



(11)

EP 4 368 838 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.05.2024 Patentblatt 2024/20

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 29/28 (2006.01) F04D 29/30 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22206677.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04D 29/284; F04D 29/30; F05D 2250/52;
F05D 2250/80

(22) Anmeldetag: **10.11.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

BABenannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **BMTS Technology GmbH & Co. KG
70376 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:

- **SCHULZE, Daniel
71394 Kernen (DE)**
- **SANDOR, Ivo
85551 Kirchheim (DE)**
- **TAYLOR, Alexander H.
70376 Stuttgart (DE)**
- **NAIK, Pavan
70376 Stuttgart (DE)**

- **SINGH, Aneel
70376 Stuttgart (DE)**
- **SEKUTKOVSKI, Bojan
70376 Stuttgart (DE)**
- **BIXLER, Nathan
70376 Stuttgart (DE)**
- **JELISAVAC, Borislav
70376 Stuttgart (DE)**
- **BLASCH, Philipp
70376 Stuttgart (DE)**
- **WICHLINSKI, Joseph
70376 Stuttgart (DE)**
- **AL-HASAN, Nisar
70376 Stuttgart (DE)**

(74) Vertreter: **Herrmann, Jochen
Patentanwalt
European Patent Attorney
Königstrasse 30
70173 Stuttgart (DE)**

(54) VERDICHTER

(57) Die Erfindung betrifft einen Verdichter mit einem drehbar gelagerten Verdichterrad (10), wobei das Verdichterrad (10) einen radial inneren Zuströmbereich (11) und einen radial äußeren Abströmbereich (14) aufweist, wobei der Zuströmbereich (11) mit dem Abströmbereich (14) über Strömungskanäle (15) verbunden ist, die von dem Zuströmbereich (11) zum Abströmbereich (14) verlaufen, wobei die Strömungskanäle (15) jeweils einen in Umfangsrichtung des Verdichterrads (10) gemessenen Strömungsquerschnitt aufweisen, wobei die Strömungskanäle (15) eine von dem Zuströmbereich (11) zu dem Abströmbereich (14) verlaufende Kanallänge aufweisen, und wobei die Strömungskanäle (15) ein Kanalvolumen aufweisen, das sich aus dem Strömungsquerschnitt und der Kanallänge ergibt. Um mit einem solchen Verdichter bei sehr geringem durchmesserspezifischen Durchsatz gleichzeitig hohe Druckverhältnisse zu erreichen, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Volumen, welches das Verdichterrad (10) einnimmt mindestens um das 3-fache größer ist als die Summe der Kanalvolumina der Strömungskanäle (15), und/oder dass der in Umfangsrichtung des Verdichterrads (10) gemessene Winkeleabstand zweier benachbarter Strömungskanäle (15) an ihrem Strömungseintritt (15.1) im Zuströmbereich (11)

und/oder an ihrem Strömungsaustritt (15.2) im Abströmbereich mindestens 18° beträgt.

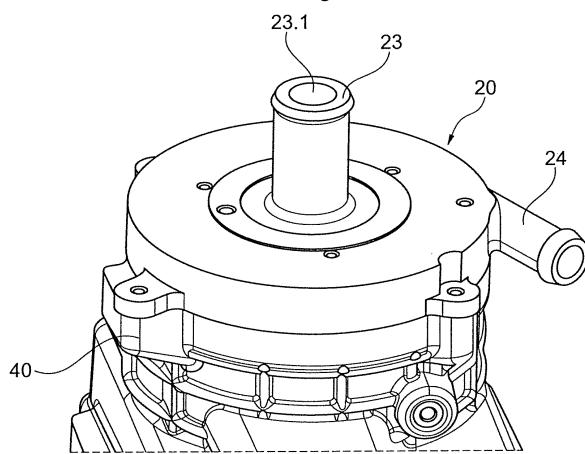


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Verdichter mit einem drehbar gelagerten Verdichterrad, wobei das Verdichterrad einen radial inneren Zuströmbereich und einen radial äußeren Abströmbereich aufweist, wobei der Zuströmbereich mit dem Abströmbereich über Strömungskanäle verbunden ist, die von dem Zuströmbereich zum Abströmbereich verlaufen, wobei die Strömungskanäle im Abströmbereich Strömungsaustritte bilden, die beabstandet zu der Drehachse des Verdichterrads angeordnet sind, wobei die Strömungskanäle jeweils einen sich in Umfangsrichtung des Verdichterrads erstreckenden Strömungsquerschnitt aufweisen, wobei die Strömungskanäle eine von dem Zuströmbereich zu dem Abströmbereich verlaufende Kanallänge aufweisen und wobei die Strömungskanäle längs der Kanallänge einen minimalen Strömungskanal-Querschnitt aufweisen.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Verdichter in vielfältigen Ausführungen bekannt. Ein Beispiel eines Turboverdichters zeigt EP 3 421 825 A1. Bei diesen Turboverdichtern ist ein Verdichterrad verwendet, das auf einer Antriebswelle gehalten ist. Zur Erzeugung eines hohen Drucks und eines hohen Massenstroms sind solche Verdichter als Radialverdichter oder Zentrifugalverdichter ausgeführt. Das Verdichterrad saugt dabei die zu verdichtende Luft in Achsrichtung zentral an seinem Zuströmbereich an. Die angesaugte Luft gelangt dann über die Strömungseintritte in die Strömungskanäle. In den Strömungskanälen wird die Luft geleitet und bei rotierendem Verdichterrad über die wirkenden Zentrifugalkräfte radial nach außen gefördert. An dem Strömungsaustritt verlässt die komprimierte Luft mithin den Strömungskanal.

[0003] Für bestimmte Anwendungen kann es nun gefordert sein, einen Verdichter bereitzustellen, der zur Erzeugung eines hohen Drucks geeignet ist, wobei allerdings nur ein kleiner Massenstrom zur Verfügung gestellt wird.

[0004] Beispielsweise kann es bei einer erfindungsgemäßen Anwendung gefordert sein, einen Verdichter bereitzustellen der ein Fluid mit sehr geringem Massenstrom (beispielsweise im Bereich zwischen 1-10 g/s) fördert, bei gleichzeitig hohen Druckverhältnissen (Differenzdruck zwischen dem Druck im Abströmbereich und dem Zuströmbereich im Bereich größer 2 bar). Diese sehr speziellen Anforderungen können aus einer Anwendung des erfindungsgemäßen Verdichters resultieren, bei der Umgebungsluft verdichtet wird, um diese einem mit Druckluft betriebenen Reinigungssystem für Lidar Sensoren bereitzustellen. Der Einsatz eines solchen Reinigungssystems kann beispielsweise erfindungsgemäß bei autonomen Fahrzeugen mit Lidar Sensoren vorgesehen sein.

