

(19)



(11)

EP 2 277 620 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

26.01.2011 Patentblatt 2011/04

(51) Int Cl.:

B01F 5/06 ^(2006.01)**B01F 3/10** ^(2006.01)(21) Anmeldenummer: **10182884.6**(22) Anmeldetag: **10.06.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**(30) Priorität: **22.06.2007 EP 07110892**(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:**08760786.7 / 2 158 027**(71) Anmelder: **Sulzer Chemtech AG
8404 Winterthur (CH)**

(72) Erfinder:

- **Hirschberg, Sebastian, Dr.
8408 Winterthur (CH)**

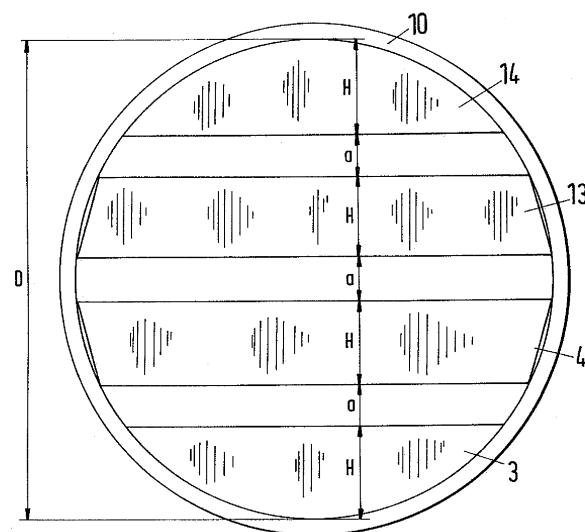
- **Schoeck, Joachim
8400 Winterthur (CH)**
- **Fleischli, Markus
8404 Winterthur (CH)**
- **Moser, Felix
8413 Neftenbach (CH)**

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

Diese Anmeldung ist am 29-09-2010 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten
Anmeldung eingereicht worden.

(54) **Statisches Mischelement**

(57) Ein statisches Mischelement zum Einbau in einen Hohlkörper (10) enthält eine Mehrzahl von Stegelementen, wobei eine erste Anordnung (21) umfassend zumindest ein erstes Stegelement (3) vorgesehen ist, die zu einer zweiten Anordnung (31), welche zumindest ein zweites Stegelement (4) enthält, kreuzweise angeordnet ist. Zumindest eines der ersten und zweiten Stegelement ist als ein platten-, scheiben- oder balkenförmiges Element ausgebildet. Die erste Anordnung (21) und die zweite Anordnung (31) schliessen einen Winkel ungleich 0° zur Hauptströmungsrichtung ein. Die erste Anordnung schliesst mit der zweiten Anordnung einen Winkel grösser 0° ein. Bei Projektion der ersten Anordnung (21) und der zweiten Anordnung (31) auf eine Projektionsebene, die normal zur Hauptströmungsrichtung liegt, liegen zwischen zueinander benachbarten Stegelementen zumindest teilweise Zwischenräume.

Fig.2**EP 2 277 620 A2**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein statisches Mischelement gemäss Oberbegriff von Anspruch 1. Die Erfindung bezieht sich auch auf einen statischen Mischer, der ein derartiges Mischelement enthält.

[0002] Aus dem Stand der Technik gemäss CH 642 564 ist eine statische Mischvorrichtung bekannt, die aus einem rohrartigen Gehäuse besteht und mindestens ein darin angeordnetes Mischelement enthält. Das Mischelement besteht aus sich kreuzenden Stegen, die einen Winkel gegenüber der Rohrachse aufweisen. Die Stege der Mischelemente sind in mindestens zwei Gruppen angeordnet. Die Stege innerhalb einer jeden Gruppe sind im wesentlichen parallel gerichtet. Die Stege der einen Gruppe kreuzen sich mit den Stegen der anderen Gruppe.

[0003] DE 44 28 813 zeigt eine statische Mischvorrichtung, welche im Unterschied zur CH 642 564 sich kreuzende Stege aufweist, die im Bereich der Kreuzungspunkte überlappen. Diese lokale Verbreiterung der Stege, die in der DE 44 28 813 als Stahlblechstäbe ausgebildet sind, dient zur Verstärkung und/oder zur Ausbildung einer formschlüssigen Verbindung benachbarter Stege. In die Verbreiterung ist eine Nut eingeschnitten, welche einen benachbarten Stahlblechstab aufnimmt.

[0004] EP 0 856 353 A1 zeigt ein Modul, welches Teil einer statischen Mischeinrichtung ist, die für ein verweilzeitkritisches, plastisch fließfähiges Mischgut vorgesehen ist. Die Einrichtung umfasst ein rohrartiges Gehäuse, in dem Stege angeordnet sind. Die Stege sind gegen die Längsachse des Gehäuses geneigt; sie kreuzen sich im wesentlichen auf einer geraden Linie senkrecht zur Längsachse. Der Modul umfasst eine in das Gehäuse einschiebbare Hülse. Die das Mischgut leitende Innenwand der statischen Mischeinrichtung ist durch Innenseiten der Hülse gebildet. Die Stege sind dornartig ausgebildet, mit jeweils einem gegen die Bewegungsrichtung des Mischguts weisenden Scheitel und einer an der Hülseinnenseite befestigten Basis. Jeder Scheitel bildet gegenüber der Innenwand der Einrichtung einen Zwischenraum.

[0005] Die Entwicklung des Mixers gemäss CH 642 564 im Jahr 1979 stellte eine unerwartete Verbesserung der statischen Mischtechnik für laminar strömende Medien dar. Seither hat sich dieser Mischer bewährt und er wird in einem sehr breiten Feld von Anwendungen mit grösstenteils hochviskosen Medien erfolgreich eingesetzt. In den fast 30 darauf folgenden Jahren wurde immer wieder versucht, diesen Mischer zu verbessern. Trotz erheblichen Aufwandes konnten jedoch nur marginale Verbesserungen erzielt werden. So wurde in US 6 467 949 B1 ein abgewandelter Mischer mit abgeändertem, konkavem Stegquerschnitt geschützt. Unabhängige Messungen (M.Heniche, P.A.Tanguy, M.F.Reeder, J.B.Fasano, AICHE Journal Vol 51, No.1, January 2005) haben nur geringfügige Unterschiede bezüglich Druckverlust und Mischeffizienz für diesen modifizierten sta-

tischen Mischer gegenüber dem Stand der Technik ergeben. In einer anderen kürzlich veröffentlichten Arbeit (S.Liu, PhD Thesis, McMaster University, 2005) wurden eine Vielzahl von Modifikationen des Standes der Technik gemäss CH 642 564 zur Verbesserung von Mischeffizienz und Druckabfall mittels unterschiedlicher Techniken untersucht. In dieser Arbeit wurden auch die Mischelemente nach US 6 467 949 B1 ausgemessen. Liu erhält bei gleicher oder etwas schlechterer Mischwirkung einen um 15% geringeren Druckabfall. Durch eine weitere Änderung des Stegquerschnittes erreicht Liu ausserdem eine etwas bessere Mischwirkung bei einem um 7.5% reduzierten Druckverlust gegenüber dem Mischer gemäss CH 642 564. Diese Beispiele von Arbeiten zur Verbesserung und Untersuchung des Mischverhaltens von statischen Mixern, die ähnlich wie der Mischer gemäss CH 642 564 aufgebaut sind, zeigen, dass bis heute keine wesentlichen Verbesserungen bei Mischeffizienz und Druckabfall laminarer Mixer erzielt werden konnten.

