aus wenigstens einem durch Schaufeln des Verdichterrads in Umfangsrichtung begrenzten Radkanal des Verdichterrads zurück zu einem Eintrittsbereich, über welchen das Verdichterradd von der zu verdichtenden Luft anströmbar ist, rückführbar ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Verdichter der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass ein besonders breites Verdichterkennfeld realisierbar ist.

Diese Aufgabe wird durch einen Verdichter mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den übrigen Ansprüchen angegeben.

Um einen Verdichter der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art derart weiterzuentwickeln, dass ein besonders breites Verdichterkennfeld des Verdichters realisierbar ist, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Konturbereich wenigstens eine Nut aufweist, welche an ihrem einen, dem Verdichterrad zugewandten Ende offen und an ihrem anderen Ende geschlossen ist. Dies bedeutet, dass sich die Nut von ihrem einen offenen Ende bis zu ihrem anderen geschlossenen Ende erstreckt. Mit anderen Worten ist die Nut in ihrer Tiefe begrenzt und somit nicht als Durchgangskanal oder Durchgangsöffnung, sondern nach Art eines Sacklochs ausgebildet, wobei die Nut nicht notwendigerweise als Bohrung ausgebildet sein muss. Dies bedeutet, dass ein Gas wie beispielsweise mittels des Verdichterrads zu verdichtende Luft zwar über das eine offene Ende der Nut in die Nut einströmen, jedoch nicht am anderen geschlossenen Ende aus der Nut ausströmen könnte, da am anderen geschlossenen Ende keine Öffnung vorgesehen ist. Vorzugsweise weist die Nut einen sich von dem einen offenen Ende zu dem anderen geschlossenen Ende geraden Verlauf auf.

Durch das Versehen des Konturbereichs mit der wenigstens einen Nut ist es möglich, die Pumpgrenze des Verdichterkennfelds im Vergleich zu herkömmlichen Verdichtern zu geringeren Durchsätzen hin zu verschieben, da die Nut, wenn sie sich beispielsweise in Umfangsrichtung des Verdichterrads über dessen Umfang im Konturbereich erstreckt, einer Rückströmung vorzugsweise in eine Radgehäuse-Spalt-Grenzschicht zwischen dem Konturbereich und dem Verdichterrad beziehungsweise einer Außenkontur des Verdichterrads entgegenwirkt. Beispielsweise erstreckt sich die Nut in Umfangsrichtung des Verdichterrads über dessen Umfang vollständig umlaufend in dem Konturbereich und ist somit zumindest im Wesentlichen ringförmig beziehungsweise nach Art eines geschlossenen Rings ausgebildet.

Der Nut kommt eine strömungsgrenzschichtbeeinflussende Wirkung in der Weise zu, dass eine gewisse Sperrwirkung einer Rückströmung entsteht beziehungsweise die Rückströmungsintensität gemindert wird und sich somit der Kennfeldbereich, in dem das noch gutmütige, rotierende Abreißen der Strömung stattfindet, hin zu kleineren stabil zu

betreibenden Durchsatzbereichen des Verdichters ausweiten kann. Die eine Instabilitätsgrenze darstellende Pumpgrenze stellt sich somit bei geringeren Durchsätzen ein, wodurch höhere Ladedrücke rechts der Pumpgrenze bei geringeren Durchsätzen ermöglichbar sind, die eine Steigerung der Motormomente bei geringeren Motordrehzahlen begünstigen oder der betreffende Betriebslinienanteil des Motors in verbesserten Wirkungsgradbereichen verlaufen lässt.

Um eine besonders einfache Herstellung der Nut und somit des Verdichters insgesamt zu realisieren, kann die Gestaltung der Nut rotationssymmetrisch zur Drehachse des Verdichterrads erfolgen. Alternativ ist es jedoch denkbar, eine bezogen auf die Drehachse asymmetrische beziehungsweise nicht-rotationssymmetrische Gestaltung der Nut in Umfangsrichtung und/oder zur Drehachse-Normalen-Ebene insbesondere hinsichtlich ihrer Breite und/oder Tiefe vorzusehen. Mit anderen Worten kann vorgesehen sein, dass die Nut bezogen auf die Drehachse und/oder bezogen auf eine zumindest im Wesentlichen senkrecht zur Drehachse verlaufende Ebene asymmetrisch, insbesondere nicht-rotationssymmetrisch ausgebildet ist.

Die durch die Nut beeinflussbaren thermodynamisch-aerodynamischen Zusammenhänge zur Realisierung einer gewünschten Wirkung der Nuten sind sehr komplex. Im Allgemeinen ergeben sich doch sehr einfache und kostengünstige Ausgestaltungen, bei denen die Nut beispielsweise durch spanende beziehungsweise spanabhebende Verfahren beziehungsweise Bearbeitungen oder sogar durch direktes Gießen erzeugbar ist.

Der Konturbereich wird beispielsweise durch das Verdichtergehäuse, insbesondere ein Gehäuseelement des Verdichtergehäuses, gebildet, wobei das Verdichtergehäuse beziehungsweise das Gehäuseelement als Gussteil ausgebildet, das heißt durch Gießen hergestellt sein kann. Dabei ist es möglich, die Nut nach dem Gießen des Verdichtergehäuses beziehungsweise des Gehäuseelements in den Konturbereich einzubringen, was beispielsweise durch ein spanendes Verfahren geschehen kann. Alternativ ist es denkbar, die Nut bereits direkt beim Gießen des Verdichtergehäuses beziehungsweise Gehäuseelements herzustellen, wobei die Nut beispielsweise mittels eines Kerns beim Gießen hergestellt wird.

Stromab des Verdichterrads ist beispielsweise ein sogenannter Diffusor angeordnet, welcher von mittels des Verdichterrads verdichteter Luft durchströmbar ist. Da das thermodynamische Verhalten von der räumlichen Geometrie des Verdichters und

besonders von dessen Verdichterrad und dem stromab folgenden Diffusor in Abhängigkeit von dem jeweiligen Betriebspunkt bestimmt ist, steht auch die Optimierung der Nut, insbesondere ihrer Geometrie, zu dieser räumlichen Geometrie des betreffenden Verdichters konkret in Abhängigkeit.

