



(11) **EP 2 158 027 B2**

(12) **NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**  
Nach dem Einspruchsverfahren

- (45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**27.04.2016 Patentblatt 2016/17**
- (45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**09.11.2011 Patentblatt 2011/45**
- (21) Anmeldenummer: **08760786.7**
- (22) Anmeldetag: **10.06.2008**
- (51) Int Cl.: **B01F 5/06** (2006.01) **B01F 3/10** (2006.01)
- (86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2008/057226**
- (87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2009/000642 (31.12.2008 Gazette 2009/01)**

(54) **STATISCHES MISCHELEMENT**  
STATIC MIXING ELEMENT  
ÉLÉMENT DE MÉLANGE STATIQUE

- (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**
- (43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**03.03.2010 Patentblatt 2010/09**
- (60) Teilanmeldung:  
**10182884.6 / 2 277 620**
- (73) Patentinhaber: **Sulzer Chemtech AG**  
**8404 Winterthur (CH)**
- (72) Erfinder:
  - **HIRSCHBERG, Sebastian**  
**CH-8408 Winterthur (CH)**
  - **SCHOECK, Joachim**  
**CH-8400 Winterthur (CH)**
  - **FLEISCHLI, Markus**  
**CH-8404 Winterthur (CH)**
- **MOSER, Felix**  
**CH-8413 Neftenbach (CH)**
- (74) Vertreter: **Manitz, Finsterwald & Partner GbR**  
**Martin-Greif-Strasse 1**  
**80336 München (DE)**
- (56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 070 915 EP-A- 0 856 353**  
**EP-A- 1 123 730 EP-A1- 0 226 879**  
**EP-A1- 0 727 249 EP-A1- 0 856 353**  
**EP-A2- 0 154 013 EP-A2- 1 123 730**  
**CH-A5- 642 564 DE-A1- 2 328 795**  
**US-A1- 2004 125 691 US-B1- 6 467 949**
- **M. HENICHE ET AL.:** 'Numerical Investigation of Blade Shape in Static Mixing' AICHE JOURNAL Bd. 51, Nr. 1, Januar 2005, Seiten 44 - 58
- **S. HIRSCHBERG ET AL.:** 'An improvement of the Suizer SMX static mixer significantly reducing the pressure drop' 13TH EUROPEAN CONFERENCE ON MIXING 17 April 2009,

**EP 2 158 027 B2**

## 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]** Aus der EP1 123 730 A2 ist ein statischer Mischer bekannt, der einen Mischereinsatz aufweist, der aus drei oder vier gegeneinander um die Strömungsrichtung verdrehten Gittern paralleler Stege besteht. Mit Hilfe des dritten Gitters können die Stege eines Gitters durch die Stege der anderen Gitter in ihrer Position gehalten werden, ohne dass sie miteinander verbunden werden müssen. Daher ist kein zusätzlicher Aufwand für das Zusammenschweissen der Stege erforderlich.

**[0004]** 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.

**[0005]** 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.

**[0006]** 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 statischen 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% reduziertem 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.

**[0007]** 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.

**[0008]** 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.

**[0009]** Diese Aufgabe wird durch das in der Folge definierte statische Mischelement gelöst.

**[0010]** Ein erfindungsgemässes statisches Mischelement ist gemäss Anspruch 1 ausgeführt.

**[0011]** Die weiteren Merkmale betreffen vorteilhafte Ausführungsformen des statischen Mischelements, sowie eines statischen Mixers, welcher das erfindungsgemässe Mischelement enthält

**[0012]** 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 betra-

gen. 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 ( $\Sigma H_i$ ) 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.

**[0013]** 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.

**[0014]** Die bevorzugte Verwendung eines statischen Mischelements nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele erfolgt für laminar strömende Medien, insbesondere Polymerschmelzen oder andere hochviskose Fluide.

**[0015]** 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.

**[0016]** 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, so dass 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 ströme. 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.