[0006] Überraschenderweise lassen sich statische Mischelemente finden, für welche die obige Aussage nicht gilt, ja sogar eine gegenteilige Aussage zutrifft. Die mit einem erfindungsgemässen Mischelement beobachtete deutliche Reduktion des Druckabfalls bei ähnlicher oder verbesserter Mischeffizienz, die durch die erfindungsgemässen Mischelemente erzielt wird, ist ein technischer Durchbruch.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, zum genannten statischen Mischer eine Verbesserung zu schaffen, mit der ein geringerer Druckverlust bei vergleichbarer oder verbesserter Mischeffizienz erzielbar ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch das in der Folge definierte statische Mischelement gelöst.

[0009] Ein erfindungsgemässes statisches Mischelement weist eine Breitenabmessung D_b auf und ist zum Einbau in einen Hohlkörper mit im wesentlichen gleicher Breitenabmessung D_b geeignet. Das statische Mischelement enthält eine Mehrzahl von Stegelementen, wobei eine erste Anordnung zumindest ein erstes Stegelement enthält, die zu einer zweiten Anordnung, welche zumindest ein zweites Stegelement enthält, kreuzweise angeordnet ist. Zumindest eines der ersten und zweiten Stegelemente ist als ein platten-, scheiben- oder balkenförmiges Element ausgebildet. Die erste Anordnung und die zweite Anordnung schliessen einen Winkel ungleich 0° zur Hauptströmungsrichtung ein. Die erste Anordnung und die zweite Anordnung schliessen einen Winkel grösser 0° ein. Bei Projektion der ersten Anordnung und der zweiten Anordnung auf eine Projektionsebene, die normal zur Hauptströmungsrichtung liegt, liegen zwischen zueinander benachbarten Stegelementen zumindest teilweise Zwischenräume. Die relative Summe z der Breiten H der Stegelemente gemessen in Richtung der Breitenabmessung D_b des Mischelements ist kleiner als 95% der Breitenabmessung D_b des Mischelements.

[0010] Die weiteren Merkmale betreffen vorteilhafte Ausführungsformen des statischen Mischelements, so-

wie eines statischen Mischers, welcher das erfindungsgemässe Mischelement enthält.

[0011] Die Hauptströmungsrichtung liegt bevorzugt in Richtung der Längsachse eines Hohlkörpers, in welchem das Mischelement aufgenommen ist. Durch die erste Anordnung und die zweite Anordnung wird eine Kreuzungsstelle ausgebildet, in deren Nähe ein Abstandselement angeordnet sein kann. Das Abstandselement kann als eine lokale Verdickung oder Verbreiterung zumindest eines Stegelements ausgebildet sein. Die Anzahl der Stegelemente kann in der Projektionsebene 4 bis 10 betragen. Vorteilhafterweise sind mindestens 2 Stegelemente pro Anordnung vorgesehen. Das erste und das dritte Stegelement sind Teil einer in einer ersten Ebene liegenden ersten Anordnung von Stegelementen. Das zweite und das vierte Stegelement sind Teil einer in einer zweiten Ebene liegenden zweiten Anordnung von Stegelementen. Zumindest ein Teil der Stegelemente der ersten Anordnung kann in einer dritten Ebene angeordnet sein, die zu der ersten Ebene versetzt angeordnet ist. Alternativ oder in Ergänzung dazu kann ein Teil der Stegelemente der zweiten Anordnung in einer vierten Ebene angeordnet sein, wobei die vierte Ebene zu der zweiten Ebene versetzt angeordnet ist. Die Stegelemente weisen eine Breite (H) auf. Die Summe (EH_i) der Breiten (H) der Stegelemente in der Projektionsebene im Verhältnis zum Durchmesser (D) des Hohlkörpers wird durch die nachfolgend definierte Grösse z festgelegt. Die Grösse z ist insbesondere kleiner als 95%, vorzugsweise kleiner als 85 %, insbesondere kleiner als 75%, besonders bevorzugt kleiner als 65%. Die statische Mischvorrichtung umfasst ein statisches Mischelement, sowie einen Hohlkörper oder eine Hülse, um das statische Mischelement aufzunehmen. Das statische Mischelement kann am Hohlkörper oder der Hülse befestigt sein, wobei das statische Mischelement und der Hohlkörper oder die Hülse aus einem einzigen Bauteil bestehen können.

[0012] Das statische Mischelement kann im Bereich der Schnittlinie der ersten Ebene mit der zweiten Ebene und/oder im Bereich zumindest eines Teils der Enden der Stegelemente an der Innenwand des Hohlkörpers oder der Hülse befestigt sein.

[0013] Die bevorzugte Verwendung eines statischen Mischelements nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele erfolgt für laminar strömende Medien, insbesondere Polymerschmelzen oder andere hochviskose Fluide.

[0014] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine statische Mischvorrichtung gemäss des Standes der Technik,

Fig. 2 eine Ansicht eines statischen Mischelements gemäss der Erfindung nach einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen statischen Mischelements,

Fig. 4 ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen statischen Mischelements,

Fig. 5 eine graphische Darstellung eines Vergleichs der Ergebnisse von Druckabfall und Mischeffizienz eines erfindungsgemässen Mischelementes in unterschiedlichen Designvarianten gegenüber dem Stand der Technik CH 642 564,

Fig. 6 ein Detail eines Kreuzungsbereichs mit Abstandselementen mit lokalen Verdickungen und Verbreiterungen.

[0015] Fig. 1 zeigt vier Mischelemente, die hintereinander in einem Hohlkörper 10 angeordnet sind. Aufeinander folgende Mischelemente 2 sind um einen Winkel von 90° gegeneinander um die als Drehachse fungierende Hohlkörperachse 8 verschwenkt. Die Hauptströmungsrichtung des den Hohlkörper 10 durchströmenden Fluids liegt in Richtung der Hohlkörperachse 8. Jedes Mischelement besteht aus Anordnungen von Stegelementen (3,4), die in zwei sich kreuzenden Ebenen (5,6) angeordnet sind. Eine Anordnung von Stegelementen bezeichnet dabei eine Anzahl von Stegelementen, welche im Wesentlichen in einer Ebene liegen. Die erste Ebene 5 enthält eine erste Anordnung 21 von Stegelementen 3, eine zweite Ebene 6 eine zweite Anordnung 31 von Stegelementen 4. Die erste und die zweite Ebene (5,6) sind in einem Winkel zueinander angeordnet, sodass sich die erste Anordnung 21 von Stegelementen 3 mit der zweiten Anordnung 31 von Stegelementen 4 kreuzt. Benachbarte Stegelemente liegen derart nebeneinander, dass die Summe der Breiten (H) der Stegelemente gleich dem Rohrdurchmesser (D) ist. In diesem Fall grenzen also die Stegelemente unmittelbar aneinander. Gemäss dieses Ausführungsbeispiels trifft jedes strömende Fluidmolekül auf ein Stegelement auf, unter der idealisierenden Annahme, dass das Fluidmolekül entlang Hauptströmungsrichtung strömt. Jedes Stegelement stellt somit ein Hindernis für das strömende Fluidmolekül dar, sodass eine Ablenkung des Fluidmoleküls erfolgt, bevor es auf das Stegelement auftrifft. Daher trifft im Inneren des statischen Mischelements die Annahme nicht mehr zu, dass ein Fluidmolekül in Richtung der Hauptströmungsrichtung strömt. Durch die Ablenkung des Fluidmoleküls von der Hauptströmungsrichtung erfolgt eine Durchmischung des Fluidstroms. Daraus folgt, dass sich die Mischwirkung mit zunehmender Ablenkung von der Hauptströmungsrichtung verbessern sollte. Zunehmende Ablenkung der Fluidmoleküle von der Hauptströmungsrichtung bedeutet allerdings im Allgemeinen einen erhöhten Druckverlust.