[0005] Das geforderte Druckverhältnis kann in Verbindung mit einem Turboverdichter einhergehend mit einer korrespondierenden Umfangsgeschwindigkeit am Strömungsaustritt des Verdichterrads erreicht werden. Aufgrund der begrenzten Drehzahl des Antriebes auf etwa 100.000 U/min mit dem das Verdichterrad angetrieben wird (beispielsweise mittels eines Elektromotors), stellt das Erreichen der hohen Druckverhältnisse eine Herausforderung dar. Die hierzu erforderliche Umfangsgeschwindigkeit kann demnach ausschließlich durch große Verdichterrad-Austrittsdurchmesser realisiert werden. Dies führt zu einer Auslegung mit einem sehr geringen durchmesserspezifischen Durchsatz. Dieser durchmesserspezifische Durchsatz von Turboverdichtern wird im Wesentlichen durch den Strömungsquerschnitt zwischen den Schaufeln, der Rotornabe und der Gehäusekontur bestimmt und lässt sich lediglich begrenzt auslegungs-technisch variieren. Bei einer Auslegung eines sehr niedrigen durchmesserspezifischen Durchsatzes ist der Kanalquerschnitt entsprechend klein zu dimensionieren. Das führt bei einer extremen Ausführung zu einem ungünstigen Verhältnis zwischen der Schaufelhöhe und der Spalthöhe zwischen dem Verdichterrad und dem Gehäuse.

[0006] Letztendlich kann die Kanalhöhe die Spalthöhe nicht unterschreiten. Entspricht im Grenzfall die Kanalhöhe der Spalthöhe, verbleibt kein Bauraum mehr für die Rotorschaufln und der Verdichter kann seiner Funktion nicht mehr nachkommen. Ist der durchmesserspezifische Durchsatz in diesem hypothetischen Fall immer noch größer als die Anforderung, so kann die Auslegung eines entsprechenden Turboverdichters technisch nicht erfolgen. Bereits vor dem beschriebenen Grenzfall wird durch die Reduktion der Schaufelhöhe ein sehr ungünstiges Oberflächen- zu Volumenverhältnis erreicht. Dies führt dazu, dass aufgrund der Grenzschichten nahezu kein freier Strömungsquerschnitt vorherrscht, wodurch eine technisch sinnvolle Auslegung nicht möglich ist.

[0007] Es ist die Aufgabe der Erfindung einen Verdichter bereitzustellen, welcher einen sehr geringen durchmesserspezifischen Durchsatz aufweist, aber dennoch hohe Druckverhältnisse erreicht und ein stabiles Betriebsverhalten aufweist.

[0008] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der Abstand des Strömungsaustritts, der am weitesten von der Drehachse des Verdichterrads beabstandet ist einen Radius zur Berechnung einer Kreisfläche bildet, und dass die Summe der minimalen Strömungskanal-Querschnitte aller Strömungskanäle des Verdichterrads bezogen auf diese Kreisfläche kleiner 0,01 beträgt, vorzugsweise kleiner 0,008 beträgt.

[0009] Mit anderen Worten gilt also:

$$\frac{\text{min Querschnittsfläche Kanäle}}{\text{Fläche resultierend aus maximalen Durchmesser}} < 0,01, \text{ vorzugsweise } < 0,008.$$

[0010] Im Gegensatz zu den bekannten Turboverdichtern wird bei der erfindungsgemäßen Lösung der Durchfluss durch das Verdichterrad infolge der Ausführung der Strömungskanäle begrenzt. Dabei werden nur geringe Massenströme gefördert, wobei jedoch gleichzeitig das bei Radialverdichtern verwendete Verdichterprinzip beibehalten wird, um das gewünschte hohe Druckverhältnis zu erreichen.

[0011] Durch die Beabstandung der Strömungsaustritte von der Drehachse kann die Höhe des Verdichtungsverhältnisses angepasst werden. Durch die Anpassung der Strömungskanäle (hinsichtlich ihrer Anzahl und ihres Querschnitts) der Durchsatz. Somit ist eine Skalierbarkeit des Verdichters in beide relevanten Dimensionen (Durchsatz und Druckverhältnis) gegeben. Dabei kann der Verdichter betriebssicher stabil betrieben werden. Der stabile Betrieb des Verdichters ist dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebspunkte innerhalb der beiden Betriebsgrenzen (Pump & Stopfgrenze) liegen.

[0012] Beispielsweise lassen sich mit der erfindungsgemäßen Lösung Verdichter schaffen, mit denen sich dimensionslose Drehzahlkennwerte σ im Bereich zwischen 0,01 bis 0,05, vorzugsweise zwischen 0,01 bis 0,03, erreichen lassen, wobei sich σ berechnet gemäß der Formel:

$$\sigma = [\sqrt{V} \times 2 \times \sqrt{\pi}] \div [(\Delta p / \rho \times 2)^{3/4}]$$

[0013] Dabei gilt:

Δp = Differenzdruck zwischen dem Druck im Abströmbereich und dem Druck im Zuströmbereich

ρ = Dichte des geförderten Fluids

V = Volumenstrom des geförderten Fluids.

[0014] Zusätzlich oder alternativ lassen sich beispielsweise mit der erfindungsgemäßen Lösung Verdichter schaffen, mit denen sich dimensionslose Durchmesserkennwerte δ im Bereich zwischen 20 bis 100, vorzugsweise 20 bis 70, erreichen lassen, wobei sich δ berechnet gemäß der Formel:

$$\delta = \sqrt[4]{\frac{\Delta p}{\rho} \times 2 \div V^2 \times \sqrt{\pi} \div 2}$$

[0015] Dabei gilt:

Δp = Differenzdruck zwischen dem Druck im Abströmbereich und dem Druck im Zuströmbereich

ρ = Dichte des geförderten Fluids

V = Volumenstrom des geförderten Fluids.

[0016] Solche dimensionslose Drehzahl und/oder Durchmesserkennwerte führen zu völlig neuen Arbeitsmaschinen, die so aus dem Stand der Technik noch nicht bekannt waren

[0017] Gemäß einer möglichen Erfindungsvariante kann es vorgesehen sein, dass das Volumen, welches das Verdichterrad einnimmt, mindestens um das 3-fache größer ist als die Summe der Kanalvolumina der Strömungskanäle, und/oder dass die maximale Öffnungsweite der Strömungsaustritte oder zumindest eines Teils der Strömungsaustritte des Verdichterrads sich in Umfangsrichtung über einen maximalen Mittelpunktwinkel von 10° erstreckt.

[0018] Dabei wird das Volumen des Verdichterrads aus der Außenkontur des Verdichterrads ermittelt, wobei innere Kavitäten, beispielsweise Ausnehmungen oder Hohlräume innerhalb des Verdichterrads unberücksichtigt bleiben.

[0019] Das Volumen des Laufrades ist um ein Vielfaches größer als das der Summe der Volumina der Strömungskanäle des Verdichterrads. Durch eine Anpassung des Außendurchmessers des Verdichterrads kann die Höhe des Verdichtungsverhältnisses angepasst werden. Durch die Anpassung der Strömungskanäle (hinsichtlich ihrer Anzahl und ihres Querschnitts) der Durchsatz. Somit ist eine Skalierbarkeit des Verdichters in beide relevanten Dimensionen (Durchsatz und Druckverhältnis) gegeben.

