

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



⑪ Veröffentlichungsnummer: **0 619 134 A1**

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑬ Anmeldenummer: **94103386.2**

⑭ Int. Cl.<sup>5</sup>: **B01F 5/06**

⑮ Anmeldetag: **07.03.94**

⑯ Priorität: **08.04.93 CH 1084/93**

⑰ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**12.10.94 Patentblatt 94/41**

⑱ Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB**

⑲ Anmelder: **ABB Management AG**  
**Haselstrasse 16**  
**CH-5401 Baden (CH)**

⑳ Erfinder: **Chyou, Yau-Pin, Dr.**  
**5F No. 84, Chung-Po South Road**  
**Hsin-Yi District, Taipei 110 (TW)**  
Erfinder: **Eroglu, Adnan**  
**Irisweg 7**  
**CH-5217 Untersiggenthal (CH)**

⑳ **Mischkammer.**

⑳ Bei einer Mischvorrichtung zum Mischen von zwei oder mehreren Stoffen strömen die zu mischenden Stoffe längs einer stromaufwärts der Mischzone (d) angeordneten Trennplatte (22), an welcher strömungsbeeinflussende Mittel angebracht sind. Die Mittel sind Wirbel-Generatoren (9), von denen über der Breite oder dem Umfang der Trennplatte (22) quer zur Strömungsrichtung mehrere nebeneinander angeordnet sind. Ein Wirbel-Generator (9) weist drei frei umströmte Flächen auf, die sich in Strömungsrichtung erstrecken und von denen eine die Dachfläche (10) und die beiden andern die Seitenflächen (11, 13) bilden. Die Seitenflächen schließen miteinander den Pfeilwinkel ( $\alpha$ ) ein. Die Dachfläche verläuft unter einem Anstellwinkel ( $\Theta$ ) zur Wand (21).

Mit den Wirbel-Generatoren können gross-skalige Längswirbel erzeugt werden, die ein schnelles, kontrolliertes Mischen der strömenden Stoffe innerhalb kürzester Strecke ermöglichen.

**EP 0 619 134 A1**

## Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Mischvorrichtung zum Mischen von zwei oder mehreren Stoffen, welche den gleichen oder ungleichen Massenstrom aufweisen können, wobei die zu mischenden Stoffe längs einer stromaufwärts der Mischzone angeordneten Trennplatte strömen, an welcher strömungsbeeinflussende Mittel angebracht sind.

## Stand der Technik

In vielen Sektoren wie beispielsweise in der Chemie, der Nahrungsmittel- oder Pharmaproduktion usw. wird verlangt, Stoffe auf kürzestem Weg innig zu vermischen. Die Qualität des ganzen Prozesses hängt meistens von der erzielten Mischqualität ab. Dabei sollte der Druckabfall anlässlich des Mischvorgangs in "vernünftigem" Rahmen bleiben, um die Prozesskosten durch niedrige Pumparbeit klein zu halten.

Anlässlich der Mischung zwei freier Scherschichten von Strömungen unterschiedlicher Geschwindigkeit, Dichte oder Konzentration am Ende einer Trennplatte werden bei Abwesenheit von zusätzlichen Mischelementen zweidimensionale (spanwise) Wirbel erzeugt, die für Mischzwecke zu langsam sind, weil die Wachsrate einer freien Scherschicht ungenügend ist.

## Darstellung der Erfindung

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Die Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Mischvorrichtung der eingangs genannten zu schaffen, mit der gross-kalige Längswirbel erzeugt werden können, die ein schnelles, kontrolliertes Mischen der strömenden Stoffe innert kürzester Strecke ermöglichen.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht,

- dass die Mittel Wirbel-Generatoren sind, von denen über der Breite oder dem Umfang der Trennplatte quer zur Strömungsrichtung mehrere nebeneinander angeordnet sind,
- dass ein Wirbel-Generator drei frei umströmte Flächen aufweist, die sich in Strömungsrichtung erstrecken und von denen eine die Dachfläche und die beiden andern die Seitenflächen bilden,
- dass die Seitenflächen mit einer gleichen Wand bündig sind und miteinander den Pfeilwinkel  $\alpha$  einschliessen,
- dass die Dachfläche mit einer quer zur umströmten Wand verlaufenden Kante an der gleichen Wand anliegt wie die Seitenwände,
- und dass die längsgerichteten Kanten der Dachfläche, die bündig sind mit den in den Strömungskanal hineinragenden längsgerich-

teten Kanten der Seitenflächen unter einem Anstellwinkel  $\theta$  zur Wand verlaufen

Mit dem neuen statischen Mischer, den die 3-dimensionalen Wirbel-Generatoren darstellen, ist es möglich, in der Mischzone ausserordentlich kurze Mischstrecken bei gleichzeitig geringem Druckverlust zu erzielen, ohne die Gesamtkonfiguration der Anlage ändern zu müssen.