[0016] Da es allgemein bekannt ist, dass der Druckverlust abnimmt, wenn der durchströmte Querschnitt möglichst frei von Hindernissen ist, erscheint es nahelegend, Hindernisse in der Strömung zu vermeiden, um

den Druckverlust zu reduzieren. Zu erwarten wäre dann aber eine schlechtere Durchmischung nach gleicher Mischstrecke, weil nach bisheriger Auffassung Fluidelemente die so entstehenden Spalte durchströmen, ohne wesentlich abgelenkt zu werden, das heisst, im Wesentlichen der Hauptströmungsrichtung folgen, ohne sich mit anderen Fluidmolekülen zu vermischen. Überraschenderweise lassen sich Anordnungen von Stegelementen gemäss Fig. 2 finden, für welche diese Aussage nicht zutrifft. Ein erfindungsgemässes statisches Mischelement 2 zum Einbau in einen Hohlkörper 10 enthält eine Mehrzahl von Stegelementen. Ein erstes Stegelement 3 und ein drittes Stegelement 13 sind relativ zu einem zweiten Stegelement 4 und einem vierten Stegelement 14 kreuzweise angeordnet. Das erste Stegelement 3 und das dritte Stegelement 13 bilden eine erste Anordnung 21 von Stegelementen. Das zweite Stegelement 4 und das vierte Stegelement 14 bilden eine zweite Anordnung 31 von Stegelementen.

[0017] Ein Stegelement kann beispielsweise als Rohr oder als platten-, scheiben- oder balkenförmiges Element ausgestaltet sein. Der Querschnitt des Stegelements kann kantenfrei sein, z.B. einen kreisförmigen oder elliptischen Querschnitt aufweisen. Der Querschnitt kann Kanten enthalten, das heisst beispielsweise einen rechteckigen oder rautenförmigen Querschnitt aufweisen. Die Verbindungslinien zwischen den Kanten können gerade oder gekrümmt, insbesondere konvex oder konkav sein, was beispielsweise in der EP 1 305 108 B1 verwirklicht ist. Ein Stegelement kann zumindest abschnittsweise aus der zugehörigen Anordnung herausragen, beispielsweise eine gewellte Struktur aufweisen. In diesem Fall ist die vorgehend beschriebene Ebene der Anordnung als eine mittlere Ebene zu verstehen.

[0018] Weiter können die Stegelemente auch in Richtung einer Anordnung d.h. in der entsprechenden Ebene oder parallel zur mittleren Ebene, eine unregelmässige Struktur aufweisen, z.B. eine wellige Oberfläche. Die Breite H der Stegelemente ist in diesem Fall definiert als die über die Steglänge gemittelte Breite der Stegelemente. Innerhalb einer Anordnung brauchen die einzelnen Stegelemente auch nicht parallel zueinander zu verlaufen, sondern sie können gegenüber den anderen Stegelementen der selben Anordnung einen Winkel aufweisen.

[0019] Der überraschende Effekt der Erfindung tritt bei jedem der angeführten Stegelementquerschnitte und jeder der Stegelementformen auf, ist also weitgehend unabhängig vom Querschnitt und der Form des Stegelements. Projiziert man die beiden Anordnungen 21 und 31 auf eine Ebene, die normal zur Hauptströmungsrichtung liegt, also normal zur Längsachse 8 des umhüllenden Hohlkörpers 10, so liegen die Stegelemente der Anordnungen 21 und 31 nach Fig. 1 in der Projektion bündig aneinander, das heisst, es sind zwischen den derart projizierten Stegelementen keine Zwischenräume sichtbar. Nimmt man dieselbe Projektion hingegen bei einem der Ausführungsbeispiele gemäss Fig. 2 bis Fig. 4 vor, so

gibt es derartige Zwischenräume zwischen den Stegelementen.

[0020] Fig. 2 zeigt einen Radialschnitt durch einen Hohlkörper 10, in welchen genau diese Projektionen der Stegelemente 3,13 bzw. der Stegelemente 4,14 gezeigt sind. Die Stegelemente weisen in dieser Darstellung die Breite (H) auf und haben einen Abstand (a) voneinander, wobei die Breiten (H) und die Abstände (a) benachbarter Stegelemente nach diesem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel gleich sind. Der überraschende Effekt der Erfindung tritt auch auf, wenn die Abstände (a) und/oder die Breiten (H) sich voneinander unterscheiden.

[0021] Fig. 3 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Mischelements. Eine Mehrzahl von Stegelementen bildet dabei eine Anordnung von Stegelementen, wenn alle Stegelemente der Anordnung im Wesentlichen in derselben Ebene liegen, wie in Fig. 3 dargestellt, oder wenn alle Stegelemente in im Wesentlichen parallelen, aber in Richtung der Längsachse leicht versetzten Ebenen liegen, wie in Fig. 4 dargestellt. Eine Anordnung von Stegelementen besteht nach dem Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 3 aus zwei bzw. drei Stegelementen. In diesem Fall besteht die in einer Ebene 5 liegende erste Anordnung 21 von Stegelementen aus den zwei Stegelementen 3, 13. Die einer Ebene 6 liegende zweite Anordnung 31 von Stegelementen besteht aus den Stegelementen 4, 14, 24. Durch die ersten und zweiten Anordnungen werden zwei sich kreuzende Ebenen 5,6 aufgespannt. Die erste und die zweite Ebene 5,6 sind in einem Winkel zueinander angeordnet, sodass sich die in der ersten Ebene 5 liegenden Stegelemente mit den Stegelementen der zweiten Ebene 6 kreuzen, und eine Schnittlinie 7 ausbilden.

[0022] Für die auf den Durchmesser des Hohlkörpers bezogene relative Summe z der Breiten (H) der Stegelemente gilt gemäss Fig. 2:

$$z = \left(\sum_{i=1}^N H_i \right) / D$$

[0023] Sind die Breiten der Stegelemente alle gleich, gilt für z:

$$z = N \cdot H / D,$$

wobei N die Summe der Stegelemente der ersten Anordnung 21 und der zweiten Anordnung 31 ist. Vorzugsweise liegen die äussersten Stegelemente einer Anordnung an der Innenwand des Hohlkörpers an, oder weisen einen allenfalls nur geringen Abstand zur Innenwand auf.

