



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 512 912 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**09.03.2005 Patentblatt 2005/10**

(51) Int Cl.7: **F23R 3/28**

(21) Anmeldenummer: **04020460.4**

(22) Anmeldetag: **27.08.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL HR LT LV MK**

(72) Erfinder:  
• **Dörr, Thomas, Dr.**  
**12167 Berlin (DE)**  
• **Rackwitz, Leif**  
**12524 Berlin (DE)**

(30) Priorität: **04.09.2003 DE 10340826**

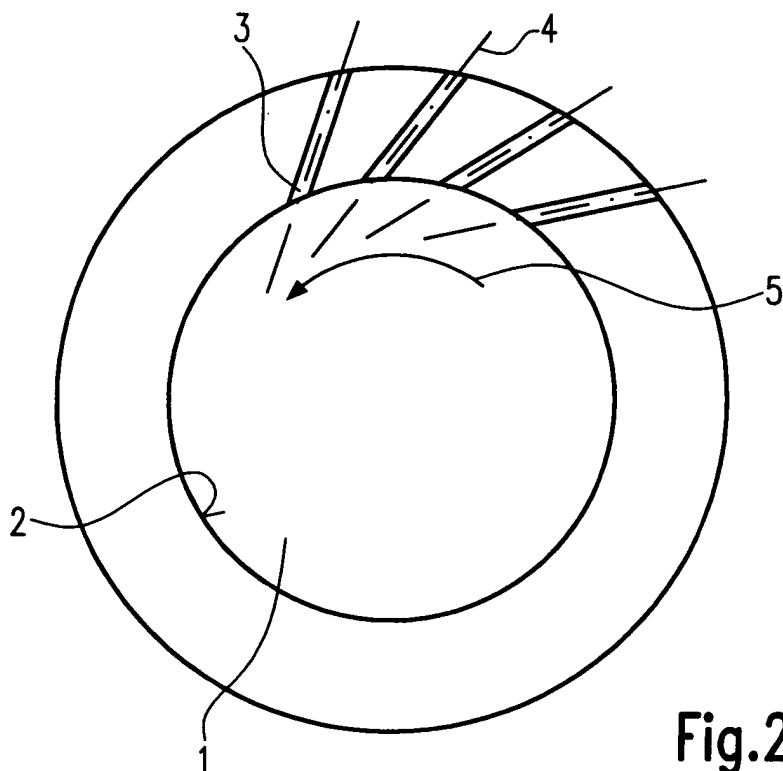
(74) Vertreter: **Hoefer & Partner**  
**Patentanwälte**  
**Gabriel-Max-Strasse 29**  
**81545 München (DE)**

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**  
**15827 Dahlewitz (DE)**

### (54) **Homogene Gemischbildung durch verdrehte Einspritzung des Kraftstoffs**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung für eine Gasturbine, mit einem Strömungskanal 1 für eine Luftströmung, an dessen Strömungswänden 2 zumindest eine Kraftstofföffnung 3

zum Einbringen von Kraftstoff in die Luftströmung ausgebildet ist, wobei die Mittelachsen 4 der Kraftstofföffnungen 3 zumindest in Umfangsrichtung geneigt angeordnet sind.



**Fig.2**

**EP 1 512 912 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung für eine Gasturbine gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Hauptanspruchs.

**[0002]** Im Einzelnen bezieht sich die Erfindung auf eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung für eine Gasturbine mit einem Strömungskanal für die Luftströmung, an dessen Strömungswänden mehrere Kraftstofföffnungen zum Einspritzen von Kraftstoff in die Luftströmung ausgebildet sind.

**[0003]** Die Gemischaufbereitung von Kraftstoff und Luft in Gasturbinenbrennkammern erfolgt auf sehr unterschiedliche Weise und lässt sich grundsätzlich bezüglich ihrer Anwendung auf stationäre Gasturbinen oder Fluggasturbinen und somit hinsichtlich der unterschiedlichen Anforderungen unterscheiden. Zur Reduzierung des Schadstoffausstoßes vornehmlich der Stickoxidemissionen muss jedoch generell der Kraftstoff mit möglichst viel Luft vorgemischt werden, um einen mageren durch Luftüberschuss gekennzeichneten Verbrennungszustand einzustellen. Diese Mischung ist problematisch, da sie die Verbrennung stabilisierende Mechanismen beeinträchtigen kann.

