



CH 675279 A5



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 675279 A5

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: F 04 D 27/02  
F 04 D 29/68

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 2478/88

73 Inhaber:  
ASEA Brown Boveri AG, Baden

22 Anmeldungsdatum: 29.06.1988

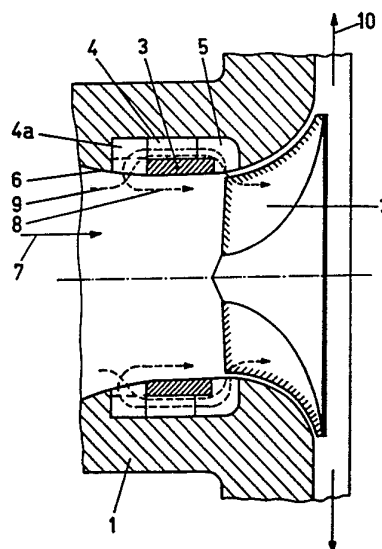
24 Patent erteilt: 14.09.1990

45 Patentschrift  
veröffentlicht: 14.09.1990

72 Erfinder:  
Rohne, Karl-Heinz, Dr., Nussbaumen b. Baden

54 Einrichtung zur Kennfelderweiterung eines Radialverdichters.

57 Bei einem Radialverdichter besteht die Einrichtung zur Kennfelderweiterung zu kleinen Durchsätzen durch Stabilisierung der Laufradströmung im Eintrittsbereich aus einer Ausnehmung (5) von der Form einer Nut, welche in Umfangsrichtung des Eintrittskanals (6) des Verdichters verläuft, während in Strömungsrichtung sie sich mit einer bestimmten axialen Breite bis zum Laufrad (2) erstreckt. In diese Ausnehmung (5) ist ein Stabilisierungsring (3) integriert, wobei er vor dem Laufrad (2) und ausserhalb der Hauptströmung (7) des Fördermediums angeordnet ist. Auf dem Aussenumfang des Stabilisierungsringes (3) sind mehrere Schaufeln (4, 4a) plaziert, die ihrerseits an der Innenkontur der Ausnehmung (5) verankert sind.



## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Kennfelderweiterung eines Radialverdichters gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1.

### Stand der Technik

Bei der Verwendung von Turboverdichtern, seien sie radial oder axial, wird im Interesse einer hohen Zuverlässigkeit bei Teillastbetrieb angestrebt, stabile, mit wachsendem Durchfluss monoton fallende Kennlinien ohne Hysterese zu erzielen. Bei Teillast sind stabile Kennlinien jedoch um so schwerer zu erreichen, je grösser das Druckverhältnis im Auslegungspunkt wird. Hier versucht die Praxis sich zu behelfen, durch zusätzliche Stabilisierungseinrichtungen die gewünschten Kennlinien herbeizuführen. Bedingt durch Unterschiede in der Auslegung der Schaufeln und in den Strukturen der Abreissgebiete bei Teillastbetrieb hat sich bis heute keine klare technische Lösung herauskristallisiert, nach welcher eine allgemeine griffige Stabilisierungsvorrichtung abgeleitet werden könnte. Zur Zeit kann somit mit naturwissenschaftlicher Genauigkeit nicht vorausgesagt werden, ob überhaupt und mit welcher Stabilisierungsvorrichtung bei einem gegebenen Verdichter eine stabile Kennlinie zu erreichen ist. Dieser unbefriedigende Zustand macht sich insbesondere bei Radialverdichtern bemerkbar.

Aus EP-A1-0 229 519 ist in einem Radialverdichter eine Stabilisierungseinrichtung bekannt geworden, welche dadurch charakterisiert ist, dass das Innengehäuse als Ummantelung des Schaufelrades radiale oder quasiradiale Bohrungen aufweist. Diese Bohrungen stellen eine Verbindung zwischen Anströmungskanal und Beschauelung her, wobei sie schaufelseitig von den Schaufeln mehr oder minder überdeckt werden. Mit solchen Bohrungen wird zwar die Pump- und Stabilitätsgrenze kennfeldlinienförmig verschoben, dies allerdings unter Inkaufnahme grosser Wirkungsgradeinbussen, die 4–5 Prozentpunkte ausmachen können. Durch die hier vorgeschlagene Lösung kann substantiell nicht jene angestrebte Kennfelderweiterung zu kleinen Durchsätzen erzielt werden, die aufgrund der bei spezifischer Betriebsart auftretenden Instabilitäten notwendig wäre. Was überdies ins Gewicht fällt, ist die Tatsache, dass diese minimale Stabilisierungswirkung durch einen unverhältnismässig grossen Wirkungsgradverlust erkauft werden muss.

