



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 655 357 A5

⑤① Int. Cl.⁴: F 01 D 3/04

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 6224/81

⑫② Anmeldungsdatum: 28.09.1981

⑫④ Patent erteilt: 15.04.1986

⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.04.1986

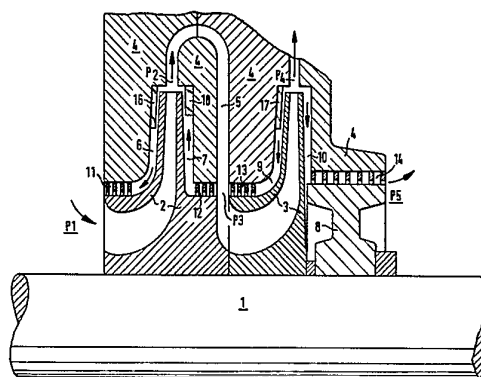
⑦③ Inhaber:
Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur

⑦② Erfinder:
Aicher, Walter, Neftenbach
Jenny, Rudolf, Dr., Wellhausen

⑤④ **Verfahren und Vorrichtung zur Verringerung des Axialschubes bei Strömungsmaschinen.**

⑤⑦ Durch die radiale Umfangsströmung störende und/oder umlenkende Einbauten (16, 17, 18) werden in einer Strömungsmaschine die Druckfelder in Spalträumen (6, 7, 9) zwischen radialen Flächen verändert, von denen die eine umläuft und die andere stillsteht.

Diese Veränderungen bewirken eine Erhöhung bzw. Erniedrigung des statischen Druckes in diesen Spalträumen (6, 7, 9) in der Weise, dass dadurch der Axialschub auf den Rotor verändert, d.h. verringert, werden kann.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Verringerung des Axialschubes von Strömungsmaschinen, wie beispielsweise Verdichtern, Pumpen und Turbinen, bei denen sich in radialer Richtung erstreckende Flächen in gasförmigen oder flüssigen Medien rotieren, und Strömungsräume unterschiedlichen Druckniveaus durch berührungsfreie Dichtungen voneinander getrennt sind, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckfeld in mindestens einem von einer stillstehenden und einer rotierenden radialen Fläche begrenzten Spaltraum (6, 7, 9; 29, 30) zwischen einer berührungsfreien Dichtung (11, 12, 13, 14; 26) und dem Strömungsmedium der Hauptströmung verändert wird.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich mindestens einer rotierenden, radial gerichteten Fläche die statorseitige Begrenzung des Spaltraumes (6, 7, 9; 29, 30) die Umfangskomponente der Spaltströmung beeinflussende Mittel (16, 17, 18; 31) aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (16, 17, 18; 31) in mehreren Spalträumen (6, 7, 9; 29, 30) vorgesehen sind, von denen die einen radial nach innen und die anderen radial nach aussen durchströmt sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (16, 17, 18; 31) unterschiedliche radiale Abstände von der Wellenachse (1) und/oder unterschiedliche radiale wie axiale Ausdehnungen haben.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2–4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (16, 17, 18; 31) radial nach aussen über den Aussendurchmesser der zugehörigen rotierenden Fläche hinaus verlängert sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (16, 17, 18; 31) aus der Umfangsströmung in den Spalträumen (6, 7, 9) beeinflussenden Schikanen bestehen, die integrale Bestandteile des Stators (4) oder an diesem befestigt sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (16, 17, 18; 31) als strömungsleitende Führungsbleche ausgebildet sind.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verringerung des Axialschubes von Strömungsmaschinen, wie beispielsweise Verdichtern, Pumpen und Turbinen, bei denen im wesentlichen in radialer Richtung sich erstreckende Flächen in gasförmigen oder flüssigen Medien rotieren und Strömungsräume unterschiedlichen Druckniveaus durch berührungsfreie Dichtungen voneinander getrennt sind.

Rotoren der vorstehend beschriebenen Art von Strömungsmaschinen – insbesondere, aber nicht ausschliesslich, Zentrifugalpumpen radialer und halbaxialer Bauart, Radialverdichter und -turbinen – bei denen einzelne Räder in gasförmigen oder flüssigen Medien umlaufen, erzeugen als Folge der sie umgebenden Druckfelder axiale Kräfte, den sogenannten Axial Schub. Ein weiterer Effekt dieser Druckfelder ist, dass sie in den Spalträumen, die von einer feststehenden und einer rotierenden radialen Fläche begrenzt sind, Radialströmungen hervorrufen.

