



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 493 485 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.01.2005 Patentblatt 2005/01

(51) Int Cl.7: **B01F 5/06**

(21) Anmeldenummer: **04405218.1**

(22) Anmeldetag: **08.04.2004**

(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:
• **Mathys, Peter**
8212 Neuhausen (CH)
• **Schaetti, Robert**
8408 Winterthur (CH)
• **Mandic, Zdravko**
8400 Winterthur (CH)

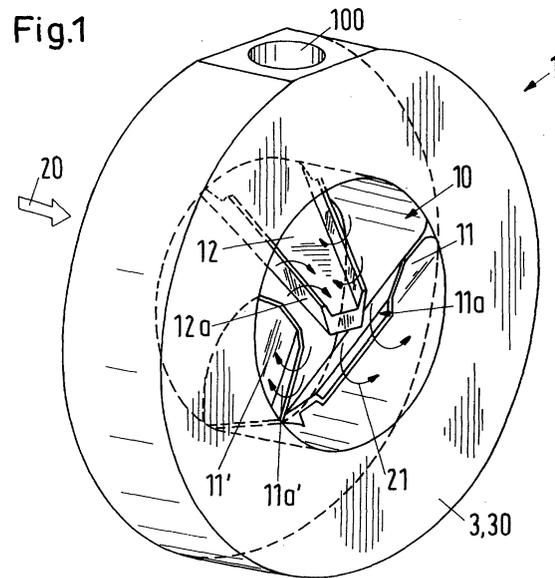
(30) Priorität: **08.05.2003 EP 03405324**

(71) Anmelder: **Sulzer Chemtech AG**
8404 Winterthur (CH)

(74) Vertreter: **Sulzer Management AG**
Patentabteilung 0067,
Zürcherstrasse 14
8401 Winterthur (CH)

(54) **Statischer Mischer**

(57) Der statische Mischer (1) für ein niedrigviskoses Fluid (20) enthält mischwirksame Einbauten (10), die in einem Rohr (3) oder einem das Fluid leitenden Behälter angeordnet sind. Die Geometrie der Einbauten ist weitgehend jene einer Grundstruktur. Die Einbauten umfassen Strukturelemente (11, 11', 12) in Form von flachen, gefalteten oder gekrümmten blechartigen Strömungshindernissen sowie dazwischen liegende Engpässe. Durch Einbauten in Form der Grundstruktur ist eine Strömung erster Ordnung erzielbar, welche in stromabwärts liegenden Mischbereichen eine den Rohrinhalt global durchmischende Strömung ist. Die Strukturelemente der Grundstruktur lassen sich als Segmente, Stege, Platten und/oder Flügel beschreiben. Die Strukturelemente - nachfolgend "primäre Strömungshindernisse" (11, 11', 12) genannt - sind auf Oberflächen und/oder an Rändern geometrisch modifiziert. Durch diese Modifikationen sind lokale Strömungen zweiter Ordnung induzierbar, die sich der Strömung erster Ordnung überlagern und so die Mischgüte verbessern. Es werden nämlich radiale und axiale Inhomogenitäten im Fluid besser als durch die Strömung erster Ordnung ausgeglichen. Sekundäre Strömungshindernisse (11a, 11a', 12a) bilden die Modifikationen, durch welche die Turbulenz lokal intensiviert wird und/oder Rückströmungen induziert werden.



EP 1 493 485 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen statischen Mischer gemäss Oberbegriff von Anspruch 1 sowie ein Verfahren zum Mischen mit dem erfindungsgemässen statischen Mischer.

[0002] Die Entwicklung von statischen Mixern hat zu einer sehr grossen Mannigfaltigkeit von solchen Mischeinrichtungen geführt. Zu einer Mischaufgabe, gemäss der eine bestimmte Mischgüte bei einem vorgegebenen, maximal zulässigen Druckverlust zu erreichen ist, lassen sich sehr viele Lösungen realisieren. Diese Lösungen unterscheiden sich aber ganz erheblich im konstruktiven Aufwand, der Auswirkungen auf die Herstellkosten und auch die Kosten für die Installation des Mixers in einer Anlage hat. Mischeinrichtungen, welche die genannte Mischaufgabe mit einfachen Einbauten und zugleich mit einer minimalen Anzahl an Strukturelementen der Einbauten lösen, werden bevorzugt. Solche Mischeinrichtungen, die sich voraussichtlich immer mehr durchsetzen werden, weisen eine kurze Einbaulänge auf (Einbaulänge = Länge in einer Rohrleitung, die für die Einbauten vorgesehen sein muss); und sie erfordern ausserdem eine kurze Mischstrecke (= Distanz von der Eindosierstelle eines Additivs bis zu der Stelle in der Rohrleitung, wo die erforderliche Mischgüte erreicht ist).

[0003] Für das Mischen eines Fluids im turbulenten Strömungsbereich werden Lösungen angeboten, bei denen die Rohrleitung eine Struktur enthält, die aus nur einem einzigen, kurzen Mischelement, d.h. einer minimalen Anzahl an Strukturelementen der Einbauten, besteht (siehe z.B. US-A- 5 839 828). Eine solche Lösung ist, soweit sie die Einbaulänge der Struktur betrifft, optimal. Es hat sich aber gezeigt, dass diese bekannten, jeweils nur ein Mischelement umfassende Strukturen wegen erheblichen Mängeln verbessert werden müssen.