Es ist somit für die Einflussnahme der Geometrie der Nut auf die Pumpgrenzenverschiebung von Bedeutung, ob der als Strömungskanal fungierende Diffusor des Verdichters beispielsweise divergent oder konvergent längs der Strömungsrichtung gestaltet ist. Des Weiteren ist interessant, welche Schaufelwinkelwerte sich unterhalb der als Nutöffnung fungierenden Nut befinden und wie groß sich die realisierte Schaufelteilung beziehungsweise Schaufelanzahl des Verdichterrads darstellt. Mit anderen Worten ist die Gestaltung dieser grenzschichtbeeinflussenden Nuten von der örtlichen aerodynamischen Belastung der Strömung abhängig. Diese Geometriemerkmale des Verdichterrads stehen in ihrer Wirkung in Abhängigkeit zur Verdichterdrehzahl beziehungsweise zur Umfangsgeschwindigkeit eines Schaufelaußenbereichs mit der umlenkenden Wirkung unterhalb der als offene Sperrnut wirkenden Nut. Der pulsierende Energie-Austausch zwischen dem Volumen der Nut und den Volumina der rotierenden Laufradschaufeln mit deren Druck- und Saugseiten entlang dem Nutenumfang ergeben merkbare instationäre Einflüsse auf die Strömungsverhältnisse in den Radkanälen als Turbulenz-Erzeuger, wobei sich Drehzahlabhängigkeiten auf die zu gestaltende Kennfeldbreite ergeben. Die Radkanäle sind von der Luft durchströmbare Kanäle des Verdichterrads, die in dessen Umfangsrichtung beidseitig von jeweiligen Laufradschaufeln des Verdichterrads begrenzt werden. Diese Laufradschaufeln werden auch als Verdichterschaufeln bezeichnet.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung verläuft die Nut parallel zur axialen Richtung des Verdichterrads. Mit anderen Worten, ist die gesamte Nut, das heißt von ihrem einen bis zum anderen Ende gerade oder weist die Nut zumindest einen geraden Teilbereich auf, so verläuft die gerade Nut beziehungsweise der gerade Teilbereich beispielsweise parallel zur axialen Richtung des Verdichterrads.

Als besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn die Nut, das heißt die gesamte Nut oder ihr gerader Teilbereich, mit der axialen Richtung des Verdichterrads einen Winkel einschließt, welcher größer als -20 Grad und kleiner als 50 Grad ist. Dabei ist es vorzugsweise vorgesehen, dass die Nut beziehungsweise der Teilbereich schräg zur axialen Richtung verläuft. Die Nut kann dabei von ihrem einen offenen bis zu ihrem anderen geschlossenen Ende in Richtung der Drehachse verlaufen, sodass der zuvor

genannte Winkel negativ ist, wobei der Winkel vorzugsweise größer als -20 Grad ist. Alternativ ist es denkbar, dass die Nut von ihrem einen offenen Ende zu ihrem anderen geschlossenen Ende von der Drehachse weg verläuft, sodass der zuvor genannte Winkel positiv und vorzugsweise kleiner als 50 Grad ist. Wählt man bei der Gestaltung große positive Winkel erzeugt man in vielen Fällen ungewünscht große Bereiche mit hohen Mischungsverlusten, die eine merkliche Verdichterwirkungsgrad-Minderung nach sich ziehen.

Als weiterhin besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn folgende Bedingung gilt:

$$1,1 \times \frac{R_1}{R_2} < \frac{R_N}{R_2} < 0,95 \times Q_A$$

Dabei ist R_1 ein auf die Drehachse des Verdichterrads bezogener Eintrittsradius des Verdichterrads, wobei das Verdichterrad über diesen Eintrittsradius von der mittels des Verdichterrads zu verdichtenden Luft anströmbar ist. Ferner ist R_2 ein auf die Drehachse bezogener Austrittsradius des Verdichterrads, welches über den Austrittsradius von der verdichteten Luft abströmbar ist. Beispielsweise ist auf dem Austrittsradius wenigstens eine Austrittskante einer Laufradschaufel des Verdichterrads angeordnet, wobei diese Laufradschaufel über die Austrittskante von der verdichteten Luft abgeströmt wird. Des Weiteren ist R_N ein auf die Drehachse bezogener Radius, auf welchem die Nut angeordnet ist. Dieser Radius wird auch als Positionsradius der Nut bezeichnet. Außerdem ist Q_A ein Faktor, welcher 1,0 beträgt.

Der Buchstabe N, welcher zuvor als Index verwendet wurde, deutet an, dass eine Mehrzahl von Nuten in dem Konturbereich vorgesehen sein kann, wobei die vorigen und folgenden Ausführungen zu der einen Nut auch auf die anderen Nuten übertragbar sind. Dies bedeutet beispielsweise, dass der Konturbereich N Nuten aufweist, wobei N die Anzahl der Nuten ist beziehungsweise bezeichnet. Die Anzahl N kann dabei 1 oder größer sein, wobei die Anzahl N vorzugsweise eine positive ganze Zahl ist.

Als besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn gilt:

$$N < 6 \times \frac{R_2}{45 \text{ mm}}$$

Wie zuvor beschrieben, bezeichnet dabei N die Anzahl an Nuten des Konturbereichs, wobei die Nuten an ihrem jeweiligen einen, dem Verdichterrad zugewandten Ende offen und an ihrem jeweiligen anderen Ende geschlossen sind. In der obigen Beziehung wird der Austrittsradius R_2 des Verdichterrads in der Einheit Millimeter verwendet und durch 45 Millimeter geteilt, woraus ein Faktor resultiert, welcher mit 6 multipliziert wird. Hierdurch wird eine Größe für die Anzahl N errechnet, wobei das Ergebnis der Multiplikation $6 \times \frac{R_2}{45mm}$ beispielsweise kaufmännisch gerundet wird, um auf eine positive ganze Zahl für die Anzahl N an Nuten zu kommen.

Eine weitere Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass, wenn $N > 1$, gilt:

$$0,01 < \frac{S_N}{R_2} < 0,1.$$

Dabei ist S_N eine Breite eines zwischen zwei der Nuten angeordneten Stegs des Konturbereichs. Mit anderen Worten, weist der Konturbereich eine Mehrzahl von Nuten, das heißt wenigstens zwei Nuten auf, so ist zwischen den zwei Nuten ein Steg des Konturbereichs angeordnet, wobei der Steg eine Stegbreite aufweist, welche mit S_N bezeichnet ist. Hierbei wird die aerodynamische Interaktion mehrer Nuten in ihrer Zuordnung zueinander zur Stabilisierung der Strömung bei kleinsten Durchsätzen optimiert.

Bei einer weiteren besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung gilt:

$$0,01 < \frac{B_N}{R_2} < 0,06.$$

Dabei ist B_N eine Breite der Nut.

Wird die Anzahl N der Nuten in den angegebenen Beziehungen beziehungsweise Formeln als Index verwendet, so gibt der Wert von N die Nut an, auf die sich die jeweils zugehörige, vor dem Index stehende Größe bezieht. Dies bedeutet beispielsweise, dass, wenn eine erste Nut und eine zweite Nut vorgesehen sind, B_2 die Breite der zweiten Nut angeordnet ist. Dies bedeutet, dass N im Index als Zählvariable verwendet wird, wobei die Anzahl an Stegen um 1 kleiner als die Anzahl an Nuten ist. Somit wird im obigen Beispiel

bei genau zwei Nuten genau ein Steg zwischen den zwei Nuten vorgesehen sein, dessen Breite mit S_1 bezeichnet wird.

Eine weitere Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass gilt:

$$1 < \frac{T_N}{B_N} < 5.$$

Dabei ist T_N eine sich von dem einen offenen zu dem anderen geschlossenen Ende der Nut erstreckende Tiefe der Nut. Da für den vorteilhaften Umfangstransport des Grenzsschichtmaterials, je nach aerodynamischer Schaufelbelastung, eine örtliche Mindesttiefe der Nut notwendig ist, gibt es mit zunehmender Tiefe eine Minderung, bzw. eine Sättigung der Nuten-Tiefe auf die Verschiebewirkung der Pumpgrenze.

