



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 19 195 T2** 2009.02.12

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 418 341 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F04D 29/04** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 19 195.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 257 006.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **05.11.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.05.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **20.02.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.02.2009**

(30) Unionspriorität:

**mi20022337 05.11.2002 IT**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB, NL, SE**

(73) Patentinhaber:

**Nuovo Pignone Holding S.p.A., Florence, IT**

(72) Erfinder:

**Baldassarre, Leonardo, 50127 Florence, IT; Betti,**

**Davide, 51011 Borgo a. Buggiano (Pistoia), IT;**

**Fusi, Leonardo, 50025 Montespertoli (Florence), IT**

(74) Vertreter:

**Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen**

(54) Bezeichnung: **Axialschubausgleichseinrichtung mit verbesserten Sicherheitsmerkmalen für Kreiselverdichter**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Axialschub-Ausgleichssystem für einen Kreiselverdichter mit verbesserten Sicherheitseigenschaften.

**[0002]** Im Allgemeinen ist ein Kreiselverdichter eine Maschine, welche einem verdichtbaren Fluid einen Druck verleiht, der größer als der Einlassdruck ist, und welche die für diese Druckerhöhung erforderliche Energie auf das Fluid selbst mittels einem oder mehreren in Reihe angeordneter Impeller oder Rotoren überträgt, die radiale Schaufeln haben und mit hoher Drehzahl durch einen mit der Verdichterwelle über eine Kupplung verbundenen Motor angetrieben werden.

**[0003]** Typische Kreiselverdichter werden für eine große Vielfalt von Anwendungen eingesetzt, bei denen hohe Durchflussraten bei mittleren bis niedrigen Drücken erforderlich sind, wie z. B. in Kühlsystemen, in der petrochemischen Industrie, wie z. B. Ethylen- und katalytischen Krackanlagen, und CO<sub>2</sub>-Verdichtungseinheiten in Harnstoffanlagen, in der Energieindustrie, in Flüssigpropangas- und Sauerstoffanlagen und in Einheiten zur Druckhaltung in Gaspipelines und für die Wiederinbetriebsetzung dieser. Die installierte Leistung ist im Allgemeinen hoch.

**[0004]** In einem Kreiselverdichter wird eine Druckdifferenz in der axialen Richtung zwischen den verschiedenen Stufen erzeugt, und es ist daher erforderlich, ein System von Dichtungen zwischen dem Rotor und dem Stator jeder Stufe auf der Verdichterroterwelle einzubauen, um somit das Phänomen einer Rückströmung des komprimierten Fluids in die vorhergehenden Stufen zu minimieren, um dadurch einen geeigneten Wert des Verdichtungswirkungsgrades aufrechtzuerhalten.

**[0005]** Die Zunahme des Druckes in der stromabwärts verlaufenden Richtung bewirkt die Erzeugung radialer und axialer Kräfte in dem Rotorkörper aufgrund des Vorliegens unvermeidlicher zeitlicher Unregelmäßigkeiten des Gesamtsystems, und diese Kräfte müssen sowohl statisch wie auch dynamisch ausgeglichen werden.

**[0006]** Eine der Eigenschaften, die am häufigsten in Rotoren von Kreiselverdichtern, und von allen Rotationsmaschinen, die mit hoher Drehzahl und mit Fluiden bei hohem Druck arbeiten, erforderlich ist, ist die Dimensionsstabilität auch bei Vorliegen von Betriebschwankungen aufgrund zeitlicher Unregelmäßigkeiten der stromaufwärts oder stromabwärts vorhandenen Strömung oder der Dichte oder des Drucks des momentan verdichteten Gases.

**[0007]** Aufgrund der dem Fluid progressiv durch die verschiedenen Komponentenstufen des Verdichters

verliehenen Druckzunahmen werden erhebliche axiale Kräfte erzeugt und wirken auf die Welle der Maschine ein. Die Resultierende dieser Kräfte ist üblicherweise so groß, dass sie (unabhängig vom Typ) mit einem einfachen Axialschublager nicht ausgeglichen werden kann.