Der Vorteil eines solchen Wirbel-Generators ist in seiner besonderen Einfachheit in jeder Hinsicht zu sehen. Fertigungstechnisch ist das aus drei umströmten Wänden bestehende Element völlig problemlos. Die Dachfläche kann mit den beiden Seitenflächen auf verschiedenste Arten zusammengefügt werden. Auch die Fixierung des Elementes an ebenen oder gekrümmten Kanalwänden kann im Falle von schweissbaren Materialien durch einfache Schweißnähte erfolgen. Vom strömungstechnischen Standpunkt her weist das Element beim Umströmen einen sehr geringen Druckverlust auf und es erzeugt Wirbel ohne Totwassergebiet. Schliesslich kann das Element durch seinen in der Regel hohlen Innenraum auf die verschiedensten Arten und mit diversen Mitteln gekühlt werden.

Es ist sinnvoll, wenn die beiden den Pfeilwinkel  $\alpha$  einschliessenden Seitenflächen symmetrisch um eine Symmetriechse angeordnet sind. Damit werden drallgleiche Wirbel erzeugt.

## Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt. Es zeigen:

- 35 Fig. 1 eine perspektivische Darstellung eines Wirbel-Generators;
- Fig. 2 eine Anordnungsvariante des Wirbel-Generators;
- Fig. 3 einen teilweisen Schnitt durch ein doppelkanalig durchströmtes Behältnis mit eingebauten Wirbel-Generatoren;
- Fig. 4 einen teilweisen Längsschnitt durch das Behältnis nach Linie 4-4 in Fig. 3.

## Weg zur Ausführung der Erfindung

In den Figuren 1 und 2 besteht ein Wirbel-Generator im wesentlichen aus drei frei umströmten dreieckigen Flächen. Es sind dies eine Dachfläche 10 und zwei Seitenflächen 11 und 13. In ihrer Längserstreckung verlaufen diese Flächen unter bestimmten Winkeln in Strömungsrichtung.

In den gezeigten Beispielen stehen die beiden Seitenflächen 11 und 13 jeweils senkrecht auf der zugehörigen Wand 21 einer Trennplatte 22, wobei angemerkt wird, dass dies nicht zwingend ist. Die Seitenwände, welche aus rechtwinkligen Dreiecken bestehen, sind mit ihren Längsseiten auf dieser

Wand 21 fixiert, vorzugsweise gasdicht. Sie sind so orientiert, dass sie an ihren Schmalseiten einen Stoss bilden unter Einschluss eines Pfeilwinkels  $\alpha$ . Der Stoss ist als scharfe Verbindungskante 16 ausgeführt und steht ebenfalls senkrecht zu jener Wand 21, mit welcher die Seitenflächen bündig sind. In einem Kanal eingebaut, wird wegen der scharfen Verbindungskante der Durchströmquer schnitt kaum durch Sperrung beeinträchtigt. Die beiden den Pfeilwinkel  $\alpha$  einschliessenden Seitenflächen 11, 13 sind symmetrisch in Form, Grösse und Orientierung und sind beidseitig einer Symmetriearchse 17 angeordnet. Diese Symmetriearchse 17 ist gleichgerichtet wie die Kanalachse.

Die Dachfläche 10 liegt mit einer quer zur umströmten Trennplatte verlaufenden und sehr flach ausgebildeten Kante 15 an der gleichen Wand 21 an wie die Seitenwände 11, 13. Ihre längsgerichteten Kanten 12, 14 sind bündig mit den in den Strömungskanal hineinragenden längsgerichteten Kanten der Seitenflächen. Die Dachfläche verläuft unter einem Anstellwinkel  $\theta$  zur Wand 21. Ihre Längskanten 12, 14 bilden zusammen mit der Verbindungskante 16 eine Spitze 18.

Selbstverständlich kann der Wirbel-Generator auch mit einer Bodenfläche versehen sein, mit welcher er auf geeignete Art an der Wand 21 befestigt ist. Eine derartige Bodenfläche steht indes in keinem Zusammenhang mit der Wirkungsweise des Elementes.