**[0004]** Die Stabilisierung der Verbrennung erfolgt fast ausschließlich mit Luftdrall, der eine Rezirkulation von teilverbrannten Gasen ermöglicht. Der Kraftstoff wird oft zentral durch eine Düse eingebracht, die auf der Mittelachse des Zerstäubers angebracht ist. Der Kraftstoff wird hierbei oftmals mit erheblichem Überdruck in die Luftströmung eingespritzt, um genügend Durchdringung zu erzielen und möglichst viel Luft mit Kraftstoff vormischen zu können. Diese Druckzerstäuber haben zum einen die Funktion, Kraftstoff direkt zu zerstäuben. Bei manchen Bauformen einer Einspritzdüse soll jedoch der Kraftstoff möglichst vollständig auf eine Zerstäuberlippe aufgesprüht werden. Der Kraftstoff wird durch die Luft auf einer Zerstäuberlippe beschleunigt und am stromabwärtigen Ende dieser Lippe in kleine Tropfen zerrissen und mit der Luft gemischt.

**[0005]** Eine andere Möglichkeit, den Kraftstoff auf diese Zerstäuberlippe aufzubringen, besteht mit einem so genannten Filmleger, wobei Kraftstoff möglichst gleichförmig in einem Film verteilt wird.

**[0006]** Eine weitere Möglichkeit, den Kraftstoff möglichst intensiv mit einem großen Teil der Luft zu mischen, besteht in einer dezentralen Einspritzung von der äußeren Berandung des Strömungskanals, welcher den Großteil der Luft führt. Dies kann von einer Zerstäuberlippe oder aber auch von der äußeren Düsenkontur aus erfolgen. Diese Einspritzung ist dadurch gekennzeichnet, dass anders als bei einem Filmleger der Kraftstoff eine definierte Eindringung in die Hauptluftströmung erfahren soll.

**[0007]** Sowohl die Kraftstoffeinspritzung mit zentraler Düse bzw. Druckzerstäuber, als auch eine Ausbringung als Film auf einem Filmleger sind derart zu optimieren, dass möglichst die gesamte den Zerstäuber durchströ-

mende Luft homogen mit Kraftstoff vor der Verbrennung durchmischt wird. Kennzeichnend für die schadstoffarme, speziell stickoxidarme, Verbrennung ist eine mager, mit Luftüberschuss vorgemischte Kraftstoffaufbereitung. Die Konsequenz sind Kraftstoffdüsen, die große Strömungsquerschnitte besitzen, um den hohen Luftanteil mit Kraftstoff vormischen zu können. Aufgrund der Baugröße dieser Kraftstoffdüsen und des begrenzten Vermögens der Kraftstoffstrahlen und -sprays, bei einer zentralen Einspritzung die immer größer werdenden Luftkanäle zu durchdringen und damit eine homogene Verteilung des Kraftstoff-Luft-Gemisches zu erreichen, sind neuartige Konzepte der Kraftstoffeinspritzung und -vormischung erforderlich.