[0004] Es gibt Strukturen, bei welchen die kurze Einbaulänge mit einem grossen Druckverlust und/oder mit einer langen Mischstrecke verbunden ist. Ein weiteres, überraschend festgestelltes Problem ist das Folgende: Die Einbauten bekannter statischer Mixer sind Strömungshindernisse, die vom Fluid umströmt werden und durch die das Fluid in Wirbelbewegungen versetzt wird. Hinter jedem Hindernis lösen sich Wirbel mit einer bestimmten Frequenz ab. Ein ähnliches Phänomen kann bei einem umströmten Zylinder in Form der "Karmanschen Wirbelstrasse" beobachtet werden. Bei statischen Mixern bilden die Wirbelbewegungen in der Regel einen wesentlich komplizierteren Vorgang. Mit der "Karmanschen Wirbelstrasse" gemeinsam ist aber die Periodizität des Vorgangs. Die Wirbelballen, die sich an den Hindernissen periodisch ablösen, werden von der Strömung in axialen, gleich bleibenden Abständen mitgetragen. Ein dem Mischer zugegebenes Additiv wird von den sich ablösenden Wirbeln erfasst und mit diesen im Rohr fortgetragen. Es entstehen Inhomoge-

nitäten in Form von axialen Konzentrationsunterschieden, die im Rohr an festen Beobachtungsstellen als zeitliche Schwankungen erscheinen. Dieses zeitliche Phänomen ist im Mischer, der in dem oben genannten US-A- 5 839 828 beschrieben ist, deutlich feststellbar. Auch bei einem Mischer, der aus der EP-A- 1 153 650 (= P.7032) bekannt ist, erscheinen entsprechende Inhomogenitäten.

[0005] Üblicherweise wird unter Mischgüte eines statischen Mixers ein Mass für die Homogenisierung verstanden, das sich auf die radiale Konzentrationsverteilung bezieht: Je kleiner Inhomogenitäten dieser radialen Verteilung sind, desto besser ist die Mischgüte. Die durch die axialen Konzentrationsgradienten gegebenen Inhomogenitäten können aber die gleiche Grössenordnung haben wie die Inhomogenitäten bezüglich den radialen Konzentrationsverteilungen. Dies konnte mit einem Messverfahren festgestellt werden, bei dem die Mischgüte mit einer hohen Frequenz (20 Messungen pro Sekunde) erfasst wurde. In einigen Anwendungsfällen können diese axialen Inhomogenitäten oder zeitlichen Schwankungen von erheblicher Bedeutung sein: Beispielsweise bei einer schnellen chemischen Reaktion zwischen den zu mischenden Komponenten, oder bei einer Regelung der Fördermenge eines Additivs, die bezüglich im Rohr gemessenen Konzentrationen vorgenommen wird.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, einen statischen Mischer zu schaffen, der bei Einsatz eines einzigen Mischelements oder bei einer minimalen Anzahl von Strukturelementen der Einbauten die Nachteile hinsichtlich axialen Inhomogenitäten nicht aufweist und so - trotz geringen Einbaukosten - eine hohe Qualität der Mischung sicherstellt. Diese Aufgabe wird durch den im Anspruch 1 definierten statischen Mischer gelöst.

[0007] Der statische Mischer für ein niedrigviskoses Fluid enthält mischwirksame Einbauten, die in einem Rohr oder einem das Fluid leitenden Behälter angeordnet sind. Die Geometrie der Einbauten ist weitgehend jene einer Grundstruktur. Die Einbauten umfassen Strukturelemente in Form von flachen, gefalteten oder gekrümmten blechartigen Strömungshindernissen sowie dazwischen liegende Engpässe. Durch Einbauten in Form der Grundstruktur ist eine Strömung erster Ordnung erzielbar, welche in stromabwärts liegenden Mischbereichen eine den Rohrinhalt global durchmischende Strömung ist. Die Strukturelemente der Grundstruktur lassen sich als Segmente, Stege, Platten und/oder Flügel beschreiben. Die Strukturelemente - nachfolgend "primäre Strömungshindernisse" genannt - sind auf Oberflächen und/oder an Rändern geometrisch modifiziert. Durch diese Modifikationen sind lokale Strömungen zweiter Ordnung induzierbar, die sich der Strömung erster Ordnung überlagern und so die Mischgüte verbessern. Es werden nämlich radiale und axiale Inhomogenitäten im Fluid besser als durch die Strömung erster Ordnung ausgeglichen. Sekundäre Strömungshindernisse bilden die Modifikationen, durch welche die

Turbulenz lokal intensiviert wird und/oder Rückströmungen induziert werden.

[0008] Die abhängigen Ansprüche 2 bis 8 betreffen vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemässen Mischers. Verfahren zum Mischen mit einem statischen Mischer gemäss der Erfindung sind Gegenstand der Ansprüche 9 und 10.