[0024] Der Durchmesser des Hohlkörpers ist hier ins-

besondere für Hohlkörper mit kreisförmigem Querschnitt angegeben. Der Hohlkörper kann auch einen elliptischen, vieleckigen, insbesondere rechteckigen oder quadratischen Querschnitt haben. Anstatt des Durchmessers wird dann für z eine Breitenabmessung Db verwendet, für welche nachfolgende Beziehung gilt:

$$Db = \sum_{i=1}^N H_i + \sum_{i=1}^{N-1} a_i$$

oder, wenn die Breiten der Stegelemente und die Abstände jeweils gleich sind,

$$Db = N \cdot H + (N-1) \cdot a.$$

[0025] Für z gilt dann sinngemäss gleich wie oben:

$$z = N \cdot H / Db.$$

[0026] Die Breitenabmessung Db des Hohlkörpers entspricht im Wesentlichen der Breitenabmessung Db des Mischelements unter Vernachlässigung von Fertigungs- und Einbautoleranzen. Erfindungsgemäss ist in jedem Fall $z < 95\%$, vorzugsweise $z < 85\%$, insbesondere $z < 75\%$ besonders bevorzugt $z < 65\%$. Gleichzeitig beträgt erfindungsgemäss auch die Summe der auf eine Ebene senkrecht zur Hauptströmungsrichtung projizierten Flächen der Stegelemente zweier sich kreuzender Anordnungen in jedem Fall weniger als 95% der gesamten Querschnittsfläche der Ebene, vorzugsweise weniger als 85% der gesamten Ebene, insbesondere weniger als 75% der gesamten Ebene und besonders bevorzugt weniger als 65% der gesamten Ebene. Vorzugsweise beträgt die Anzahl N der Stegelemente minimal 4 und maximal 10. Nicht berücksichtigt sind in dieser Formel übliche Fertigungstoleranzen oder Einbautoleranzen. Wenn die Stegelemente die Innenwand des Hohlkörpers nicht berühren, lassen sich Ein- und Ausbau einer Mehrzahl von komplett vorgefertigten Mischelementen einfacher bewerkstelligen. Allfällige Wärmedehnungen des Mischelements können während des Betriebs weitgehend ungehindert erfolgen. Je nach strömendem Medium und konstruktiver Ausgestaltung des Mischelements können sich Totzonen in Randbereichen ausbilden, wenn die Stegelemente direkt mit der Innenwand des Hohlkörpers verbunden sind. Auch aus diesem Grund kann es vorteilhaft sein, einen geringen Abstand zwischen der Innenwand des Hohlkörpers und zumindest einem Teil der Stegelemente vorzusehen, wie bereits in der EP 0 856 353 A1 dargelegt worden ist.

[0027] Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in Fig. 4

gezeigt. Abweichend von Fig. 3 liegen jetzt nicht alle Stegelemente (3, 13, 23) einer ersten Anordnung 21 in einer Ebene 5, sondern ein Teil der Stegelemente liegt in einer im Wesentlichen parallelen, aber in Richtung der Längsachse zumindest leicht verschobenen Ebene 5'.

[0028] In einer aufwendigen Studie wurden die geometrischen Parameter, die das statische Mischelement beschreiben, systematisch variiert und die resultierenden Eigenschaften des Mischers bezüglich Druckverlust und Mischeffizienz bewertet.

[0029] Damit statische Mischer unterschiedlicher Länge bezüglich Druckverlust miteinander verglichen werden können, wurde bei der Optimierung der Druckverlust pro Mischerlänge berechnet.

[0030] Die Mischgüte in einer Ebene A wird mittels des Variationskoeffizienten CoV beschrieben. Er ist definiert als die Standardabweichung der Konzentrationsverteilung in A normiert mit dem Mittelwert der Konzentration $\bar{c}$ in A.

$$CoV = \frac{\sqrt{\frac{1}{A} \int_A (c - \bar{c})^2 dA}}{\bar{c}}$$

$$\bar{c} = \frac{1}{A} \int_A c dA$$

[0031] Bei besserer Mischung wird der CoV kleiner. Zum Vergleich unterschiedlicher Mischer wurde die Reduktion des Variationskoeffizienten CoV über eine vorgegebene Mischerlänge bei gleicher Verteilung und deswegen auch gleichem CoV vor den Mischern bestimmt; der Mischer, der nach der vorgegebenen Länge ein kleineres CoV aufweist, mischt also intensiver oder besser.

[0032] Das Ergebnis dieser Studie zeigt, dass Mischelemente signifikant günstigere Eigenschaften aufweisen, welche zwischen den sich kreuzenden Stegelementen einen Abstand (a) aufweisen. Der Abstand (a) ist bevorzugt ungefähr von gleicher Grösse wie die Breite (H) der Stegelemente. Hierdurch kann bei gleicher und/oder verbesserter Mischgüte nach vorgegebener Länge der Druckverlust bei gleichem Durchsatz und Strömungsquerschnitt gegenüber dem Stand der Technik wesentlich reduziert werden. Eine Reduktion um 2/3 des Druckverlustes bei gleicher Mischgüte oder sogar besser ist möglich.

[0033] In Figur 5 ist das Resultat dieser Studie bezüglich dem Druckverlust pro Mischerlänge und der Mischgüte nach vorgegebener Mischerlänge des erfindungsgemässen Mischelementes in unterschiedlichen Ausführungsvarianten im Vergleich mit dem Stand der Technik gemäss CH 642 564 dargestellt. Hierbei ist auf der Abszisse der Druckverlust relativ zum Druckverlust des Standes der Technik und auf der Ordinate die Mischgüte

nach vorgegebener Mischerlänge relativ zur Mischgüte des Standes der Technik nach derselben Mischerlänge aufgetragen. Der einzelne Punkt 19 entspricht dem Wertepaar für relativen Druckverlust und Mischgüte gemäss des Standes der Technik. In der Darstellung wurde dieses Wertepaar auf (1,1) normiert, demnach liegt der relative Druckverlust gemäss der Erfindung zwischen 20 und 80% des Druckverlusts gemäss Stand der Technik. Der CoV nach vorgegebener Mischerlänge liegt zwischen 75% und 125% des Wertes gemäss Stand der Technik. Der Verlauf des Graphen 20 zeigt somit deutlich, dass trotz des wesentlich geringeren Druckverlusts sogar eine bedeutende Verbesserung der Mischgüte, insbesondere ein CoV zwischen 75 und 100% erzielbar ist. Dazu sei hier nochmals vermerkt, dass ein kleinerer CoV entsprechend der obigen Definition für eine bessere Mischgüte steht. Durch geeignete Auslegung kann der relative Druckverlust um mehr als 2/3 des Druckverlustes des Standes der Technik reduziert werden. Bei anderen Varianten kann die Mischgüte nach vorgegebener Mischerlänge um bis zu 20% gegenüber dem Stand der Technik gemäss CH 642 564 verbessert werden, wobei gleichzeitig eine Reduktion des Druckverlusts auf über 50% gegenüber der mit dem Mischer gemäss der CH 642 564 erzielbar ist. Das in Figur 3 abgebildete Mischelement entspricht im Diagramm einem Punkt mit rund 60% geringerem Druckverlust als der Stand der Technik des bei gleichzeitig 20% besserer Mischgüte nach gleicher Mischerlänge.