**[0008]** Die homogene Verteilung und Einbringung des Kraftstoffes in große Luftströmungskanäle erfordert eine dezentrale Einspritzung aus möglichst vielen Kraftstofföffnungen, die an den Strömungswänden der Luftströmung angeordnet werden müssen. Eine hohe Anzahl hat zur Konsequenz, dass diese Öffnungen sehr klein sind, was zu Verblockungen bzw. Verstopfungen durch Kraftstoffverunreinigungen führen kann. Da diese Brenner bei höheren Lasten des Triebwerks oft zugeschaltet werden, kann eine Verblockung auch durch Zersetzungsprodukte des Kraftstoffes hervorgerufen werden, wenn nach zuvor erfolgtem Mitteloder Hochlastbetrieb der Brennerbetrieb durch diese Kraftstofföffnungen abgeschaltet wird und der in der Kraftstoffdüse verbleibende Kraftstoff sich erhitzt und zersetzt. Die Kraftstoffdüsen sind oft durch eine in radialer Richtung sehr ungleichmäßige Geschwindigkeits- und Massenstromverteilung gekennzeichnet. Aufgrund des Dralles der Luft, welcher zur Stabilisierung der nachfolgenden Verbrennung benötigt wird, sind die lokalen Luftmassenströme im Bereich der radial äußeren Begrenzungswand am größten. Wird der Kraftstoff aus wenigen Öffnungen in die Strömung eingebracht, wird zum einen die Homogenität des Kraftstoffes in der Luft in Umfangsrichtung beeinträchtigt, zum anderen aber kann der Kraftstoff sehr tief in die Strömung eindringen und somit unbeabsichtigt in Regionen mischen und verdampfen, in denen nicht ausreichend Luft zur Verfügung steht. Dies kann vor allem bei einer dezentralen Einspritzung, wie oben beschrieben, auftreten.

**[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, welche bei einfachem Aufbau und betriebssicherer Anwendbarkeit die Nachteile des Standes der Technik vermeidet und eine optimierte Vermischung von Kraftstoff und Luft sicherstellt.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmalskombination des Hauptanspruchs gelöst, die Unteransprüche zeigen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

**[0011]** Erfindungsgemäß ist somit vorgesehen, dass die Mittelachsen der Kraftstofföffnungen zumindest in Umfangsrichtung geneigt angeordnet sind.

**[0012]** Die Erfindung beseitigt zum einen die Nachtei-

le, die bei einer geringen Anzahl an Kraftstofföffnungen auftreten. Diese Nachteile des Standes der Technik sind die in Umfangsrichtung der Kraftstoffdüse ungleichmäßige Kraftstoffverteilung und eine zu große Eindringtiefe des Kraftstoffs in die Hauptströmung. Zum anderen wird nicht die hohe Anzahl an Kraftstofföffnungen notwendig, die somit sehr klein sind und zu einem Verstopfen neigen. Dies entspricht einer technisch realisierbaren Kraftstoffzufuhr mit wenigen Kraftstofföffnungen bei gleichzeitig guter Homogenität des Luft-Kraftstoff-Mischungsprozesses.

**[0013]** Die Erfindung sieht somit vor, durch wenige in Umfangsrichtung angestellte Öffnungen Kraftstoff von der äußeren Berandung in die Luftströmung einzubringen. Durch den Drall des Kraftstoffs, der im Gleich- und im Gegendrallprinzip zur verdrehten Luftströmung eingebracht werden kann, wird gewährleistet, dass durch relativ große Öffnungen der Kraftstoff mit einer durch den Drall definierten Eindringtiefe in die Regionen der Luft vordringen und eine möglichst homogene Mischung hervorrufen kann. Sowohl die Anzahl der Kraftstofföffnungen wird reduziert, als auch die Eindringtiefe wird kontrolliert, da die Regionen hoher Luftgeschwindigkeit und somit hoher lokaler Luftmassenströme im wandnahen Bereich der äußeren Wand des verdrehten Luftstromes auftreten.

**[0014]** Die Mittelachsen der Kraftstofföffnungen können auch zusätzlich axial geneigt sein.

**[0015]** Der Vorteil der Erfindung ist eine praxisrelevante Lösung der Problematik, Kraftstoff mit Luft homogen vorzumischen und hierbei mit möglichst wenigen, relativ großen Kraftstofföffnungen eine definierte und nicht zu große Eindringtiefe des Kraftstoffs in die Luftströmung zu erzielen. Gesamtziel ist die Reduzierung des Stickoxidausstoßes der Gasturbinenbrennkammer mit einer robusten und technisch umsetzbaren Kraftstoffeinspritzkonfiguration.

