



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 043 230.2**

(22) Anmeldetag: **28.09.2009**

(43) Offenlegungstag: **26.05.2011**

(51) Int Cl.: **F04D 29/44 (2006.01)**

(71) Anmelder:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

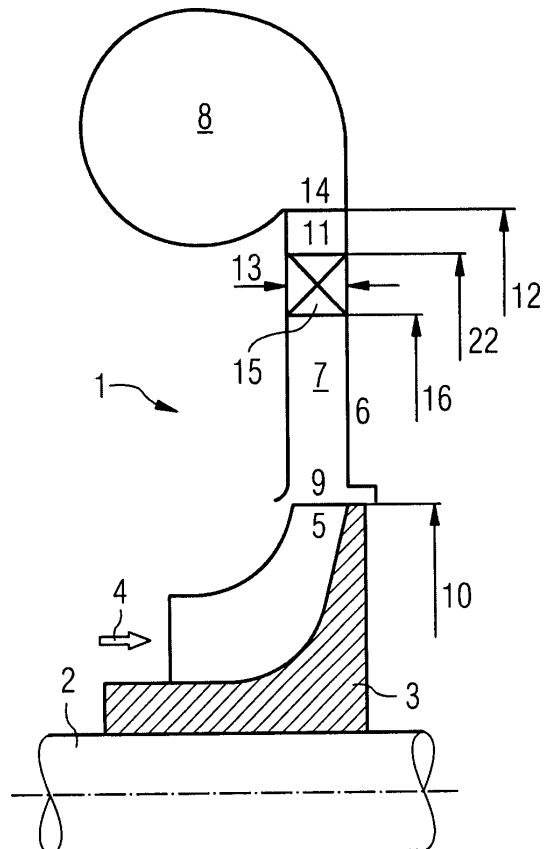
(72) Erfinder:
**Komor, Jean-Paul, 47269 Duisburg, DE;
Wallmann, Theodor, Dr., 47506 Neukirchen-Vluyn,
DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Radialverdichterdiffusor**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Radialverdichterdiffusor für eine Radialverdichterstufe (1) geschaffen, der einen Strömungskanal (7) aufweist, der radial nach außen verläuft und radial innenliegend einen bei einem ersten Radius (10) zylindrisch umlaufenden Eintrittsquerschnitt (9) sowie radial außenliegend einen zylindrisch umlaufenden Austrittsquerschnitt (11) aufweist. Im Bereich des Austrittsquerschnitts (11) ist in dem Strömungskanal (7) eine Radialdiffusoraustrittsbeschaufelung (15) vorgesehen, durch die die von herkömmlichen beschaufelten Diffusoren bekannten Nachteile vermieden werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Radialverdichterdifusor für eine Radialverdichterstufe, wobei der Radialverdichterdifusor eine Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung aufweist.

[0002] Radialverdichterstufen kommen in unterschiedlichen Bauformen von Turboverdichtern zur Anwendung. Dabei ist die Art der Strömungsführung in den Radialverdichterstufen je nach Anwendungsbereich unterschiedlich. Die Strömungsführung in Radialverdichtern weist ein Laufrad, einen Radialdiffusor, und ein Abströmgehäuse als wesentliche Elemente auf. Dies trifft insbesondere zu für die Strömungsführung von einstufigen Radialverdichtern, einzelnen Stufen von Getriebeverdichtern, oder den Endstufen vielstufiger Einwellenverdichter. Der Radialdiffusor kann sowohl als schaufelloser wie auch als beschaukelter Diffusor ausgeführt werden. Das Abströmgehäuse ist in der Regel als spiralförmiges Gehäuse ausgeführt.

[0003] Zur Erzielung bester Betriebseigenschaften muss das Spiralgehäuse so ausgelegt und gestaltet sein, dass der statische Druck über den Laufradumfang bzw. über den Umfang des Radialdiffusors hinweg konstant ist. Um dies zu erreichen, ist es erforderlich, dass der Strömungsquerschnitt der Spirale genau an die am Austritt des Radialdiffusors vorherrschenden Strömungsdaten angepasst wird. Da sich aber die Strömungsdaten bei Betrieb entlang der Verdichterkennlinie ändern, gelingt diese Anpassung oft nur sehr unvollkommen: Beispielsweise ist die Spirale nur für einen bestimmten Auslegungspunkt genau an die Strömungsdaten angepasst, wohingegen an den anderen Betriebspunkten („Off-Design-Betriebspunkte“) des Verdichters keine besondere Anpassung der Spirale vorhanden ist. Mit anderen Worten, in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebspunkt liegt eine mehr oder weniger große aerodynamischen Fehlanspassung zwischen Laufrad und Diffusor einerseits und dem Spiralgehäuse andererseits vor, was entsprechend negative Auswirkungen für das Betriebsverhalten des Radialdiffusors zur Folge hat.