Schließlich ist es bei einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass die Nut einen in Umfangsrichtung des Verdichterrads über dessen Umfang variierenden Verlauf aufweist. Dies bedeutet beispielsweise, dass die Nut in ihrer Tiefe und/oder ihrer Breite über ihren in Umfangsrichtung des Verdichterrads über dessen Umfang verlaufenden Verlauf variiert und nicht etwa konstant ausgebildet ist. Ein konstanter Verlauf der Nut ist besonders kostengünstig herzustellen, wobei ein variierender Verlauf vorteilhaft sein kann, um günstige aerodynamische Grenzschicht-Bedingungen über dem Umfang zu realisieren.

Zur Erfindung gehört auch ein Abgasturbolader für eine Verbrennungskraftmaschine, insbesondere eines Kraftwagens, mit wenigstens einem erfindungsgemäßen Verdichter. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verdichters sind als vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Abgasturboladers anzusehen und umgekehrt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Die Zeichnung zeigt in:

- Fig. 1 eine schematische Schnittansicht eines Verdichters gemäß einer ersten Ausführungsform für einen Abgasturbolader einer Verbrennungskraftmaschine, mit einem Verdichtergehäuse, mit einem Verdichterrad und mit einem gehäusefesten Konturbereich, welcher zumindest einen Teilbereich des Verdichterrads in Umfangsrichtung des Verdichterrads über dessen Umfang umgibt, wobei der Konturbereich wenigstens eine Nut aufweist, welche an ihrem einen, dem Verdichterrad zugewandten Ende offen und an ihrem anderen Ende geschlossen ist;
- Fig. 2 ausschnittsweise eine schematische Schnittansicht des Verdichters gemäß einer zweiten Ausführungsform;
- Fig. 3 ausschnittsweise eine schematische Schnittansicht des Verdichters gemäß einer dritten Ausführungsform;
- Fig. 4 ausschnittsweise eine weitere schematische Schnittansicht des Verdichters gemäß der ersten Ausführungsform;
- Fig. 5 Verdichter kennfelder des Verdichters gemäß der zweiten Ausführungsform;
- Fig. 6 Verdichter kennfelder des Verdichters gemäß der dritten Ausführungsform; und
- Fig. 7 Verdichter kennfelder des Verdichters gemäß der ersten Ausführungsform.

In den Fig. sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Schnittansicht einen im Ganzen mit 10 bezeichneten Verdichter gemäß einer ersten Ausführungsform für einen Abgasturbolader einer Verbrennungskraftmaschine. Der Abgasturbolader umfasst auch eine in Fig. 1 nicht erkennbare Turbine, welche von Abgas der Verbrennungskraftmaschine antreibbar ist. Die Turbine ist mit dem Verdichter 10 gekoppelt, sodass der Verdichter von der Turbine

antreibbar ist. Der Verdichter 10 dient zum Verdichten von Luft, welche der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere wenigstens einem Brennraum wie beispielsweise einem Zylinder der Verbrennungskraftmaschine, zugeführt wird. Dadurch kann im Abgas enthaltene Energie zum Verdichten der Luft genutzt werden.

Der Verdichter 10 ist als Radialverdichter ausgebildet und umfasst ein Verdichtergehäuse 12, welches Gehäuseelemente 14, 16 und 18 aufweist. Die Gehäuseelemente 14, 16 und 18 sind grundsätzlich separat voneinander ausgebildet und miteinander verbunden, wobei die Gehäuseelemente 16 und 18 beispielsweise Einsatzteile sind, welche in das Gehäuseelement 14 eingesetzt sind beziehungsweise werden.

Der Verdichter 10 umfasst ferner ein Verdichterrad 20 mit einer Mehrzahl von Schaufeln, welche auch als Laufradschaufeln 22 oder Verdichterschaufeln bezeichnet werden. Das Verdichterrad 20 ist in dem Verdichtergehäuse 12 aufgenommen und um eine Drehachse 23 relativ zu dem Verdichtergehäuse 12 drehbar. Durch die Laufradschaufeln 22 sind jeweilige Strömungskanäle des Verdichterrads 20 begrenzt, wobei die Strömungskanäle auch als Radkanäle bezeichnet werden. Die mittels des Verdichterrads 20 zu verdichtende Luft strömt die Laufradschaufeln 22 über jeweilige, in einem Eintrittsbereich angeordnete Eintrittskanten an und dann durch den jeweiligen Radkanal hindurch. Ferner strömt die mittels des Verdichterrads 20 verdichtete Luft die Laufradschaufeln 22 über jeweilige Austrittskanten der Laufradschaufeln 22 ab, wobei die Austrittskanten in einem Austrittsbereich des Verdichterrads 20 angeordnet sind. Da der Verdichter 10 als Radialverdichter ausgebildet ist, strömt die Luft das Verdichterrad 20 über den Eintrittsbereich zumindest im Wesentlichen in axialer Richtung an, wobei die mittels des Verdichterrads 20 verdichtete Luft das Verdichterrad 20 über den Austrittsbereich zumindest im Wesentlichen in radialer und in Richtung des Umfangs abströmt.

Der Verdichter 10 weist darüber hinaus einen gehäusefesten Konturbereich 24 auf, welcher zumindest einen Teilbereich des Verdichterrads 20 in Umfangsrichtung des Verdichterrads 20 über dessen Umfang umgibt. Aus Fig. 1 ist erkennbar, dass der Konturbereich 24 durch das Gehäuseelement 18 gebildet ist, sodass das Gehäuseelement 18 auch als Konturelement oder Konturstück bezeichnet wird. Der Konturbereich 24 beziehungsweise das Gehäuseelement 18 ist besonders nahe am Verdichterrad 20 beziehungsweise dessen Außenkontur angeordnet, die in radialer Richtung nach außen durch den Konturbereich 24 zumindest teilweise überdeckt ist. Hierdurch ist ein besonders enger Spalt in radialer Richtung nach außen durch den

Konturbereich 24 und in radialer Richtung nach innen durch die Außenkontur des Verdichterrads 20 begrenzt.

Um nun ein besonders breites Kennfeld des Verdichters 10 zu realisieren, wobei das Kennfeld auch als Verdichter kennfeld bezeichnet wird, weist der Konturbereich Nuten 26 auf, welche an ihrem jeweiligen einen, dem Verdichterrad 20 zugewandten Ende offen und an ihrem jeweiligen anderen Ende geschlossen sind. Bei der ersten Ausführungsform weist der Konturbereich 24 genau drei Nuten 26 auf, wobei die Anzahl der Nuten 26 allgemein durch eine Variable N bezeichnet wird. Die Variable N ist somit eine Zählvariable oder ein Zähler, die beziehungsweise der eine ganze positive Zahl und mindestens 1 ist. Bei der ersten Ausführungsform ist N 3. Bei der ersten Ausführungsform ist die jeweilige Nut 26 gerade ausgebildet. Dies bedeutet, dass die jeweilige Nut 26 eine vom einen offenen Ende bis zum anderen geschlossenen Ende durchgängigen, geraden Verlauf aufweist. Dabei erstreckt sich vorliegend die Nut 26 parallel zur axialen Richtung und somit parallel zur Drehachse 23. Mit anderen Worten verläuft die jeweilige Nut 26 bei der ersten Ausführungsform parallel zur Axialen.