[0009] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen ringförmigen Teil eines erfindungsgemässen Mischers mit Einbauten, deren Strukturelemente lamellenförmige sekundäre Strömungshindernisse aufweisen,

Fig. 2 eine Kreuzkanalstruktur mit zwei weiteren Beispielen von sekundären Strömungshindernissen,

Fig. 3 Einbauten eines erfindungsgemässen Mischers mit zwei segmentartigen Strukturelementen,

Fig. 4 ein Detail zur Struktur der Fig. 3,

Fig. 5 eine Einbaute mit zwei Leitschaufeln als Strukturelementen,

Fig. 6 sekundäre Strömungshindernisse (vier Teilbilder), die rippenförmig sind und auf einer überströmten Oberfläche eines primären Strömungshindernisses angeordnet sind,

Fig. 7, 8 sekundäre Strömungshindernisse in Form von linearen Elementen, die gezahnte Kanten bilden bzw. aus separaten Zähnen zusammengesetzt sind,

Fig. 9 diverse Zahnformen (drei Teilbilder),

Fig. 10 gefräste sekundäre Strömungshindernisse (drei Teilbilder), die in Form von linearen Elementen an einem Rand des primären Strömungshindernisses angeordnet sind, und

Fig. 11 sekundäre Strömungshindernisse (drei Teilbilder), die jeweils am primären Strömungshindernis durch Biegen der Ränder hergestellt sind.

[0010] Ein erfindungsgemässer Mischer 1, der eine besondere Ausgestaltung hat, ist teilweise in der Fig. 1 dargestellt. Dieser statische Mischer 1, mit dem ein niedrigviskoses Fluid 20 homogenisierbar ist, besteht aus einem Abschnitt eines Rohrs 3 und mischwirksamen Einbauten 10, die im Rohr 3 angeordnet sind. Es ist nur ein ringförmiger Teil 30 des Rohrs 3 abgebildet.

Dieser Teil 30 wird an einem Flanschübergang des nicht dargestellten Rohrs 3 montiert. Die mischwirksamen Einbauten 10 dieses Ausführungsbeispiels können auch in einem Rohr 3 an einer Stelle angeordnet sein, der nicht als Flanschübergang ausgebildet ist.

[0011] Die Geometrie der Einbauten 10 ist weitgehend jene einer Grundstruktur, die Strukturelemente 11, 11' und 12 in Form von segment- bzw. flügelartigen Strömungshindernissen aufweist. Durch zwischen den Strukturelementen liegende Engpässe strömt das Fluid 20, dessen Strömung durch Pfeile 21 angedeutet ist. Die Strukturelemente der Grundstruktur, die sich als Segmente, Stege, Platten und/oder Flügel beschreiben lassen, werden nachfolgend "primäre Strömungshindernisse" genannt. Diese primären Strömungshindernisse 11, 11' und 12 sind an den Rändern geometrisch modifiziert, nämlich durch sekundäre Strömungshindernisse 11a, 11a' und 12a, die im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 lamellenförmig sind.

[0012] Durch Einbauten 10, die in der Form der Grundstruktur ausgebildet sind, ergibt sich eine Strömung erster Ordnung, welche eine Strömung ist, die in stromabwärts liegenden Mischbereichen den Rohrinhalt global durchmischt. Es erfolgt in diesen Bereichen eine Durchmischung über den ganzen Rohrquerschnitt durch grossräumige Bewegungen, insbesondere durch periodisch sich ablösende und sich fortpflanzende Wirbelbewegungen. Aufgrund der Modifikationen der Grundstruktur mittels der sekundären Strömungshindernisse werden lokale Strömungen zweiter Ordnung induziert, welche die Effektivität des Mischvorgangs durch folgende Effekte positiv beeinflussen:

a) Durch die Modifikation wird der Turbulenzgrad der Strömung erhöht. Wie bereits bei bekannten Mixern beobachtet worden ist, verbessert sich die Mischgüte, wenn die Strömung auf der Eintrittsseite eine hohe Turbulenz aufweist. Eine solche erhöhte Turbulenz kann beispielsweise die Folge eines stromaufwärts angeordneten Krümmers mit Leitblechen sein. Ein ähnlicher oder noch stärkerer positiver Effekt kann erzielt werden, wenn im Mischer selber durch sekundäre Strömungshindernisse der Turbulenzgrad lokal gezielt erhöht wird. Besonders wirkungsvoll sind die Hindernisse, wenn sie in der Nähe der Stelle angeordnet sind, wo das Additiv zugegeben wird. Dort sind die Konzentrationsgradienten noch vergleichsweise stark ausgeprägt, und eine Verbesserung der Mischungswirkung in diesen Bereichen wirkt sich besonders positiv auf die Effektivität des Mischers aus.

b) Mit Hilfe der sekundären Strömungshindernisse 11a, 11'a und 12a können gezielt Rückströmungen erzeugt werden, in denen ein Additiv verdünnt wird, bevor es ausgewaschen und in den sich ablösenden Wirbeln fortgetragen wird. Dadurch werden die zeitlichen Konzentrationsschwankungen reduziert.