In Fig. 1 bildet die Verbindungskante 16 der beiden Seitenflächen 11, 13 die stromabwärtige Kante des Wirbel-Generators 9. Die quer zur umströmten Trennplatte 22 verlaufende Kante 15 der Dachfläche 10 ist somit die von der Kanalströmung zuerst beaufschlagte Kante.

Die Wirkungsweise des Wirbel-Generators ist folgende: Beim Umströmen der Kanten 12 und 14 wird die Strömung in ein Paar gegenläufiger Wirbel umgewandelt. Die Wirbelachsen liegen in der Achse der Strömung. Die Geometrie der Wirbel-Generatoren ist so gewählt, dass bei der Wirblerzeugung keine Rückströmzonen entstehen.

Die Drallzahl des Wirbels wird bestimmt durch entsprechende Wahl des Anstellwinkels  $\theta$  und/oder des Pfeilwinkels  $\alpha$ . Mit steigenden Winkeln wird die Wirbelstärke bzw. die Drallzahl erhöht und der Ort des Wirbelaufplatzens (vortex break down) - sofern dies überhaupt gewünscht ist - wandert stromaufwärts bis hin in den Bereich des Wirbel-Generators selbst. Je nach Anwendung sind diese beiden Winkel  $\theta$  und  $\alpha$  durch konstruktive Gegebenheiten und durch den Prozess selbst vorgegeben. Angepasst werden muss dann nur noch die Höhe  $h$  der Verbindungskante 16 (Fig. 4).

Im Gegensatz zu Fig. 1 ist in Fig. 2 die scharfe Verbindungskante 16 jene Stelle, die von der Kanalströmung zuerst beaufschlagt wird. Das Element

ist um  $180^\circ$  gedreht. Wie aus der Darstellung erkennbar, haben die beiden gegenläufigen Wirbel ihren Drehsinn geändert. Sie rotieren oberhalb der Dachfläche entlang und streben der Wand zu, auf welcher der Wirbel-Generator montiert ist.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Form der umströmten Trennplatte 22 für die Wirkungsweise der Erfindung nicht wesentlich ist. Statt der in Fig. 3 gezeigten Ringform der Trennplatte 22 könnte es sich auch um eine gerade oder hexagonale oder eine sonstige Querschnittsform handeln. Im Beispielsfall der Fig. 3 ist die Trennplatte 22 gekrümmmt. Die obige Aussage, dass die Seitenflächen senkrecht auf der Wand stehen, muss in einem solchen Fall selbstverständlich relativiert werden. Massgebend ist, dass die auf der Symmetrielinie 17 liegende Verbindungskante 16 senkrecht auf der entsprechenden Wand steht. Im Fall von ringförmigen Wänden würde die Verbindungs kante 16 somit radial ausgerichtet sein, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist.

Die Figur 3 zeigt teilweise ein zylindrisches Behältnis mit eingebauter Trennplatte 22. Der durchströmte Querschnitt ist durch diese Trennplatte 22 in zwei koaxiale, kreisringförmige Kanäle 20' und 20" gleicher Kanalhöhe  $H$ , unterteilt. Die äussere Wandung der Trennplatte bildet die innere Kanalwand 21'b des äusseren Kanals, während die innere Wandung der Trennplatte die äussere Kanalwand 21'a des inneren Kanals bildet. Die beiden Kanäle könnten von einem gleichen Medium mit unterschiedlichen Geschwindigkeit durchströmt sein; oder es könnte sich um strömende Stoffe unterschiedlicher Dichte oder chemischer Zusammensetzung handeln, die auf kürzestem Wege zu einer bestimmten gleichmässig verteilter Konzentration vermischt werden müssen.

An diesen beiden Kanalwänden 21'b und 21'a ist jeweils eine gleiche Anzahl von Wirbel-Generatoren 9 in Umfangsrichtung mit Zwischenräumen aneinandergereiht. Die Höhe  $h$  der Elemente 9 beträgt ca. 90% der Kanalhöhe  $H$ . Die ringförmig verlaufenden Elemente sind, wie Fig. 4 gezeigt, in der gleichen Axialebene vorgesehen. Die Strömung erfolgt in Fig. 3 senkrecht in die Zeichenebene hinein; die Elemente 9 sind so orientiert, dass die Verbindungs kanten 16 gegen die Strömung gerichtet sind. Erkennbar ist, dass der Drehsinn der erzeugten Wirbel im Bereich der Verbindungs kante absteigend ist, d.h. zu jener Wand hinstrebt, auf der der Wirbel-Generator angeordnet ist. Am Ende der Trennplatte 22 werden die auf deren beiden Seiten erzeugten Wirbelströme ineinandergezwängt, wobei es zu der gewünschten Durchmischung kommt.