**[0008]** Um diese axialen Kräfte zu begrenzen, ist es übliche Praxis, eine Druckausgleichstrommel stromabwärts von der letzten Stufe einzubauen. Da der Bereich stromabwärts von der Trommel über die Ausgleichsleitung mit dem Maschineneinlass verbunden ist, wird die Trommel einem Differenzdruck angenähert gleich dem, der durch die gesamte Maschine erzeugt wird, unterworfen. Die auf die Trommel einwirkende entsprechende Kraft ist daher von der Ausgabe zu dem Einlass gerichtet (für den Zweck der Vereinfachung beziehen wir uns hier auf eine Maschine mit in Reihe angeordneten Stufen) und wirkt daher den auf die einzelnen Impeller einwirkenden Kräften entgegen.

**[0009]** Durch Spezifizieren eines geeigneten Trommeldurchmessers kann der nicht ausgeglichene Schub (welcher durch das Axiallager ausgeglichen werden muss) auf den gewünschten Wert reduziert werden. Normalerweise wird der Wert dieser Restkraft in einer solchen Weise festgelegt, dass die Last immer in derselben Richtung in allen Betriebsbedingungen anliegt, sodass eine Umkehrung der Last und eine daraus folgende axiale Verschiebung des Rotors unter keinen Umständen auftreten.

**[0010]** Die auf die zwei Flächen der Trommel einwirkende Druckdifferenz bewirkt auch eine Wanderung von Gas von der Seite höheren Drucks zu der Seite niedrigeren Drucks.

**[0011]** Um diese Strömung zu minimieren, ist es allgemeine Praxis, eine Dichtung, deren Form abhängig vom Typ der Anwendung variieren kann, an der Position der Trommel einzubauen.

**[0012]** Wenn dieses geschieht, liegen die Enden des Verdichters auf einem gemeinsamen Druck gleich dem Eingangsdruck der Maschine.

**[0013]** Dichtungen werden normalerweise eingebaut, um die Strömung von Gas aus den Enden des Verdichters zu der Außenumgebung zu blockieren, welche üblicherweise auf Atmosphärendruck liegt.

**[0014]** Bis in letzter Zeit waren diese Dichtungen in der großen Mehrheit der Fälle Öldichtungen.

**[0015]** Über die letzten zehn Jahre hinweg hat eine erhebliche Entwicklung von mechanischen Gasdichtungen stattgefunden, sodass derzeitige Standards die Verwendung dieser Art von Dichtung außer in bestimmten seltenen Fällen vorschreiben.

**[0016]** Es ist bekannt, dass der Dichtungswirkungsgrad mechanischer Gasdichtungen sehr hoch ist, und dass die Leckage sehr niedrig ist.

**[0017]** Die Kenntnis, dass der Dichtungswirkungsgrad einer Gasdichtung erheblich größer als der einer herkömmlichen Labyrinth- oder Wabendichtung ist, hat zu der Idee der Beseitigung des Leckagepfades geführt, der durch die Ausgleichsleitung der Ausgleichstrommel gebildet wird, und sich somit allein auf die Enddichtung zu verlassen, um die erforderliche Abdichtung bereitzustellen.

**[0018]** Diese Lösung wurde daher im Fachgebiet angenommen und der Gasdichtung am Ausgabeende eines Verdichters dementsprechend die zusätzliche Funktion des Ausgleichs des axialen Schubs gegeben.

**[0019]** Jedoch führt die Beseitigung der Ausgleichstrommel zu einer Anzahl von Schwierigkeiten.

**[0020]** Die wichtigsten Aspekte sind die die Sicherheit betreffenden; wenn eine Unterbrechung in dem Gasdichtungssystem auftritt, ist keinerlei Element mehr vorhanden, das den Axialschub ausgleicht, und dieses kann ernsthafte Konsequenzen für den Verdichter haben.