Generell können durch Rückströmungen axiale Unterschiede ausgeglichen werden, auch solche, die durch eine nicht zeitkonstante Zugabe der zu mischenden Komponenten bedingt sind.

c) Die sekundären Strömungshindernisse 12a bewirken eine Kanalisierung der Strömung. Dadurch wird der Quertransport hinter dem zentralen Flügel 12 verbessert, wodurch die radialen Konzentrationsgradienten im Nachlauf der Einbauten 10 reduziert werden.

d) Durch die verstärkte Turbulenz und dadurch bedingte erhöhte turbulente Viskosität wird ausserdem die Strömung stabilisiert, d.h. Fluktuationen werden unterdrückt. Die sekundären Strömungshindernisse 11 a, 11 a' und 12a sind auch mit Vorteil so angeordnet und ausgeführt, dass der Strömungsabriss klar lokalisiert wird und somit nicht von der Reynoldszahl abhängt. Die Ausprägung der Strömung ist somit nicht von der Durchflussmenge abhängig und besser kontrollierbar.

[0013] Die Kombination dieser Effekte a) bis d) ergibt eine verbesserte radiale und axiale Homogenisierung.

[0014] Die sekundären Strömungshindernisse 11 a, 11 a' und 12a erhöhen zwar den Druckverlust. Die Druckverlusterhöhung ist aber kleiner, als wenn stattdessen zusätzliche primäre Strömungshindernisse entsprechend den Hindernissen 11, 11' und 12 - also zusätzliche Mischelemente - eingesetzt würden. Solche wären notwendig, wenn auf die sekundären Strömungshindernisse 11 a, 11 a' und 12a verzichtet würde. Somit sind die sekundären Hindernisse auch hinsichtlich des Energieeinsatzes positiv zu bewerten. Die primären Strömungshindernisse 11, 11', 12 sind also auf Oberflächen und/oder an Rändern durch die sekundären Strömungshindernisse 11 a, 11'a und 12a geometrisch so modifiziert, dass durch diese Modifikationen lokale Strömungen zweiter Ordnung induzierbar sind, die sich der Strömung erster Ordnung überlagern und so die Mischgüte verbessern. Die Mischgüte verbessert sich dadurch, dass radiale und axiale Inhomogenitäten im Fluid besser als durch die Strömung erster Ordnung ausgeglichen werden, ohne dass sich zugleich eine Erhöhung des Druckabfalls um mehr als rund 100 % ergibt.

[0015] Die sekundären Strömungshindernisse 11 a, 11'a und 12a sind an Randpartien der primären Strömungshindernisse 11, 11' und 12 angeordnet. Sie bilden so Modifikationen der primären Strömungshindernisse 11, 11' sowie 12 und intensivieren lokal die Turbulenz und/oder induzieren Rückströmungen des Fluids 20, wodurch die Durchmischung verbessert wird.

[0016] Mit Vorteil sind die sekundären Strömungshindernisse 11a, 11'a und 12a lamellen- oder rippenförmig ausgebildet und quer zur lokalen Fliessrichtung der Strömung erster Ordnung an oder auf den primären Strömungshindernissen angeordnet.

[0017] Durch das Rohr 3 ist eine Hauptströmungsrichtung senkrecht zum Rohrquerschnitt definiert. Der Rohrquerschnitt wird durch eine Normalprojektion der primären Strömungshindernisse 11, 11' und 12 in Hauptströmungsrichtung weitgehend vollständig abgedeckt. Als Folge des Erfordernisses, dass die mischwirksamen Einbauten eine minimale Anzahl von Strukturelementen umfassen sollen, wird der Rohrquerschnitt durch die Normalprojektionen der einzelnen Strömungshindernisse 11, 11' und 12 nicht mehrfach abgedeckt; oder die Projektion weist lediglich marginale Überlappungszonen auf.

[0018] Bei der Ausführungsform der Fig. 1 ist das Rohr 3 zylindrisch und die primären Strömungshindernisse 11, 11' und 12 bilden eine spiegelsymmetrische Anordnung, mit einer Symmetrieebene, in der die Rohrachse liegt. Das Paar 11, 11' von segmentförmigen, weitgehend in einer gemeinsamen Ebene liegenden Strukturelementen bilden einen Engpass, innerhalb dem das flügel- oder stegförmige Strukturelement 12 die Ebene der beiden anderen Strukturelemente 11, 11' kreuzend angeordnet ist.

[0019] Bei der in Fig. 2 abgebildeten Einbaute 10 ist die Grundstruktur eine Kreuzkanalstruktur, bei der eine Mehrzahl von zickzackartig gefalteten Blechen 13, 14 (und strichpunktiert angedeuteten Blechen 13', 14') die primären Strömungshindernisse bilden. Rippen 13a und/oder drahtartige Erhebungen 13b sind auf den Blechoberflächen der Kreuzkanalstruktur angeordnet. Von diesen sekundären Strömungshindernissen 13a, 13b ist jeweils nur ein Beispiel dargestellt. Die Rippen 13a sind mit Vorteil scharfkantig ausgebildet und dienen als Abrisskanten an den überströmten Faltskanten.

[0020] Fig. 3 zeigt Einbauten 10 eines erfindungsgemässen Mischers 1 mit zwei segmentartigen Strukturelementen 15. Die sekundären Strömungshindernisse 15a der Strukturelemente 15 sind lamellenförmig. Die Innenseite des Rohrs 3 ist durch die strichpunktierten Linien 31 angedeutet. Ein Querschnitt durch die Strukturelemente 15 ist in Fig. 4 gezeigt. Durch die Pfeile 21 ist angedeutet, wie sich hinter den Strukturelementen 15 Rückströmungen ausbilden.