**[0017]** Da es allgemein bekannt ist, dass der Druckverlust abnimmt, wenn der durchströmte Querschnitt möglichst frei von Hindernissen ist, erscheint es naheliegend, 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 Mehr-

zahl 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.

**[0018]** 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.

**[0019]** 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.

**[0020]** 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.

**[0021]** 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.

**[0022]** Fig. 3 zeigt ein 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 in 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.

**[0023]** Für die auf den Durchmesser des Hohlkörpers bezogene relative Summe z der Breiten (H) der Stegelemente gilt gemäss Fig. 2:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^N H_i}{D}$$

**[0024]** 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.

**[0025]** Der Durchmesser des Hohlkörpers ist hier insbesondere 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  $D_b$  verwendet, für welche nachfolgende Beziehung gilt:

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

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

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

[0026] Für  $z$  gilt dann sinngemäss gleich wie oben:

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

[0027] 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.

[0028] 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'.

[0029] 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.

[0030] Damit statische Mischer unterschiedlicher Länge bezüglich Druckverlust miteinander verglichen werden können, wurde bei der Optimierung der Druckverlust pro Mischerlänge berechnet.

[0031] 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.

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

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

[0032] 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.

[0033] 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 odersogar besser ist möglich.

[0034] 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.

**[0035]** 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.

**[0036]** 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 Hohlkörper (10) mit im wesentlichen gleicher Breitenabmessung  $Db$  geeignet ist, welches eine Mehrzahl von Stegelementen enthält, wobei das statische Mischelement aus einer ersten Anordnung (21), welche zumindest ein erstes Stegelement (3) enthält, und einer zweiten Anordnung (31), welche zumindest ein zweites Stegelement (4) enthält, besteht und die erste Anordnung (21) zur zweiten Anordnung (31) kreuzweise angeordnet ist, wobei die erste Anordnung (21) und die zweite Anordnung (31) einen Winkel ungleich  $0^\circ$  zur Hauptströmungsrichtung einschliessen und die erste Anordnung mit der zweiten Anordnung einen Winkel grösser  $0^\circ$  einschliesst, und bei Projektion der ersten Anordnung (21) und der zweiten Anordnung (31) auf eine Projektionsebene, die normal zur Hauptströmungsrichtung liegt, zwischen zueinander benachbarten Stegelementen zumindest teilweise Zwischenräume liegen, wobei

jedes der Stegelemente eine Breite  $H$  aufweist und die relative Summe  $z$  der Breiten  $H$  der Stegelemente gemessen in Richtung der Breitenabmessung  $Db$  des Mischelements kleiner als 95% der Breitenabmessung  $Db$  des Mischelements ist, und wobei durch die erste Anordnung (21) und die zweite Anordnung (31) eine Schnittlinie (7) ausgebildet wird, in deren Nähe ein Abstandselement (15,16) angeordnet ist.

2. Statisches Mischelement nach Anspruch 1, wobei die Hauptströmungsrichtung in Richtung der Längsachse eines Hohlkörpers liegt, in welchem das Mischelement aufgenommen ist.

3. Statisches Mischelement nach Anspruch 1, wobei das Abstandselement (15,16) als eine lokale Verdickung oder Verbreiterung zumindest eines Stegelements ausgebildet ist.

4. Statisches Mischelemente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Anzahl der Stegelemente in der Projektionsebene 4 bis 10 beträgt.

5. Statisches Mischelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens 2 Stegelemente pro Anordnung vorgesehen sind.

6. Statisches Mischelement nach Anspruch 5, wobei das erste und das dritte Stegelement (3,13) Teil der in einer ersten Ebene (5) liegenden ersten Anordnung (21) von Stegelementen sind und das zweite und das vierte Stegelement (4,14) Teil der in einer zweiten Ebene (6) liegenden zweiten Anordnung (31) von Stegelementen (4,14,24) sind.