**[0016]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Teil-Ansicht inklusive einer vergrößerten Darstellung einer erfindungsgemäßen Kraftstoffdüse mit dezentraler Einspritzung,

Fig. 2 eine Teil-Schnittansicht durch die in Fig. 1 gezeigte Anordnung, wobei die Schnitttrichtung eine konusförmige Gestalt längs der jeweiligen Mittelachsen der Kraftstofföffnungen hat, und

Fig. 3 eine Schnittansicht, analog Fig. 2, eines abgewandelten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

**[0017]** In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Kraftstoffdüse dargestellt, welche einen Strömungskanal 1 um-

fasst, dem eine im Einzelnen nicht gezeigte Luftströmung über einen Swirler, der der Luftströmung einen Drall auferlegt, zugeführt wird. Ein zentrischer Konus dient zur Ausrichtung der Luftströmung und könnte zusätzlich zumindest eine weitere Einspritzdüse für Kraftstoff haben. Über zumindest eine Kraftstoffleitung 9 wird Kraftstoff einem Kraftstoff-Ringkanal 8 durchgeführt. Eine Strömungswandung 2 (siehe vergrößerte Darstellung der Fig. 1) weist mehrere Kraftstofföffnungen 3 auf, deren Mittelachse 4 jeweils gegen die Luftströmung in dem Strömungskanal 1 angestellt ist, so wie sich dies aus Fig. 1 ergibt.

**[0018]** Die Fig. 2 und 3 zeigen erfindungsgemäße Varianten der Anordnung der Mittelachsen 4 der Kraftstofföffnungen 3. Diese sind in Umfangsrichtung geneigt angeordnet, so dass sie tangential zu einem nicht weiter dargestellten zentrischen Kreis verlaufen. Die Fig. 2 zeigt eine Anordnung, bei welcher die Kraftstoffeinspritzung im Gleichdrall zu einer Drallrichtung 5 der Luftströmung erfolgt, während die Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel zeigt, bei welchem die Mittelachsen 4 der Kraftstofföffnungen im Gegendrall zur Drallrichtung 5 der Luftströmung angeordnet sind.

**[0019]** Die Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsbeispiele beschränkt, vielmehr ist der Neigungswinkel der Mittelachsen 4 der Kraftstofföffnungen 3 im Rahmen der Erfindung variierbar. Gleiches gilt für die Anzahl und die Durchmesser der Kraftstofföffnungen 3 sowie der zugehörigen Kraftstoffkanäle. Im Rahmen der Erfindung ist es auch möglich, in axialer Staffelung mehrere erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzanordnungen vorzusehen, die auch zueinander in Gegenrichtung der Einspritzung kombiniert sein können. Weiterhin ist die Erfindung mit unterschiedlichsten weiteren Ausgestaltungen von Kraftstoffeinspritzungen kombinierbar.

## Bezugszeichenliste

**[0020]**

- 1 Strömungskanal
- 2 Strömungswand
- 3 Kraftstofföffnung
- 4 Mittelachse der Kraftstofföffnung 3
- 5 Drallrichtung der Luftströmung
- 6 Drallkörper
- 7 Konus
- 8 Kraftstoff-Ringkammer
- 9 Kraftstoff-Leitung

## Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzvorrichtung für eine Gasturbine, mit einem Strömungskanal (1) für eine Luftströmung, an dessen Strömungswänden (2) zumindest eine Kraftstofföffnung (3) zum Einbringen von Kraft-

stoff in die Luftströmung ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittelachsen (4) der Kraftstofföffnungen (3) zumindest in Umfangsrichtung geneigt angeordnet sind.

5

2. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittelachsen (4) der Kraftstofföffnungen (5) axial geneigt sind.

3. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittelachsen (4) der Kraftstoffeinspritzöffnungen (3) in Richtung eines Dralls (5) der Luftströmung angeordnet sind.

10  
15

4. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittelachsen (4) der Kraftstofföffnungen gegen die Richtung eines Dralls (5) der Luftströmung (3) angeordnet sind.