[0021] Fig. 5 zeigt eine Einbaute mit zwei Leitschaukeln 15 als Strukturelemente. Bei der einen der Leitschaukeln 15 sind sekundäre Strömungshindernisse 15a dargestellt.

[0022] In Fig. 6 sind sekundäre Strömungshindernisse 16a in vier Teilbildern dargestellt, im ersten als perspektivische Darstellung und in den weiteren Teilbildern nur noch als Querschnittsprofile. Diese Hindernisse 16a sind rippenförmig und auf einer überströmten Oberfläche eines primären Strömungshindernisses 16 angeordnet.

[0023] Die Figuren 7 und 8 zeigen sekundäre Strömungshindernisse 17a bzw. 18a, die lineare Elemente bilden: eines mit gezahnter Kante und eines mit separaten Zähnen 19. Beispiele zu weiteren Formen der Zähne 19 sind in drei Teilbildern der Fig. 9 gezeigt. Das

lineare Element 17a kann statt eines gezahnten Randes auch einen wellenförmigen Rand aufweisen. Eine solche geometrische Modifikation am Rand des primären Strömungshindernisses ergibt eine Verlängerung der Kante, was vorteilhafterweise eine verstärkte Ausbildung von Turbulenz zur Folge hat.

[0024] Fig. 10 zeigt gefräste sekundäre Strömungshindernisse (drei Teilbilder), die in Form von linearen Elementen an einem Rand des primären Strömungshindernisses angeordnet sind.

[0025] Fig. 11 zeigt sekundäre Strömungshindernisse, die jeweils am primären Strömungshindernis durch Umformen dessen Rands hergestellt sind: schwach gebogen (erstes Teilbild), stark gebogen (zweites Teilbild) und zweifach gebogen (drittes Teilbild), wie jeweils durch Pfeile angedeutet ist. Ähnliche Formen von Strömungshindernissen können auch durch Anschweißen von Blechstreifen an die primären Strömungshindernisse realisiert werden.

[0026] Die Ausführungsform der Fig. 1 enthält im Rohrstück 30 eine Einspeisestelle 100 für Additive. Die Einspeisestelle 100 mündet mit Vorteil in eine Zone der Mischbereiche, in der die Beeinflussung der Strömung durch die geometrischen Modifikationen besonders stark ausgebildet ist. Es können auch eine Mehrzahl von Einspeisestelle 100 vorgesehen sein. Vorteilhafter ist aber eine einzige Einspeisestelle 100, die so bezüglich den Einbauten 10 optimal angeordnet werden kann. Die Erfahrung hat ergeben, dass eine Mehrzahl von Einspeisestellen 100 für ein einziges Additiv mit Problemen verbunden ist, die bei einer einzigen Einspeisestelle 100 wegfallen.

[0027] Der erfindungsgemäße Mischer 1 wird zum Durchführen eines Mischverfahrens verwendet, bei dem das zu mischende Fluid 50 in einer Vorzugsrichtung durch den Mischer 1 transportiert wird. Bezüglich dieser Vorzugsrichtung wird eine bessere Mischgüte als in der umgekehrten Richtung erzielt.

[0028] Wie bereits erwähnt worden ist, verbessert sich die Mischgüte, wenn die Strömung auf der Eintrittsseite turbulent ist. Es kann daher auch für das erfindungsgemäße Mischverfahren vorteilhaft sein, wenn das Fluid 20, bevor es in die mischwirksamen Einbauten 10 geleitet wird, in einen hydrodynamischen Zustand gebracht wird, in dem es turbulente Strömungskomponenten oder eine verstärkte Turbulenz aufweist.

Patentansprüche

1. Statischer Mischer (1) für ein niedrigviskoses Fluid (20), mit mischwirksamen Einbauten (10), die in einem Rohr (3) oder einem das Fluid leitenden Behälter angeordnet sind und deren Geometrie weitgehend jene einer Grundstruktur ist, welche Einbauten Strukturelemente (11, 11', 12) in Form von flachen, gefalteten oder gekrümmten blechartigen Strömungshindernissen sowie dazwischen liegen-

de Engpässe umfassen, wobei durch Einbauten in Form der Grundstruktur eine Strömung erster Ordnung erzielbar ist, welche in stromabwärts liegenden Mischbereichen eine den Rohrinhalt global durchmischende Strömung ist, und die Strukturelemente der Grundstruktur sich als Segmente, Stege, Platten und/oder Flügel beschreiben lassen,

dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturelemente - nachfolgend "primäre Strömungshindernisse" (11, 11', 12) genannt-auf Oberflächen und/oder an Rändern geometrisch modifiziert sind, so dass durch diese Modifikationen lokale Strömungen zweiter Ordnung induzierbar sind, die sich der Strömung erster Ordnung überlagern und so die Mischgüte verbessern, nämlich derart, dass radiale und axiale Inhomogenitäten im Fluid besser als durch die Strömung erster Ordnung ausgeglichen werden.

2. Statischer Mischer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sekundäre Strömungshindernisse (11 a, 11 a', 12a) die Modifikationen bilden, durch welche die Turbulenz lokal intensiviert wird und/oder Rückströmungen induziert werden, wobei die sekundären Hindernisse mit Vorteil an Randpartien der primären Strömungshindernisse (11, 11', 12) angeordnet sind.