[0020] Vorzugsweise kann es so sein, dass das Volumen, welches das Verdichterrad einnimmt, mindestens um das 6-fache, vorzugsweise mindestens um das 8-fache, größer ist als die Summe der Kanalvolumina der Strömungskanäle und/oder dass die maximale Öffnungsweite der Strömungsaustritte oder zumindest eines Teils der Strömungsaustritte des Verdichterrads sich in Umfangsrichtung über einen maximalen Mittelpunktwinkel von $0,5^\circ$ bis 10° , vorzugsweise über einen maximalen Mittelpunktwinkel von 1° bis 7° , erstreckt, und/oder dass die maximale Öffnungsweite der Strömungseintritte der Strömungskanäle oder zumindest eines Teils der Strömungskanäle des Ver-

dichterrads sich in Umfangsrichtung über einen maximalen Mittelpunktwinkel von 3° bis 20° , vorzugsweise über einen maximalen Mittelpunktwinkel von 6° bis 14° , erstreckt. Diese Gestaltungen eignen sich besonders für die effektive Reinigung von Sensoroberflächen.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltungsvariante der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass zumindest ein Teil der Strömungskanäle wenigstens bereichsweise als umlaufend geschlossene Kavitäten ausgebildet sind. Im Gegensatz zu bekannten Turboverdichtern kommen bei dieser Lösung keine Schaufeln zum Einsatz. Somit ergibt sich bei dieser Lösung kein Grenzfall zwischen der möglichen Schaufelhöhe und dem notwenigen Spalt. Vielmehr kann die durchsatzbestimmende Querschnittsfläche sowohl durch Anpassung der Querschnittsflächen der Kavitäten als auch über die Anzahl der Kavitäten angepasst werden.

[0022] Eine bevorzugte Erfindungsvariante kann dergestalt sein, dass sich die Größe des Strömungsquerschnitts wenigstens eines Teils der Strömungskanäle in Richtung der Kanallänge zumindest bereichsweise nicht verändert. Diese Ausführung eines Verdichterrads lässt sich einfach fertigen. Vorzugsweise kann es dabei vorgesehen sein, dass wenigstens ein Teil der Strömungskanäle in einem Bereich zwischen dem Strömungseintritt und dem Strömungsaustritt die Form einer zylindrischen Bohrung aufweist. Beispielsweise können die Bohrungen dann einfach in ein Verdichterrad eingebohrt werden. Die Bohrungen können dabei radial verlaufen oder auch in oder entgegengesetzt zur Drehrichtung des Verdichterrads geneigt verlaufen.

[0023] Im Rahmen der Erfindung ist es auch denkbar, dass sich die Größe des Strömungsquerschnitts wenigstens eines Teils der Strömungskanäle in Richtung der Kanallänge zumindest bereichsweise ändert. Hierdurch kann der Massendurchsatz durch den Strömungskanal und insbesondere auch das erzeugte Druckverhältnis bei gegebener Drehzahl weiter beeinflussen.

[0024] Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass bei wenigstens einem Teil der Strömungskanäle sich der Strömungsquerschnitt in einem Bereich zwischen dem Strömungseintritt und dem Strömungsaustritt in Radialrichtung nach außen verjüngt.

[0025] Dadurch kann wirksam die Zunahme der Dichte des geförderten Fluids im Strömungskanal kompensiert werden.

[0026] Ein erfindungsgemäßer Verdichter kann dergestalt sein, dass der Strömungsaustritt wenigstens eines Teils der Strömungskanäle gegenüber dem Strömungseintritt in Umfangsrichtung und/oder in Achsrichtung versetzt angeordnet ist. Hierdurch können Fehlanströmungen am Strömungseintritt als auch der Abströmungswinkel am Strömungsaustritt des Verdichterrads angepasst werden, um den Verdichter, beispielsweise bezüglich der Betriebsstabilität und der Druckhöhe, zu beeinflussen. Dies lässt sich noch zusätzlich oder alternativ dadurch verbessern, dass wenigstens ein Teil der Strömungskanäle in Umfangsrichtung in einem Bereich zwischen dem Strömungseintritt und dem Strömungsaustritt gekrümmt verlaufen.

[0027] Bei einem Versatz in Achsrichtung lässt sich das Verdichterrad bauraumoptimiert gestalten.

[0028] Wenn vorgesehen ist, dass wenigstens ein Teil der Strömungskanäle im Bereich zwischen zwei miteinander verbundenen Bauteilen gebildet ist/sind, dann lassen sich auch komplizierte Strömungskanal-Verläufe einfach fertigen. Besonders bevorzugt kann es hierbei vorgesehen sein, dass eines der Bauteile eine in Richtung der Kanallänge verlaufende Nut aufweist, die den Strömungskanal begrenzt und das andere Bauteil die Nut wenigstens bereichsweise vervollständigt oder abdeckt. Die Nut kann in der gewünschten Form einfach in das Bauteil eingearbeitet, bspw. eingefräst werden.

[0029] Gemäß einer möglichen Erfindungsvariante kann es vorgesehen sein, dass die Querschnittsfläche wenigstens eines Strömungskanals am Strömungseintritt und/oder am Strömungsaustritt mindestens $0,5 \text{ mm}^2$ und maximal 15 mm^2 beträgt, vorzugsweise mindestens 1 mm^2 und maximal 5 mm^2 , beträgt, um die gewünschte Förderwirkung zu erreichen.

[0030] Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst mit einer Baugruppe, insbesondere für ein Landfahrzeug oder ein Wasserfahrzeug oder ein Luftfahrzeug, mit einem optischen Sensor, insbesondere einem Lidar-Sensor, und einem Verdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei zwischen dem Verdichterrad und dem Sensor eine Kanalverbindung angeordnet ist, um das von dem Verdichterrad komprimierte Fluid, insbesondere Luft, einer Oberfläche des Sensors zu Reinigungszwecken zuzuleiten.

[0031] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

- 50 Figur 1 in perspektivischer Teildarstellung einen Verdichter,
- Figur 2 den Verdichter gemäß Figur 1 im Vollschnitt,
- Figur 3 ein Verdichterrad für einen Verdichter im Vollschnitt und entlang des in
- 55 Figur 4 mit III-III markierten Schnittverlaufs,
- Figur 4 das Verdichterrad gemäß Figur 3 entlang des in Figur 3 mit IV-IV markierten Schnittverlaufs und

Figuren 5a-5f verschiedene Ausgestaltungsvarianten von Verdichterrädern.

[0032] Figur 1 zeigt einen Verdichter, der beispielsweise in einem Reinigungssystem eingesetzt werden kann, bei dem Druckluft zur Reinigung verwendet sein kann. Dabei kann das Reinigungssystem beispielsweise zur Reinigung einer optischen Oberfläche eines Sensors, insbesondere eines Lidar-Sensors, verwendet werden.

[0033] Figur 2 zeigt den Verdichter im Detail und im Vollschnitt. Wie diese Darstellung veranschaulicht, besitzt der Verdichter eine Antriebseinheit, die beispielsweise als Elektromotor 41 ausgebildet sein kann. Der Elektromotor 41 besitzt einen Motor-Rotor 44, dem ein Motor-Stator 45 zugeordnet ist. Der Motor-Rotor 44 ist an eine Antriebswelle 42 angeschlossen. Die Antriebswelle 42 und der Motor-Rotor 41 können ein integrales Bauteil bilden. Die Antriebswelle 42 ist drehfest mit einem Verdichterrad 10 verbunden.