**[0021]** Patent Abstracts of Japan Vol. 13, no. 477 (M885), 27. Oktober 1989 und JP 01 187395 beschreiben einen öllosen Verdichter zur Verbesserung der Ausgleichsgenauigkeit.

**[0022]** EP 0 550 801 beschreibt einen Turboverdichter und ein Verfahren für dessen Steuerung.

**[0023]** Patent Abstracts of Japan Vol. 12, no. 137 (M690), 26. April 1988 und JP 62 258195 beschreiben eine Wellenabdichtungsvorrichtung für einen Turboverdichter.

**[0024]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher in der Überwindung der vorstehend erwähnten Schwierigkeiten, und insbesondere der einer Bereitstellung eines Axialschub-Ausgleichssystems für einen Kreiselverdichter mit verbesserten Sicherheitseigenschaften.

**[0025]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Axialschub-Ausgleichssystems für einen Kreiselverdichter mit verbesserten Sicherheitseigenschaften, welches die Flexibilität hat, die Anforderungen der verschiedenen Anwendungen des Kreiselverdichters zu erfüllen, um den Wirkungsgrad jederzeit zu optimieren.

**[0026]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Axialschub-Ausgleichssystems für einen Kreiselverdichter

mit verbesserten Sicherheitseigenschaften, welcher insbesondere zuverlässig, einfach und funktionell und relativ preiswert ist.

**[0027]** Eine letzte Aufgabe besteht in der Bereitstellung eines vollständig reversiblen Systems, mit anderen Worten, eines, welches es ermöglicht, mittels einfacher Modifikationen rasch zu der herkömmlichen Verdichterkonfiguration zurückzukehren (in welcher die Gasdichtung des Ausgabeendes nicht zum Ausgleichen des Schubs verwendet wird). In anderer Ausdrucksform dieses Konzeptes, muss diese Flexibilitätseigenschaft die leichte Anwendung der vorliegenden Lösung bei bereits in der herkömmlichen Konfiguration produzierten Maschinen ermöglichen, um deren Leistung zu verbessern.

**[0028]** Diese und weitere Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden gelöst, indem ein Axialschub-Ausgleichssystem für einen Kreiselverdichter mit verbesserten Sicherheitseigenschaften gemäß Beschreibung in Anspruch 1 hergestellt wird. Weitere Eigenschaften des Axialschub-Ausgleichssystems für einen Kreiselverdichter mit verbesserten Sicherheitseigenschaften sind in den nachfolgenden Ansprüchen beschrieben.

**[0029]** Die Eigenschaften und Vorteile eines Axialschub-Ausgleichssystems für einen Kreiselverdichter mit verbesserten Sicherheitseigenschaften gemäß der vorliegenden Erfindung werden durch die nachstehende Beschreibung deutlicher und offensichtlicher, die im Rahmen eines Beispiels und ohne einschränkende Absicht unter Bezugnahme auf die beigefügte schematische Zeichnung erfolgt, in welcher:

**[0030]** [Fig. 1](#) eine Darstellung eines Axialschub-Ausgleichssystems für einen Kreiselverdichter mit verbesserten Sicherheitseigenschaften gemäß der vorliegenden Erfindung ist.

**[0031]** [Fig. 1](#) zeigt ein Axialschub-Ausgleichssystem mit verbesserten Sicherheitseigenschaften, das insgesamt bei **10** für einen Kreiselverdichter **12** dargestellt ist. Der Kreiselverdichter **12** weist einen Rotor **14** auf, mit anderen Worten, eine rotierende Komponente mit Impellern **16**, die zueinander benachbart und mit einer Welle **18** verbunden sind, welche sich in einem Stator **20**, mit anderen Worten, einer festen Komponente, dreht.

**[0032]** Der Kreiselverdichter **12** enthält auch einen Ausgleichskolben oder eine Ausgleichstrommel **22** gemäß dem Stand der Technik.