Alternativ dazu ist es denkbar, dass die jeweilige Nut 26 schräg zur Axialen verläuft. Dabei bezeichnet ε_N einen jeweiligen Winkel, den die jeweilige Nut 26 mit der axialen beziehungsweise der Drehachse 23 einschließt. Definitionsgemäß ist der Winkel ε_N negativ, wenn sich die Nut ausgehend vom einen offenen Ende hin zum anderen geschlossenen Ende in Richtung der Drehachse 23 erstreckt. Definitionsgemäß ist der Winkel ε_N positiv, wenn sich die jeweilige Nut 26 ausgehend vom einen offenen Ende hin zum jeweiligen anderen geschlossenen Ende von der Drehachse 23 weg erstreckt.

Ferner ist in Fig. 1 mit R_1 ein auf die Drehachse 23 bezogener Eintrittsradius des Verdichterrads 20 bezeichnet. Über den Eintrittsradius R_1 ist das Verdichterrad 20 von der mittels des Verdichterrads 20 zu verdichtenden Luft anströmbar. Dies bedeutet, dass beispielsweise der zuvor genannte Eintrittsbereich des Verdichterrads 20 den Eintrittsradius R_1 aufweist.

Ferner ist in Fig. 1 mit R_2 ein auf die Drehachse 23 bezogener Austrittsradius des Verdichterrads 20 bezeichnet, wobei der Austrittsradius R_2 auch als Rad-Austrittsradius bezeichnet wird. Über den Austrittsradius R_2 ist das Verdichterrad 20 von der verdichteten Luft abströmbar. Dies bedeutet beispielsweise, dass die jeweilige, zuvor genannte Austrittskante auf dem Austrittsradius R_2 angeordnet ist.

Darüber hinaus ist R_N ein auf die Drehachse bezogener, jeweiliger Radius, auf welchem die jeweilige Nut 26 angeordnet ist. Mit anderen Worten ist der Radius R_N ein Positionsradius, der die jeweilige Position der jeweiligen Nut 26 bezogen auf die Drehachse 23 angibt. Beispielsweise liegt eine jeweilige Längsachse, insbesondere Längsmittelachse, der jeweiligen Nut 26 auf dem jeweiligen Radius R_N . Zwischen jeweils zwei der Nuten 26 ist – wie beispielsweise in Zusammenschau mit Fig. 2 erkennbar ist – ein Steg 28 des Konturbereichs 24 angeordnet, sodass die beidseitig des Stegs 28 angeordneten, jeweiligen Nuten 26 durch den Steg 28 voneinander getrennt sind. Dabei ist in Fig. 1 mit S_N eine beispielsweise in radialer Richtung verlaufende Breite des jeweiligen, zwischen jeweils zwei der Nuten 26 angeordneten Stegs 28 bezeichnet.

Darüber hinaus ist B_N eine jeweilige, beispielsweise in radialer Richtung verlaufende Breite der jeweiligen Nut 26. Schließlich ist T_N eine jeweilige, sich von dem einen offenen zu dem anderen geschlossenen Ende der jeweiligen Nut 26 erstreckende Tiefe der jeweiligen Nut 26. Da die jeweilige Nut 26 bei der ersten Ausführungsform parallel zur axialen verläuft, verläuft entsprechend auch die jeweilige Tiefe T_N in axialer Richtung.

Das Gehäuseelement 18 kann beispielsweise zerstörungsfrei vom Gehäuseelement 14 gelöst werden und ist somit beispielsweise als auswechselbares Konturstück, insbesondere auswechselbares Außenkonturstück, ausgebildet. Durch die Nuten 26 ist eine Grenzschicht-Sperrvorrichtung gebildet, mittels welcher die Pumpgrenze des Verdichterkennfelds hin zu besonders geringen Durchsätzen des Verdichters 10 verschoben werden kann. Den Nuten 26 kommt eine strömungsgrenzschichtbeeinflussende Wirkung in der Weise zu, dass eine gewisse Sperrwirkung der Rückströmung der Luft entsteht beziehungsweise die Rückströmintensität gemindert wird, sodass sich der Kennfeldbereich, in dem das noch gutmütige, rotierende Abreißen der Strömung stattfindet, hin zu kleinen stabil zu betreibenden Durchsatzbereichen des Verdichters 10 ausweiten kann.

Das Gehäuseelement 16 ist beispielsweise eine auswechselbare Diffusorscheibe, durch welche ein Diffusor 30 des Verdichters 10 zumindest teilweise begrenzt ist. Die mittels des Verdichterrads 20 verdichtete Luft kann vom Verdichterrad 20 abströmen und in den Diffusor 30 einströmen und wird mittels des Diffusors 30 zu einem Abführkanal 32 des Verdichtergehäuses 12 geführt, wobei sich der Abführkanal 32 beispielsweise zumindest im Wesentlichen spiralförmig über den Umfang des Verdichterrads 20 erstreckt. Daher wird der Abführkanal 32 auch als Spiralkanal oder Spirale bezeichnet.

Aus Fig. 1 ist erkennbar, dass sich der Diffusor 30 vom Verdichterrad 20 hin zum Abführkanal 32 divergent erstreckt und somit als divergenter Diffusor ausgebildet ist. Die auswechselbare Diffusorscheibe ist somit eine Fortführung des Außenkonturstücks mit der durch die Nuten 26 gebildeten Grenzschicht-Sperrvorrichtung, deren Wirkung auch zu der Reaktionsgradbeeinflussung dieser speziellen Diffusorgeometrie in Abhängigkeit steht.

Vorliegend weisen die Nuten 26 die gleiche Breite und gleiche Tiefe auf, wobei die Stegbreite des Stegs zwischen der in radialer Richtung innersten Nut 26 und der mittleren Nut 26 größer ist als die Stegbreite des Stegs zwischen der radial äußersten Nut 26 und der mittleren Nut 26. Die in radialer Richtung innerste Nut 26 ist die zum Radeintritt positionierte Nut 26, wobei die in radialer Richtung äußerste Nut 26 die zum Radaustritt positionierte Nut ist. Vorliegend ist die jeweilige Winkellage der drei Nuten 26 streng parallel zur Drehachse 23, also direkt axial, wobei ihre jeweiligen Öffnungen beziehungsweise offenen Enden auf die Außenkontur des Verdichterrads 20 gerichtet sind. Die Erzeugung dieser Nutgeometrie ist über eine einfache Drehbearbeitung durch entsprechende Einstiche des Drehstahls möglich. Würden die Nuten 26 hingegen unter einem von 0 unterschiedlichen Winkel ε_N positioniert, so würden die Nuten 26 beispielsweise durch eine Fräsbearbeitung unter Zuhilfenahme von Schafffräsern ebenfalls in einfacher Weise erzeugbar sein.