[0034] Der Motor-Stator 45 des Elektromotors 41 ist in einem Gehäuse mit einem Gehäuseteil 40 untergebracht. Dabei kann es so sein, dass das Gehäuseteil 40 mittels eines Lagerteils 30 abgeschlossen werden kann. Das Lagerteil 30 besitzt eine Lageraufnahme 32, in dem ein Lager 33 zur Lagerung der Antriebswelle 42 aufgenommen ist. Das Lagerteil 30 ist gegenüber dem Gehäuseteil 40 abgedichtet (Dichtungen 34).

[0035] Das Verdichterrad 10 kann vorzugsweise einteilig gefertigt sein. Denkbar ist es jedoch auch, dass das Verdichterrad 10 mehrteilig, insbesondere 2-teilig, ausgeführt ist.

[0036] Das Verdichterrad 10 besitzt einen Nabe 12, mit der das Verdichterrad 10 drehfest mit der Antriebswelle 42 verbunden ist. Zu diesem Zweck kann es vorgesehen sein, dass das Verdichterrad 10 mittels einer Mutter 43, die auf ein Gewinde der Antriebswelle 42 aufgeschraubt ist, mit der Antriebswelle 42 verbunden, insbesondere verspannt ist.

20 Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist es so, dass zwischen der Mutter 43 und einer Stützfläche der Nabe 12 eine Distanzhülse 18 angeordnet ist.

[0037] Zwischen dem Verdichterrad 10 und dem Lager 33 kann ein Dichtungsbuchse 35 angeordnet sein, welche das Lager 33 gegenüber dem Strömungskanal abdichtet. Weiterhin kann eine Stützscheibe 31 vorgesehen sein, die das Lager 33, beispielsweise ein Kugellager an seinem Außenring, sichert.

25 [0038] Das Verdichterrad 10 besitzt einen zentralen Zuströmbereich 11, der in Form einer Ausnehmung in das Verdichterrad 10 im Bereich einer Zuströmseite 16 eingearbeitet sein kann. Ausgehend von dem Zuströmbereich 11 sind Strömungskanäle 15 in das Verdichterrad 10 eingearbeitet, die in Form von Kavitäten ausgebildet sind. Dabei sind die Kavitäten in ihrer Umfangsrichtung allseitig von der Geometrie des Verdichterrads 10 umgeben.

30 [0039] Der Zuströmbereich 11 kann so gestaltet sein, dass er zumindest bereichsweise von einer umlaufenden Innenwand 13 begrenzt ist. Die Innenwand 13 besitzt Öffnungen, die in Form von Strömungseintritten 15.1 der Strömungskanäle 15 ausgebildet sind.

[0040] Im Bereich seines Außenumfangs besitzt das Verdichterrad 10 einen Abströmbereich 14. Dort münden die Strömungskanäle 15 jeweils mit einem Strömungsaustritt 15.2.

35 [0041] Gemäß der Erfahrung weisen die Strömungskanäle 15 einen in Richtung der Kanallänge variierenden oder gleichbleibenden Strömungsquerschnitt auf. Entsprechend berechnet sich das Volumen eines Strömungskanals 15 aus der Kanallänge und dem Strömungsquerschnitt. Die in Form von Kavitäten in das Verdichterrad 10 eingebrachten Strömungskanäle 15 haben in Summe ein Kanalvolumen. Das Verdichterrad nimmt ein Verdichterrad-Volumen ein. Erfahrungsgemäß ist das Verdichterrad-Volumen um ein ganzzahliges Vielfaches größer als das Kanalvolumen. Wie dies oben bereits erwähnt wurde, soll das Verdichterradvolumen durch die äußere Berandung des Verdichterrads 10 bestimmt werden.

[0042] Die Strömungskanäle 15 sind in Umfangsrichtung beabstandet zueinander angeordnet. Dabei beträgt der Winkelabstand im Bereich des Strömungsaustritt 15.2 und oder im Bereich des Strömungseintritt 15.1 mindestens 18°.

45 [0043] Figur 2 veranschaulicht weiter, dass ein Gehäuse mit wenigstens einem Gehäuseteil 20 vorgesehen sein kann, welches einen Spiralkanal 22 aufweist oder bildet. Dieser Spiralkanal 22 mündet im Abströmbereich 14 an der Umfangsseite des Verdichterrads 10. Somit münden die Strömungskanäle 15 an ihrem Strömungsaustritt 15.2 in den Spiralkanal 22.

50 [0044] In Strömungsrichtung nach dem Spiralkanal 22 ist ein Druckluftanschluss 24 vorgesehen, an dem eine Druckluftleitung angeschlossen werden kann. Der Druckluftanschluss 24 ist vorzugsweise einteilig mit dem Gehäuse oder dem Gehäuseteil 20 verbunden. Weiterhin kann es so sein, dass das Gehäuse oder das Gehäuseteil 20 einen Anschlussstutzen 23 aufweist, der einen Ansaugkanal 23.1 bildet. Der Ansaugkanal 23.1 ist hin zu dem Zuströmbereich 11 geführt. An dem Anschlussstutzen 23 kann eine Zuluftleitung angeschlossen werden, damit das Verdichterrad 10 Luft über den Ansaugkanal 23.1 hin zu den Strömungseintritten 15.1 der Strömungskanäle 15 ansaugen kann.

[0045] Figur 2 veranschaulicht, dass das Gehäuseteil 20 eine Zentrieraufnahme 21 aufweisen kann, an der das Gehäuseteil 20 gegenüber dem Gehäuseteil 40 bzw. gegenüber dem Lagerteil 30 ausgerichtet ist.

55 [0046] Schließlich kann es so sein, dass das Gehäuseteil 20 eine Radaufnahme 25 bildet, in der das Verdichterrad 10 zumindest teilweise aufgenommen ist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist es so, dass die Radaufnahme 25 von dem Gehäuseteil 20 und dem Gehäuse des Elektromotors 41, vorliegend von dem Lagerteil 30 des Elektromotors 41 begrenzt ist.

[0047] Gemäß einer bevorzugten Variante ist es so, dass das Verdichterrad 10 in einer Radaufnahme 25 aufgenommen ist, die bis auf die Zuluftöffnung (Ansaugkanal 23.1) und die Abluftöffnung (Spiralkanal 22) gegenüber der Umgebung abgedichtet ist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind hierzu Dichtungen 34 zwischen dem Lagerteil 30 und dem Gehäuseteil 40 vorgesehen.

[0048] Figur 3 zeigt eine mögliche Ausgestaltungsvariante eines Verdichterrads, wie es beispielsweise in dem Verdichter gemäß den Figuren 1 und 2 zum Einsatz kommen kann. Wie diese Darstellung veranschaulicht, besitzt das Verdichterrad 10 Strömungskanäle 15, die in Radialrichtung verlaufen und in Form von konischen Bohrungen in das Material des Verdichterrads 10 eingearbeitet sind. Dabei verjüngen sich die Strömungskanäle 15 kontinuierlich oder diskontinuierlich in Radialrichtung nach außen. Denkbar ist es auch, dass zylindrische Bohrungen für die Strömungskanäle 15 verwendet werden.

[0049] Weiterhin ist es auch denkbar, dass Strömungskanäle 15 verwendet sind, deren Strömungsquerschnitt sich entlang der Kanallänge und in Strömungsrichtung kontinuierlich oder diskontinuierlich zumindest in Teilbereichen erweitern.