Eine weitere Erhöhung der Mischqualität wird erreicht, wenn wie in Fig. 3 gezeigt, die Verbindungs kanten 16 der Wirbel-Generatoren in den bei-

den Teilkanälen um eine halbe Teilung gegeneinander versetzt sind. Werden drallgleiche Wirbel in den Teilkanälen zugrundegelegt, so ist erkennbar, dass die um eine gemeinsame Radiale rotierenden Wirbel beider Trennplattenseiten sich zu einem grossen Wirbel mit einheitlichem Drehsinn kombinieren.

Aus Fig. 4, in welcher die durchströmten Teilkanäle mit 20' und 20'' bezeichnet sind, ist erkennbar (aber nicht dargestellt), dass die Wirbel-Generatoren in beiden Teilkanälen unterschiedliche Höhen gegenüber der Kanalhöhe H aufweisen können. In der Regel wird man die Höhe h der Verbindungskante 16 so mit der Kanalhöhe H abstimmen, dass der erzeugte Wirbel unmittelbar stromabwärts des Wirbel-Generators bereits eine solche Grösse erreicht, dass die volle Kanalhöhe H oder die volle Höhe des dem Wirbel-Generators zugeordneten Kanalteils ausgefüllt wird, was zu einer gleichmässigen Verteilung in dem beaufschlagten Querschnitt führt. Ein weiteres Kriterium, welches Einfluss auf das zu wählende Verhältnis h/H nehmen kann, ist der Druckabfall, der beim Umströmen des Wirbel-Generators auftritt. Es versteht sich, dass mit grösserem Verhältnis h/H auch der Druckverlustbeiwert ansteigt.

In Fig. 4 ist ebenfalls illustriert, wie der Querschnitt der Mischzone d stromabwärts der Trennplattenhinterkante steil ansteigt. Bei dieser Konfiguration ist erkennbar, dass eine innige Mischung bereits nach einer kurzen Strecke vollzogen ist.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht nur auf die gezeigten und beschriebenen Ausführungs- und Anwendungsbeispiele beschränkt. Durch gezielte Auslegung und Dimensionierung der Wirbel-Generatoren hat man bei gegebenen Strömungen ein einfaches Mittel an der Hand, je nach Bedarf den Mischvorgang zu steuern. In Abweichung zu den in Fig. 3 und 4 gezeigten Anordnungen - bei welchen selbstverständlich auch die äussern Kanalwände 21'a und 21''b entfallen könnten - besteht die Möglichkeit, Wirbel-Generatoren nach den Fig. 1 und 2 zu kombinieren, um beispielsweise das Wachstum der Mischzone d nach einer Seite hin zu vergrössern.

#### Bezugszeichenliste

9	Wirbel-Generator	
10	Dachfläche	
11	Seitenfläche	
12	Längskante	
13	Seitenfläche	
14	Längskante	
15	quer verlaufenden Kante von 10	
16	Verbindungskante	
17	Symmetrielinie	
18	Spitze	

20', 20''	Teilkanal
21, a,b	Wand
22	Trennplatte
$\Theta$	Anstellwinkel
$\alpha$	Pfeilwinkel
h	Höhe von 16
H	Kanalhöhe
L	Länge des Wirbel-Generators
d	Mischzone