3. Statischer Mischer nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die sekundären Strömungshindernisse (11 a, 11 a', 12a) lamellen- oder rippenförmig ausgebildet sind und quer zur lokalen Fliessrichtung der Strömung erster Ordnung an oder auf den primären Strömungshindernissen (11, 11', 12) angeordnet sind.

4. Statischer Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch das Rohr (3) eine Hauptströmungsrichtung senkrecht zum Rohrquerschnitt definiert ist, dass der Rohrquerschnitt durch eine Normalprojektion der primären Strömungshindernisse in Hauptströmungsrichtung weitgehend vollständig (11, 11', 12) abgedeckt ist und dass der Rohrquerschnitt durch die Normalprojektionen der einzelnen Strömungshindernisse nicht mehrfach abgedeckt ist oder lediglich marginale Überlappungszonen aufweist.

5. Statischer Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Folgendes zumindest angenähert gilt, dass das Rohr (3) zylindrisch ist und die primären Strömungshindernisse (11, 11', 12) eine spiegelsymmetrische Anordnung bilden, mit einer Symmetrieebene, in der die Rohrachse liegt, und dass ein Paar von segmentförmigen, in einer Ebene liegenden Strukturelementen (11, 11') einen Engpass bilden, innerhalb dem insbesondere ein flügel- oder stegförmiges Struktur-

element (12) die Ebene der beiden anderen Strukturelemente kreuzend angeordnet ist.

6. Statischer Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundstruktur eine Kreuzkanalstruktur ist, bei der eine Mehrzahl von zickzackartig gefalteten Blechen (13, 14) die primären Strömungshindernisse bilden, und dass Rippen (13a) und/oder drahtartige Erhebungen (13b) auf den Blechoberflächen der Kreuzkanalstruktur angeordnet sind, wobei die Rippen mit Vorteil scharfkantig ausgebildet sind und als Abriskanten an überströmten Faltkanten dienen. 5
10
7. Statischer Mischer nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich durch die geometrischen Modifikationen eine Verlängerung der Kanten an den primären Strömungshindernissen (11, 11', 12) ergibt, beispielsweise durch sekundäre Strömungshindernisse, die einen wellenförmigen oder gezahnten Rand aufweisen, oder dass die sekundären Strömungshindernisse (17a) einen wellenförmigen oder gezahnten Rand aufweisen und auf einer überströmten Oberfläche eines primären Strömungshindernisses (17) angeordnet sind. 15
20
25
8. Statischer Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr eine Einspeisestelle (100) für Additive enthält und dass die Einspeisestelle in eine Zone der Mischbereiche mündet, in der die Beeinflussung der Strömung durch die geometrischen Modifikationen besonders stark ausgebildet ist. 30
9. Verfahren zum Mischen mit einem statischen Mischer (1) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zu mischende Fluid (20) in einer Vorzugsrichtung durch den Mischer transportiert wird, wobei bezüglich dieser Vorzugsrichtung eine bessere Mischgüte als in der umgekehrten Richtung erzielt wird. 35
40
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid (20), bevor es in die mischwirksamen Einbauten (10) geleitet wird, in einen hydrodynamischer Zustand gebracht wird, in dem es turbulente Strömungskomponenten oder eine verstärkte Turbulenz aufweist. 45
50
55