[0050] Die Figuren 3 und 4 veranschaulichen, dass das Verdichterrad 10 wieder eine Nabe 12 aufweisen kann, die im Bereich einer Zuströmseite 16 einen Zuströmbereich 11 aufweist und gegenüberliegend der Zuströmseite 16 eine Antriebseite 17 aufweisen kann, zur Verbindung mit einer Antriebswelle 42, beispielsweise eines Elektromotors 41. Figur 3 zeigt, dass alle Strömungsaustritte der Strömungskanäle 15 von der Drehachse des Verdichterrads 10 gleichmäßig weit um das Maß R beabstandet sind, wobei R vorzugsweise der Radius des Außenumfangs des Verdichterrads 10 ist. Die Kreisfläche, die sich unter Verwendung des Radius R berechnen ist beträgt A mm². Die Strömungskanäle 15 haben einen minimalen Strömungskanal-Querschnitt im Bereich der Strömungsaustritte. Die Summe dieser minimalen Strömungskanal-Querschnitte aller Strömungskanäle 15 des Verdichterrads 10 beträgt B mm². Gemäß der Erfindung gilt:

$$B/A < 0,005.$$

[0051] Das Verdichterrad 10 nimmt mit seiner Außenkontur einen Raum mit einem Volumen ein. Dabei wird dieses Volumen ermittelt, ohne dass Hohlräume oder Ausnehmungen im Verdichterrad 10 berücksichtigt werden. Mit anderen Worten ergibt sich das Volumen des Verdichterrads 10 aus dem Volumen welches das Verdichterrad 10 umbaut. Dieses Volumen ist mindestens 3 mal größer als die Summe der Volumina der Strömungskanäle 15.

[0052] Figur 4 veranschaulicht, dass die maximale Öffnungsweite der Strömungsaustritte der Strömungskanäle 15 des Verdichterrads 10 sich in Umfangsrichtung über einen maximalen Mittelpunktwinkel von 10° erstrecken

[0053] Die Figuren 5A des 5F zeigen verschiedene Ausgestaltungsvariante von Verdichterrädern 10. Die Verdichterräder 10 entsprechend in ihrem Aufbau prinzipiell den Verdichterrädern 10, wie sie in Bezug auf die Figuren 1-4 beschrieben wurden. Zur Vermeidung von Wiederholungen kann daher auf die vorstehenden Ausführungen verwiesen werden. Nachfolgend werden lediglich die Unterschiede dieser Verdichterräder erläutert.

[0054] Die Ausgestaltungsvarianten gemäß den Figuren 5a bis 5f unterscheiden sich hinsichtlich der Anordnung und Ausführung ihrer Strömungskanäle 15.

[0055] Figur 5a zeigt ein Verdichterrad 10 mit radial verlaufenden Strömungskanälen 15, die in Form von zylindrischen Bohrungen ausgeführt sind.

[0056] Figur 5b zeigt einen Verdichterrad 10 mit Strömungskanälen 15, die radial verlaufen. Der Strömungsquerschnitte dieser Strömungskanäle 15 verjüngen sich kontinuierlich in Radialrichtung nach außen entlang der Kanallänge.

[0057] Die Figuren 5c und 5d zeigen Verdichterräder 10 mit Strömungskanälen 15, die längs der Kanallänge gekrümmmt verlaufen. Dabei sind gemäß Figur 5c Strömungskanäle 15 vorgesehen, die entgegen der Drehrichtung ω gekrümmmt sind. Fig. 5b zeigt Strömungskanäle 15, die in Richtung der Drehrichtung ω gekrümmmt verlaufen.

[0058] Es kann auch so sein, dass die Strömungskanäle 15 Bereiche aufweisen, die sowohl in als auch entgegengesetzt zur Drehrichtung ω gekrümmmt verlaufen. Denkbar ist es auch, dass die Strömungskanäle 15 längs ihrer Kanallänge einen gleichbleibenden Strömungsquerschnitt aufweisen oder einen variierenden Strömungsquerschnitt haben.

[0059] Die Figuren 5e und 5f veranschaulichen, dass im Rahmen der Erfindung die Strömungskanäle 15 so ausgeführt sein können, dass der Strömungseintritt 15.1 gegenüber dem Strömungsaustritt 15.2 in Drehrichtung Omega versetzt angeordnet ist. Dieses Merkmal kann bei allen erfindungsgemäßen Verdichterrädern 10, insbesondere bei den Verdichterrädern gemäß den Figuren 5a bis 5d verwirklicht sein.

[0060] Es kann so sein, dass der Strömungseintritt 15.1 gegenüber dem Strömungsaustritt 15.2 in Drehrichtung ω zurückversetzt ist (5e) oder dass der Strömungsaustritt 15.1 gegenüber dem Strömungseintritt 15.2 in Drehrichtung Omega zurückversetzt ist (Figur 5 f).

Patentansprüche

1. Verdichter mit einem drehbar gelagerten Verdichterrad (10), wobei das Verdichterrad (10) einen radial inneren Zuströmbereich (11) und einen radial äußeren Abströmbereich (14) aufweist, wobei der Zuströmbereich (11) mit dem Abströmbereich (14) über Strömungskanäle (15) verbunden ist, die von dem Zuströmbereich (11) zum Abströmbereich (14) verlaufen, wobei die Strömungskanäle (15) im Abströmbereich (14) Strömungsaustritte bilden, die beabstandet zu der Drehachse des Verdichterrads angeordnet sind, wobei die Strömungskanäle (15) jeweils einen sich in Umfangsrichtung des Verdichterrads (10) erstreckenden Strömungsquerschnitt aufweisen, wobei die Strömungskanäle (15) eine von dem Zuströmbereich (11) zu dem Abströmbereich (14) verlaufende Kanallänge aufweisen, und wobei die Strömungskanäle (15) längs der Kanallänge einen minimalen Strömungskanal-Querschnitt aufweisen,
dadurch gekennzeichnet,
dass das der Abstand des Strömungsaustritts, der am weitesten von der Drehachse des Verdichterrads (10) beabstandet ist einen Radius zur Berechnung einer Kreisfläche bildet, dass die Summe der minimalen Strömungskanal-Querschnitte aller Strömungskanäle (15) des Verdichterrads (10) bezogen auf diese Kreisfläche kleiner 0,01 beträgt, vorzugsweise kleiner 0,008 beträgt.
2. Verdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdichterrad-Volumen, welches das Verdichterrad (10) einnimmt mindestens um das 3-fache größer ist als die Summe der Kanalvolumina der Strömungskanäle (15), und/oder dass die maximale Öffnungsweite der Strömungsaustritte oder zumindest eines Teils der Strömungsaustritte des Verdichterrads (10) sich in Umfangsrichtung über einen maximalen Mittelpunktswinkel von 10° erstreckt.
3. Verdichter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil der Strömungskanäle (15) wenigstens bereichsweise als umlaufend geschlossene Kavitäten ausgebildet sind.
4. Verdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Größe des Strömungsquerschnitts wenigstens eines Teils der Strömungskanäle (15) in Richtung der Kanallänge zumindest bereichsweise nicht verändert, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass wenigstens ein Teil der Strömungskanäle (15) in einem Bereich zwischen dem Strömungseintritt (15.1) und dem Strömungsaustritt (15.2) die Form einer zylindrischen Bohrung aufweist.
5. Verdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Größe des Strömungsquerschnitts wenigstens eines Teils der Strömungskanäle (15) in Richtung der Kanallänge zumindest bereichsweise ändert, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass bei wenigstens einem Teil der Strömungskanäle (15) der Strömungsquerschnitt sich in einem Bereich zwischen dem Strömungseintritt (15.1) und dem Strömungsaustritt (15.2) in Radialrichtung nach außen verjüngt.
6. Verdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungsaustritt (15.2) wenigstens eines Teils der Strömungskanäle (15) gegenüber dem Strömungseintritt (15.1) in Umfangsrichtung des Verdichterrads (10) und/oder in Achsrichtung des Verdichterrads (10) versetzt angeordnet ist.
7. Verdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Teil der Strömungskanäle (15) in Umfangsrichtung in einem Bereich zwischen dem Strömungseintritt (15.1) und dem Strömungsaustritt (15.2) gekrümmt verlaufen.
8. Verdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Teil der Strömungskanäle (15) im Bereich zwischen zwei miteinander verbundenen Bauteilen gebildet ist/sind, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass eines der Bauteile eine in Richtung der Kanallänge verlaufende Nut aufweist, die den Strömungskanal begrenzt und das andere Bauteil die Nut wenigstens bereichsweise vervollständigt oder abdeckt.
9. Verdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdichterrad (10) im Bereich seiner Drehachse einen zentralen Durchbruch oder eine zentrale Ausnehmung aufweist, und dass der Durchbruch oder die zentrale Ausnehmung im Zuströmbereich (11) mit den Strömungseintritten der Strömungskanäle (15) in fluidleitender Verbindung steht.
10. Verdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Volumen, welches das Verdichterrad (10) einnimmt mindestens um das 6-fache, vorzugsweise mindestens um das 8-fache, größer ist als die