**[0033]** Genauer gesagt ist der Ausgleichskolben **22** auf der Welle **18** des Verdichters **12**, stromabwärts von der letzten Verdichtungsstufe verkeilt. Eine Ausgleichsleitung **24** zur Sicherstellung des korrekten

Betriebs des Ausgleichskolbens **22** ist zwischen einem Einlass der ersten Verdichtungsstufe und einem Bereich stromabwärts von dem Ausgleichskolben **22** gemäß der bekannten Technik angeordnet.

**[0034]** Eine mechanische Einlassgasdichtung **26** ist um die Welle **18** herum stromaufwärts vor der ersten Verdichtungsstufe vorgesehen; eine mechanische Auslassgasdichtung **28** ist stromabwärts von dem Ausgleichskolben **22** vorgesehen.

**[0035]** Die zwei mechanischen Gasdichtungen **26** und **28** werden mit Gas über eine Zuführungsleitung **30** nachgefüllt.

**[0036]** In der Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst das Axialschub-Ausgleichssystem **10** den Ausgleichskolben **22** mit seiner Ausgleichsleitung **24** und auch die mechanischen Gasdichtungen **26** und **28** mit deren Zuführungsleitung **30**. Genauer gesagt kann die Ausgleichsleitung **24** mittels Blockierelementen **32**, wie z. B. einem Sperrventil, unterbrochen werden.

**[0037]** Der Betrieb des Axialschub-Ausgleichssystems **10** für einen Kreiselverdichter **12** gemäß der Erfindung ist aus der vorstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) gegebenen Beschreibung ersichtlich und kann wie folgt zusammengefasst werden.

**[0038]** Die Blockierungselemente **32** werden betätigt, um die Ausgleichsleitung **24** der Ausgleichstrommel **22** zu sperren. Dieses macht die mechanischen Dichtungen **26** und **28** allein für die Dichtfunktion verantwortlich.

**[0039]** Insbesondere hat die an dem Ausgabeende des Verdichters **12** befindliche mechanische Auslassdichtung **28** die zusätzliche Funktion des Ausgleichs des axialen Schubs.

**[0040]** Der Durchmesser der Gasdichtung des Ausgabeendes muss daher größer als der der Dichtung des Einlassendes gemacht werden, um den Ausgleich des sich ergebenden Axialschubs zu ermöglichen.

**[0041]** Wenn dieses erfolgt, werden wenigstens die zwei nachstehenden Vorteile erzielt:

- Die Möglichkeit, leicht zu der Ausgleichskonfiguration zurückzukehren, die durch den Ausgleichskolben **22** bereitgestellt wird, indem die Ausgleichsleitung **40** wieder in Betrieb gesetzt wird, und indem die Auslassgasdichtung **28** durch eine mit einem Durchmesser gleich dem der Einlassdichtung **26** ersetzt wird, welche sich auf dem Einlassdruck des Kreiselverdichters **12** befindet.
- Die Sicherstellung einer größeren Sicherheit, wenn ein Bruch in dem System der mechanischen Gasdichtungen **26** und **28** auftritt; dieses ist der

Fall, da das Vorhandensein der Ausgleichstrommel **22** und ihrer Dichtung (selbst wenn sie mit größerem Abstand zur Verhinderung einer Überhitzung ausgeführt ist), obwohl sie keinerlei Beitrag in normalen Betriebsbedingungen (Leckage nach außen ist praktisch 0) leistet, die Erzeugung einer Druckdifferenz zwischen den zwei Seiten der Ausgleichstrommel **22** bewirkt, wenn der primäre Ring der Gasdichtung **26** oder **28** unterbrochen wird, da die Leckage erheblich ansteigt. Somit kehrt die Ausgleichstrommel **22** zu ihrer normalen Funktion des Ausgleichs des aerodynamischen Schubs zurück, der durch die Impeller **16** erzeugt wird (selbst wenn dieser ein partieller aufgrund des vergrößerten Abstands der Dichtung ist). Es sollte angemerkt werden, dass es aufgrund der Anwesenheit der Ausgleichstrommel **22** erforderlich ist, an dem Ausgabeende eine Gasdichtung **28** mit einem deutlich größeren Durchmesser als dem zu verwenden, als er gehabt hätte, wenn die Ausgleichstrommel **22** entfernt worden wäre.