Aus Fig. 1 ist erkennbar, dass der Verdichter 10 keine Kennfeld-stabilisierende Maßnahme (KSM) in Form einer Rezirkulationseinrichtung mit einem Ringkanal und einer Abzapf-Ringöffnung zur Verdichterradaußenkontur aufweist. Bei der Erzeugung von großen Kennfeldbreiten bietet sich gegebenenfalls die Kombination von bekannten KSM mit der Grenzschicht-Sperrvorrichtung an.

Wie bereits angedeutet, sind die Hauptparameter für die Kennfeldbreitenoptimierung die durch den Radius R_N charakterisierte jeweilige Position, die durch den Winkel ε_N charakterisierte Orientierung beziehungsweise Winkellage zur Axialen, die Anzahl N , die Breite B_N , die Tiefe T_N der Nuten 26 sowie die jeweilige Breite S_N des jeweiligen Stegs 28 zwischen den Nuten 26. Bei der Optimierung der Kennfeldbreite kann insbesondere die Forderung im Mittelpunkt stehen, dass die Erweiterung des Kennfelds mit geringstmöglichem Wirkungsgradabschlag zu erreichen ist.

Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführungsform des Verdichters 10, wobei der Konturbereich 24 genau eine Nut 26 aufweist. Ferner zeigt Fig. 3 eine dritte Ausführungsform des Verdichters 10, wobei genau zwei Nuten 26 im Konturbereich 24 angeordnet sind.

Fig. 5 zeigt zum Verdichter 10 gemäß der zweiten Ausführungsform gehörende Kennfelder beziehungsweise Verdichterkennfelder mit den vermessenen Drehzahllinien von der Stoff- zur mit P bezeichneten Pumpgrenze. Eine jeweils mit PG bezeichnete Pumpgrenze veranschaulicht eine Pumpgrenze eines Verdichters ohne die anhand von Fig. 1 bis 4 veranschaulichte Grenzschicht-Sperrvorrichtung, wobei dieser Verdichter als Basis-Verdichter oder Basis bezeichnet wird. Aus Fig. 5 bis 7 ist besonders gut erkennbar, dass die Pumpgrenze PG durch die Grenzschicht-Sperrvorrichtung zur Pumpgrenze P und somit zu kleineren Durchsätzen hin verschoben werden kann.

Fig. 6 zeigt die Verdichterkennfelder, die zum Verdichter 10 gemäß der dritten Ausführungsform gehören, wobei Fig. 7 die zur ersten Ausführungsform gehörenden Verdichterkennfelder zeigt. Die Verdichterkennfelder enthalten auch die Isolinien der Wirkungsgrade. Auf der jeweiligen, bezogen auf die jeweilige Bildebene von Fig. 5 bis 7 rechten Seite sind jeweils die Wirkungsgrad-Differenzkennfelder der Verdichter 10 in Bezug zu der Basis ohne die Grenzschicht-Sperrvorrichtung dargestellt.

Da die Verdichter 10 im Gegensatz zum Basis-Verdichter die durch die Nuten 26 gebildete Grenzschicht-Sperrvorrichtung aufweisen, werden die Verdichter 10 auch als GSV-Varianten oder GSV-Verdichter bezeichnet (GSV – Grenzschicht-Sperrvorrichtung). Allen der drei GSV-Varianten gemein ist die größte Wirkung der Drehzahlen auf eine positive Pumpgrenzenverschiebung, die hier ihre Druckverhältnismaxima um den Wert von 3 besitzt. Die Differenzkennfelder zeigen an, dass in den größten Kennfeldbereichen der zweiten Ausführungsform und der dritten Ausführungsform kaum Wirkungsgradabschläge der GSV-Varianten gegenüber dem Basis-Verdichter mit geschlossener glatter Außenkontur bestehen.

Die erste Ausführungsform erzeugt im Bereich des Druckverhältnisses 3 die größte Pumpgrenzenverschiebung von dem Durchsatzwert des Basis-Verdichters bei circa 0,25 Kilogramm pro Sekunde auf den relativ sehr niedrigen Durchsatzwerten von circa 0,15 Kilogramm pro Sekunde. Das Wirkungsgrad-Differenzkennfeld markiert im Gesamtkennfeld für die erste Ausführungsform einen tendenziell größeren Wirkungsgrad-Aufwand gegenüber den anderen Ausführungsformen. Im Druckverhältnis-Bereich um die 1,5 und den Massendurchsätzen unterhalb 0,15 Kilogramm pro Sekunde werden über die

Messungen Wirkungsgrad-Abschläge über 2 Prozent sichtbar. In Summe kann diese Fähigkeit der starken Erhöhung des Stabilitätsbereichs des Verdichterbetriebskennfelds bei gewissen, manchmal etwas höheren Wirkungsgrad-Abschlägen in weniger relevanten Kennfeldbereichen, je nach Anwendungsfall, dennoch eine hohe Serienrelevanz mit sich bringen, da diese einfache Maßnahme unter anderen Vorteilen auch mit sehr niedrigem Herstellungs-Aufwand in Verbindung steht.

Bei der zweiten Ausführungsform ist beispielsweise eine Breite S_N (Stegbreite) von 1,0 Millimetern vorgesehen. Ferner sind beispielsweise bei der zweiten Ausführungsform eine Nuttiefe T_N von 3,5 Millimeter und eine Nutbreite B_N von 1,4 Millimetern vorgesehen. Durch die Nuten 26 ist beispielsweise ein Labyrinth gebildet, sodass die Breite B_N auch als Labyrinthbreite und die Tiefe T_N auch als Labyrinthtiefe bezeichnet wird.

Bei der dritten Ausführungsform sind beispielsweise eine Stegbreite (S_N) von 1,0 Millimetern, eine Nutbreite (B_N) von 1,4 Millimetern und eine Nuttiefe (T_N) von 3,5 Millimetern vorgesehen. Ferner kann bei der ersten Ausführungsform, insbesondere auf den in radialer Richtung innersten Steg 28, eine Stegbreite (S_N) von 2,5 Millimetern, eine Nutbreite (B_N) von 1,4 Millimetern und eine Nuttiefe (T_N) von 3,5 Millimetern vorgesehen sein.

