



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer : **92810504.8**

(51) Int. Cl.⁵ : **B01F 5/06, B01F 5/04**

(22) Anmeldetag : **01.07.92**

(30) Priorität : **30.07.91 CH 2277/91**
30.07.91 CH 2276/91

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
03.02.93 Patentblatt 93/05

(84) Benannte Vertragsstaaten :
AT CH DE FR GB IT LI NL SE

(71) Anmelder : **GEBRÜDER SULZER**
AKTIENGESELLSCHAFT
Zürcherstrasse 12
CH-8401 Winterthur (CH)

(72) Erfinder : **Streiff, Felix**
Jonas-Furrer-Strasse 42
CH-8400 Winterthur (CH)
 Erfinder : **Fleischli, Markus**
Schaffhauserstrasse 218
CH-8057 Zürich (CH)

(54) **Statisches Mischelement mit Leitflächen und Einmischvorrichtung.**

(57) Das statische Mischelement in einem Strömungskanal (7) weist mindestens zwei Leitflächen (30) an Halterungen (20) in einem Abstand von der Kanalwand auf. Die Leitflächen schliessen einen Winkel W von 10° bis 45° zur Hauptströmungsrichtung Z ein. Sie haben unterschiedliche Orientierungen und die Projektion FZ der Leitflächen in Hauptströmungsrichtung beträgt 5 % bis 50 % des Kanalquerschnitts F. Damit werden auf einfache Art sehr effizient quervermischende Kreuzströmungen erzeugt. Mit Dosierrohren (20, 21) als Halterungen entsteht eine sehr wirksame Einmischvorrichtung.

Fig.1a

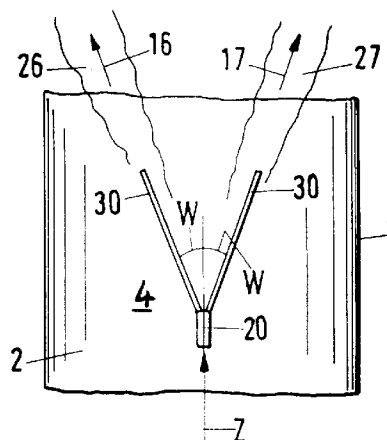
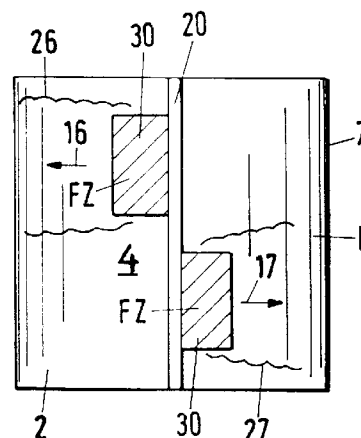


Fig.1b



Die Erfindung betrifft ein statisches Mischelement in einem Strömungskanal mit mindestens zwei Leitflächen sowie eine Einmischvorrichtung mit diesem statischen Mischelementen. Es sind einfache statische Mischelemente mit Leitflächen bekannt, welche jedoch noch eine sehr beschränkte Misch- und Homogenisierungswirkung aufweisen und dabei immer noch einen relativ hohen Druckabfall bewirken. Aufwendigere statische Mischer, z.B. bestehend aus sich kreuzenden Teilkanälen von Lamellen (Sulzer-SMV-Mischer) weisen wohl sehr gute Mischeigenschaften auf, sind aber oft noch relativ aufwendig herzustellen. Eine gute Mischwirkung ist insbesondere auch erforderlich beim Einmischen einer kleinen Menge eines Fluids in einen Hauptstrom eines anderen Fluids in einem Strömungskanal mit einem Eindüsesystem. Beim Zumischen relativ kleiner Mengen, von beispielsweise weniger als 10 %, eines Gases bzw. einer Flüssigkeit zum Strom eines anderen Gases bzw. einer anderen Flüssigkeit werden sehr lange Mischstrecken im Leerrohr benötigt, um eine homogene Vermischung zu erreichen. Herkömmliche Einmischvorrichtungen mit komplizierten einstellbaren Eindüsesystemen vermögen aber hohe Anforderungen an die Mischgüte in einem weiten Lastbereich und vor allem auch bei sehr kleinen Volumenstromverhältnissen nicht zu erreichen. Beispielsweise wird in Denox-Anlagen eine Entstickung durch Zumischung von gasförmigem Ammoniak in den Rauchgasstrom in einem sehr niedrigen Verhältnis von 1:1000 bis 1:10000 durchgeführt. Dabei muss eine sehr gute Homogenität (mit maximaler Abweichung von weniger als 5 % bezogen auf den Mittelwert) erreicht werden, damit im anschliessenden Katalysator einerseits die Reaktion von NH_3 mit NO_x überall möglichst vollständig abläuft, um niedrige Stickoxyd-Grenzwerte einhalten zu können und andererseits auch kein überschüssiges Ammoniak durchbricht. Die stöchiometrischen Mischverhältnisse müssen also über den ganzen Kanalquerschnitt gleichmässig und dauernd erfüllt sein. Diese Mischgüte muss zudem auf kurzen Strecken und mit geringem Druckabfall erreicht werden, wozu bekannte Einmischvorrichtungen noch nicht genügen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung mit möglichst einfachen Mitteln eine sehr gute Mischwirkung bei relativ geringem Druckabfall zu erreichen und gegenüber den bekannten Mischerarten Vorteile in der Summe aller Eigenschaften zu erreichen und es ist eine weitere Aufgabe mit dem statischen Mischelement eine einfache Einmischvorrichtung zu schaffen, welche bei geringem Druckabfall und auf kurzen Strecken eine hohe Mischgüte über den ganzen Kanalquerschnitt und in einem weiten Bereich von Lastfällen sicherstellt.