20

25

30

35

40

45

50

55

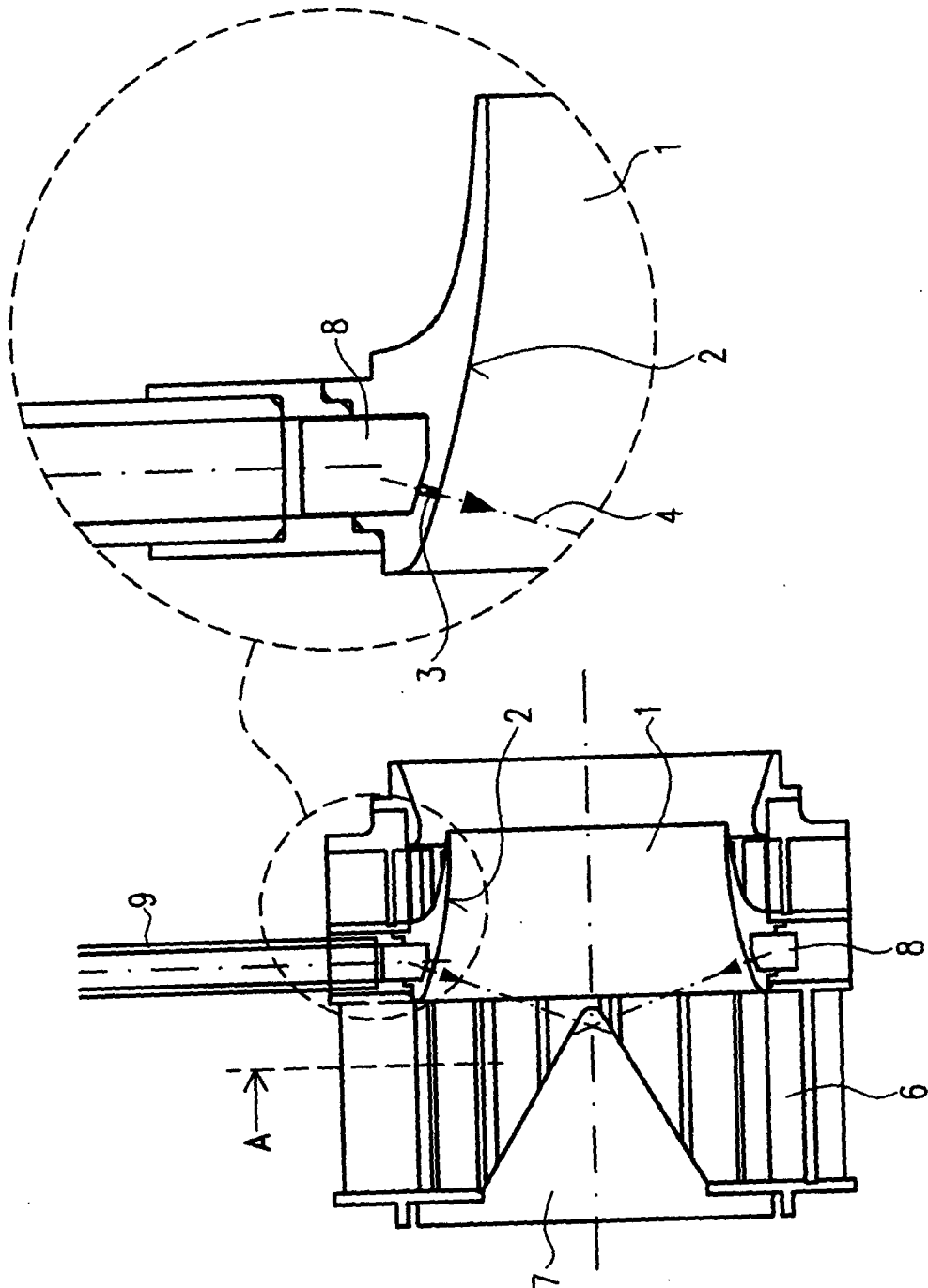


Fig. 1