[0004] Im Folgenden wird beispielhaft ein Rechengang zum Berechnen der Querschnittsbemessung eines Spiralgehäuses zur Erzielung konstanten statischen Druckes über den Laufrad- bzw. Diffusorumfang beschrieben, wie er in Eckert/Schnell, „Axial- und Radial-Kompressoren“, Springer Verlag, 1961, S. 417 ff angegeben ist. Danach wird als der entscheidende Parameter für die Querschnittsbemessung ein Spiralgrößenparameter C verwendet, der wie folgt berechnet wird:

$$C = \frac{720 \pi \cdot c_u \cdot r}{Q},$$

mit C_u : Tangentialkomponente der Strömungsgeschwindigkeit am Eintritt in die Spirale für den Spiralenauslegungspunkt, r : der Radius am Spiraleintritt, Q : der Volumenstrom am Eintritt in die Spirale für den Spiralenauslegungspunkt, π : Kreiskonstante.

[0005] Daraus folgt nach Umformung:

$$C = \frac{360}{b \cdot \tan \alpha_c}$$

bzw.

$$\alpha_c = \arctan\left(\frac{360}{b \cdot C}\right),$$

mit b : Breite des Diffusors am Spiraleintritt.

[0006] Somit gilt: Für eine Verdichterstufe mit gegebener Spirale, charakterisiert durch den Spiralgrößenparameter C , wird genau dann ein konstanter Druck über den Umfang des Laufrades bzw. des Diffusors erzielt, wenn der Strömungswinkel den Wert α_c gemäß der obigen Beziehung annimmt. Der sich am Spiraleintritt einstellende Strömungswinkel α wird durch das Laufrad und die weitere Entwicklung der Strömung im Radialdiffusor geprägt. Dieser Winkel ist keineswegs konstant, sondern ändert sich entlang der Verdichterkennlinie. Daher ist nur an dem ausgezeichneten Betriebspunkt, an dem $\alpha = \alpha_c$ gilt, eine optimale Abstimmung zwischen Laufrad, Diffusor und Spirale zu verzeichnen. Bei Betriebspunkten, die von diesem Betriebspunkt abweichen, ist aufgrund $\alpha \neq \alpha_c$ mit Einbußen zu rechnen.

[0007] Darüber hinaus unterbleibt vielfach die dezidierte Auslegung der Spirale und es werden stattdessen Laufrad und Diffusor mit einer im Rahmen einer standardisierten Baukastensystematik bereits vorhandenen Spirale kombiniert. Dies geschieht oftmals aus Kostengründen, wobei nichtoptimale Betriebseigenschaften zugunsten der Kostensituation in Kauf genommen werden. Die oben beschriebene Problematik tritt insbesondere bei schaufellosen Radialdiffusoren auf, aber auch bei beschaukelten Radialdiffusoren. Insbesondere im Falle schaufelloser Radialdiffusoren wirkt sich ein fehlangepasstes Spiralgehäuse vielfach besonders negativ auf das Betriebsverhalten der Verdichterstufe aus.

[0008] Bei einem beschaukelten Radialdiffusor können die mit fehlangepassten Spiralgehäusen verknüpften Einbußen weitgehend vermieden werden. Mit Hilfe eines beschaukelten Diffusors lassen sich Wirkungsgradvorteile gegenüber einem unbeschaukelten Diffusor erzielen, wobei dies aber nur dann erreicht wird, wenn der beschaukelte Diffusor möglichst nahe zum Laufrad hin positioniert wird. Die Eintrittsverhältnisse r_3/r_1 (r_3 bezeichnet hier den Radi-