Diese Aufgaben werden erfindungsgemäss gelöst durch ein Mischelement nach Anspruch 1 und eine Einmischvorrichtung nach Anspruch 12. Durch

das Anbringen von Leitflächen an Halterungen in einem Abstand von der Kanalwand werden die Leitflächen möglichst verlustfrei vollständig auf Vorder- und Rückseite umströmt, womit in Richtung des Winkels W gleichzeitig eine effiziente Ablenkung und eine Verwirbelung entsteht. Durch die Anordnung von wenigen Leitflächen mit unterschiedlichen Orientierungen werden sich kreuzende Teilströme in radialer Richtung auf möglichst einfache Art und mit wenig Druckverlust erzeugt. Durch die Leitflächen wird ein relativ grosser Turbulenzkegel im Hauptstrom erzeugt und in Richtung W_1 abgelenkt. Gleichzeitig speist das Dosierrohr das Zumischfluid in Richtung seiner Achse am gleichen Ort in diesen abgelenkten Turbulenzkegel ein. Dadurch wird eine sofortige intensive Vermischung der beiden Fluide erzwungen und durch die lokale Ablenkung in die Richtungen W, der mindestens zwei entgegengesetzt orientierten Leitflächen wird ein Kreuzstrom erzeugt, welcher eine intensive Vermischung über den ganzen Querschnitt des Strömungskanals bewirkt. Insgesamt wird mit der erfindungsgemässen Vorrichtung also sowohl eine intensive Vermischung der beiden Fluide im Bereiche der Eindüsung als auch eine gute Homogenisierung über den ganzen Kanalquerschnitt mit einfachen Mitteln und geringem Druckabfall erreicht. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung. Die Projektion FZ der Leitflächen in Hauptströmungsrichtung kann nur 5 % bis 25 % des Kanalquerschnitts betragen und damit schon bei sehr geringem Aufwand und Druckabfall eine optimale Vermischung erzielen. Die Leitflächen können rechteckig, dreieckförmig, trapezförmig, rund, geknickt, gebogen, zylindrisch und auch gelocht sein, sie können gegeneinander versetzt angeordnet sein und auch im wesentlichen gleichmässig verteilt den ganzen Kanalquerschnitt überdecken. Mindestens zwei aufeinanderfolgende Mischelemente dieser Art können eine Mischeranordnung bilden, wobei die Elemente gegeneinander versetzte oder verdrehte Leitflächen aufweisen können. Nach einem Mischelement kann eine Nachmischstrecke vorgesehen sein, welche die Mischwirkung weiter erhöht.

Bei besonders wirksamen Ausführungen können die Leitflächen mindestens zehnmal so gross sein wie der Austrittsquerschnitt eines Dosierrohrs, und der Winkel W_2 zur Rohrachse kann zwischen 0° und 15° betragen. Die erfindungsgemässen Vorrichtungen eignen sich auch besonders gut zum Einmischen von Ammoniak in den Rauchgasstrom einer Entstickungsanlage.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Figuren und Ausführungsbeispielen weiter erläutert. Es zeigt:

Fig. 1a, b ein erfindungsgemässes Mischelement mit zwei Leitflächen an einer Halterung in zwei Ansichten;

Fig. 2 ein Beispiel mit mehreren Leitflächen, wel-

che den Kanalquerschnitt F regelmässig überdecken;

Fig. 3a bis d Beispiele von Leitflächenformen;

Fig. 4a, b Beispiele mit unterschiedlichen Leitflächen in runden Strömungskanälen;

Fig. 5 eine Mischeranordnung mit Leitflächen in zwei Querschnittsebenen des Strömungskanals;

Fig. 6a, b Beispiele von aus Blechstreifen gestanzten Leitflächen mit Halterungen;

Fig. 7 eine Mischeranordnung mit zwei Mischelementen und einer Nachmischstrecke;

Fig. 8a, b eine erfindungsgemässe Einmischvorrichtung mit zwei Dosierrohren als Halterungen und zwei Leitflächen in zwei Ansichten;

Fig. 9a, b ein weiteres Beispiel mit einem Dosierrohr und zwei Leitflächen;

Fig. 10 ein Beispiel mit mehreren Dosierrohren und Leitflächen;

Fig. 11a, b, c, d verschiedene Beispiele von Leitflächen an Dosierrohren;

Fig. 12 eine Einmischvorrichtung mit Dosierrohren und Leitflächen in zwei Ebenen.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemässes Mischelement 4 mit zwei an einer Halterung 20 fixierten Leitflächen 30 in einem Strömungskanal 7 in zwei Ansichten. Die rechteckförmigen Leitflächen sind gegeneinander versetzt und je um einen Winkel W von z.B. 30° gegen die Hauptströmungsrichtung Z des Fluids 2 geneigt mit entgegengesetzten Orientierungen. Die Leitflächen 30 erzeugen entsprechende, in die Richtungen 16, 17 abgelenkte, turbulente Strömungskegel 26, 27, welche sich versetzt kreuzen. Die Projektion FZ beider Leitflächen in Strömungsrichtung Z beträgt weniger als 50 % der Querschnittsfläche F des Strömungskanals (Fig. 1b). Schon mit einem Anteil FZ von z.B. 10 % bis 20 % von F können erfindungsgemäss turbulente, sich intensiv vermischende Kreuzströmungen erzeugt werden.

Fig. 2 zeigt ein analoges Beispiel mit mehreren Leitflächen 30 an zwei Halterungen 20, welche einen ganzen Kanalquerschnitt F regelmässig überdecken mit (in der Figur) abwechselnd nach oben und nach unten gerichteten Teilströmen 16, 17 der erzeugten Kreuzströmungen. Die Leitflächen 30 können nach Fig. 3a bis d verschiedene Formen aufweisen und beispielsweise trapezförmig 31 oder rund 32 ausgebildet oder auch gelocht sein 24. Die Halterung wird hier aus Rohren gebildet, welche eine relativ hohe Eigensteifigkeit aufweisen. Halterung und Leitfläche können auch aus einem Stück gebildet sein, z.B. nach Fig. 3c als geknicktes, an die Kanalwand geschweisstes Stanzteil 33, bei dem die schmale Verlängerung 23 der breiten Leitfläche 30 als Halterung dient. Eine ähnliche, gebogene Version 34 zeigt Fig. 3d. Leitflächen mit unterschiedlichen Formen, z.B. in runden Strömungskanälen zeigen die Figuren 4a mit zwei kleineren nach links gerichteten Leitflächen 35 und einer etwa doppelt so grossen mittleren nach rechts ge-

richteten Leitfläche 36. Fig. 4b zeigt eine Version mit zweimal zwei unterschiedlichen Leitflächen 37, 38.

Besonders für hohe Strömungsgeschwindigkeiten und starke Belastungen der Leitflächen kann die Halterung auch Verstärkungen und Versteifungen aufweisen. Diese können mit den Leitflächen zusammen gitterartige oder fachwerkartige Strukturen bilden wie beispielsweise mit den Verstrebungen 22 in den Figuren 4b und 5 dargestellt. Die Halterung kann auch aus Seilen bestehen, an denen die Leitflächen wie Segel in die gewünschte optimale Richtung W gesetzt sind.