Bezugszeichenliste

10	Verdichter
12	Verdichtergehäuse
14	Gehäuseelement
16	Gehäuseelement
18	Gehäuseelement
20	Verdichterrad
22	Laufadschaufeln
23	Drehachse
24	Konturbereich
26	Nut
28	Steg
30	Diffusor
32	Abführkanal
B_N	Breite
R_1	Eintrittsradius
R_2	Austrittsradius
R_N	Radius
S_N	Breite
T_N	Tiefe
P	Pumpgrenze
PG	Pumpgrenze
ε_N	Winkel

Patentansprüche

1. Verdichter (10), insbesondere für einen Abgasturbolader einer Verbrennungskraftmaschine, mit einem Verdichtergehäuse (12), mit einem Verdichterrad (20), welches in dem Verdichtergehäuse (12) um eine Drehachse (23) relativ zu dem Verdichtergehäuse (12) drehbar aufgenommen ist, und mit einem gehäusefesten Konturbereich (24), welcher zumindest einen Teilbereich des Verdichterrads (20) in Umfangsrichtung des Verdichterrads (20) über dessen Umfang umgibt, dadurch gekennzeichnet, dass der Konturbereich (24) wenigstens eine Nut (26) aufweist, welche an ihrem einen, dem Verdichterrad (20) zugewandten Ende offen und an ihrem anderen Ende geschlossen ist.
2. Verdichter (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Nut (26) parallel zur axialen Richtung des Verdichterrads (20) verläuft.
3. Verdichter (10) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Nut (26) mit der axialen Richtung des Verdichterrads (20) einen Winkel (ε_N) einschließt, welcher größer als -20 Grad und kleiner als 50 Grad ist.
4. Verdichter (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass gilt:

$$1,1 \times \frac{R_1}{R_2} < \frac{R_N}{R_2} < 0,95 \times Q_A$$

wobei:

- R_1 ein auf die Drehachse (23) bezogener Eintrittsradius des Verdichterrads (20) ist, über welchen das Verdichterrad (20) von mittels des Verdichterrads (20) zu verdichtender Luft anströmbar ist;
- R_2 ein auf die Drehachse (23) bezogener Austrittsradius des Verdichterrads (20) ist, über welchen das Verdichterrad (20) von der verdichteten Luft abströmbar ist;
- R_N ein auf die Drehachse (23) bezogener Radius ist, auf welchem die Nut (26) angeordnet ist; und
- $Q_A = 1,0$

5. Verdichter (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass gilt:

$$N < 6 \times \frac{R_2}{45mm}$$

wobei:

- N die Anzahl an Nuten (26) des Konturbereichs (24) ist, die an ihrem jeweiligen einen, dem Verdichterrad (20) zugewandten Ende offen und an ihrem jeweiligen anderen Ende geschlossen sind; und
- R_2 ein auf die Drehachse (23) bezogener Austrittsradius des Verdichterrads (20) ist, über welchen das Verdichterrad (20) von der verdichteten Luft abströmbar ist.

6. Verdichter (10) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass wenn $N > 1$ gilt:

$$0,01 < \frac{S_N}{R_2} < 0,1$$

wobei:

- S_N eine Breite eines zwischen zwei der Nuten (26) angeordneten Stegs (28) des Konturbereichs (24) ist; und

- R_2 ein auf die Drehachse (23) bezogener Austrittsradius des Verdichterrads (20) ist, über welchen das Verdichterrad (20) von der verdichteten Luft abströmbar ist.

7. Verdichter (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass gilt:

$$0,01 < \frac{B_N}{R_2} < 0,06$$

wobei:

- B_N eine Breite der Nut (26) ist; und
- R_2 ein auf die Drehachse (23) bezogener Austrittsradius des Verdichterrads (20) ist, über welchen das Verdichterrad (20) von der verdichteten Luft abströmbar ist.

8. Verdichter (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass gilt:

$$1 < \frac{T_N}{B_N} < 5$$

wobei:

- T_N eine sich von dem einen zu dem anderen Ende der Nut (26) erstreckende Tiefe der Nut (26) ist; und
- B_N eine Breite der Nut (26) ist.

9. Verdichter (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Nut (26) einen in Umfangsrichtung des Verdichterrads (20) über dessen Umfang variierenden Verlauf aufweist.
10. Abgasturbolader für eine Verbrennungskraftmaschine, insbesondere eines Kraftwagens, mit wenigstens einem Verdichter (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