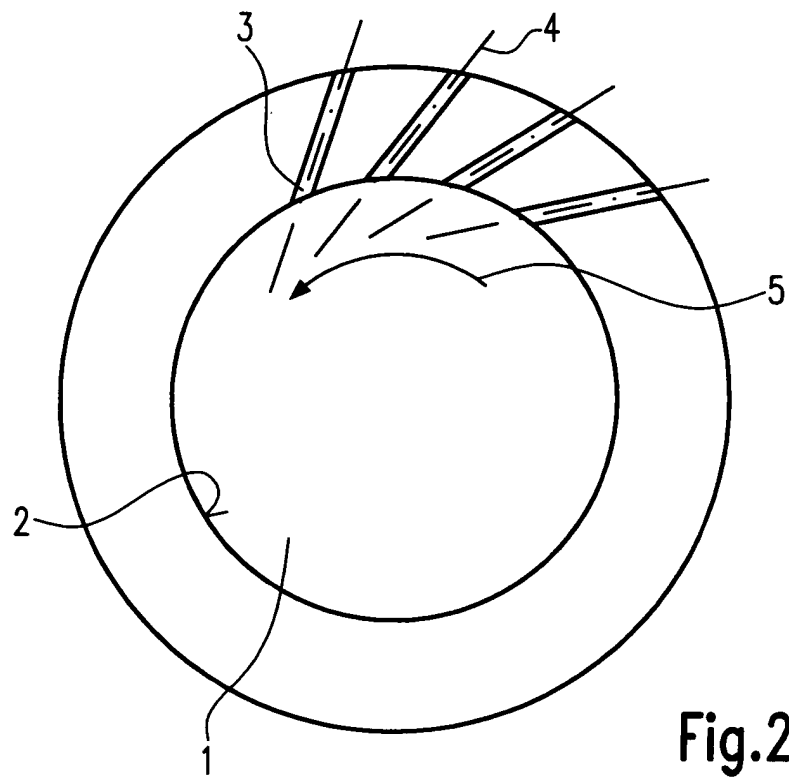


Fig.2

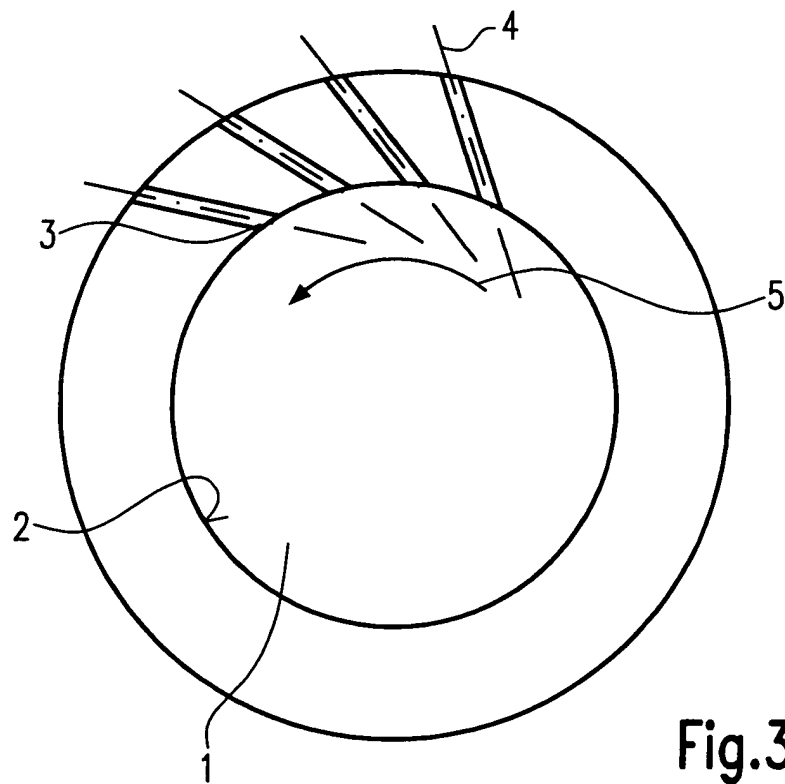


Fig.3