Es sind eine Reihe von Massnahmen bekannt, den Axial Schub, dessen Grösse im wesentlichen von der Geometrie der Räder, der Höhe des Umgebungsdruckes, den Reibungskräften und der Art des Strömungsmediums abhängt, aufzufangen. Ein geringer Axial Schub wird beispielsweise bei kleinen Drehzahlen ohne besondere Entlastungsmassnahmen vom Axiallager aufgenommen. Bei mehrstufigen

Maschinen besteht die Möglichkeit eines teilweisen Axialschubausgleichs in der gegenflutigen Anordnung von Rädern bzw. Beschaukelungen. Bei Pumpen und Verdichtern besteht der allgemein übliche Weg für den Abbau des Axialschubes jedoch darin, einen Druckausgleichskolben auf der Welle anzuordnen; wird dieser nach der letzten Stufe vorgesehen, so erzeugt er eine dem Axial Schub entgegengerichtete Kraft. Denn innen ist er dem Druck der letzten Stufe ausgesetzt, während auf der Gegenseite Umgebungsdruck bzw. der Ansaugdruck lastet, sofern eine Verbindung zur Ansaugleitung besteht.

Ein solcher Ausgleichskolben hat jedoch die Nachteile, dass die Leckmenge der den Ausgleichskolben umgebenden berührungsfreien Dichtung verhältnismässig gross ist – was den Wirkungsgrad besonders bei Maschinen mit schmalen Rädern verschlechtert –, dass ferner die von der Umfangsströmung in der berührungsfreien Dichtung ausgehenden Erregungskräfte die Stabilität des Rotors beeinträchtigen, und dass schliesslich das Gewicht des Rotors vergrössert wird. Man ist deshalb bestrebt, den notwendigen Ausgleich des Axialschubes mit Ausgleichskolben-Durchmessern so klein wie möglich zu erreichen. In Verfolgung dieses Ziels besteht die Aufgabe der Erfindung daher darin, mit einfachen Mitteln den Axial Schub zu verringern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass das Druckfeld in mindestens einem von einer stillstehenden und einer rotierenden radialen Fläche begrenzten Spaltraum zwischen einer berührungsfreien Dichtung und dem Strömungsraum der Hauptströmung verändert wird; eine Vorrichtung zur Durchführung dieser Veränderung ist dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich mindestens einer rotierenden, radial gerichteten Fläche die statorseitige Begrenzung des Spaltraumes die Umfangskomponente der Strömung beeinflussende Mittel aufweist.

Vorteilhafterweise können die Mittel dabei – insbesondere bei mehrstufigen Maschinen – in mehr als einem Spaltraum vorgesehen sein, wobei die Spaltraumströmungen sowohl von aussen nach innen als auch umgekehrt von innen nach aussen gerichtet sein können. Weiterhin ist es zur Anpassung des Axialschubes an einen vorgegebenen Wert zweckmässig, wenn die Mittel unterschiedliche radiale Abstände von der Wellenachse und/oder unterschiedliche radiale wie axiale Ausdehnungen haben, oder wenn zusätzlich die Mittel radial nach aussen über den Aussendurchmesser der zugehörigen rotierenden Flächen hinaus verlängert sind.

Im einfachsten Fall können die Mittel für die Beeinflussung der Spaltströmung in radialen Rippen oder Schikanen bestehen, die integrale Bestandteile des Stators oder an diesem befestigt sind. Darüberhinaus ist es jedoch vorteilhaft, wenn die Mittel als strömungsleitende Führungsbleche, Schaufeln oder Flügeln ausgebildet sind, wie nachstehend noch erläutert wird.

Die Wirkung der erfindungsgemässen Massnahmen, die sich experimentell eindeutig nachweisen lässt, ist, stark vereinfacht, folgendermassen zu verdeutlichen: Die Änderungen des Druckfeldes ergeben sich als Folge der durch die Vorrichtung erzwungenen Änderung der Umfangskomponente der im wesentlichen in den Spalträumen zwischen einer feststehenden und einer bewegten radialen Fläche auftretenden Spaltströmungen, die nach innen oder nach aussen gerichtet sein können. Auf der Vorderseite eines Laufrades, d.h. in dem dem Laufradeintritt zugewandten Spaltraum bewirkt die Umfangskomponente der dort herrschenden radial von aussen nach innen gerichteten Spaltströmung eine Absenkung des statischen Druckes. Die Umlenkung der Umfangskomponente einer umgekehrt von innen nach aussen gerichteten Spaltströmung auf einer Laufradrückseite ruft, wie noch erläutert wird, im Endeffekt eine Reduzierung des dort

herrschenden Druckes hervor, der ein Teilbetrag des zu veringernden Axialschubes ist.