[0034] Nach den Ausführungsbeispielen gemäss Fig. 3 und 4 sind zumindest teilweise Abstandselemente (15,16) zwischen benachbarten Stegelementen angeordnet. Mittels der Abstandselemente kann die Montage der Stegelemente ermöglicht oder vereinfacht werden. Zudem können die Abstandselemente der Erhöhung der Stabilität des statischen Mischelements dienen. Abstandselemente können dabei separate Bauteile sein, die mit den Stegelementen beispielsweise durch Schweißen verbunden werden können, oder auch in Form von lokalen Verdickungen oder Verbreiterungen ausgeführt sein. Ein Beispiel für eine derartige Verbreiterung im wandnahen Bereich des Stegelements ist in Fig. 6 dargestellt.

[0035] Fig. 6 zeigt ein Detail eines Kreuzungsbereichs von zwei Stegelementen 3,4 mit Abstandselementen 15, 16 in Form von lokalen Verdickungen und Verbreiterungen. Diese Verdickungen dienen der Verbindung der zwei Stegelemente miteinander. Die Verdickungen sind im Wesentlichen auf den Kreuzungsbereich beschränkt. Da die Verdickung 16 nur eine lokale Verbindung der Stegelemente darstellt, hat sie auf die Strömung allenfalls geringen Einfluss.

Patentansprüche

1. Statisches Mischelement welches eine Breitenabmessung Db aufweist und zum Einbau in einen Hohl-

körper (10) mit im wesentlichen gleicher Breitenabmessung Db geeignet ist, durch dessen Längsachse eine Hauptströmungsrichtung bestimmt ist, wobei das statische Mischelement aus einer ersten Anordnung (21) und einer zweiten Anordnung (31) besteht, die wobei die erste Anordnung (21) zumindest ein erstes Stegelement (3) aufweist und die zweite Anordnung (31) zumindest ein zweites Stegelement (4) aufweist, wobei zumindest eines der ersten und zweiten Stegelemente als ein platten-, scheiben- oder balkenförmiges Element ausgebildet ist, wobei die erste Anordnung (21) kreuzweise zu der zweiten Anordnung (31) angeordnet ist und die erste Anordnung (21) und die zweite Anordnung (31) einen Winkel ungleich 0° zur Hauptströmungsrichtung einschliessen und die erste Anordnung (21) mit der zweiten Anordnung (31) einen Winkel grösser 0° einschliesst **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Projektion der ersten Anordnung (21) und der zweiten Anordnung (31) auf eine Projektionsebene, die normal zur Hauptströmungsrichtung liegt, zwischen dem ersten Stegelement (3) und dem zweiten Stegelement (4) zumindest teilweise Zwischenräume liegen.

2. Statisches Mischelement nach Anspruch 1, wobei das erste Stegelement (3) benachbart zum zweiten Stegelement (4) angeordnet ist.
3. Statisches Mischelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Stegelement (3) und das zweite Stegelement (4) eine anströmseitige Oberfläche aufweisen und eine abströmseitige Oberfläche aufweisen und die anströmseitige Oberfläche durch eine erste Längskante, eine zweite Längskante, eine erste Breitenkante und eine zweite Breitenkante begrenzt ist.
4. Statisches Mischelement nach Anspruch 3, wobei die erste Längskante von der zweiten Längskante einen Abstand hat, der eine Breite des Stegelements definiert, gemessen in einer Normalebene zur Hauptströmungsrichtung.
5. Statisches Mischelement nach Anspruch 4, wobei sich die Breite des Stegelements, die durch eine erste Normalebene bestimmt ist, von der Breite eines Stegelements, die durch eine zweite Normalebene bestimmt ist, unterscheidet, wobei die erste Normalebene ungleich der zweiten Normalebene ist.
6. Statisches Mischelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen der rechten Längskante des ersten Stegelements und der linken Längskante des zweiten Stegelements auch in der Projektion auf eine Normalebene zur Hauptströmungsrichtung ein Schlitz bestehen bleibt.

7. Statisches Mischelement nach Anspruch 6, welches eine Oberfläche aufweist, die gewellt ist, sodass der Schlitz eine variable Schlitzbreite aufweist.
8. Statisches Mischelement nach einem der Ansprüche 3 bis 7, wobei zumindest eine der ersten oder zweiten Längskanten eine Krümmung aufweist. 5
9. Statisches Mischelement nach Anspruch 8, wobei die Krümmung konvex oder konkav ist. 10
10. Statisches Mischelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest ein Stegelement zumindest abschnittsweise aus der zugehörigen Anordnung herausragt. 15
11. Statisches Mischelement nach Anspruch 10, wobei das Stegelement eine gewellte Struktur aufweist.
12. Statisches Mischelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die abströmseitige Oberfläche im wesentlichen parallel zur anströmseitigen Oberfläche ist. 20
13. Statisches Mischelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die anströmseitige Oberfläche einen Abstand von der abströmseitigen Oberfläche aufweist, welcher eine Dicke des Stegelements definiert. 25
14. Statisches Mischelement nach einem der Ansprüche 4 bis 13, wobei jedes der Stegelemente eine mittlere Breite H aufweist, wobei die mittlere Breite der Mittelwert aus einer durch verschiedene Normalebenen bestimmten Breite ist und die relative Summe z der mittleren Breiten H der Stegelemente gemessen in Richtung der Breitenabmessung Db des Mischelements kleiner als 95% der Breitenabmessung Db des Mischelements ist. 30 35
15. Statisches Mischelement nach Anspruch 1, wobei die Hauptströmungsrichtung in Richtung der Längsachse eines Hohlkörpers liegt, in welchem das Mischelement aufgenommen ist. 40 45