Fig. 5 zeigt eine Mischeranordnung mit Leitflächen in zwei Querschnittsebenen 41, 42. Die Leitflächen der Ebene 42 sind gegen jene der ersten Ebene 41 versetzt angeordnet. Sie können auch gegeneinander verdreht sein, z.B. um 90°. Die Anordnung der Leitflächen 30, 39 in einer Ebene entspricht der Darstellung von Fig. 2, wobei hier jedoch grössere rechteckige Leitflächen eingesetzt sind mit einer totalen, in Z-Richtung projizierten Fläche FZ (einer Ebene), welche gegen 50 % der Querschnittsfläche F beträgt. Die Leitflächen von Fig. 5 können sehr einfach, kostengünstig und ohne Schnittverluste aus Blechstreifen gemäss Fig. 6a gestanz und abgekanet werden. Die Leitflächen 30 und 39 werden dabei abwechselnd nach der einen bzw. der anderen Seite abgebogen, während der Reststreifen 21 als Halterung 20 dient. Ganz analog dazu kann auch die Leitflächenanordnung von Fig. 2 durch trapezförmig gezahntes Stanzen aus einem Blechstreifen produziert werden. Dabei entstehen je zwei Reihen von Leitflächen 30, 31 mit Halterungen 20 aus einem Blechstreifen.

Fig. 7 zeigt eine Mischeranordnung mit zwei Mischelementen 3, 4, wobei mindestens auf das erste Mischelement 3 eine Nachmischstrecke N folgt, welche eine weitergehende Quervermischung durch die im Mischelement erzeugten turbulenten, sich kreuzenden Teilströme ermöglicht. Die Mischelemente 3, 4 sind hier gegeneinander um 90° verdreht angeordnet.

Die Anordnung von Fig. 8a, b zeigt eine Einmischvorrichtung mit zwei Dosierrohren 21 an einem Hauptrohr 20 als Halterungen an deren Ausgangsöffnungen 28 je eine Leitfläche 30 in einem spitzen Winkel W zur Hauptströmungsrichtung Z angebracht ist. Die Länge L der Dosierrohre 21 ist mindestens so gross wie deren Durchmesser D. Die Leitflächen 30 schliessen einen Winkel W2 von 0° bis 45° zur Rohrachse 25 ein und sind bezüglich Z entgegengesetzt orientiert. Die Leitflächen erzeugen abgelenkte turbulente Strömungskegel 26, 27 des Hauptstromfluids 2, welche sich mit den Eindüsekegeln 8 des Zumischfluids 1 kreuzen und dadurch intensiv vermischen. Die beiden Leitflächen 30 und die Dosierrohre 21 sind bezüglich Z entgegengesetzt orientiert und längs des Hauptrohrs 20 gegeneinander versetzt angeordnet. Dadurch entstehen sich kreuzende Teilströme 16, 17,

welche eine intensive Vermischung und Homogenisierung der beiden Fluide 1 und 2 und über den Hauptkanalquerschnitt hervorrufen.

Fig. 9a, b zeigt ein Beispiel mit nur einem parallel zur Hauptströmungsrichtung Z verlaufendem Dosierrohr 21, an dessen Ausgangsöffnung 28 zwei Leitflächen 30 angebracht sind. Diese Leitflächen sind wiederum entgegengesetzt orientiert und gegeneinander versetzt zur Erzeugung sich kreuzender Teilströme 16, 17.

Fig. 10 zeigt eine weitere Eindüsevorrichtung mit mehreren Dosierrohren 21 und Leitflächen 30 an zwei Hauptrohren 20 als Halterungen, welche über den ganzen Kanalquerschnitt F gleichmässig verteilt sind. Dadurch wird auch der Hauptstrom gleichmässig durch die versetzten und je entgegengesetzt gerichteten Leitflächen in sich kreuzende Teilströme aufgeteilt. Die Teilstromrichtungen 16, 17 verlaufen dabei alternierend nach oben und nach unten. Um möglichst grosse sich kreuzende Teilströme zu erzeugen, können die Leitflächen 30 relativ gross dimensioniert werden, wobei deren gesamte in Z-Richtung projizierte Fläche FZ vorzugsweise zwischen 5 % und 50 % der Querschnittsfläche F beträgt. Besonders gute Mischwirkungen bei minimalem Druckabfall werden oft mit einem Flächenverhältnis von 10 % bis 15 % erreicht.

Fig. 11a bis d zeigt verschiedene Beispiele geeigneter Formen von Leitflächen an den Dosierrohren: rechteckförmig 43, dreieckförmig 44, rund 45 oder gebogen als Rohrstück 46.

Fig. 12 zeigt eine Anordnung mit Dosierrohren 21 als Halterungen und Leitflächen 30 in zwei Ebenen 41 und 42, wobei die Dosierrohre mit Leitflächen der zweiten Ebene gegenüber jenen der ersten Ebene versetzt angeordnet sind. Die Richtung der Dosierrohre mit Leitflächen W in der zweiten Ebene kann gegenüber jener in der ersten Ebene auch verdreht sein, vorzugsweise um 90°. In einem Versuchsbeispiel konnten mit erfindungsgemässen Mischelementen in Form der Leitflächen an den Dosierrohren eine Verbesserung der Mischgüte von 4 % auf nur noch 2 % Konzentrationsschwankung erreicht werden.

Patentansprüche

1. Statisches Mischelement in einem Strömungskanal mit mindestens zwei Leitflächen, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitflächen (30) an Halterungen (20) in einem Abstand von der Kanalwand angebracht sind, dass die Leitflächen einen Winkel W zur Hauptströmungsrichtung Z von 10° bis 45° aufweisen, dass benachbarte Leitflächen mit unterschiedlichen Orientierungen im wesentlichen sich kreuzend angeordnet sind und dass die Projektion FZ der Leitflächen in Hauptströmungsrichtung 5 % bis 50 % des Kanalquerschnitts F

beträgt.

2. Mischelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Projektion FZ der Leitflächen in Hauptströmungsrichtung 5 % bis 25 % des Kanalquerschnitts F beträgt.

3. Mischelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass benachbarte Leitflächen gegeneinander versetzt angeordnet sind.

4. Mischelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitflächen rechteckförmig, dreieckförmig oder trapezförmig sind.

5. Mischelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitflächen rund, geknickt, gebogen oder zylindrisch sind.

6. Mischelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitflächen gelocht sind.

7. Mischelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitflächen im wesentlichen in einer Querschnittsfläche F des Kanals angeordnet sind.

8. Mischelement nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch mehrere Leitflächen, welche gleichmässig über den Kanalquerschnitt verteilt sind.

9. Mischeranordnung mit mindestens zwei aufeinanderfolgenden Mischelementen (4, 5) in verschiedenen Ebenen (41, 42) nach einem der vorangehenden Ansprüche.

10. Mischeranordnung nach Anspruch 9 mit gegeneinander versetzten oder verdrehten Leitflächen der aufeinanderfolgenden Mischelemente.

11. Mischeranordnung nach Anspruch 9 oder 10 mit mindestens einer Nachmischstrecke N nach einem der Mischelemente.

12. Vorrichtung zum Einmischen einer kleinen Menge eines Fluids (1) in einen Hauptstrom eines anderen Fluids (2) in einem Strömungskanal (7) mit einem Eindüsesystem (3) und mit einem statischen Mischelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Eindüsesystem mindestens ein gerichtetes Dosierrohr als Halterung (20) aufweist, an dessen Ausgangsöffnung (26) mindestens eine Leitfläche (30) angebracht ist, wobei die Leitflächen einen Winkel W2 von 0° bis 45° zur Rohrachse (25) aufweisen.

- 13.** Einmischvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge L des Dosierrohrs mindestens so gross ist wie sein Innendurchmesser D.

5

- 14.** Einmischvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitflächen mindestens zehnmal so gross sind wie der Austrittsquerschnitt des Dosierrohrs.

10

- 15.** Einmischvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel W2 zur Rohrachse zwischen 0° und 15° liegt.

- 16.** Denoxanlage, gekennzeichnet durch eine Einmischvorrichtung für Ammoniak in den Rauchgasstrom nach einem der Ansprüche 12 bis 15.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1a