us, an dem die Radialerstreckung der Radialverdichterbeschaukelung nach innen endet, und r_1 bezeichnet den Radius, an dem der Eintrittsquerschnitt des Strömungskanals bzw. der Laufradaustritt liegt) bei beschaukelten Diffusoren liegen aus diesem Grund in der Regel zwischen $r_3/r_1 = 1,05$ und $r_3/r_1 1,2$. Geschaukelte Diffusoren sind jedoch nicht immer erwünscht und haben unter anderem den Nachteil einer Einengung des nutzbaren Fahrbereichs und verursachen erhöhten Verdichterlärm. In einem beschaukelten Radialdiffusor können unter Umständen Schwingungsanregungen durch Laufrad-Leitrad-Interaktion auftreten, genauer gesagt ergeben sich Wechselwirkungen zwischen Diffusorschaukeln und Laufschaufeln, was zu einer Schwingungsanregung des hochbelasteten Laufrades führen kann. So ist bei einem beschaukelten Radialverdichterdiffusor aufgrund von Nachlaufdellen des Laufrades mit erheblichen Fluktuationen in der Zuströmung zu den Diffusorschaukeln zu rechnen, was durch Interaktion mit den Diffusorschaukeln unter anderem auch zu dem oben ange deuteten signifikanten Anstieg des Verdichterlärms führt. Die nachteiligen Effekte aufgrund der Laufrad-Leitrad-Interaktion sind umso ausgeprägter je kleiner das Radienverhältnis r_3/r_1 ist.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist, einen Radialverdichter zu schaffen, der verbesserte Betriebseigenschaften bei nicht optimal angepasstem Abströmgehäuse aufweist und nicht mit Nachteilen behaftet ist, die von herkömmlichen beschaukelten Diffusoren her bekannt ist.

[0010] Erfindungsgemäß wird ein Radialverdichterdiffusor für eine Radialverdichterstufe geschaffen, aufweisend einen Strömungskanal, der radial nach außen verläuft und radial innen liegend einen bei einem ersten Radius zylindrisch umlaufenden Eintrittsquerschnitt sowie radial außen liegend einen zylindrisch umlaufenden Austrittsquerschnitt aufweist und der derart gestaltet ist, dass im Betrieb des Radialverdichterdiffusors eine von einem unmittelbar stromauf des Radialverdichterdiffusors angeordneten Radialverdichterlaufrad abströmende und durch den Eintrittsquerschnitt in den Strömungskanal eintretende Gasströmung zum Abströmen durch den Austrittsquerschnitt in ein Abströmspiralgehäuse verzögert wird. Im Bereich des Austrittsquerschnitts in dem Strömungskanal ist eine Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung vorgesehen, die bewirkt, dass der von der Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung aufgeprägte Abströmwinkel der Gasströmung nahezu unbeeinflusst von dem Betriebszustand des Radialverdichterdiffusors ist und dass deren Radialerstreckung nach innen an einem dritten Radius endet, wobei das Verhältnis des dritten Radius zum ersten Radius mindestens 1,2 beträgt. Erfindungsgemäß wird außerdem eine Radialverdichterstufe geschaffen, die den erfindungsgemäßen Radialverdichterdiffusor aufweist.

[0011] Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Radialverdichterdiffusors ist, dass für den äußeren Bereich des Radialdiffusors eine Leitbeschaukelung verwendet wird, die auch bei Variation des Volumenstroms entlang der Kennlinie einen nahezu konstanten Abströmwinkel α mit dem Wert α_c bewirkt, wodurch im gesamten Bereich der Kennlinie eine optimale Zuströmung zur Spirale erreicht wird und Einbußen bei Wirkungsgrad und Verdichterarbeit vermieden werden.

[0012] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung weist die Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung des Radialverdichterdiffusors eine Mehrzahl von über den Umfang angeordneten Leitschaufeln auf, deren Vorderkanten an dem dritten Radius umlaufend angeordnet sind. Dabei weist bevorzugt die Mehrzahl von über den Umfang angeordneten Leitschaufeln Hinterkanten auf, die in einem Bereich zwischen dem dritten Radius und dem Radius des Austrittsquerschnitts umlaufend angeordnet sind.

[0013] Die erfindungsgemäße Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung weist ein höheres Eintrittsradienverhältnis r_3/r_1 auf als dies bei herkömmlichen beschaukelten Diffusoren der Fall ist, weswegen die Leitbeschaukelung in einer Zone platziert ist, in der ein vergleichsweise niedriges Geschwindigkeitsniveau herrscht (das Geschwindigkeitsniveau im Diffusor verhält sich etwa proportional zum Kehrwert der radialen Erstreckung). Dadurch sind einerseits die Inzidenzverluste am Eintritt der Beschaukelung niedrig, andererseits herrscht in der Engstelle zwischen den Stufen ein solch niedriges Geschwindigkeits- bzw. Machzahlniveau, dass auch zu hohen Volumenströmen hin die kritische Massenstromdichte nicht erreicht wird. Damit tritt bei der erfindungsgemäßen Beschaukelung keine Einschnürung des Betriebsbereiches ein, wie es bei herkömmlichen beschaukelten Diffusoren der Fall ist. Ferner sind bei dem Radienverhältnis $r_3/r_1 \geq 1,2$ die Nachlaufdellen weitgehend ausgeglichen, so dass negative Effekte, die durch Laufrad-Leitrad-Wechselwirkung verursacht werden, vermieden werden. Bevorzugt beträgt das Verhältnis des dritten Radius zum ersten Radius mindestens 1,35.