50

55

Fig.1

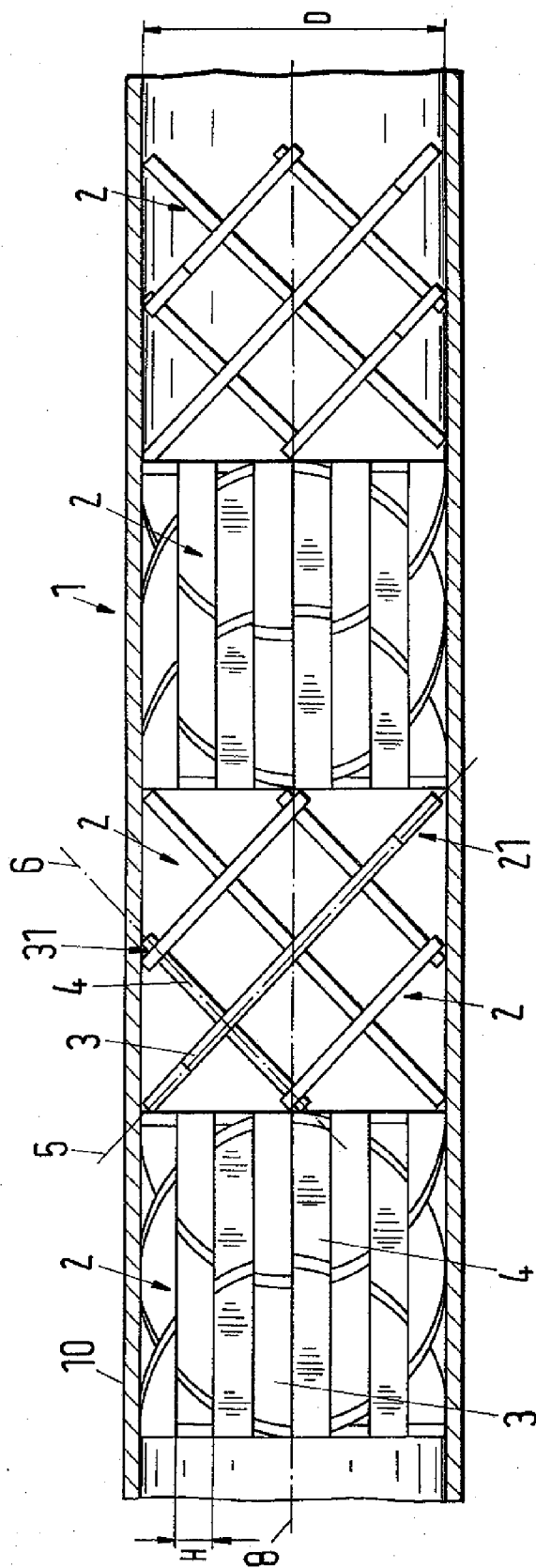
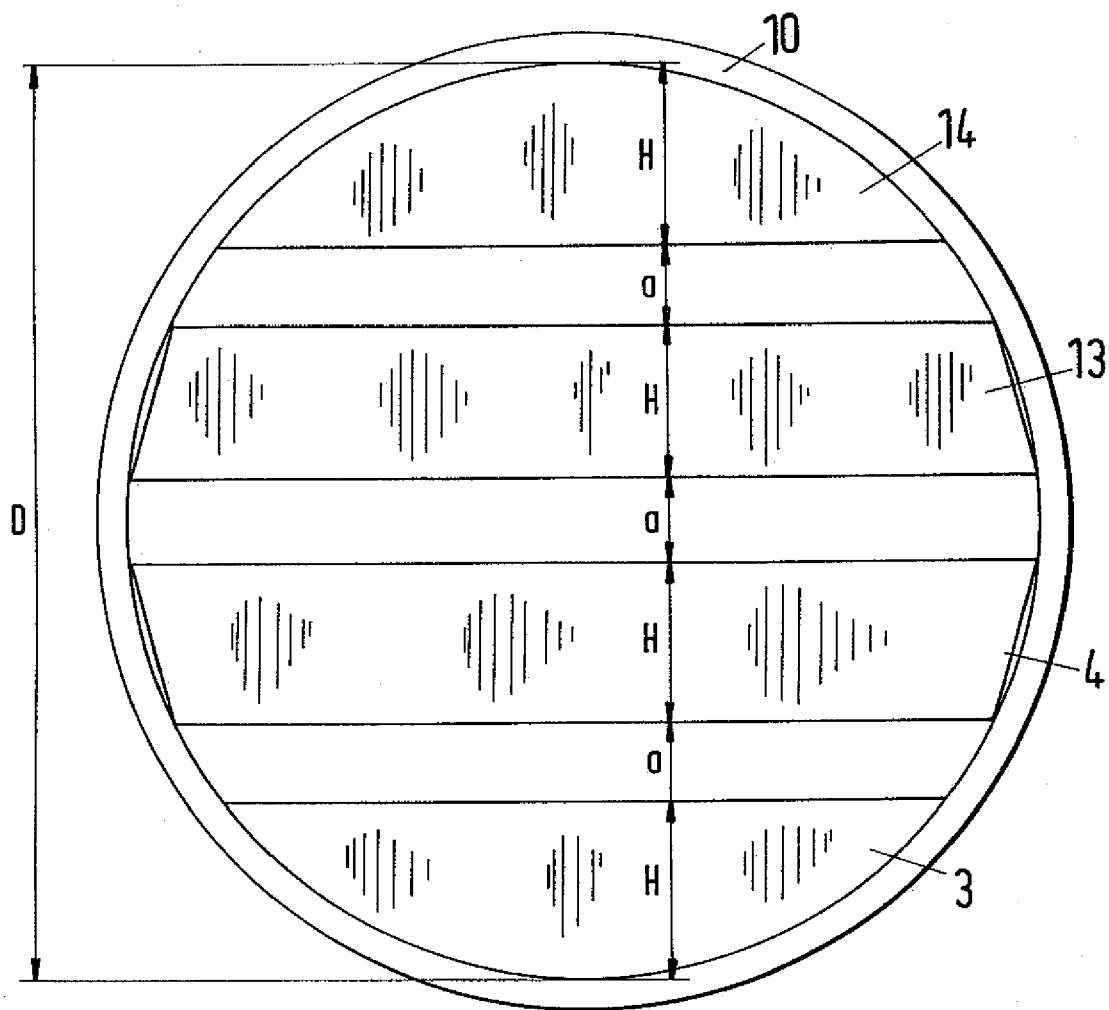