Summe der Kanalvolumina der Strömungskanäle (15),
und/oder dass die maximale Öffnungsweite der Strömungsaustritte oder zumindest eines Teils der Strömungsaustritte des Verdichterrads (10) sich in Umfangsrichtung über einen maximalen Mittelpunktwinkel von 0,5° bis 10°, vorzugsweise über einen maximalen Mittelpunktwinkel von 1° bis 7°, erstreckt,

- 5
11. Verdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe der Querschnittsfläche
wenigstens eines Strömungskanals (15) am Strömungseintritt (15.1) und/oder am Strömungsaustritt mindestens
0,5 mm² und maximal 15 mm² beträgt, und/oder dass die Größe der Querschnittsfläche wenigstens eines Strö-
mungskanals (15) am Strömungseintritt (15.1) und/oder am Strömungsaustritt (15.2) mindestens 1 mm² und maximal
5 mm² beträgt.
- 10
12. Verdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich des Außenumfangs
des Verdichterrads (10) ein Gehäuse mit einem Spiralkanal angeordnet ist, und dass die Strömungskanäle (15) in
den Spiralkanal münden.
- 15
13. Verdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdichterrad über eine
Antriebswelle an einen Antrieb, beispielsweise an einen Elektromotor angekoppelt ist.
- 20
14. Baugruppe, insbesondere für ein Fahrzeug oder ein Wasserfahrzeug oder ein Luftfahrzeug, mit einem optischen
Sensor, insbesondere einem Lidar Sensor, und einem Verdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei zwischen
dem Verdichterrad (10) und dem Sensor eine Kanalverbindung angeordnet ist, um die von dem Verdichterrad (10)
erzeugte komprimierte Luft einer Oberfläche des Sensors zu zuleiten.