### Aufgabe der Erfindung

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, bei Radialverdichtern eine Einrichtung zur Kennfelderweiterung zu kleinen Durchsätzen durch Stabilisierung der Laufströmung im Eintrittsbereich mit vorausbestimmbarer Genauigkeit bereitzustellen.

Der wesentliche Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass sich diese Einrichtung, solange der Radialverdichter den vollen Volumenstrom fördert,

neutral verhält; erst bei Eintritt unterschiedlicher Strömungsstrukturen, insbesondere bei Teillast, tritt die Einrichtung in Funktion und verhindert, dass vordergründig Ablösungserscheinung über den ganzen Teillastbereich auftreten können. Mit hin wird das gefürchtete «Pumpen» unterbunden, was stabile Kennlinien ergibt. Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass die Einrichtung eine einfache konstruktive Vorkehrung darstellt, die in jedem Radialverdichter vorgesehen werden kann, unabhängig seiner technischen Spezifikation. Vorteilhafte und zweckmässige Weiterbildungen der erfindungsgemässen Aufgabenlösung sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden werden anhand der Zeichnung Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Elemente sind fortgelassen. Die Strömungsrichtung des Mediums ist mit Pfeilen angegeben.

### Kurzbeschreibung der Figuren

Es zeigt:

Fig. 1 einen Radialverdichter mit einer Einrichtung, die die Kennfelderweiterung des Verdichters ermöglicht;

Fig. 2 einen Radialverdichter mit einer konstruktiven Erweiterung der Einrichtung und

Fig. 3 eine massliche Fixierung der Einrichtung.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt eine Teilansicht eines Radialverdichters im Bereich einer vorgesehenen Einrichtung zur Kennfelderweiterung beim Betrieb eines solchen Verdichters. Die Einrichtung bewirkt allgemein eine Stabilisierung der Laufströmung im Eintrittsbereich bei Teillastbetrieb. Der Radialverdichter besteht aus Gehäuse 1 und Laufrad 2, wobei vor dem Laufrad 2 die obengenannte Stabilisierungseinrichtung vorgesehen ist, welche ihrerseits aus einer Stabilisatoröffnung 5, einem Stabilisierungsring 3 und einer Anzahl Stabilisatorschaufeln 4 besteht. Die Stabilisatoröffnung 5 hat die Form einer Innennut und erstreckt sich in radialer Richtung, ausgehend von der Oberfläche des Eintrittskanals 6, um eine bestimmte Tiefe in das Gehäuse 1 hinein; in axialer Richtung erstreckt sie sich ungefähr ab Zuströmungskante des Laufrades 2 stromaufwärts um eine bestimmte Länge. Der Stabilisierungsring 3 ist in die Stabilisatoröffnung 5 integriert, wobei seine Innenumfangsfläche in die Fortsetzung der Oberfläche des Eintrittskanals 6 verläuft. Der Aussenumfang des Stabilisierungsringes 3 ist mit einer Anzahl Schaufeln bestückt, die in radialer Ausdehnung die verbleibende lichte Weite der Stabilisatoröffnung 5 ausfüllen und dort verankert sind. Die Wanddicke des Stabilisierungsringes 3 stellt eine Funktion der betriebsmässig benötigten Festigkeit und Stabilität dar. Aus strömungstechnischen Überlegungen darf die Wanddicke des Stabilisierungsringes 3 nicht unnötig auf Kosten der Höhe der Stabilisatorschau-

feln 4 gehen. Demnach hat man es hier mit einer beschauelten Stabilisatorvariante zu tun, welche gegenüber einer unbeschauelten Ausführung eine bessere Wirkung Richtung Beseitigung eines Hysterese- oder Instabilitätsgebietes garantiert. Zwar bewirkt auch eine unbeschauelte Ausführung des Stabilisators an sich eine Verkleinerung eines Instabilitätsgebietes, indessen eine Beseitigung desselben lässt sich damit nicht erreichen. Dies hängt weitgehend damit zusammen, dass der auf den vom Verdichter geförderten Volumenstrom bezogene zirkulierende Volumenstrom in den Teillastzuständen bei einem beschauelten Stabilisator grösser als bei einem unbeschauelten ist. Diese Unterschiede rühren von den unterschiedlichen Verlustbeiwerten der Stabilisatoren her. Grundsätzlich besteht die richtige Auslegung des Stabilisators vorweg in der richtigen Wahl des Aussendurchmessers des Stabilisierungsringes 3, der jeweils auf den Verdichter, d.h. auf den Aussendurchmesser am Laufradeintritt, so abzustimmen ist, dass einerseits im Bestpunkt nur wenig durch die Stabilisatoröffnung 5 strömt, damit der Wirkungsgrad nicht fällt, andererseits bei Teillast eine möglichst grosse Strömung 8 zirkulieren muss. Natürlich besteht nach festgelegter Wahl des Aussendurchmessers des Stabilisierungsringes 3 eine Interdependenz zwischen diesem und den Abmessungen der anderen Elemente der Einrichtung.