– Die Möglichkeit einer Implementation der erfindungsgemäßen Lösung selbst in bestehenden Maschinen; natürlich macht der Umstand, dass sich der Aufbau der Maschine nicht ändert, wenn von einer Konfiguration auf die andere übergegangen wird (die Gasdichtung **28** und die Ausgleichstrommel **22** sind am Ausgabeende in beiden Fällen vorhanden), möglich, diese Lösung in bestehenden Maschinen in einer solchen Weise zu implementieren, dass die thermodynamische Leistung verbessert wird.

**[0042]** Während des Startvorgangs mit dem unter Druck gesetzten Kreiselverdichter **12** bewirkt der Unterschied im Durchmesser zwischen den zwei Gasdichtungen **26** und **28** die Erzeugung eines Axialschubs gleich dem Produkt des relativen Innendruckes des Verdichters **12** und der Differenz der Fläche zwischen der Ausgabegasdichtung **28** und der der Einlassgasdichtung **26** an dem Einlassende. Natürlich wird der Startschub größer, sobald die Differenz zwischen den Durchmessern der zwei Gasdichtungen **26** und **28** zunimmt.

**[0043]** Der axiale Schub bewirkt das Auftreten eines Reibungsdrehmomentes auf dem Schublager der Welle **18** (in dem Falle von geschmierten Lagern): dieses Drehmoment nimmt mit dem axialen Schub zu.

**[0044]** Um den Start des Kreiselverdichters **12** zu ermöglichen, kann es erforderlich sein, ein Direktschmierungsschublager zu benutzen, welches als der "jack in oil"-Typ bekannt ist.

**[0045]** Ein weiterer Aspekt von erheblicher Bedeutung für den korrekten Betrieb des Axialschub-Ausgleichssystems **10** für den Kreiselverdichter **12** ge-

mäß der vorliegenden Erfindung betrifft das Versorgungssystem für die Gasdichtungen **26** und **28**.

**[0046]** Dieses beruht darauf, da wie bekannt, eine mechanische Gasdichtung für den korrekten Betrieb ein Versorgungssystem benötigt, welches die Dichtung mit sauberem frischem Gas füllt, um die zwischen den Dichtungsringen erzeugte Wärme abzuführen.

**[0047]** In der vorliegenden Anwendung arbeitet die Gasdichtung **28** deutlich mit einem Druck auf dem primären Ring der gleich dem Ausgabedruck des Verdichters **12** ist. In Anwendungen des Verdichters **12**, wie z. B. solchen, die einen hohen Druck erfordern (wie z. B. Reinjektion), bei dem der Einsatz des Axialschub-Ausgleichssystems **10** für den Kreiselverdichter **12** gemäß der Erfindung aufgrund der erheblichen Leckage der Ausgleichstrommel **22** besonders vorteilhaft ist, erfordert die Versorgung der Endgasdichtung **28** die Zuführung von Gas bei hohem Druck. Derartiges Gas steht nicht immer leicht in einer Industrieanlage zur Verfügung.

**[0048]** In einer bevorzugten Ausführungsform des Axialschub-Ausgleichssystems **10** für einen Kreiselverdichter **12** gemäß der vorliegenden Erfindung entnimmt die Versorgungsleitung **30** Gas aus dem Ausgabeende des Diffusors der letzten Verdichtungsstufe des Kreiselverdichters **12** (unmittelbar stromaufwärts vor dem Leitkranz) und leitet es über verdichtere externe Rohre **12** selbst zu einem Hochdruckfilter; sie führt es dann in das Innere des Verdichters **12** an den Positionen der Endlabyrinthdichtungen der Verdichters **12** (an den primären Ringen der Gasdichtungen **26** und **28**) zurück.