25

30

35

40

45

50

55

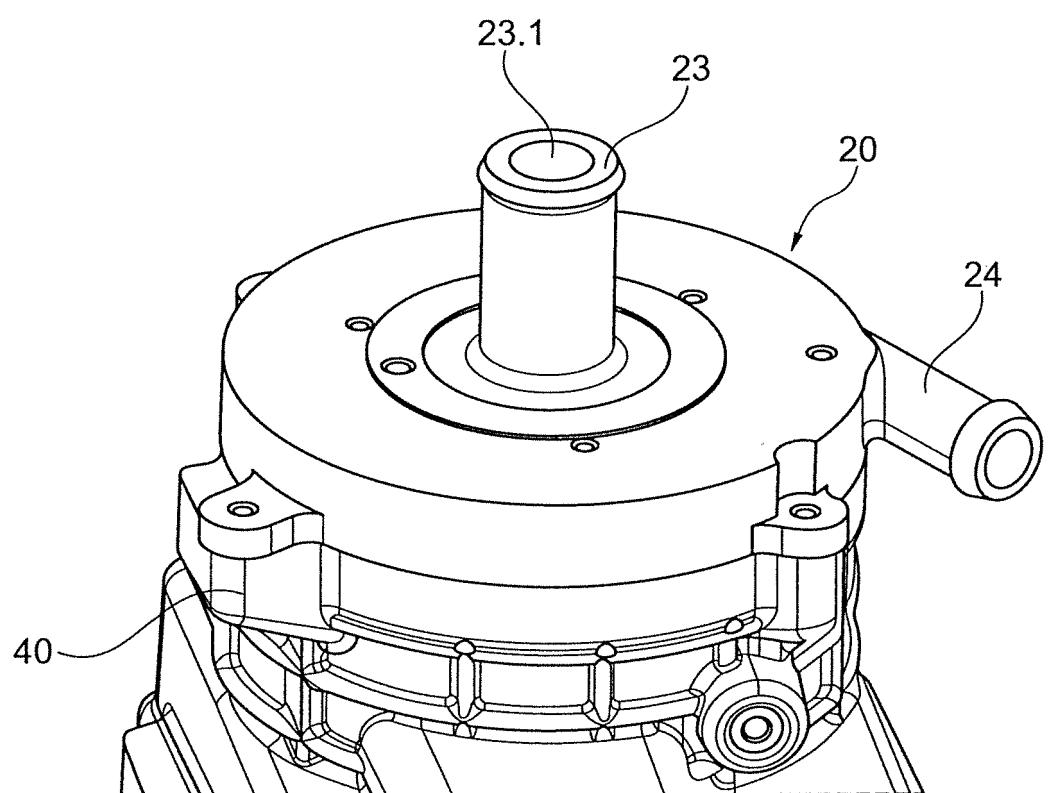


Fig. 1

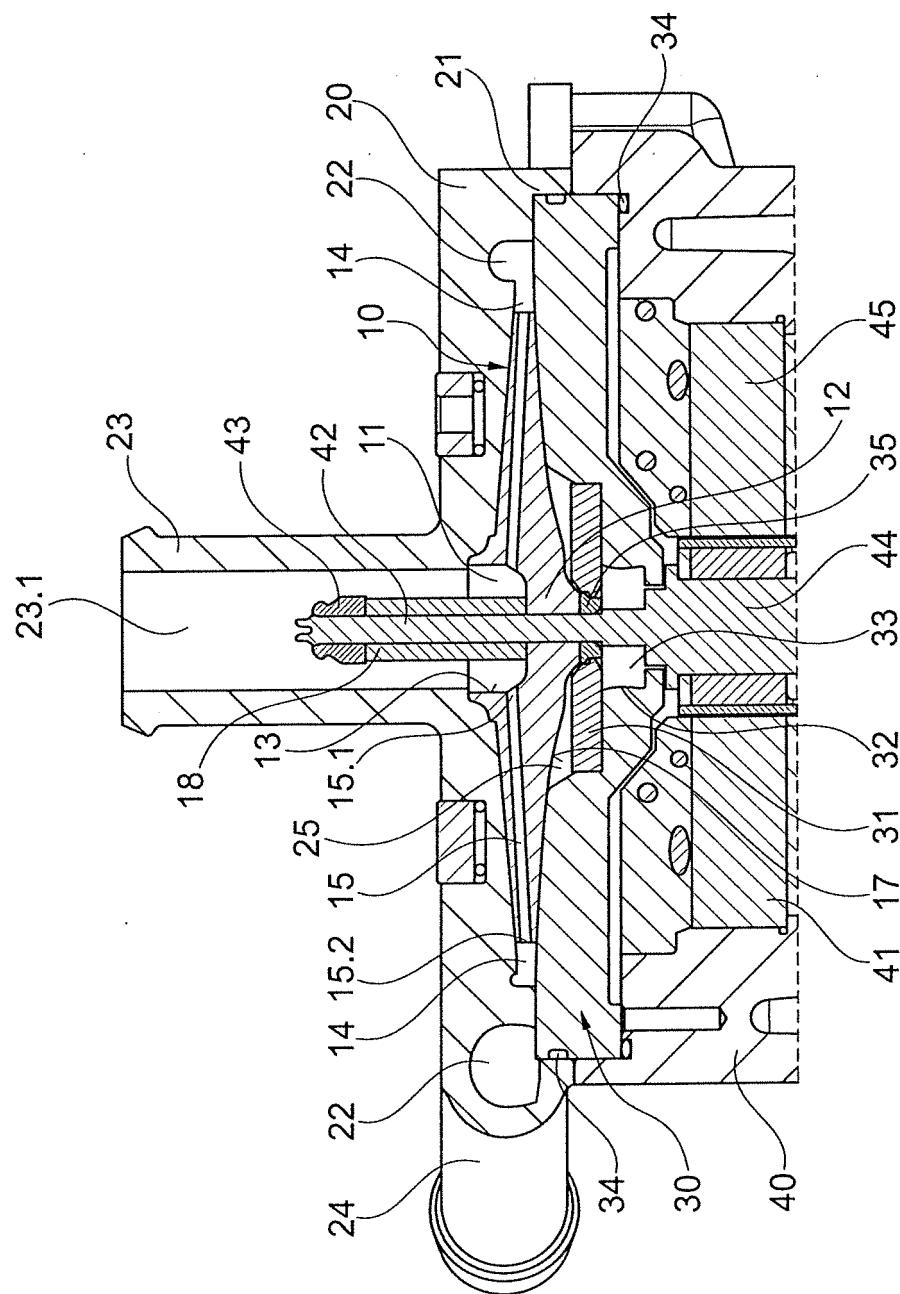


Fig. 2

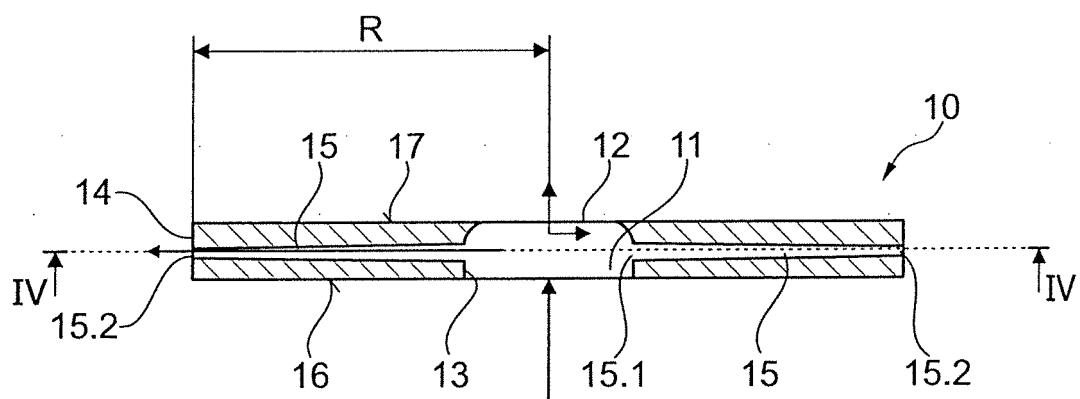


Fig. 3

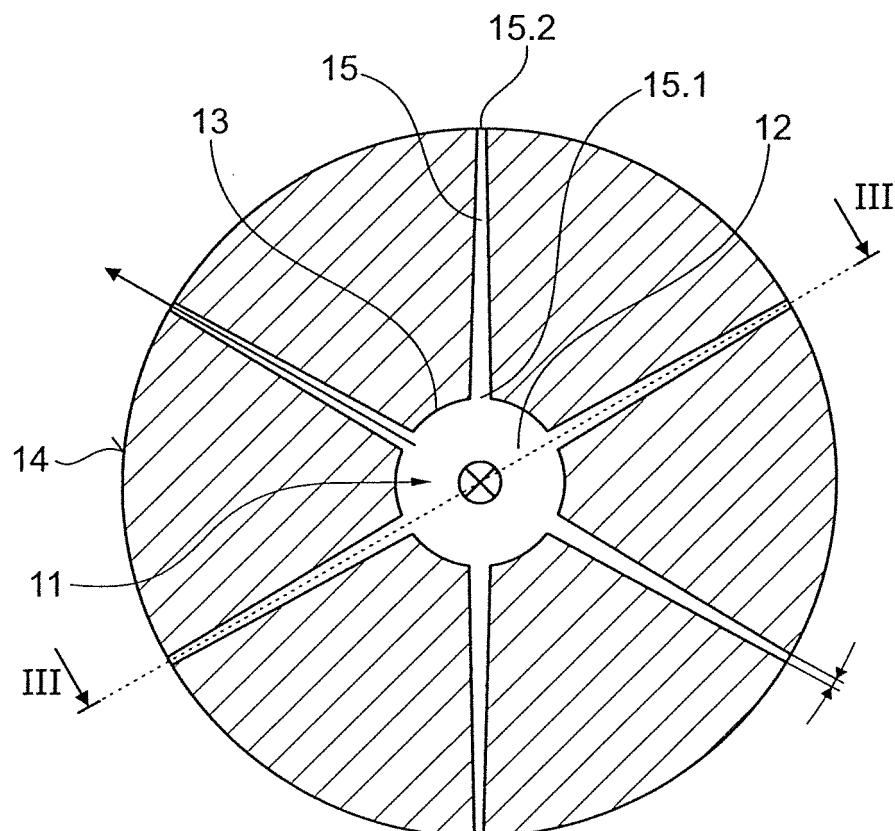


Fig. 4

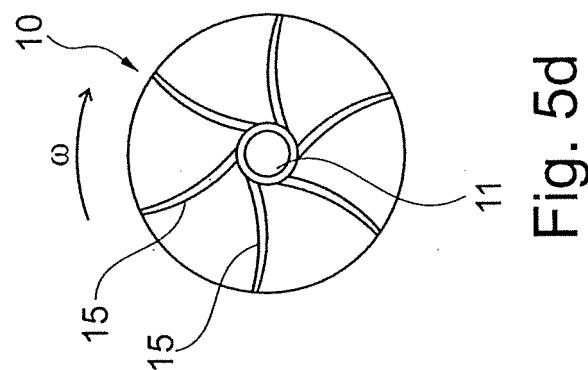


Fig. 5d

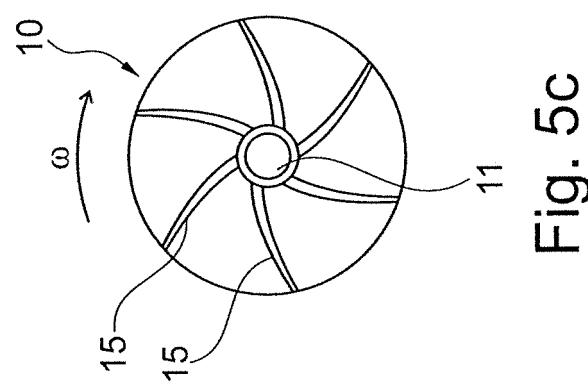


Fig. 5c

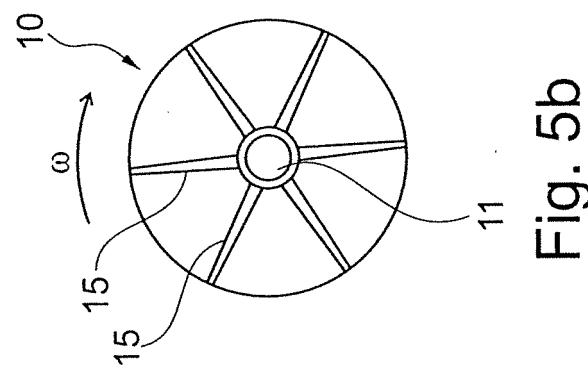


Fig. 5b

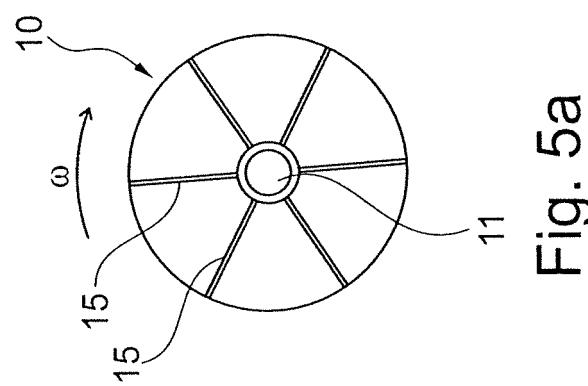


Fig. 5a

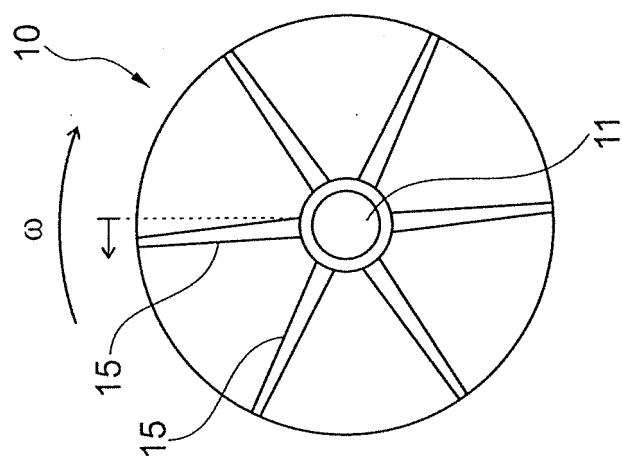


Fig. 5f

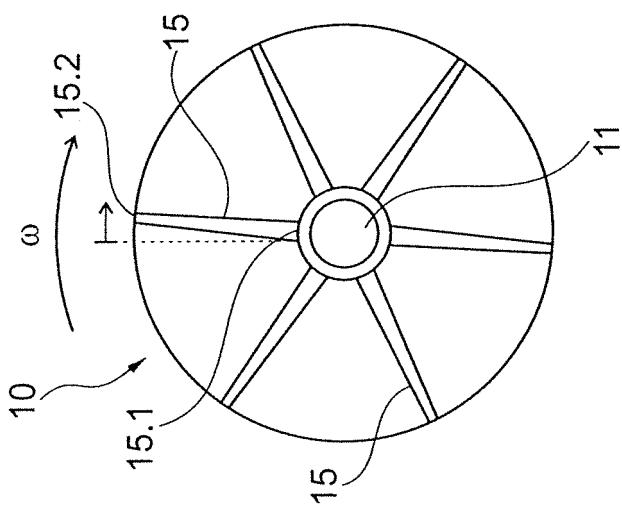


Fig. 5e



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 20 6677

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)	
10	A KR 2018 0056118 A (HYUN DAI HEAVY IND CO LTD [KR]) 28. Mai 2018 (2018-05-28) * Absätze [0012], [0018], [0021], [0025] * * Abbildungen 1-5 *	1-14	INV. F04D29/28 F04D29/30	
15	A WO 96/08655 A1 (ADLER DAN [IL]) 21. März 1996 (1996-03-21) * Seite 7, Zeilen 6-16 * * Seite 8, Zeilen 21-27 * * Abbildungen 1-7 *	1-14		
20	A RU 93 476 U1 (-) 27. April 2010 (2010-04-27) * das ganze Dokument *	1-14		
25	A US 2010/322771 A1 (KUROKAWA JUNICHI [JP] ET AL) 23. Dezember 2010 (2010-12-23) * Absätze [0017], [0029], [0129] * * Abbildungen 1-18 *	1-14		