Die Umfangskomponenten der Radialströmungen in den genannten Spalträumen, die eine Folge der Reibung der in radialer Richtung stömenden Teilchen an der stillstehenden und an der umlaufenden Wand sowie des von der Hauptströmung eingeschleppten Dralls sind – und damit die davon beeinflussten statischen Drücke sowie die davon hervorgerufenen Kräfte – ändern sich mit dem Abstand von der Wellenachse. Wird daher die Umfangskomponente der Radialströmung durch die erfindungsgemässen Mittel von aussen nach innen auf einer gewissen «Tiefe» des radialen Raumes unterdrückt, vermindert oder umgelenkt, so kann die von ihr hervorgerufene Druckabsenkung im Spaltraum auf der Laufradvorderseite verändert, d.h. aufgehoben oder vermindert und so der statische Druck in diesem Spaltraum, der dem Axialschub entgegenwirkt, erhöht werden.

Eine einfache Unterdrückung der Umfangskomponente wird beispielsweise durch radial verlaufende Schikanen erreicht; sie führt allerdings zu einer starken Wirbelung, deren Energie in Verlustwärme umgesetzt wird. Werden, wie erwähnt, die Schikanen jedoch durch einfache Schrägstellung und/oder durch eine strömungsgerechte Formgebung als strömungsleitende Führungsstücke, Schaufeln oder Flügel ausgebildet, so lässt sich die Energie des unterdrückten Anteils der Umfangskomponente der Radialströmung in Form eines zusätzlichen statischen Druckes zurückgewinnen, der dem Axialschub ebenfalls entgegengerichtet ist.

Die erfindungsgemässe Änderung der Druckfelder zur Lösung der geschilderten Aufgabe ist vor allem in Hohlräumen wirksam, in denen an der Vorderseite eines Laufrades eine radiale Strömung von aussen nach innen auftritt; es ist jedoch auch möglich, die angestrebte Wirkung durch mit Hilfe der gleichen Mittel bewirkte Änderungen des Druckfeldes auf der Rückseite eines oder mehrerer Laufräder – d.h. durch eine Verminderung des dort herrschenden statischen Druckes mit Hilfe einer teilweisen Umlenkung der Umfangskomponente am Radaussendurchmesser zu erreichen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch in einem vertikalen Längsschnitt einen Ausschnitt aus einem mehrstufigen Radialverdichter;

Fig. 2 ist in einem grösseren Massstab ein Detail, das in gleicher Darstellung den Bereich eines Laufrad-Austritts einer Verdichterstufe wiedergibt;

Fig. 3 stellt im Schnitt III-III von Fig. 2 eine Abwicklung über einen Teil eines Laufradumfangs dar;

Fig. 4 ist in gleicher Darstellung eine Ausführungsvariante von Fig. 3;

Fig. 5 ist der Schnitt V-V von Fig. 2, während

Fig. 6 die Anwendung der Erfindung bei einer mit einer axialen Beschaukelung versehenen Maschine, z.B. einer Dampfturbine, verdeutlicht.

Auf einer Welle 1 eines mehrstufigen Radialverdichters sind in Fig. 1 zwei Laufräder 2, 3 und ein Ausgleichskolben 8 angeordnet; die Scheiben mit radialen Flächen bildenden Laufräder 2, 3 rotieren in Hohlräumen eines nur angedeuteten Statorgehäuses 4, in dem auch die Stufen des Verdichters verbindende, umlenkende Strömungskanäle 5 für die Führung der Hauptströmung verlaufen. Zwischen den feststehenden Flächen des Stators 4 und den umlaufenden Radialflächen der Laufräder 2, 3 sind Spalträume 6 und 7 bzw. 9 und 10 vorhanden.

Zur Abdichtung von auf unterschiedlichen Druckniveaus P1–P5 liegenden Strömungs- oder Spalträumen sind zwi-

schen dem Rotor, d.h. den Laufrädern 2 und 3, und dem Ausgleichskolben 8 einerseits und dem Stator andererseits berührungsfreie Labyrinth-Dichtungen 11, 12, 13 sowie 14 vorgesehen.

5 Aufgrund des Druckgefälles P2–P1 bzw. P4–P3 zwischen Eintritts- und Austrittsseite eines Laufrades 2 bzw. 3, sowie eines Druckgefälles P3–P2 zwischen Laufrad-Eintritt einer folgenden Stufe und Laufrad-Austritt der vorhergehenden Stufe und wegen des Druckgefälles P4–P5 beidseits des Ausgleichskolbens 8 entstehen in den Spalträumen 6 und 7 bzw. 9 und 10 im wesentlichen radial verlaufende Spaltströmungen, deren Strömungsrichtung durch kleine Pfeile angedeutet ist.