7. Statisches Mischelement nach Anspruch 5, wobei zumindest ein Teil der Stegelemente der ersten Anordnung (21) in einer dritten Ebene (5') angeordnet sind, die zu der ersten Ebene (5) versetzt angeordnet ist und/oder zumindest ein Teil der Stegelemente der zweiten Anordnung (31) in einer vierten Ebene angeordnet sind, wobei die vierte Ebene zu der zweiten Ebene (6) versetzt angeordnet ist.

8. Statisches Mischelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  $z$  kleiner als 85%, insbesondere kleiner als 75%, besonders bevorzugt kleiner als 65% ist.

9. Statische Mischvorrichtung (1) umfassend ein statisches Mischelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, sowie einen Hohlkörper (10) oder eine Hülse, um das statische Mischelement aufzunehmen.

10. Statische Mischvorrichtung nach Anspruch 11, wobei das statische Mischelement am Hohlkörper (10)

oder der Hülse befestigt ist.

11. Statische Mischvorrichtung nach Anspruch 12, wobei das statische Mischelement und der Hohlkörper (10) oder die Hülse aus einem einzigen Bauteil bestehen.
12. Statische Mischvorrichtung nach Ansprüchen 10 oder 11, wenn von Ansprüchen 1 oder 7 abhängig, wobei das statische Mischelement im Bereich des Schnittpunkts der ersten Ebene (5) mit der zweiten Ebene (6) und/oder im Bereich zumindest eines Teils der Enden der Stegelemente an der Innenwand des Hohlkörpers oder der Hülse befestigt ist.
13. Verwendung eines statischen Mischelements nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Vermischen oder in Kontakt bringen von Medien, wobei mindestens eines davon ein laminar strömendes Medium, insbesondere eine Polymerschmelze oder anderes hochviskoses Fluid, ist.

#### Claims

1. A static mixing element having a width  $D_b$  for installation into a hollow body (10) having a width substantially equal to width  $D_b$  which includes a plurality of bar elements, whereby the static mixing element consists of a first arrangement (21) including at least one first bar element (3) which is arranged crossways to a second arrangement (31) including at least one second bar element (4), with the first arrangement (21) and the second arrangement (31) including an angle different from  $0^\circ$  to the main direction of flow and the first arrangement including an angle greater than  $0^\circ$  with the second arrangement, and intermediate spaces are disposed at least partly between mutually adjacent bar elements on the projection of the first arrangement (21) and of the second arrangement (31) onto a projection plane which is disposed normal to the main direction of flow whereby each of the bar elements is disposed with a width  $H$  and the relative sum  $z$  of the widths  $H$  of the bar elements measured in the direction of the width  $D_b$  of the mixing element is less than 95% of the width of the mixing element and wherein a line of intersection (7), in whose proximity a spacer element (15, 16) is arranged, is formed by the first arrangement (21) and the second arrangement (31).
2. A static mixing arrangement in accordance with claim 1, wherein the main direction of flow is disposed in the direction of the longitudinal axis of a hollow body in which the mixing element is received.
3. A static mixing arrangement in accordance with claim 1, wherein the spacer element (15, 16) is made

as a local thickened portion or widened portion of at least one bar element.

4. A static mixing arrangement in accordance with any one of the preceding claims, wherein the number of bar elements in the projection plane amounts to 4 to 10.
5. A static mixing arrangement in accordance with any one of the preceding claims, wherein at least 2 bar elements per arrangement are provided.
6. A static mixing arrangement in accordance with claim 5, wherein the first and the third bar elements (3, 13) are part of the first arrangement (21) of bar elements disposed in a first plane (21) and the second and the fourth bar elements (4, 14) are part of the second arrangement (31) of bar elements (4, 14, 24) disposed in a second plane (6).
7. A static mixing arrangement in accordance with claim 5, wherein at least some of the bar elements of the first arrangement (21) are arranged in a third plane (5') which is arranged offset to the first plane (5) and/or at least some of the bar elements of the second arrangement (31) are arranged in a fourth plane, with the fourth plane being arranged offset to the second plane (6).
8. A static mixing arrangement in accordance with any one of the preceding claims, wherein  $z$  is less than 95%, preferably less than 85%, in particular less than 75%, particularly preferably less than 65%.
9. A static mixing apparatus (1) comprising a static mixing element in accordance with any one of the preceding claims as well as a hollow body (10) or a sleeve to receive the static mixing element.
10. A static mixing apparatus in accordance with claim 11, wherein the static mixing element is fastened to the hollow body (10) or to the sleeve.
11. A static mixing apparatus in accordance with claim 12, wherein the static mixing element and the hollow body (10) or the sleeve consist of a single component.
12. A static mixing apparatus in accordance with claim 10 or claim 11, when dependent on claim 6 or claim 7, wherein the static mixing element is fastened to the inner wall of the hollow body or of the sleeve in the region of the point of intersection of the first plane (5) with the second plane (6) and/or in the region of at least some of the ends of the bar elements.
13. Use of a static mixing element in accordance with any one of the preceding claims for the mixing or