30	A US 2021/031729 A1 (MATSUMAGA TAKAHIRO [JP] ET AL) 4. Februar 2021 (2021-02-04) * Absätze [0008] - [0010], [0159] * * Abbildungen 1-19 *	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D	
35				
40				
45				
50	1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
55	EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 18. April 2023	Prüfer De Tobel, David
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum 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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

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

EP 22 20 6677

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

18-04-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	KR 20180056118 A	28-05-2018	KEINE	
15	WO 9608655 A1	21-03-1996	AU 3606895 A WO 9608655 A1	29-03-1996 21-03-1996
	RU 93476 U1	27-04-2010	KEINE	
20	US 2010322771 A1	23-12-2010	CN 101925748 A EP 2258950 A1 JP 5339565 B2 JP WO2009096226 A1 US 2010322771 A1 WO 2009096226 A1	22-12-2010 08-12-2010 13-11-2013 26-05-2011 23-12-2010 06-08-2009
25	US 2021031729 A1	04-02-2021	BR 112020004066 A2 CN 111051156 A EP 3677479 A1 EP 4015318 A1 JP 7223696 B2 JP WO2019044399 A1 US 2021031729 A1 WO 2019044399 A1	01-09-2020 21-04-2020 08-07-2020 22-06-2022 16-02-2023 13-08-2020 04-02-2021 07-03-2019
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 3421825 A1 [0002]