Die radialen Spaltströmungen besitzen in Umfangsrichtung eine Strömungskomponente, die durch die Rotation der umlaufenden radialen Flächen und den eingeschleppten Drall verursacht ist. Die radiale Spaltströmung und insbesondere ihre Umfangskomponente bewirken in den Spalträumen 6 und 7 bzw. 9 und 10 eine Erniedrigung des dort herrschenden statischen Druckes; der Betrag dieser Druckerniedrigung ist von der Grösse der Umfangskomponente der Radialströmung abhängig. Wird daher über mindestens einen Teil der radialen Erstreckung eines Spaltraumes 6 bzw. 9 die Umfangskomponente auf der Vorderseite eines Laufrades 2 bzw. 3 vernichtet oder gerichtet umgelenkt, so steigt 15 der Druck in diesen Spalträumen 6 bzw. 9, was eine dem Axialschub entgegengerichtete, zusätzliche Kraft ergibt.

Für die Vernichtung oder Umlenkung der Umfangskomponente der radialen Spaltströmung sind im äusseren Bereich der Spalträume 6 und 9 daher Schikanen 16 und 17 vorgesehen, die im einfachsten Falle radial stehende Prallwände sind (Fig. 3). Wie Fig. 2 zeigt, können diese Schikanen 16 bzw. 17 in am Stator befestigten zusätzlichen Einbauten bestehen; es ist aber auch möglich, dass sie integrale Bestandteile des Stators 4 selbst sind. Weiterhin können sie den Laufradaustritt radial überragen und teilweise in dem im allgemeinen daran anschliessenden Diffusor 19 angeordnet sein. Selbstverständlich ist es auch möglich, diese strömungsbeeinflussenden Mittel im radialen Spaltraum 6 bzw. 9 weiter 25 innen vorzusehen oder ihre radiale Erstreckung gegenüber den dargestellten Beispielen nach innen zu verlängern.

Werden sie, wie in Fig. 4 gezeigt, durch eine Neigung in Umfangsrichtung als strömungsleitende Rippen – der in Fig. 4 gezeigte Pfeil gibt die Drehrichtung des Laufrades wieder – oder durch eine Formgebung als Leitbleche, Schaufeln oder Flügel ausgebildet, so resultiert daraus nicht nur eine teilweise Vernichtung der Umfangskomponente der Radialströmung, sondern deren Umlenkung. Diese Umlenkung bewirkt einen zusätzlichen statischen Druck, durch den die mit der Erfindung angestrebte Wirkung zusätzlich erhöht 30 wird.

Gleichartige strömungsverändernde Ausgestaltungen der Statorwände oder Einbauten 18 (Fig. 2 und 5) sind im Spaltraum 7 auf der Rückseite des Laufrades 2 vorgesehen; der in Fig. 5 gezeigte Pfeil gibt wiederum die angenommene Drehrichtung des zugehörigen Laufrades an. Die Elemente 18 bilden eine zusätzliche, die geschilderte Wirkung der Mittel 16 unterstützende Massnahme.

In ihnen wird nämlich die Umfangskomponente der im Spaltraum 7 von innen nach aussen gerichteten Spaltströmung wiederum umgelenkt; dies verursacht eine Erhöhung des statischen Druckes in dem von den Elementen 18 radial überdeckten Raum des Spaltes 7. Da der Druck am Ende des Spaltraumes 7 auf den Druckwert P2 (Fig. 1) am Laufradaustritt fixiert ist, bewirkt diese Druckerhöhung infolge der 35 Umlenkung der Umfangskomponente der Spaltströmung, dass sich im Spaltraum 7 der Druck zwischen den Elementen 18 und dem Labyrinth 12 insgesamt erniedrigt, wodurch der Axialschub verringert wird.