[0014] Die erfindungsgemäße Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung bewirkt, dass der aufgeprägte Abströmwinkel eine verbesserte Ausströmung zum spiralförmigen Sammelraum gewährleistet und deren radiale Erstreckung nach innen an dem dritten Radius endet, wobei das Verhältnis des dritten Radius zum ersten Radius mindestens so groß ist, dass die von herkömmlichen beschaukelten Radialdiffusoren bekannten Nachteile vermieden werden.

[0015] Im Folgenden wird eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Radialverdicht-

terdiffusors anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigt:

[0016] [Fig. 1](#) eine schematische Schnittansicht einer Radialverdichterstufe gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

[0017] [Fig. 2](#) eine Draufsicht der Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung der Radialverdichterstufe aus [Fig. 1](#).

[0018] In [Fig. 1](#) wird eine schematische Schnittansicht einer Radialverdichterstufe **1** gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt. Die Radialverdichterstufe **1** weist ein Radialverdichterlaufrad **3**, einen Radialverdichterdiffusor **6**, sowie ein Abströmspiralgelände **8** auf. Das Radialverdichterlaufrad **3** sitzt auf einer Welle **2** zum Antreiben des Radialverdichterlaufrads **3**. Im Betrieb der Radialverdichterstufe **1** tritt Gas über einen Laufradeintritt **4** des Radialverdichterlaufrads **3** in das Radialverdichterlaufrad **3** ein, durchströmt das Radialverdichterlaufrad **3** und tritt über den Laufradaustritt **5** und über einen Radialverdichterdiffusoreintritt **9** in den Radialverdichterdiffusor **6** ein.

[0019] Der Radialverdichterdiffusoreintritt **9** ist in einem bestimmten, gemäß [Fig. 1](#) als Radius **10** bezeichneten radialen Abstand zur Achse der Welle **2** angeordnet. Der Radialverdichterdiffusor **6** weist ferner einen Kanal **7** sowie einen Austritt **11** auf, der am Radius **12** angeordnet ist und eine bestimmte Breite **13** hat. An den Diffusor **6** schließt sich ein Abströmspiralgelände **8** mit einem Abströmgehäuseeintritt **14** an. Der Diffusor **6** weist ferner eine Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung **15** auf. Die Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung **15** ist nahe zum Radialdiffusoraustritt **11** hin angeordnet und erstreckt sich zwischen einem Radius **16**, d. h. dem Radius am Eintritt der Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung **15**, und dem Bereich zwischen dem dritten Radius **16** und dem Radius **12** des Austrittsquerschnitts **11**. In dem in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsbeispiel ist eine Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung **15** im äußeren Bereich des Radialverdichterdiffusors **6**, kurz vor der Eintrittszone des Abströmspiralgeländes **8** vorgesehen. Das Eintrittsradienverhältnis, hier das Verhältnis zwischen dem Radius **16** am Eintritt der Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung **15** und dem Radius **10** am Radialdiffusoreintritt **9**, liegt oberhalb des Eintrittsradienverhältnisses in herkömmlichen beschaukelten Radialdiffusoren.

[0020] In [Fig. 2](#) wird schematisch ein Teil der Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung **15** der Radialverdichterstufe aus [Fig. 1](#) gezeigt. Die Beschaukelung **15** weist eine Vielzahl von Leitschaufeln **17** auf, die sich radial zwischen dem Radius **22** und dem Radius **16** erstrecken. Dabei befinden sich jeweils die Hinterkanten **20** der Leitschaufeln **17** am Radius **22**

und die Vorderkanten **19** der Leitschaufeln **17** sind am Radius **16** angeordnet. Ferner sind die Leitschaufeln **17** gegenüber einer radialen Richtung geneigt, so dass der sich einstellende Strömungsgeschwindigkeitsvektor **21** stromabwärts der Leitschaufeln **17** bzw. der Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung **15** den Abströmwinkel α aufweist, der in [Fig. 2](#) mit **18** bezeichnet ist.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Eckert/Schnell, „Axial- und Radial-Kompressoren“, Springer Verlag, 1961, S. 417 ff [\[0004\]](#)