Fig.2



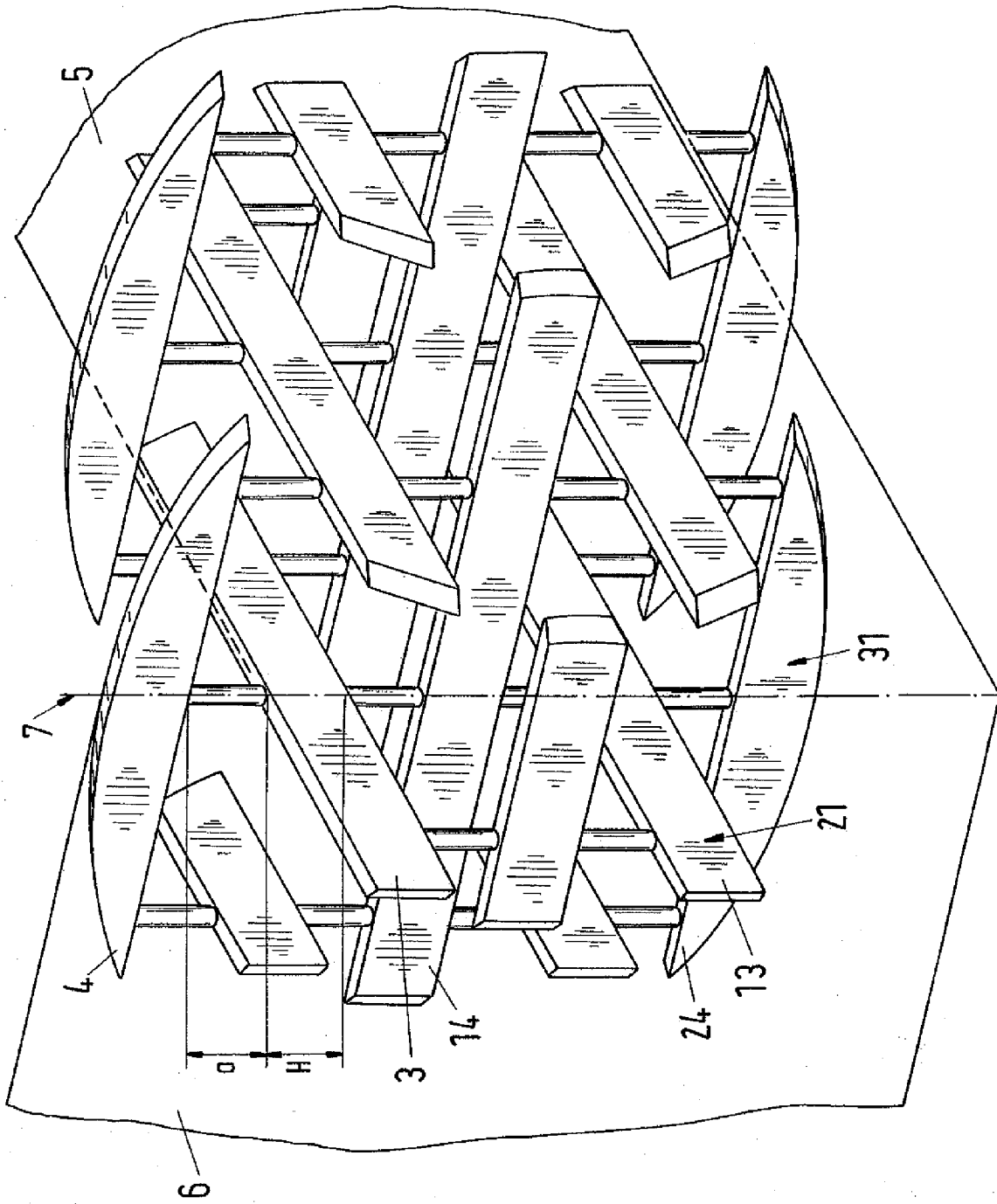


Fig.3

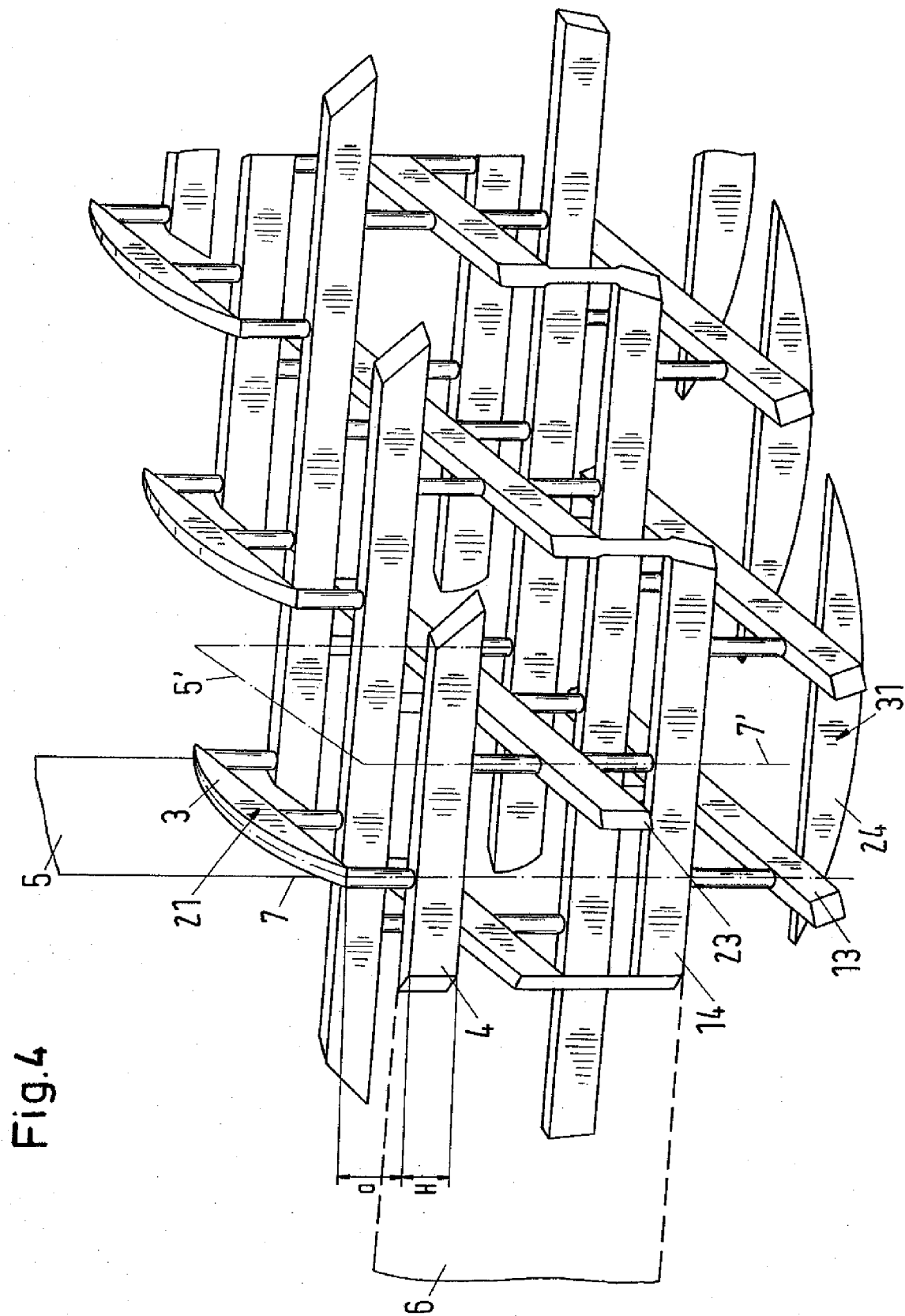


Fig. 5

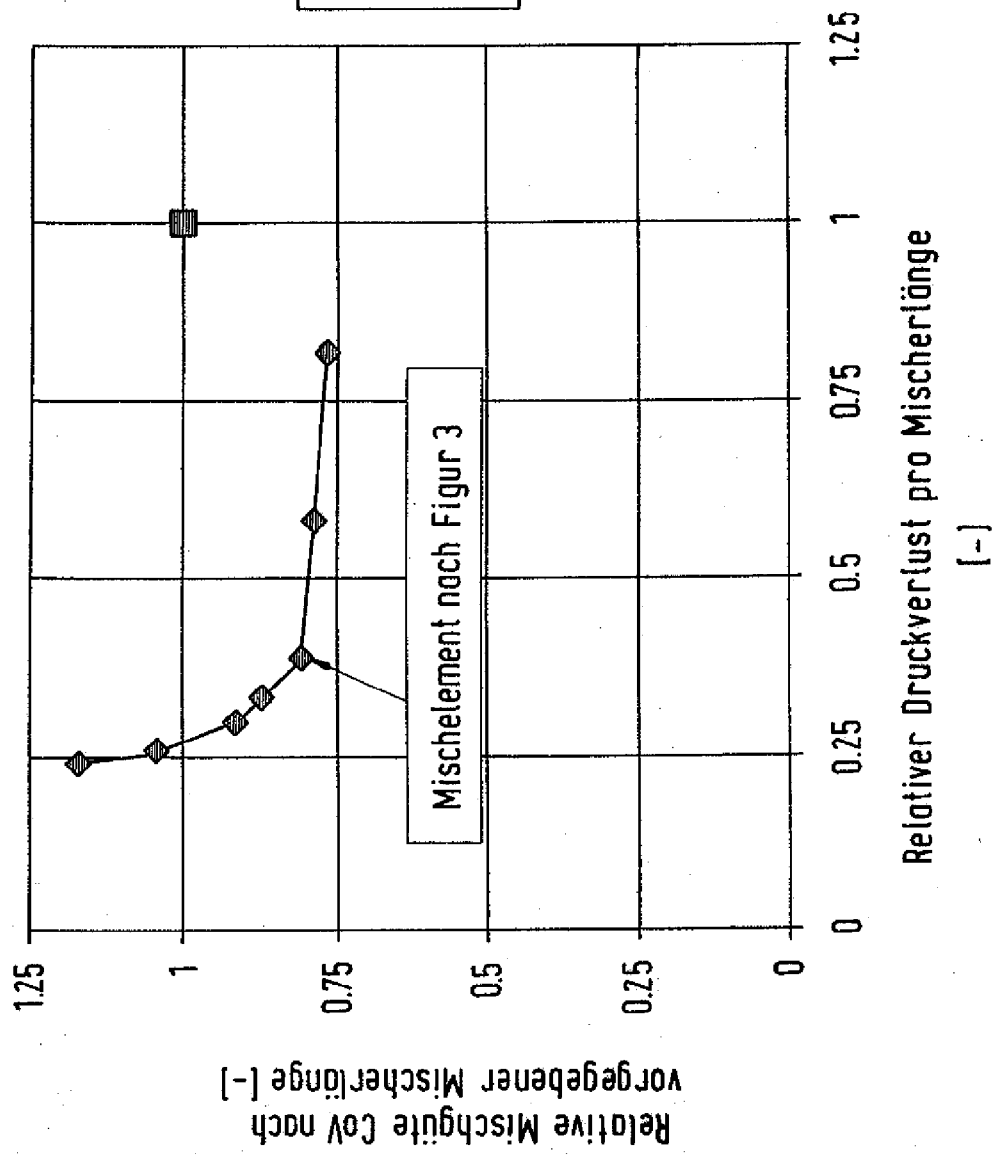
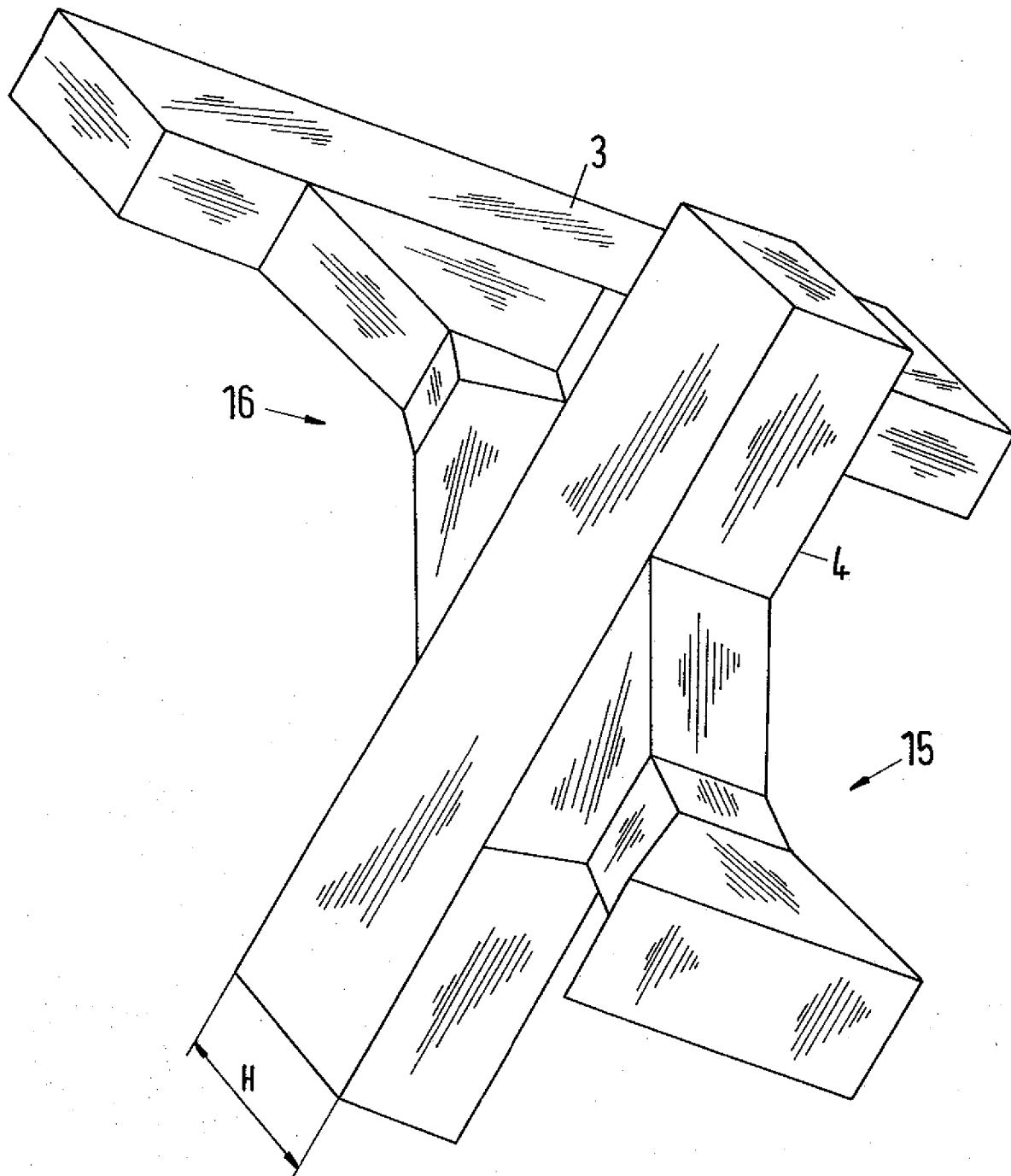


Fig.6



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- CH 642564 [0002] [0003] [0005] [0014] [0033]
- DE 4428813 [0003]
- EP 0856353 A1 [0004] [0026]
- US 6467949 B1 [0005]
- EP 1305108 B1 [0017]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- M.HENICHE ; P.A.TANGUY ; M.F.REEDER ; J.B.FASANO. *AIChE Journal*, Januar 2005, vol. 51 (1 [0005])
- S.LIU. *PhD Thesis*, 2005 [0005]