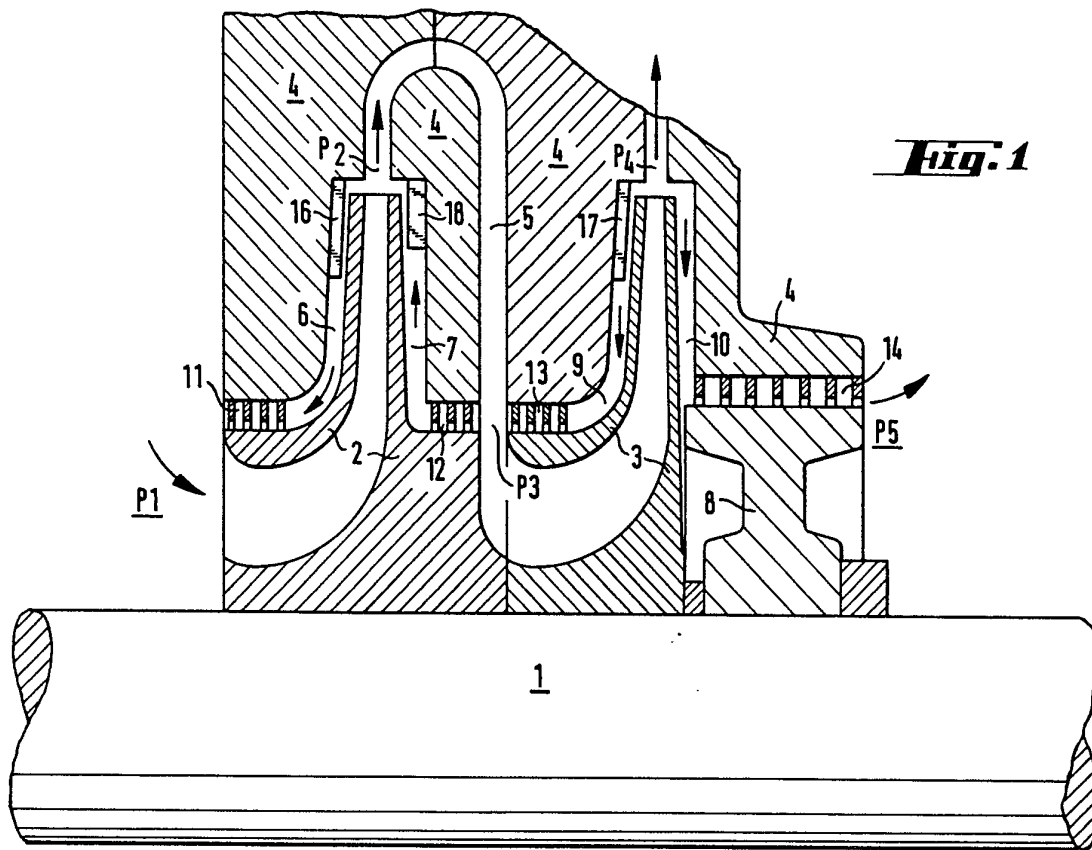
Bei der axialen Strömungsmaschine nach Fig. 6 sind schematisch zwei Stufen dargestellt; der Rotor 21 umfasst hier die Welle 1 und die Laufradscheiben 21a mit den Laufschaufeln 22, die aussen durch ein Deckband 23 abgeschlossen sind.

Zwischen den beiden Laufrädern 21a, 22 des Rotors 21 sind Leitschaufelkränze 24 vorgesehen, die nach innen bis zum Umfang der Welle 1 reichende Trennwände 25 bilden. Der Spalt zwischen der Welle 1 und den Trennwänden 25 ist durch eine berührungsfreie Labyrinthdichtung 26 abgedichtet. Die durch einen Pfeil 32 angedeutete Hauptströmung verläuft in dem vom Stator 27 aussen und den Scheiben 21a des Rotors 21 bzw. den Trennwänden 25 innen begrenzten Strömungskanal 28, der sich im gezeigten Beispiel von links nach rechts erweitert.

Ist der statische Druck vor einer Leitschaufel 24 höher als am Austritt, d.h. für Maschinen mit Reaktionsgrad < 1 , in denen die Leitschaufelgitter das Strömungsmedium beschleunigen, so tritt in Spalträumen 29 und 30 zwischen den

Scheiben 21a und den Trennwänden 25, um die Trennwände 25 herum, eine radiale Längsströmung auf, die in Fig. 6 durch kleine Pfeile angedeutet ist. Infolge des statischen Druckunterschieds P_{29} , P_{30} erfährt der Rotor 21 zusätzlich zum Schub der Schaufeln 22 einen stromabwärts gerichteten Schub in axialer Richtung, der – wie bei den vorhergehenden Beispielen – durch Verändern der Druckfelder in den Spalträumen 29 und 30 reduziert werden kann.

Die Veränderung der Druckfelder wird wiederum bewirkt durch Schikanen 31, die als die radiale Spaltströmung störende oder umlenkende Einbauten – den Laufradscheiben 21 im äusseren Bereich der radialen Flächen gegenüberliegend – an den Trennwänden 25 vorgesehen sind. Die Wirkung der Einbauten 31 ist die gleiche wie bei den vorhergehenden Beispielen; der statische Druck im Spaltraum 29 wird also durch die erfindungsgemässe Massnahmen erhöht, während derjenige im Spaltraum 30 erniedrigt wird.

**Fig. 2**