Hierzu verweisen wir auf die Ausführungen unter Fig. 3. Bei Überlast strömt ein Teil des Förderstromes 9 durch die Stabilisatoröffnung 5 in gleicher Strömungsrichtung wie die Hauptströmung 7, beaufschlagt mit letzterer das Laufrad 2, um dann als komprimierte Luft zum Durchgang 10 abzuströmen. In der Stabilisatoröffnung 5 erhält der Teilförderstrom 9 auch einen Gegendruck, wodurch der Wirkungsgrad die Tendenz einnimmt, zu wachsen. Wie aus Fig. 1 des weiteren ersichtlich ist, ist das hier gesagte Ausführungsbeispiel so ausgelegt, dass das Laufrad 2 in die Stabilisatoröffnung 5 hineinragt. Dies hat folgende Bewandnis: Je weiter das Laufrad 2 in die Stabilisatoröffnung 5 hineinragt, um so mehr Arbeit wird an die zirkulierende Luft übertragen, um so grösser ist der zirkulierende Volumenstrom 8 und um so grösser ist die stabilisierende Wirkung der Einrichtung. Die Breite der Stabilisatorschaukel 4 in Strömungsrichtung der re-zirkulierenden Teillast-Strömung 8 ist, wie die gestrichelte Stabilisatorschaukel 4a zeigen will, variabel und kann in dieser Ausdehnungsebene die ganze restliche Breite der Stabilisatoröffnung 5 einnehmen. Eine möglichst breite Stabilisatorschaukel 4a hat kanalisierende Wirkung auf die Teilströme 8, 9 und hilft, die Stabilität der Einrichtung bei Teil- und Überlast zu erhöhen.

Fig. 2 zeigt ebenfalls einen Radialverdichter nach Fig. 1 mit einer Weiterbildung von Stabilisierungsring 3 und Stabilisatorschaukel 4a zum Zwecke, eine Strömungsverbesserung in der Stabilisatoröffnung 5 bei Teillast zu erzielen. Der Stabilisierungsring 3a ist profiliert ausgebildet, während die Stabilisatorschaukel 4a, welche in Strömungsrichtung der Teillastströmung 8 maximale axiale Ausdehnung aufweist, durch eine Einstromungshilfe 4b

weitergebildet ist. Diese Massnahmen ermöglichen eine wenn auch kleine Verbesserung der Kennlinien bei Teillast. Fig. 2 zeigt des weiteren ein Beispiel der unter Fig. 1 postulierten Vergrösserung der stabilisierenden Wirkung der Einrichtung durch Erstreckung des Laufrades 2a in Gegenstromrichtung bis weit in die Stabilisatoröffnung 5 hinein. Wie die Fig. 2 erkennen lässt, ist es konstruktiv ohne weiteres machbar, das Laufrad 2a bis zum Stabilisierungsring 3a in die Stabilisatoröffnung 5 hineinragen zu lassen.

Für die nachfolgenden Ausführungen wird Fig. 3 zugrundegelegt. Wie in der Beschreibung unter Fig. 1 ausgeführt wurde, besteht die richtige Auslegung des Stabilisators vorweg in der richtigen Wahl des Aussendurchmessers  $d$  des Stabilisierungsringes 3. Es ist offensichtlich, dass dieser Durchmesser  $d$  in einem bestimmten Verhältnis zum Aussendurchmesser der Laufradeintrittsöffnung  $Y$  stehen muss, will man die anvisierten Vorteile aus dem Betrieb eines Radialverdichters mit einer Einrichtung zur Stabilisierung der Laufradströmung im Eintrittsbereich, insbesondere bei Teillast sicherstellen. Eine richtige Wahl des Aussendurchmessers des Stabilisierungsringes  $d$  besteht darin, diesen im Intervall 1,02–1,05 zum Aussendurchmesser der Laufradeintrittsöffnung  $Y$  zu begrenzen. Die Grössen der anderen Elemente der Einrichtung leiten sich von dieser Ausgangswahl ab, wobei nachfolgend die Dimensionen dieser Elemente der Übersichtlichkeit wegen als Verhältniszahl zum jeweiligen Aussendurchmesser der Laufradeintrittsöffnung  $Y$  ausgedrückt werden.