Fig.1

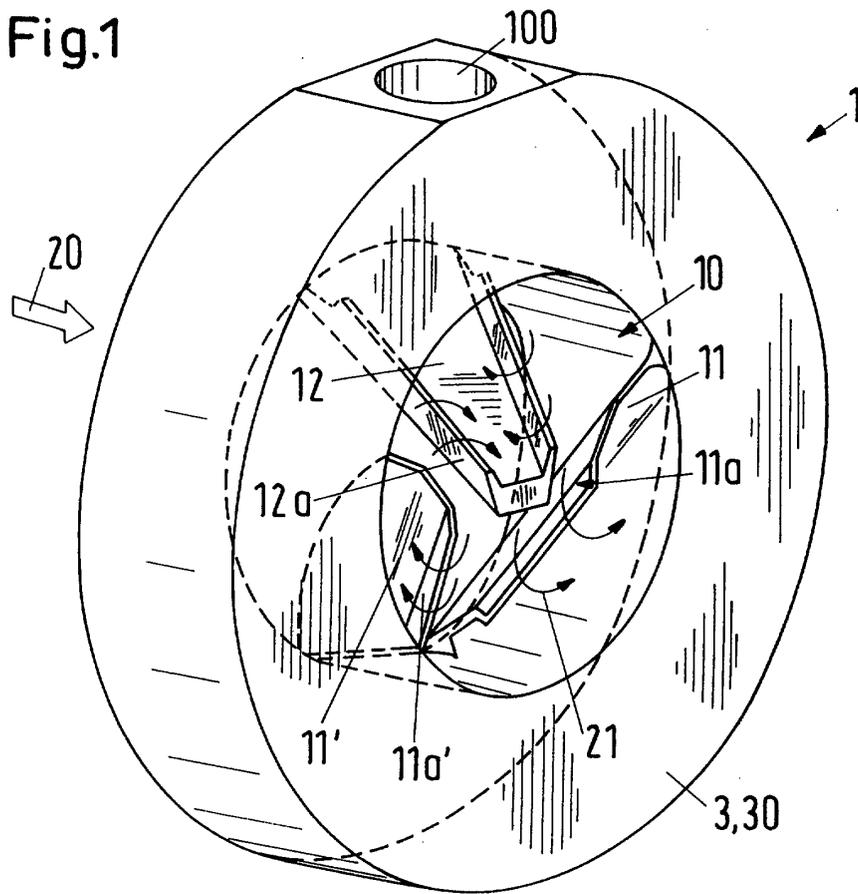
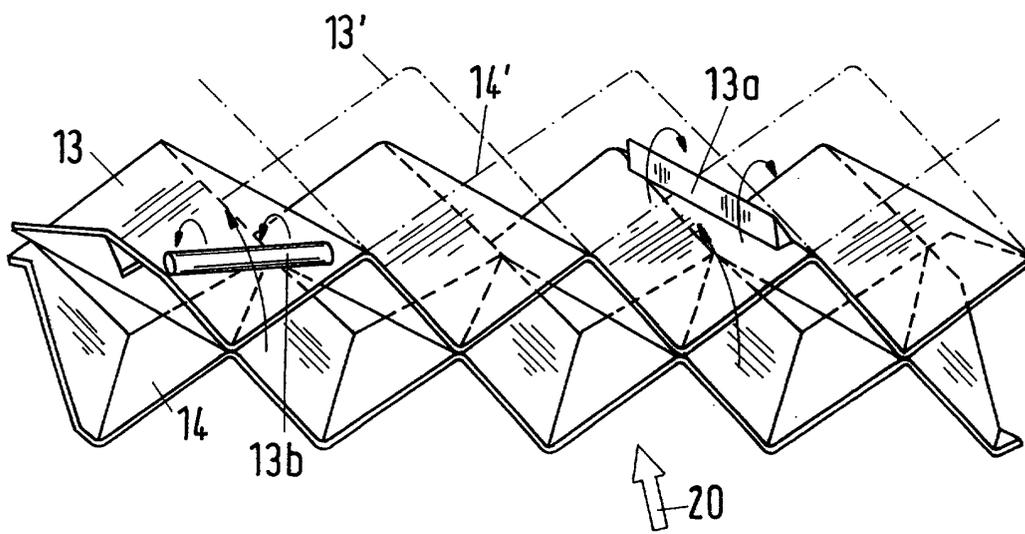
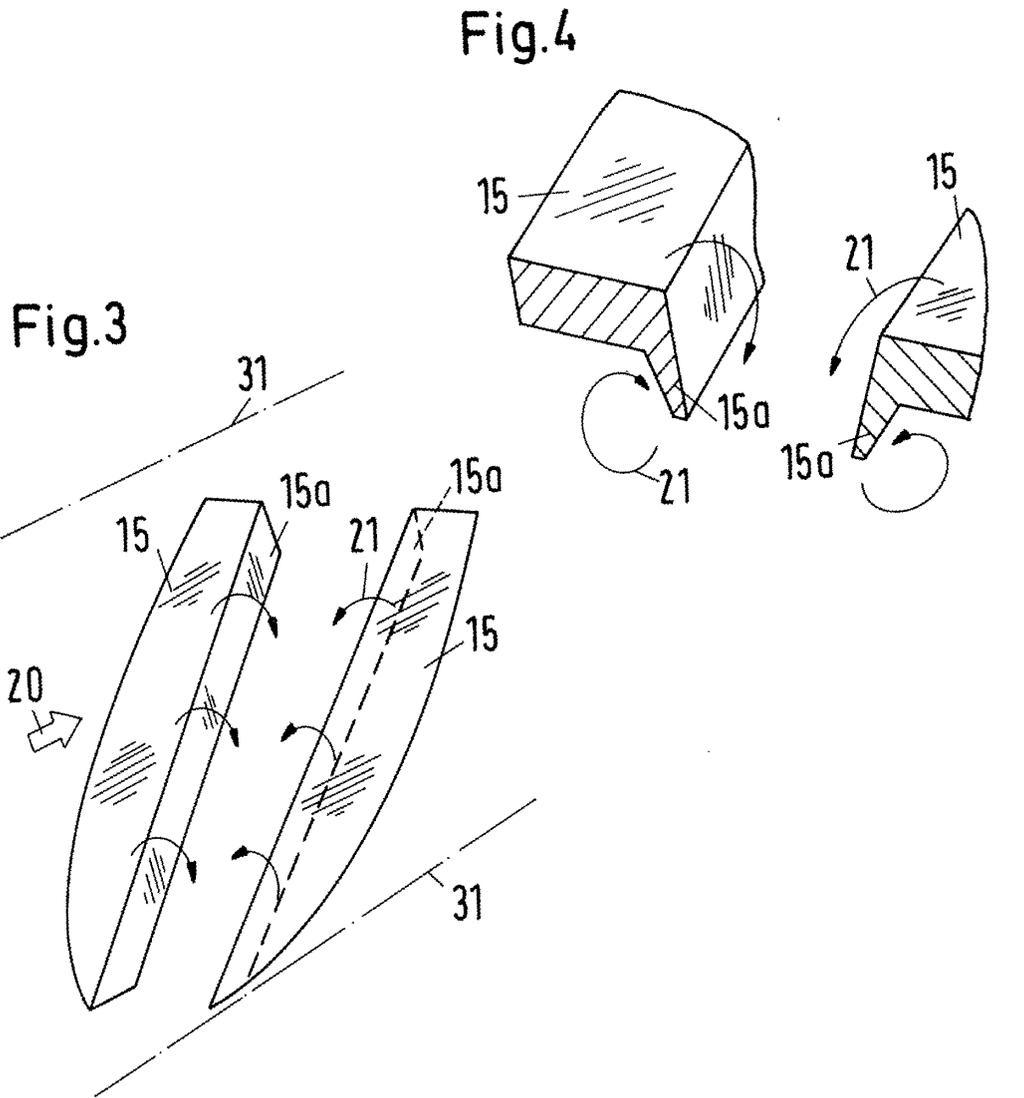