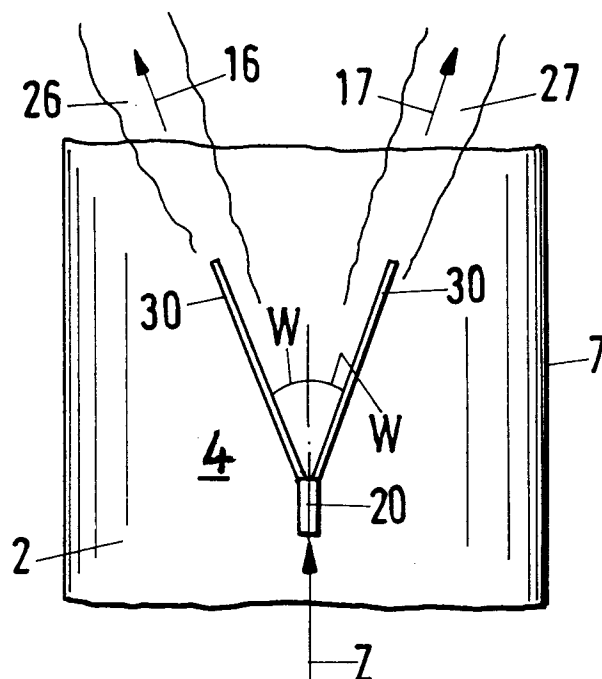


Fig.1b

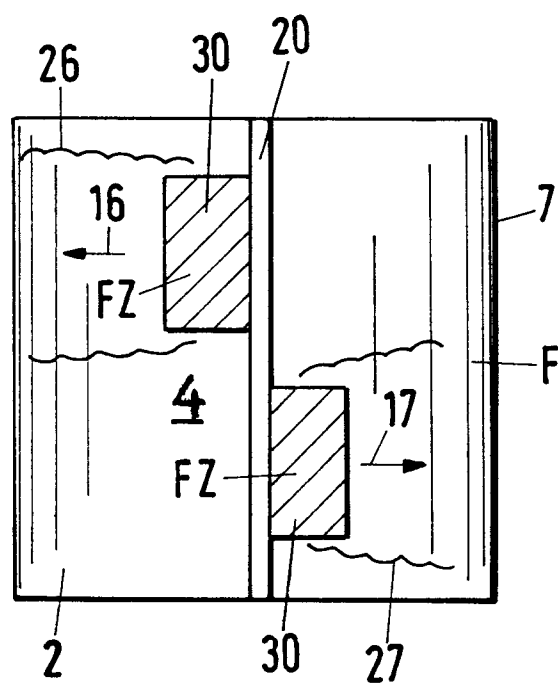


Fig.2

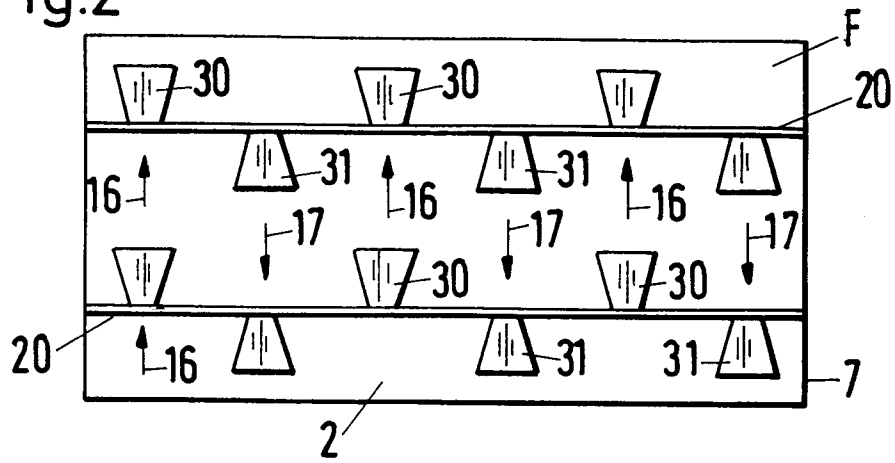


Fig.3b

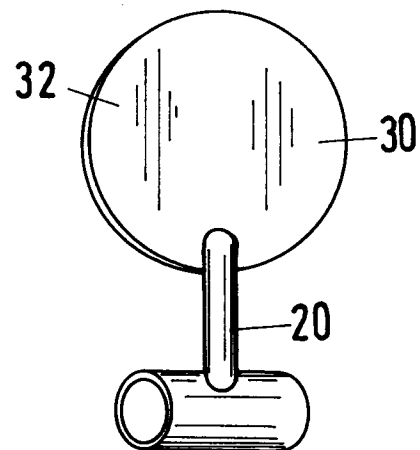


Fig.3a

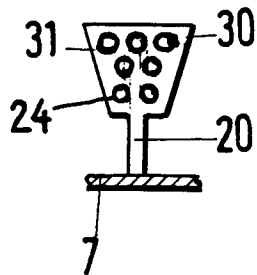


Fig.3c

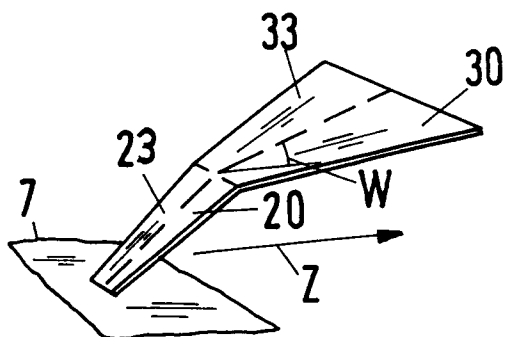
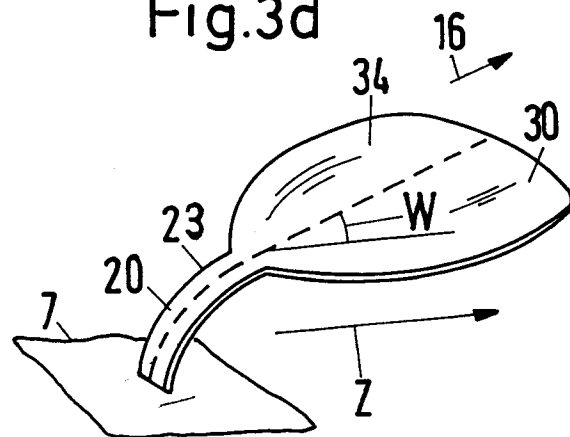


Fig.3d



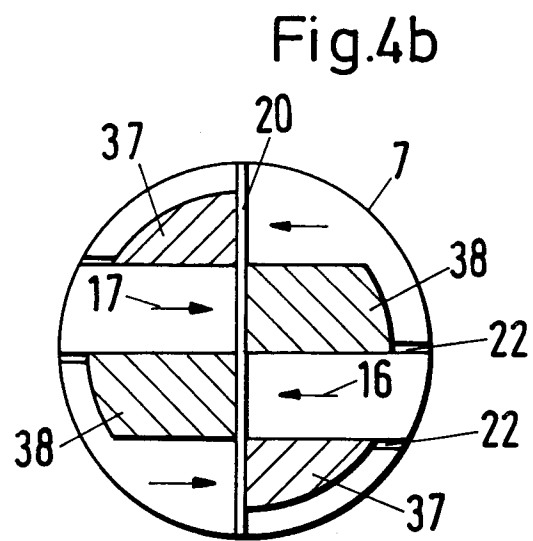
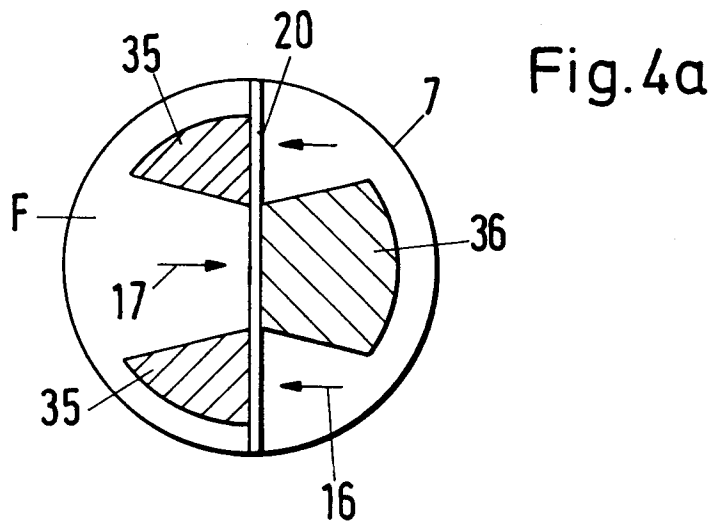