1/4

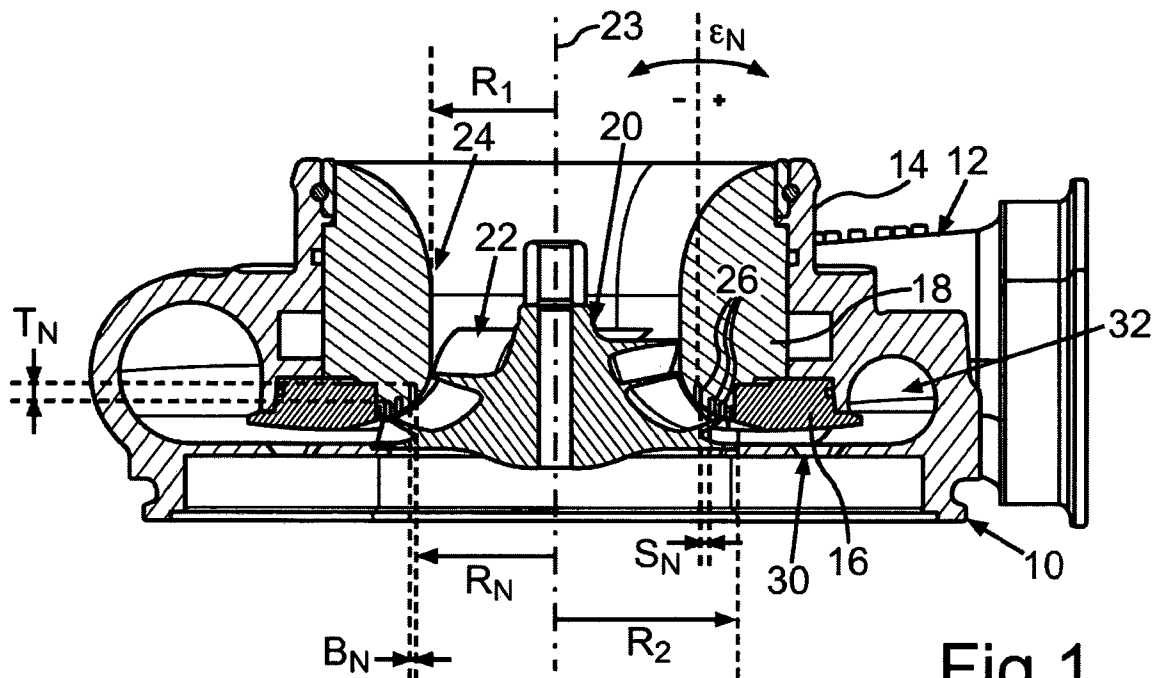


Fig.1

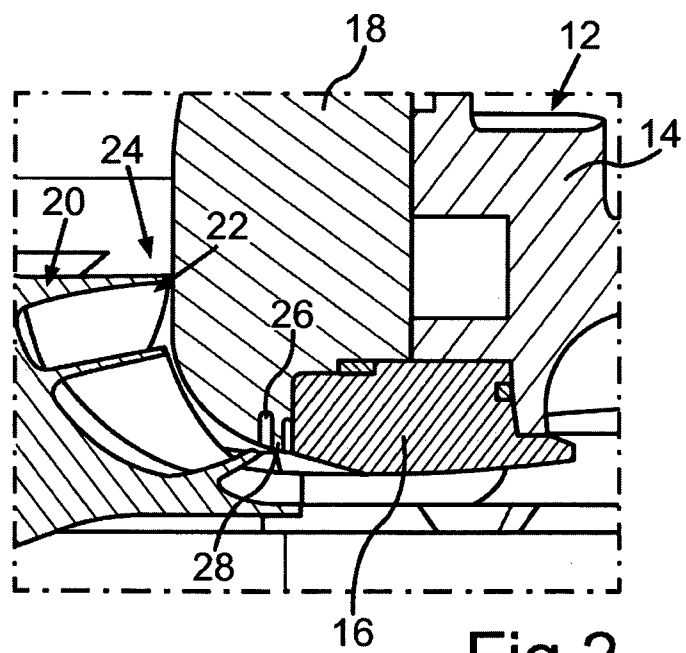
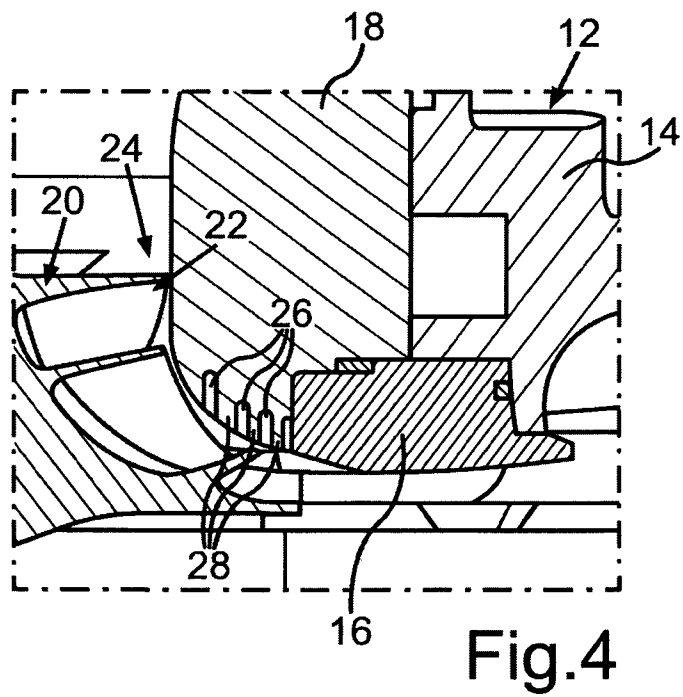
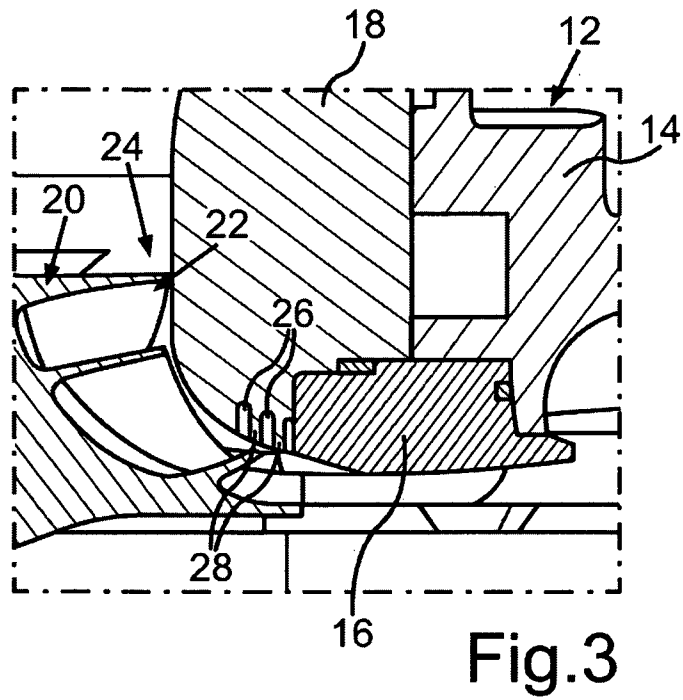