**[0049]** In der Praxis kann die Versorgungsleitung aufgrund der nachstehenden Umstände korrekt arbeiten.

**[0050]** Zuerst wird das Gas aus dem Ausgabeende des Diffusors (vor dem Eintritt in den Leitkranz) entnommen und daher ist sein Druck größer als der des Ausgabeflansches des Verdichters **12**.

**[0051]** Ferner ist der Druck an dem primären Ring der Gasdichtung **28** an dem Ausgabeende kleiner als der Ausgabedruck des letzten Impellers **16** aufgrund des an der Rückseite des letzten Impellers **16** vorhandenen Sekundäreffektes.

**[0052]** Aufgrund der Tangentialgeschwindigkeitskomponente des Gases in dem Raum zwischen dem Rotor und dem Stator an der Rückseite des letzten Impellers **16** (der Druckgradient hängt von der Dichte des Gases und dem Quadrat der tangentialen Geschwindigkeit ab) wird eine Druckdifferenz zwischen dem Ausgabeende des letzten Impellers **16** und der Ausgleichstrommel **22** erzeugt.

**[0053]** Wenn wir den Druckabfall über der Dichtung der Ausgleichstrommel **22** vernachlässigen, welche einen vergrößerten Abstand besitzt, ist die vorgenannte Druckdifferenz auch die Druckdifferenz zwischen dem primären Ring der Gasdichtung **28** und dem Ausgabeende des Impellers **16** der letzten Stufe.

**[0054]** In Hochdruckanwendungen (über 300 bar) ist diese Druckdifferenz in der Größenordnung von 5–6 bar.

**[0055]** Alle Unsicherheiten in der Berechnung von Drücken und demzufolge in der Spezifikation der Durchmesser der mechanischen Gasdichtungen **26** und **28** können nachträglich durch geeignete Unterdrucksetzung des primären Rings der Gasdichtung **28** an dem Ausgabeende oder des der Dichtung **26** an dem Einlassende kompensiert werden.

**[0056]** In Labortests wurde das Axialschub-Ausgleichssystem **10** für einen Kreiselverdichter **12** gemäß der vorliegenden Erfindung erfolgreich auf einen Kreiselverdichter **12** mit einem niedrigen Strömungskoeffizienten alten Typs angewendet, dessen Leistung nicht zufrieden stellend war. Vor der Einführung dieser Lösung betrug die Rückführung der Ausgleichsleitung **24** bis zu 35% der Flanschströmungsrate; nach der Einführung der beschriebenen Modifikation konnte die vorstehend erwähnte Leckage nahezu vollständig beseitigt werden (was Strömungsraten in der Größenordnung von 400–500 sL/Min ergab) und die erforderliche Verdichtungsleistung konnte daher auf angenähert 35% reduziert werden.

**[0057]** Es sollte angemerkt werden, dass die Leckage von Gas über die Ausgleichstrommel minimiert werden kann, indem die Ausgleichsleitung gesperrt wird. Dieses macht es letztlich möglich, den Wirkungsgrad von Kreiselverdichtern zu erhöhen.

**[0058]** Es sollte an diesem Punkt erwähnt werden, dass das Axialschub-Ausgleichssystem für einen Kreiselverdichter gemäß der vorliegenden Erfindung eine vollständig reversible Lösung bereitstellt; mit anderen Worten, es ist möglich, von einem Betrieb mit einem Ausgleichskolben zu einem Betrieb mit mechanischen Gasdichtungen zu wechseln.