10

15

20

25

30

35

40

45

#### Patentansprüche

1. Mischvorrichtung zum Mischen von zwei oder mehreren Stoffen, welche den gleichen oder ungleichen Massenstrom aufweisen können, wobei die zu mischenden Stoffe längs einer stromaufwärts der Mischzone (d) angeordneten Trennplatte (22) strömen, an welcher strömungsbeeinflussende Mittel angebracht sind, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Mittel Wirbel-Generatoren (9) sind, von denen über der Breite oder dem Umfang der Trennplatte (22) quer zur Strömungsrichtung mehrere nebeneinander angeordnet sind,
  - dass ein Wirbel-Generator (9) drei frei umströmte Flächen aufweist, die sich in Strömungsrichtung erstrecken und von denen eine die Dachfläche (10) und die beiden andern die Seitenflächen (11, 13) bilden,
  - dass die Seitenflächen (11, 13) mit einer gleichen Wand (21) bündig sind und miteinander den Pfeilwinkel ( $\alpha$ ) einschliessen,
  - dass die Dachfläche (10) mit einer quer zur umströmten Wand (21) verlaufenden Kante (15) an der gleichen Wand anliegt wie die Seitenwände,
  - und dass die längsgerichteten Kanten (12, 14) der Dachfläche, die bündig sind mit den in den Strömungskanal hineinragenden längsgerichteten Kanten der Seitenflächen unter einem Anstellwinkel ( $\Theta$ ) zur Wand (21) verlaufen
2. Mischvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden den Pfeilwinkel ( $\alpha$ ) einschliessenden Seitenflächen (11, 13) des Wirbel-Generators (9) symmetrisch um eine Symmetrieachse (17) angeordnet sind.
3. Mischvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden den Pfeilwinkel ( $\alpha$ ) einschliessenden Seitenflächen (11, 13) eine Verbindungskante (16) miteinander umfassen, welche zusammen mit den längsgerichteten Kanten (12, 14) der Dachfläche (10) eine

- Spitze (18) bilden, und dass die Verbindungs-  
kante vorzugsweise senkrecht zu jener Wand  
(21) verläuft, mit welcher die Seitenflächen  
bündig sind. 5
4. Mischvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Verbindungskante  
(16) und/oder die längsgerichteten Kanten (12,  
14) der Dachfläche zumindest annähernd  
scharf ausgebildet sind. 10
5. Mischvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Symmetrieachse (17)  
des Wirbel-Generators (9) in Strömungsrich-  
tung verläuft, wobei die Verbindungskante (16)  
der beiden Seitenflächen (11, 13) die stromab-  
wärtsige Kante des Wirbel-Generators bildet  
und wobei die quer zur umströmten Wand  
verlaufende Kante (15) der Dachfläche (10) die  
von der Strömung zuerst beaufschlagte Kante  
ist. 15
6. Mischvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Symmetrieachse (17)  
in Strömungsrichtung verläuft, wobei die Ver-  
bindungskante (16) der beiden Seitenflächen  
(11, 13) die von der Strömung zuerst beauf-  
schlagte Kante ist, während die quer quer zur  
umströmten Wand verlaufende Kante (15) der  
Dachfläche (10) stromabwärts angeordnet ist. 20
7. Mischvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Trennplatte (22) in  
einem doppelkanaligen Behältnis angeordnet  
ist unter Bildung von zwei ringförmigen Teilk-  
anälen (20', 20''), und dass in jedem Teilkanal  
die gleiche Anzahl von Wirbel-Generatoren (9)  
im Umfangsrichtung angeordnet ist, und dass  
die Wirbel-Generatoren beidseitig an der  
Trennplatte (22) in einer gleichen Axialebene  
befestigt sind. 25
8. Mischvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch  
gekennzeichnet, dass das Verhältnis Höhe (h)  
des Wirbel-Generators zur Höhe (H) des Teilk-  
anals (20', 20'') so gewählt ist, dass der er-  
zeugte Wirbel unmittelbar stromabwärts des  
Wirbel-Generators die volle Teilkanalhöhe oder  
die volle Höhe des dem Wirbel-Generators zu-  
geordneten Kanalteils ausfüllt. 35
9. Mischvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch  
gekennzeichnet, dass die an der Trennplatte  
(22) angeordneten Wirbel-Generatoren (9) von  
zwei benachbarten Teilkanalälen um eine halbe  
Teilung gegeneinander versetzt sind. 40
- 50
- 55