Fig.2





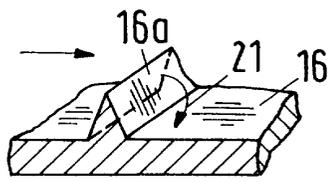


Fig. 6

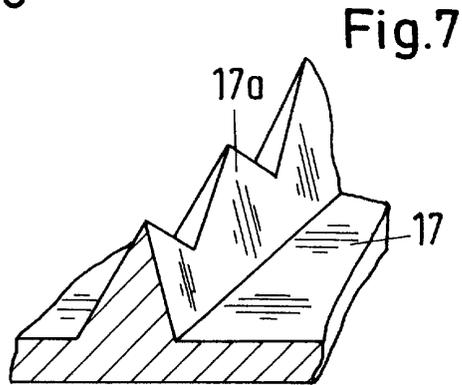
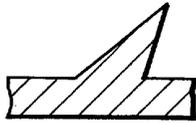
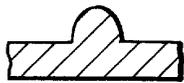
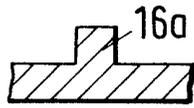


Fig. 7

Fig. 8

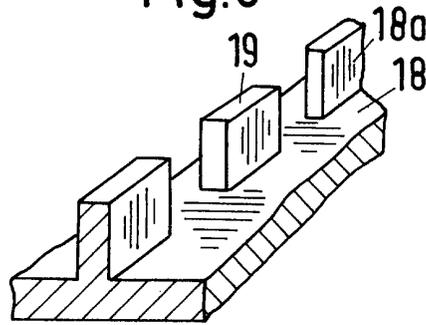


Fig. 9

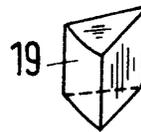


Fig. 10

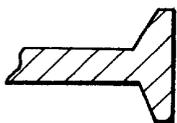
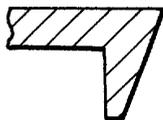
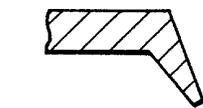
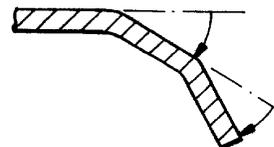
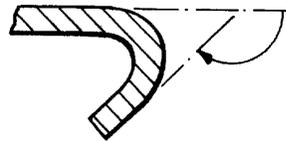


Fig. 11





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 40 5218

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	DD 213 602 B (ADW DDR) 19. September 1984 (1984-09-19)	1-3,9,10	B01F5/06
A	* das ganze Dokument *	4-8	
X	GB 2 032 791 A (DEGREMONT) 14. Mai 1980 (1980-05-14)	1-3,9	
A	* Seite 1, Zeile 99 - Seite 1, Zeile 107; Abbildung 1 *	4-8,10	
X	US 4 899 812 A (ALTOZ FRANK E) 13. Februar 1990 (1990-02-13)	1-3	
A	* Zusammenfassung; Abbildungen 1A,1B *	4-10	
A	US 4 710 326 A (SEAH ALEXANDER M) 1. Dezember 1987 (1987-12-01)	1-10	RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
A	* Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 *		
A	US 4 123 178 A (SALZMAN RONALD N ET AL) 31. Oktober 1978 (1978-10-31)	1-10	
			B01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Juni 2004	
		Prüfer Muller, G	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 40 5218

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-06-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DD 213602	B	19-09-1984	DD 213602 A1	19-09-1984
GB 2032791	A	14-05-1980	FR 2438498 A1 YU 175879 A1	09-05-1980 30-04-1983
US 4899812	A	13-02-1990	KEINE	
US 4710326	A	01-12-1987	AT 84732 T CA 1256785 A1 CN 87106057 A ,B DE 3783688 D1 DE 3783688 T2 EP 0259062 A2 JP 1885714 C JP 6012236 B JP 63087599 A	15-02-1993 04-07-1989 16-03-1988 04-03-1993 17-06-1993 09-03-1988 22-11-1994 16-02-1994 18-04-1988
US 4123178	A	31-10-1978	AU 515460 B2 AU 3426278 A BE 865119 A1 CA 1111020 A1 DE 2811489 A1 FR 2384536 A1 GB 1601403 A IT 1093884 B JP 53116563 A MX 4423 E SE 439735 B SE 7803226 A	02-04-1981 20-09-1979 17-07-1978 20-10-1981 05-10-1978 20-10-1978 28-10-1981 26-07-1985 12-10-1978 29-04-1982 01-07-1985 22-09-1978

EPO FORM P0481

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82