Fig.5

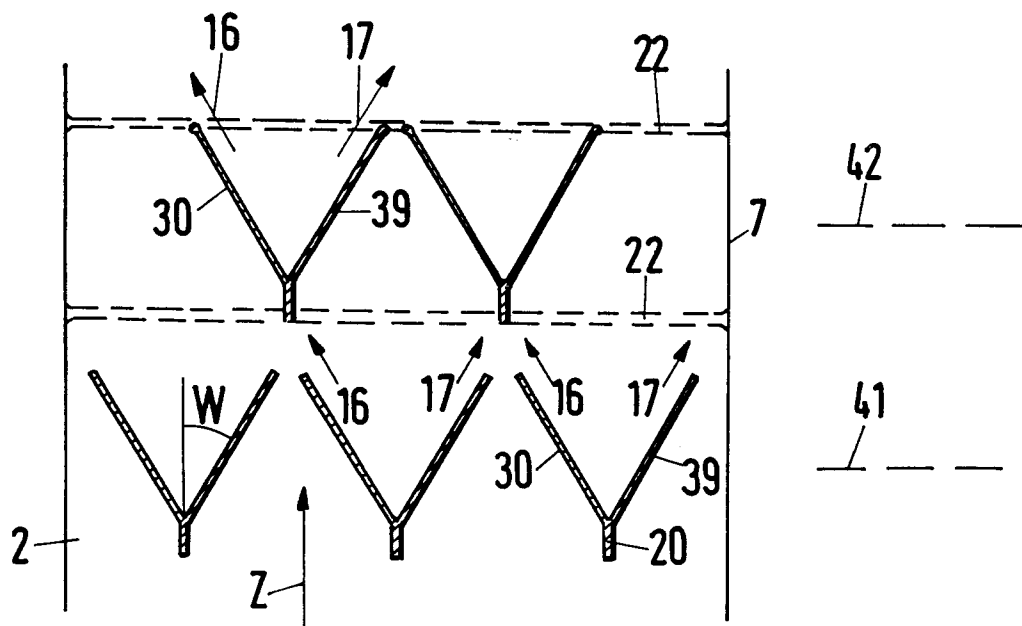


Fig.6a

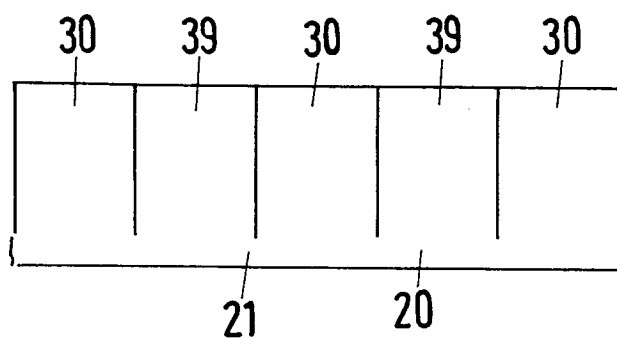


Fig.6b

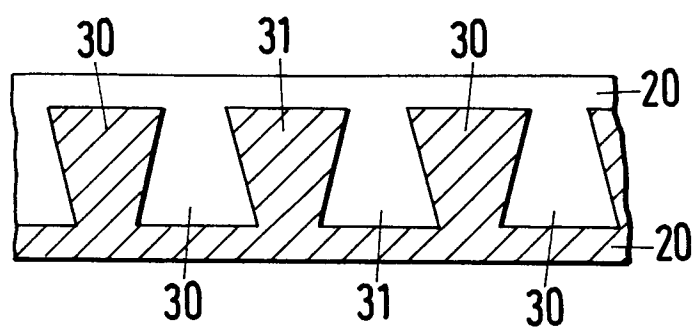
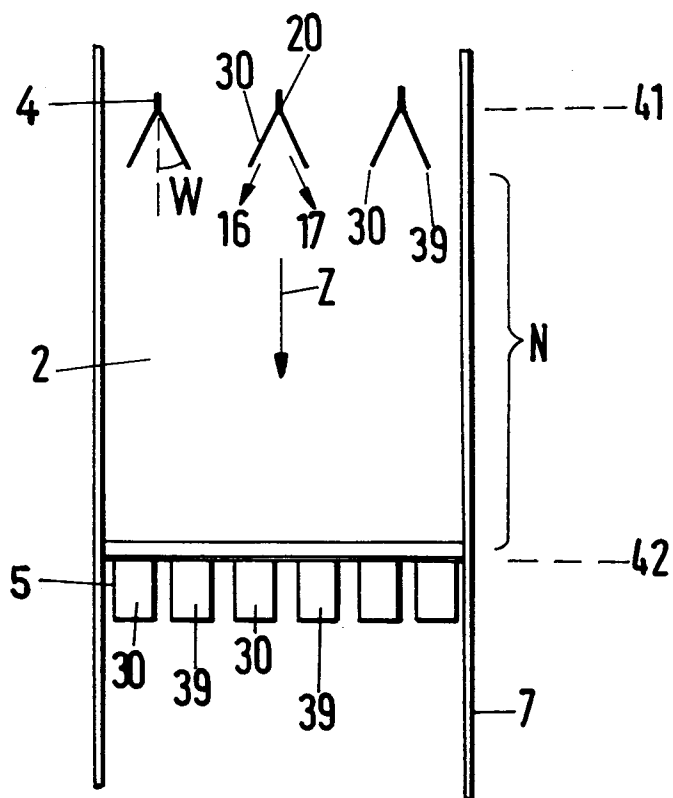