FIG. 1

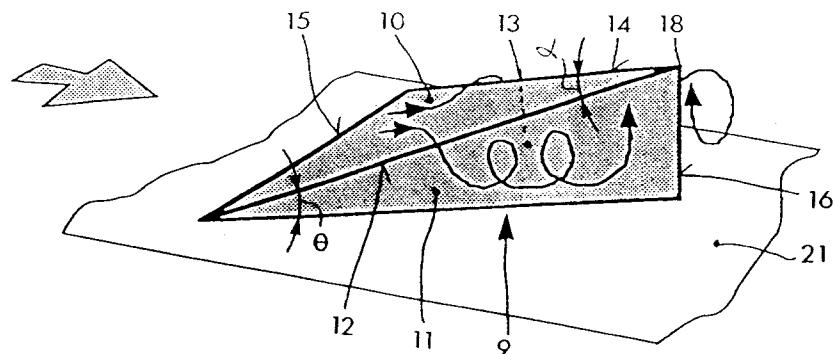


FIG. 2

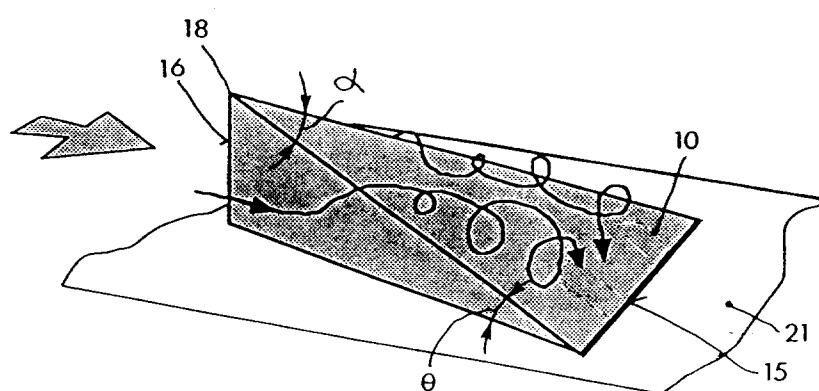


FIG. 3

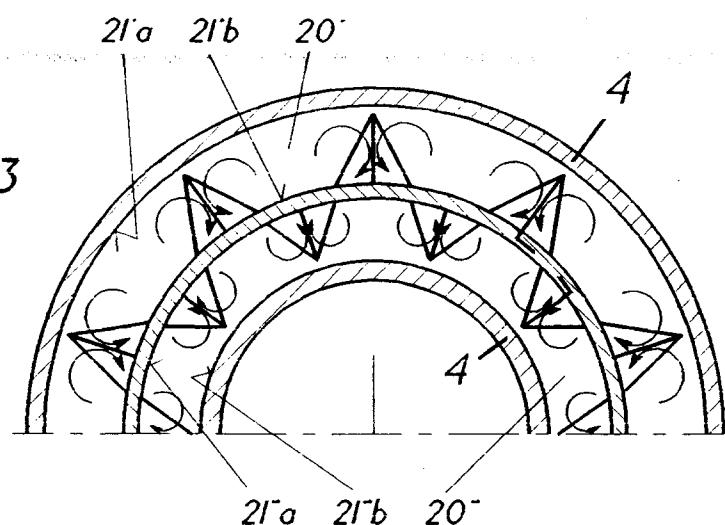
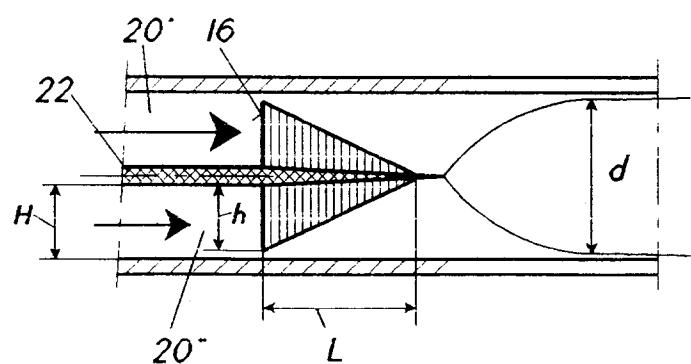


FIG. 4





Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 94 10 3386

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE									
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)						
A	FR-A-2 404 458 (MAHLER) ---	1-9	B01F5/06						
A	WO-A-92 11642 (SIEMENS) * Abbildung 5 * ---	1							
A	DE-A-35 20 772 (WEHRLEIN) ---								
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 118 (M-806)23. März 1989 & JP-A-63 294 494 (NIPPON DENSO) 1. Dezember 1988 * Zusammenfassung * ---								
A	WO-A-90 00929 (VORTAB) ---								
A	DE-U-87 00 259 (SULZER) -----								
RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl.5)									
B01F									
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">Recherchenort</th> <th style="width: 33%;">Abschlußdatum der Recherche</th> <th style="width: 34%;">Prüfer</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">DEN HAAG</td> <td style="text-align: center;">22. Juni 1994</td> <td style="text-align: center;">Peeters, S</td> </tr> </table> <p><b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b></p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet  Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie  A : technologischer Hintergrund  O : nichtschriftliche Offenbarung  P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze  E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist  D : in der Anmeldung angeführtes Dokument  L : aus andern Gründen angeführtes Dokument  .....  &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>				Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	DEN HAAG	22. Juni 1994	Peeters, S
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer							
DEN HAAG	22. Juni 1994	Peeters, S							