Zusammengefasst ergeben sich folgende Relationen:

- Das Überlappungsmass  $S2$  des Laufrades 2 gegenüber der Stabilisatoröffnung 5 steht im Verhältnis 0–0,06 zum Aussendurchmesser der Laufradeintrittsöffnung  $Y$ .
- Die Restöffnung  $S3$  zwischen Anfangskante der Stabilisatoröffnung 5 und Anfangskante des Stabilisierungsringes 3 in Strömungsrichtung zum Laufrad 2 steht im Verhältnis 0,06–0,12 zum Aussendurchmesser der Laufradeintrittsöffnung  $Y$ .
- Die Breite  $B1$  der Stabilisatorschaukel 4a, gerechnet von der Eintrittskante der Stabilisatoröffnung (5) in Strömungsrichtung, steht im Verhältnis 0,08–0,22 zum Aussendurchmesser der Laufradeintrittsöffnung  $Y$ .
- Der Aussendurchmesser  $D$  der Stabilisatoröffnung 5 steht im Verhältnis 1,08–1,21 zum Aussendurchmesser der Laufradeintrittsöffnung  $Y$ .
- Die aktive Breite  $B2$  der Stabilisatoröffnung 5, die aus der Gesamtbreite der Stabilisatoröffnung 5 abzüglich Überlappungsmass  $S2$  resultiert, steht im Verhältnis 0,12–0,26 zum Aussendurchmesser der Laufradeintrittsöffnung  $Y$ .
- Die effektive Breite  $B3$  des Stabilisierungsringes 3 steht im Verhältnis 0,06–0,16 zum Aussendurchmesser der Laufradeintrittsöffnung  $Y$ .
- Die Spaltöffnung  $S1$  zwischen Endkante des Stabilisierungsringes 3 und Eintrittskante des Laufrades 2 steht im Verhältnis 0–0,04 zum Aussendurchmesser der Laufradeintrittsöffnung  $Y$ .
- Der Aussendurchmesser  $d$  des Stabilisierungsringes

ges 3 schliesslich steht – wie bereits ausgeführt – im Verhältnis 1,02–1,05 zum Aussendurchmesser der Laufradeintrittsöffnung Y.

Die äusserst engen Intervalle dieser Verhältnisse zeigen deutlich auf, dass die Auslegung einer neuen, optimierten Einrichtung zur Kennfelderweiterung bei Teillasten in einem Radialverdichter ohne vorgängige Laborversuche fixiert werden kann.

#### Patentansprüche

1. Einrichtung zur Kennfelderweiterung eines Radialverdichters zu kleinen Durchsätzen im Eintrittsbereich des Laufrades des Verdichters, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung aus einer Ausnehmung (5) besteht, welche in Umfangsrichtung des Eintrittskanals (6) des Radialverdichters verläuft und welche sich stromaufwärts von der Eintrittsöffnung des Laufrades (2) aus erstreckt, wobei in diese Ausnehmung (5) ein Stabilisierungsring (3) integriert ist, der vor dem Laufrad (2) und ausserhalb der Hauptströmung (7) des Fördermediums angeordnet ist und wobei der Stabilisierungsring (3) auf dem Aussenumfang eine Anzahl Schaufeln (4, 4a) trägt, die ihrerseits an der Innenkontur der Ausnehmung (5) verankert sind.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Laufrad (2) die in Strömungsrichtung entfernteste Kante der Ausnehmung (5) überlappt, wobei dieses Überlappungsmass (S2) im Verhältnis 0–0,06 zum Aussendurchmesser der Eintrittsöffnung (Y) des Laufrades (2) steht.

3. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Spaltöffnung (S1) zwischen Endkante des Stabilisierungsringes (3) in Strömungsrichtung und Eintrittskante des Laufrades (2) im Verhältnis 0–0,04 zum Aussendurchmesser der Eintrittsöffnung (Y) des Laufrades (2) steht.

4. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Aussendurchmesser (d) des Stabilisierungsringes (3) im Verhältnis 1,02–1,05 zum Aussendurchmesser der Eintrittsöffnung (Y) des Laufrades (2) steht.

5. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (B3) des Stabilisierungsringes (3) im Verhältnis 0,06–0,16 zum Aussendurchmesser der Eintrittsöffnung (Y) des Laufrades (2) steht.

6. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnung (B2) der Ausnehmung (5), die sich von der Eintrittskante derselben in Strömungsrichtung bis zum Laufrad (2) erstreckt, im Verhältnis 0,12–0,26 zum Aussendurchmesser der Eintrittsöffnung (Y) des Laufrades (2) steht.

7. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (B1) der Stabilisatorschaufel (4, 4a), gerechnet von der Eintrittskante der Ausnehmung (5) in Strömungsrichtung, im Verhältnis 0,08–0,22 zum Aussendurchmesser der Eintrittsöffnung (Y) des Laufrades (2) steht.

8. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Aussendurchmes-

ser (D) der Ausnehmung (5) im Verhältnis 1,08–1,21 zum Aussendurchmesser der Eintrittsöffnung (Y) des Laufrades (2) steht.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG.1

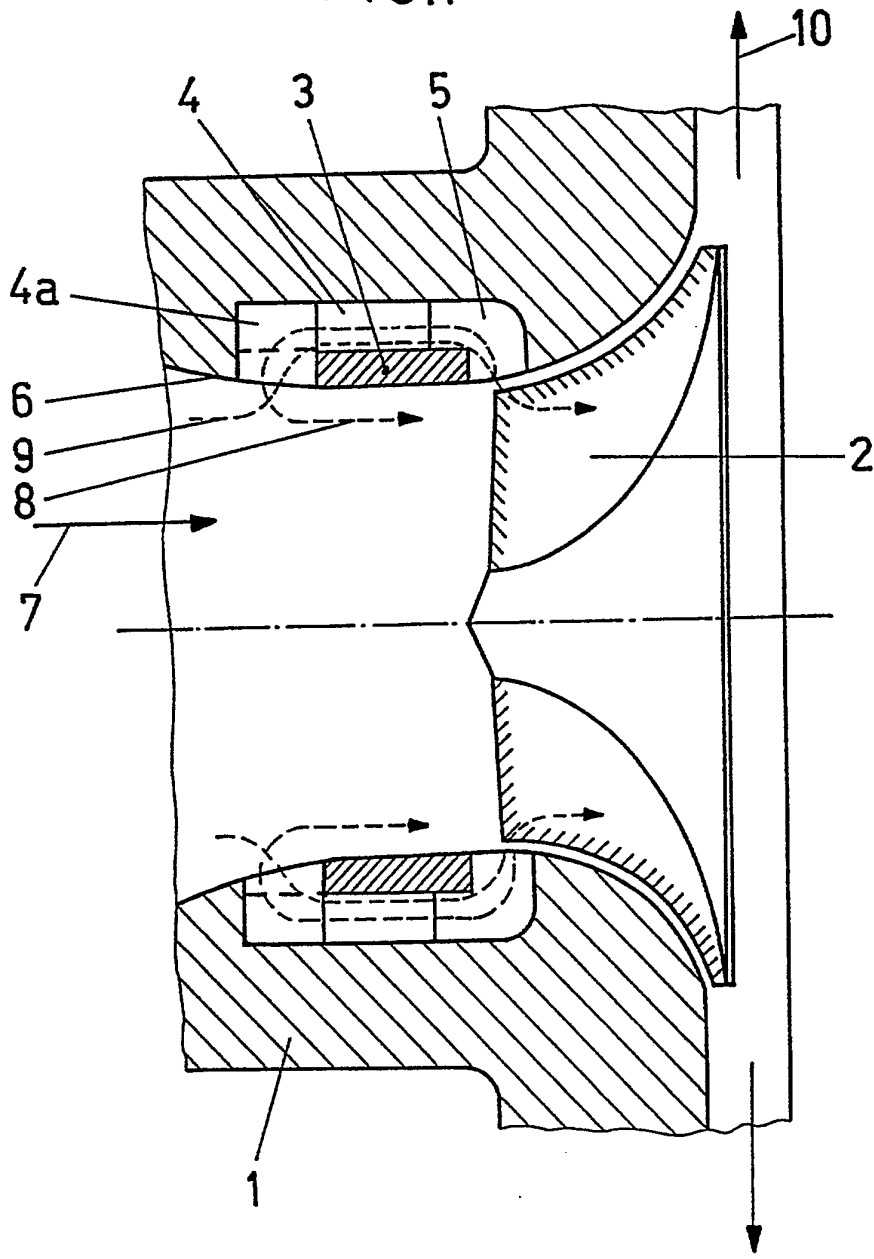




FIG.3