**[0059]** Das Axialschub-Ausgleichssystem für einen Kreiselverdichter gemäß der vorliegenden Erfindung kann vorteilhaft für die Aufrechterhaltung und Aufrüstung bestehender Kreiselverdichter mit Ausgleichskolben des herkömmlichen Typs verwendet werden, da die Risiken in Verbindung mit einer Lösung unter Verwendung mechanischer Gasdichtungen alleine dadurch minimiert werden, dass es ermöglicht wird, zu einer herkömmlichen Lösung mit einem Ausgleichskolben zurückkehren, indem lediglich ein paar Komponenten ersetzt werden.

**[0060]** Die vorstehende Beschreibung hat die Eigenschaften des Axialschub-Ausgleichssystems für einen Kreiselverdichter mit verbesserten Sicherheitseigenschaften gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben, und hat die entsprechenden Vorteile demonstriert.

### Patentansprüche

1. Axialschub-Ausgleichssystem (10) für einen Kreiselverdichter (12) mit verbesserten Sicherheitseigenschaften, wobei der Kreiselverdichter (12) einen Rotor (14) mit zueinander benachbarten und durch eine Welle (18) verbundenen Flügelrädern (16) aufweist, wobei der Rotor (14) in einem Stator (20) rotiert, der Kreiselverdichter (12) einen Ausgleichskolben (22) enthält, eine Ausgleichsleitung (24) zwischen einem Einlass einer ersten Kompressionsstufe und einem Bereich stromabwärts von dem Ausgleichskolben (22) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass es eine mechanische Gasdichtung (26) am Einlass um die Wellen (18) herum stromaufwärts vor der ersten Kompressionsstufe und eine mechanische Gasdichtung (28) am Auslass stromabwärts nach dem Ausgleichskolben (22) aufweist, wobei die Ausgleichsleitung (24) mittels Blockierungselementen (32) verschließbar ist, und wobei ein Durchmesser der mechanischen Gasdichtung (28) am Auslass größer als ein Durchmesser der mechanischen Gasdichtung (26) am Einlass ist.

2. Ausgleichssystem (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanischen Gasdichtungen (26, 28) mit Gas aus einer Versorgungsleitung (30) nachgefüllt werden.

3. Ausgleichssystem (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Blockierungselemente (32) ein Absperrventil aufweisen.

4. Ausgleichssystem (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Gasdichtung (28) am Auslass an einem Auslassende des Kompressors (12) angeordnet ist, und die Funktion eines Ausgleichs des axialen Schubs hat.

5. Ausgleichssystem (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Direktschmierungs-Drucklager auf der Welle (18) verwendet wird, um den Start des Kreiselverdichters (12) sicherzustellen.

6. Ausgleichssystem (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auslassgasdichtung (28) mit einem Druck auf einen primären Ring gleich dem Ausgabedruck des Verdichters (12) arbeitet.

7. Ausgleichssystem (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Hochdruckanwendungen des Kreiselverdichters (12) die mechanische

Gasdichtung (28) am Auslass mit einer Zuführung von Gas mit hohem Druck nachgefüllt wird.

8. Ausgleichssystem (10) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführungsleitung (30) das Gas aus dem Auslassende eines Diffusors der letzten Verdichtungsstufe des Kreiselverdichters (12) unmittelbar stromaufwärts von einer Spirale entnimmt, und über Rohre außerhalb des Kreiselverdichters (12) zu einem Hochdruckfilter sendet.

9. Ausgleichssystem (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das aus dem Auslassende des Kreiselverdichters (12) entnommene Gas in den Kreiselverdichter (12) an den Positionen von Endlabyrinthdichtungen des Kreiselverdichters (12) an den Positionen der primären Ringe der mechanischen Gasdichtungen (26, 28) zurückgeführt wird.

10. Ausgleichssystem (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Unsicherheiten in der Berechnung der Drücke und in der Auslegung der Durchmesser der mechanischen Gasdichtungen (26, 28) durch eine geeignete Druckbeaufschlagung des primären Rings der mechanischen Gasdichtung (28) am Auslass und/oder des der mechanischen Einlassgasdichtung (26) am Einlass kompensiert werden können.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