Fig.2

2/4



3/4

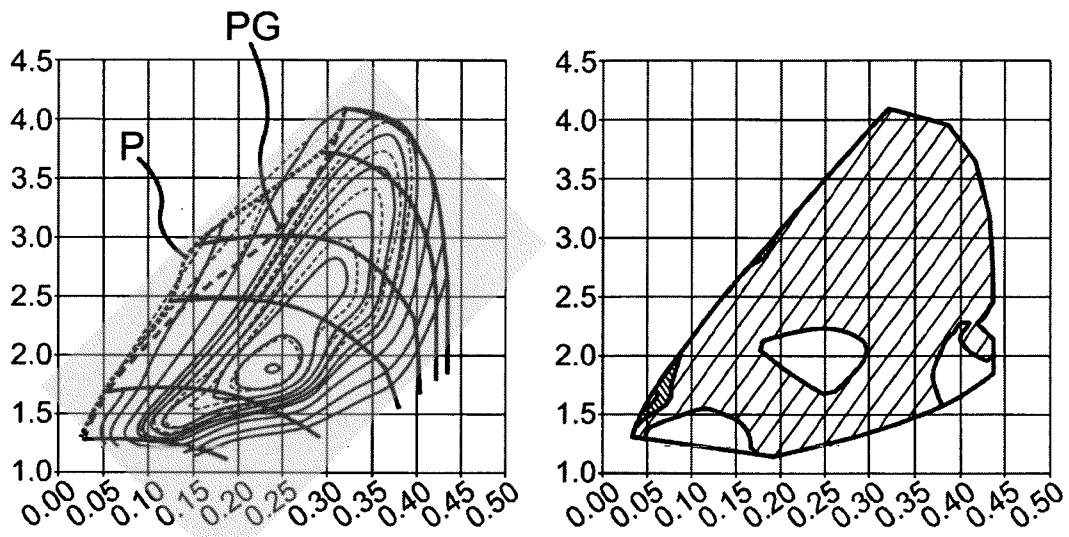


Fig.5

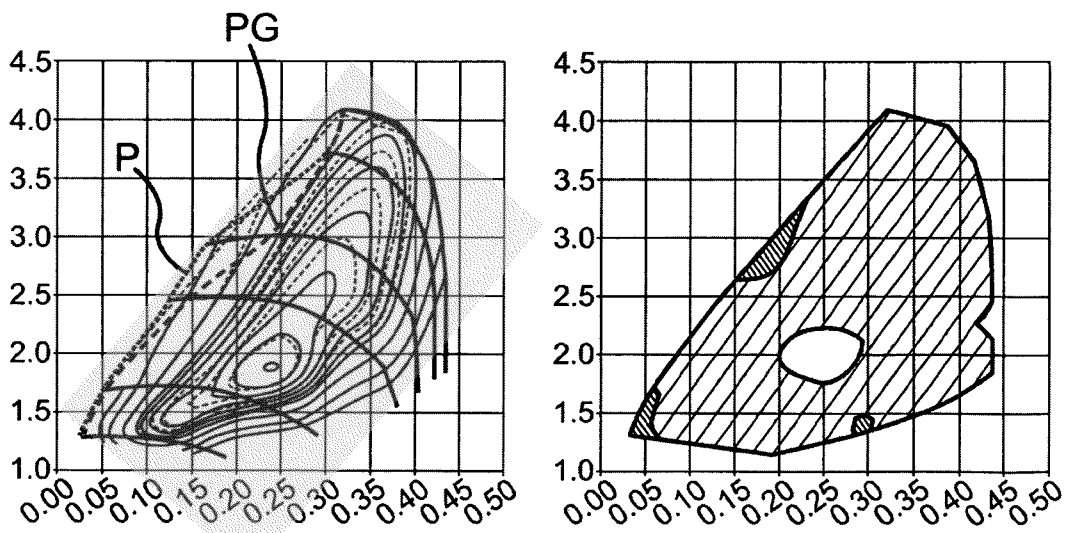


Fig.6

4/4

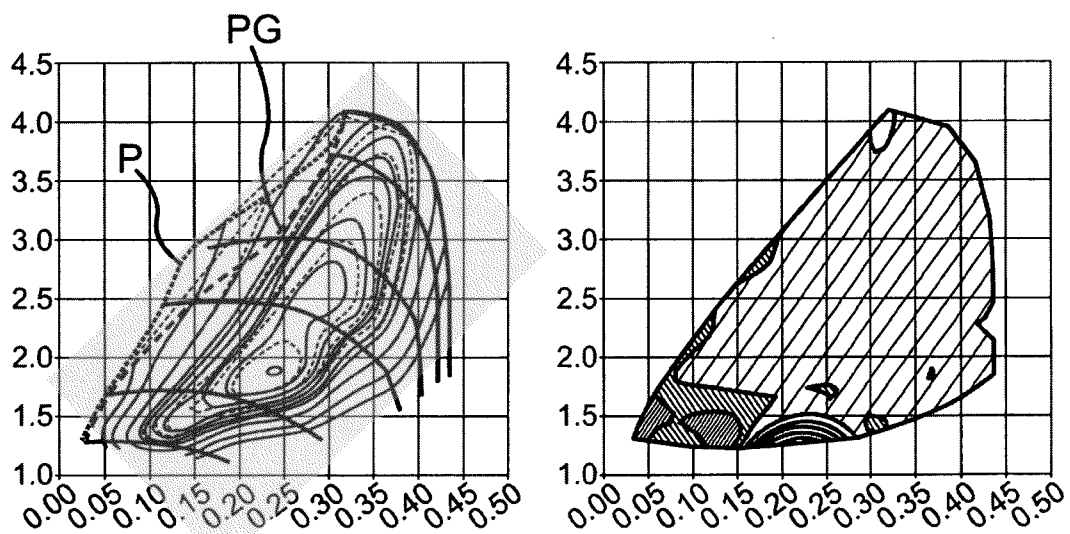


Fig.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/000255

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F04D29/42 F04D29/68
ADD.

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)
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 practicable, search terms used)

EP0-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 553 304 A2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 13 July 2005 (2005-07-13) paragraphs [0006], [0007], [0031] - [0033] figures 1,2,5,6	1,3-10
X	WO 2008/100844 A1 (BORGWARNER INC [US]; DIEMER PAUL D [US]; PANEK EDWARD R [US]; GRABOWSK) 21 August 2008 (2008-08-21) paragraphs [0025], [0026], [0028], [0029] figures 2,3	1-5,7-10
	----- -/-	



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 application or patent 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

17 May 2016

Date of mailing of the international search report

23/05/2016

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

Gombert, Ralf

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/000255

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2004/015276 A1 (HONEYWELL INT INC [US]; CHEN HUA [GB]) 19 February 2004 (2004-02-19) Seite 4, dritter Absatz - Seite 5, erster Absatz figures 2,4b,4f,4h claims 1,4,15 -----	1-3,5,7, 8,10
X,P	EP 2 899 407 A1 (PRATT & WHITNEY CANADA [CA]) 29 July 2015 (2015-07-29) paragraphs [0012], [0017], [0018], [0021], [0022], [0026] figures 2,2a,4 -----	1-3,5-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/000255

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1553304	A2	13-07-2005	CN 1637301 A 13-07-2005
		EP 1553304 A2 13-07-2005	
		JP 4168032 B2 22-10-2008	
		JP 2005195024 A 21-07-2005	
		KR 20050072931 A 13-07-2005	
		US 2005152786 A1 14-07-2005	
WO 2008100844	A1	21-08-2008	CN 101583800 A 18-11-2009
		EP 2171283 A1 07-04-2010	
		JP 2010518314 A 27-05-2010	
		KR 20090118922 A 18-11-2009	
		US 2010098532 A1 22-04-2010	
		WO 2008100844 A1 21-08-2008	
WO 2004015276	A1	19-02-2004	AU 2002368156 A1 25-02-2004
		US 2006275113 A1 07-12-2006	
		WO 2004015276 A1 19-02-2004	
EP 2899407	A1	29-07-2015	CA 2879923 A1 27-07-2015
		EP 2899407 A1 29-07-2015	
		US 2015211545 A1 30-07-2015	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F04D29/42 F04D29/68
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 553 304 A2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 13. Juli 2005 (2005-07-13) Absätze [0006], [0007], [0031] - [0033] Abbildungen 1,2,5,6 -----	1,3-10
X	WO 2008/100844 A1 (BORGWARNER INC [US]; DIEMER PAUL D [US]; PANEK EDWARD R [US]; GRABOWSK) 21. August 2008 (2008-08-21) Absätze [0025], [0026], [0028], [0029] Abbildungen 2,3 -----	1-5,7-10
X	WO 2004/015276 A1 (HONEYWELL INT INC [US]; CHEN HUA [GB]) 19. Februar 2004 (2004-02-19) Seite 4, dritter Absatz - Seite 5, erster Absatz Abbildungen 2,4b,4f,4h Ansprüche 1,4,15 -----	1-3,5,7,8,10
	-/-	



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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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

17. Mai 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/05/2016

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

Gombert, Ralf

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X,P	EP 2 899 407 A1 (PRATT & WHITNEY CANADA [CA]) 29. Juli 2015 (2015-07-29) Absätze [0012], [0017], [0018], [0021], [0022], [0026] Abbildungen 2,2a,4 -----	1-3,5-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/000255

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1553304	A2	13-07-2005	CN 1637301 A 13-07-2005
			EP 1553304 A2 13-07-2005
			JP 4168032 B2 22-10-2008
			JP 2005195024 A 21-07-2005
			KR 20050072931 A 13-07-2005
			US 2005152786 A1 14-07-2005
WO 2008100844	A1	21-08-2008	CN 101583800 A 18-11-2009
			EP 2171283 A1 07-04-2010
			JP 2010518314 A 27-05-2010
			KR 20090118922 A 18-11-2009
			US 2010098532 A1 22-04-2010
			WO 2008100844 A1 21-08-2008
WO 2004015276	A1	19-02-2004	AU 2002368156 A1 25-02-2004
			US 2006275113 A1 07-12-2006
			WO 2004015276 A1 19-02-2004
EP 2899407	A1	29-07-2015	CA 2879923 A1 27-07-2015
			EP 2899407 A1 29-07-2015
			US 2015211545 A1 30-07-2015