Fig.7



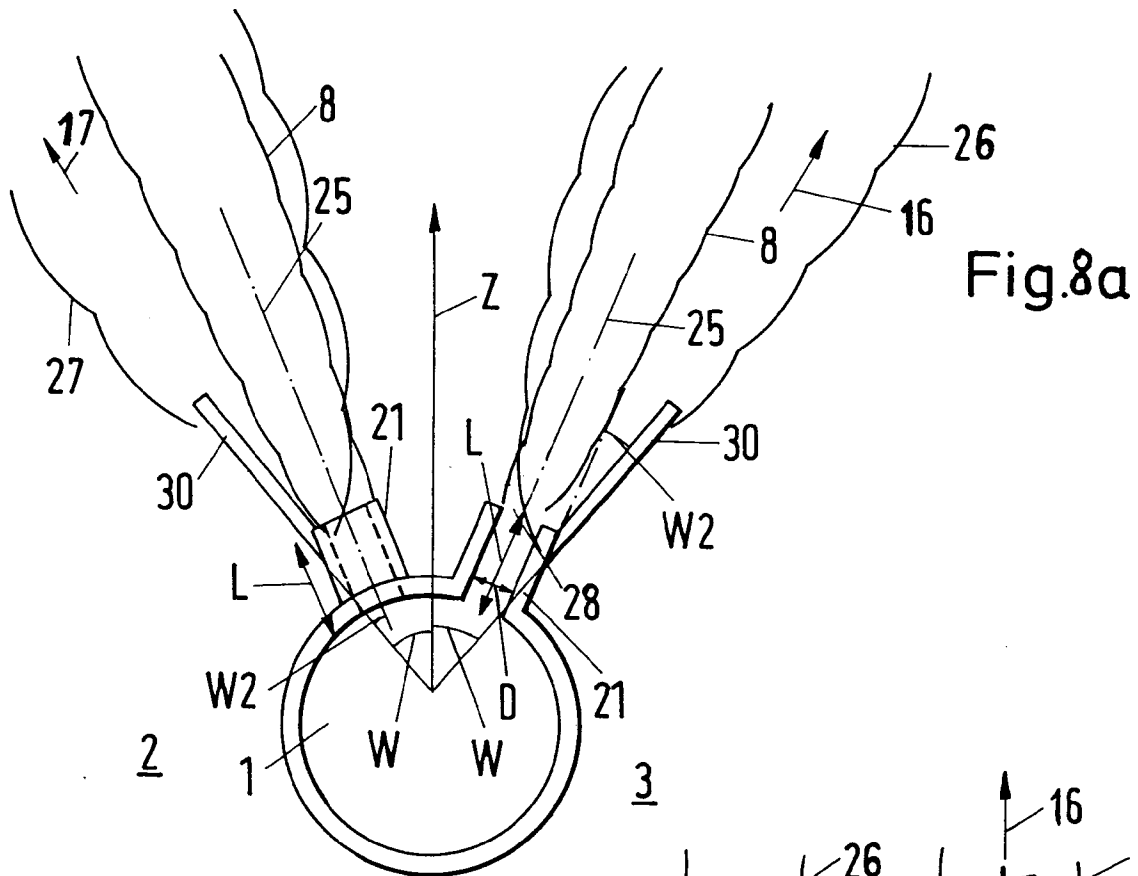


Fig.8b

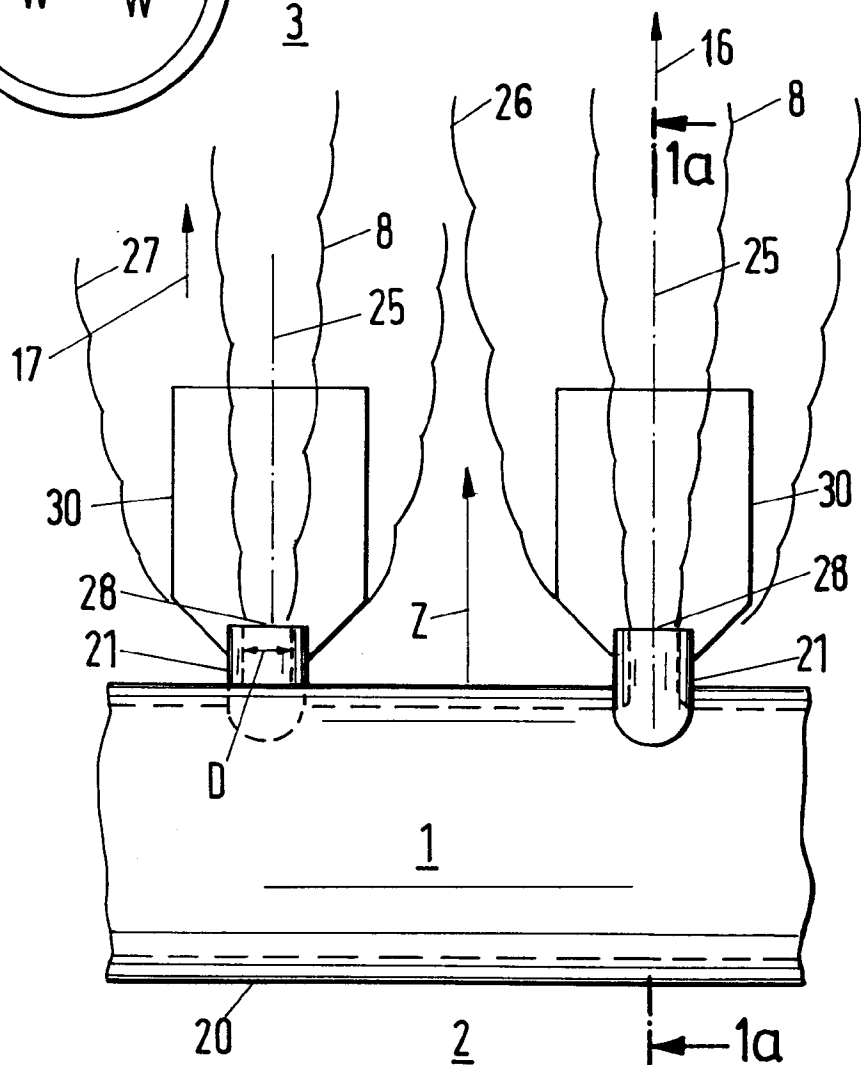


Fig.9a

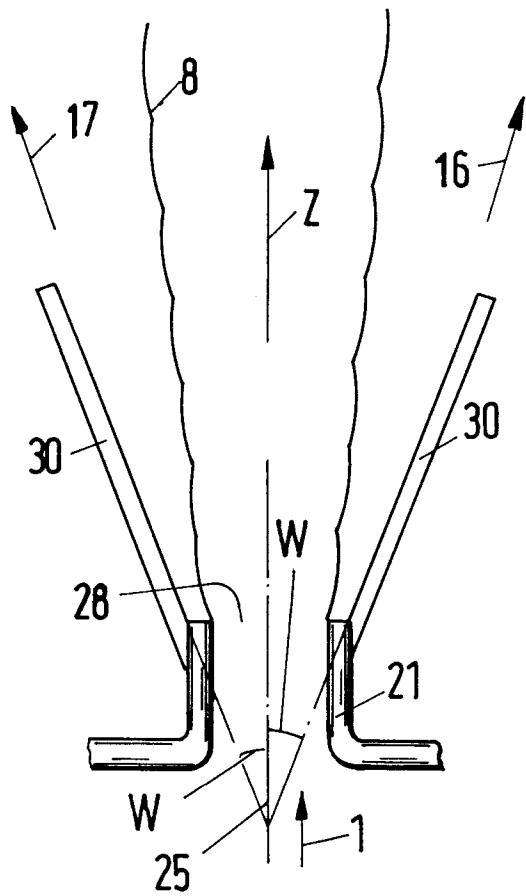


Fig.9b

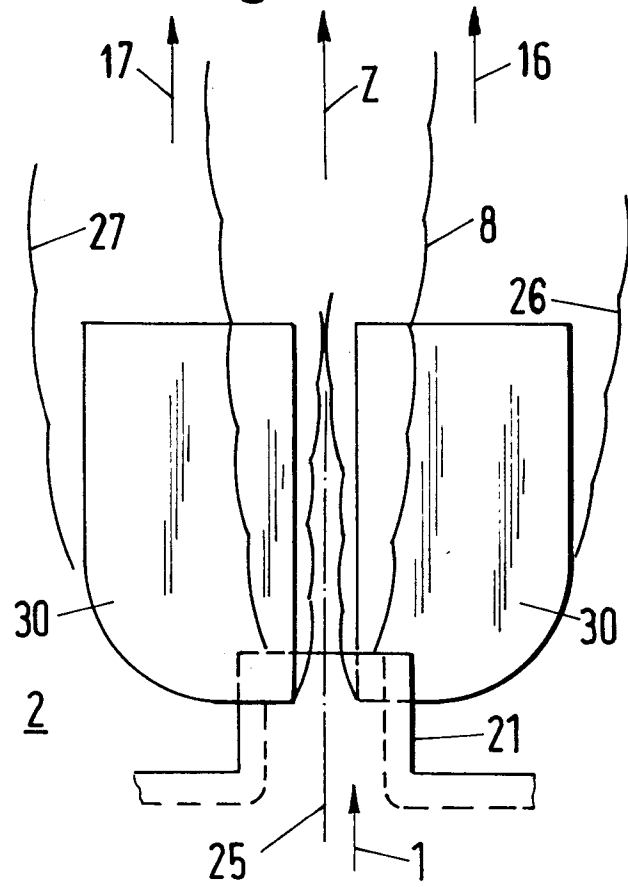


Fig.10

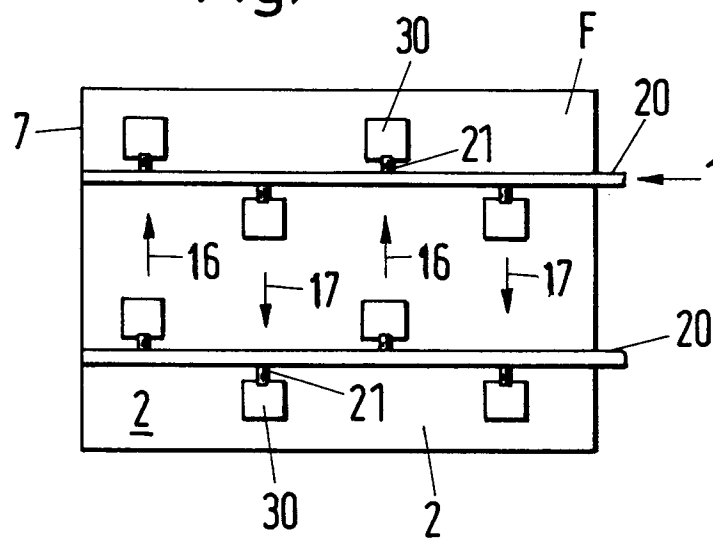


Fig.11a

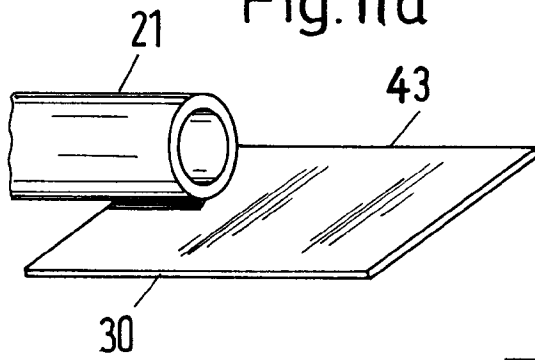


Fig.11b

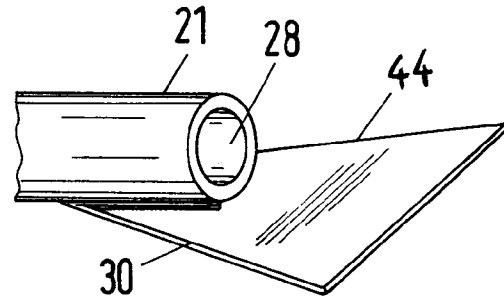


Fig.11c

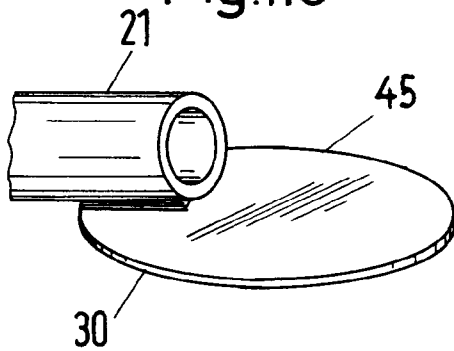


Fig.11d

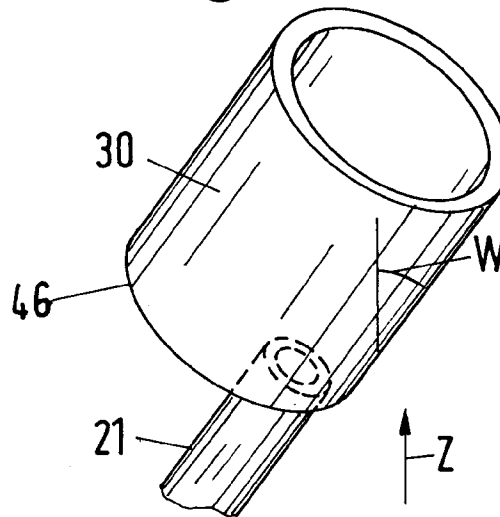
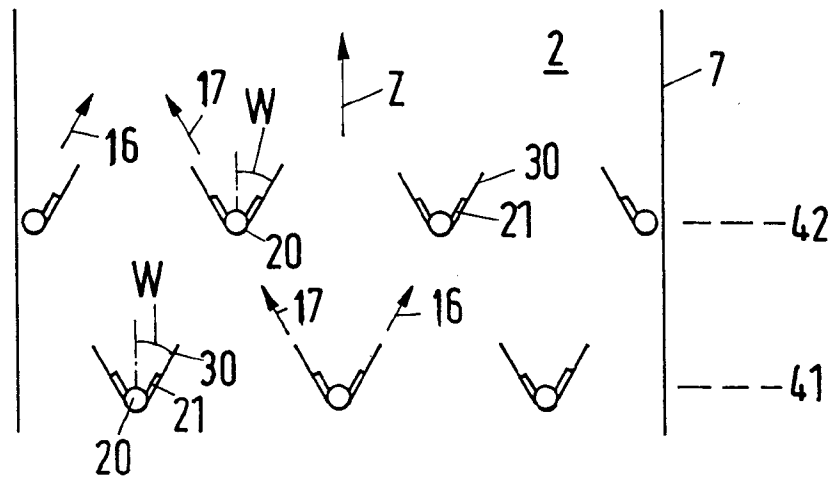


Fig.12





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 81 0504

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	DE-U-8 708 201 (HANSA) * Seite 15, Zeile 15 - Seite 16, Zeile 3; Abbildung 9 *	1,2,5,7, 8,12	B01F5/06 B01F5/04
X	US-A-3 942 765 (HENRICKSON) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1	
X	DE-A-3 330 061 (HOEFNER) * Abbildungen 2,3 *	1-5,9,10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			B01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 05 NOVEMBER 1992	Prüfer PEETERS S.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P0403)