Patentansprüche

1. Radialverdichterdiffusor für eine Radialverdichterstufe (1), mit einem Strömungskanal (7), der radial nach außen verläuft und radial innen liegend einen bei einem ersten Radius (10) zylindrisch umlaufenden Eintrittsquerschnitt (9) sowie radial außen liegend einen zylindrisch umlaufenden Austrittsquerschnitt (11) aufweist, wobei der Strömungskanal (7) gestaltet ist, eine von einem unmittelbar stromauf des Radialverdichterdiffusors (6) angeordneten Radialverdichterlaufrad (3) abströmende und durch den Eintrittsquerschnitt (9) in den Strömungskanal (7) eintretende Gasströmung zum Abströmen durch den Austrittsquerschnitt (11) in ein Abströmspiralgehäuse (8) zu verzögern, wobei im Bereich des Austrittsquerschnitts (11) in dem Strömungskanal (7) eine Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung (15) vorgesehen ist, die bewirkt, dass der von der Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung (15) aufgeprägte Abströmwinkel (18) der Gasströmung nahezu unbeeinflusst von dem Betriebszustand des Radialverdichterlaufrads (3) ist und dass deren Radialerstreckung nach innen an einem dritten Radius (16) endet, wobei das Verhältnis des dritten Radius (16) zum ersten Radius (10) mindestens 1,2 beträgt.

2. Radialverdichterdiffusor gemäß Anspruch 1, wobei die Radialdiffusoraustrittsbeschaukelung (15) eine Mehrzahl an über den Umfang angeordneten Leitschaukeln (17) aufweist, deren Vorderkanten (19) an dem dritten Radius (16) umlaufend angeordnet sind.

3. Radialverdichterdiffusor gemäß Anspruch 2, wobei die Mehrzahl an über den Umfang angeordneten Leitschaukeln (17) Hinterkanten (20) aufweisen, die in einem Bereich zwischen dem dritten Radius (16) und dem Radius (12) des Austrittsquerschnitts (11) umlaufend angeordnet sind.

4. Radialverdichterdiffusor gemäß Anspruch 3, wobei das Verhältnis des dritten Radius (16) zum ersten Radius (10) mindestens 1,35 beträgt.

5. Radialverdichterstufe mit einem Radialverdichterdiffusor (6) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

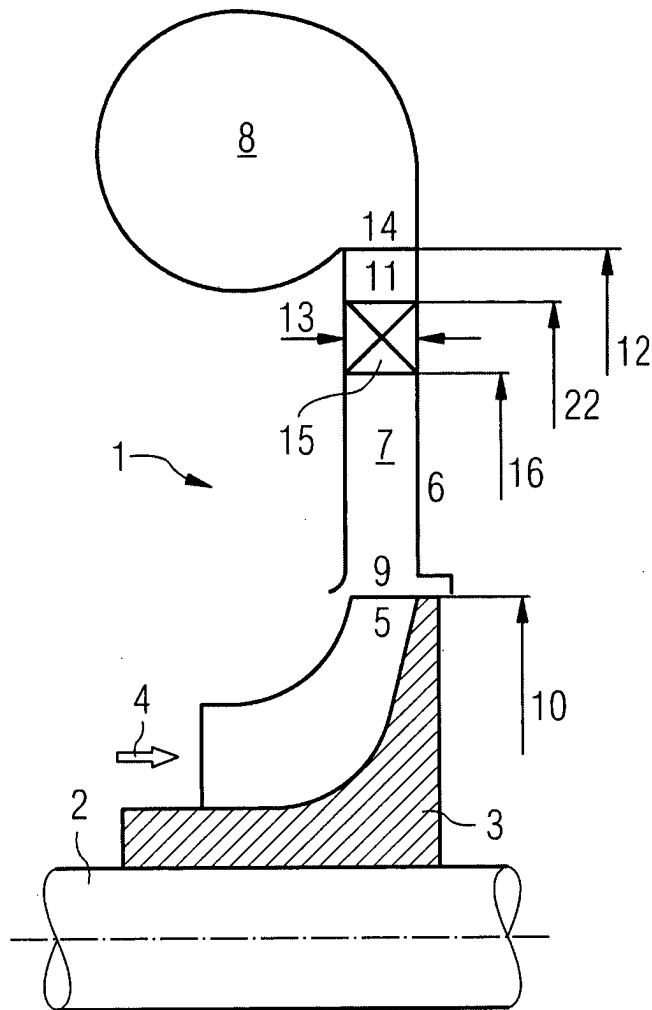


FIG 2