bringing into contact of media, with at least one thereof being a medium flowing in a laminar manner, in particular a polymer melt or another highly viscous fluid.

## Revendications

1. Élément de mélange statique qui présente une dimension en largeur  $D_b$  et qui convient pour le montage dans un corps creux (10) d'une dimension en largeur  $D_b$  sensiblement égale, qui comporte une pluralité d'éléments de barrette, où l'élément de mélange statique est constitué d'un premier agencement (21) qui contient au moins un premier élément de barrette (3) et d'un deuxième agencement (31) qui contient au moins un deuxième élément de barrette (4), et le premier agencement (21) est disposé en croix relativement au deuxième agencement (31), où le premier agencement (21) et le deuxième agencement (31) forment un angle non égal à  $0^\circ$  à la direction d'écoulement principale, et le premier agencement forme avec le deuxième agencement un angle supérieur à  $0^\circ$ , et lors de la projection du premier agencement (21) et du deuxième agencement (31) sur un plan de projection, qui est perpendiculaire à la direction d'écoulement principale, se trouvent entre des éléments de barrette avoisinants au moins en partie des espaces intermédiaires, où chacun des éléments de barrette présente une largeur  $H$ , et la somme relative  $z$  des largeurs  $H$  des éléments de barrette, mesurée dans la direction de la dimension en largeur  $D_b$  de l'élément de mélange, est plus petite que 95% de la dimension en largeur  $D_b$  de l'élément de mélange, et où est formée par le premier agencement (21) et le deuxième agencement (31) une ligne de coupe (7) au voisinage de laquelle est disposé un élément d'écartement (15, 16). 10
2. Élément de mélange statique selon la revendication 1, dans lequel la direction d'écoulement principale se situe dans la direction de l'axe longitudinal d'un corps creux dans lequel est reçu l'élément de mélange. 15
3. Élément de mélange statique selon la revendication 1, dans lequel l'élément d'écartement (15, 16) est réalisé sous forme d'épaississement ou d'élargissement local d'au moins un élément de barrette. 20
4. Élément de mélange statique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le nombre des éléments de barrette dans le plan de projection est de 4 à 10. 25
5. Élément de mélange statique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins deux 30
6. Élément de mélange statique selon la revendication 5, dans lequel le premier et le troisième élément de barrette (3, 13) font partie du premier agencement (21) d'éléments de barrette se situant dans un premier plan (5), et le deuxième et le quatrième élément de barrette (4, 14) font partie d'un deuxième agencement (31) d'éléments de barrette (4, 14, 24) situé dans un deuxième plan (6). 35
7. Élément de mélange statique selon la revendication 5, dans lequel au moins une partie des éléments de barrette du premier agencement (21) sont disposés dans un troisième plan (5') qui est décalé par rapport au premier plan (5) et/ou au moins une partie des éléments de barrette du deuxième agencement (31) sont disposés dans un quatrième plan, où le quatrième plan est décalé par rapport au deuxième plan (6). 40
8. Élément de mélange statique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel  $z$  est plus petit que 85%, en particulier plus petit que 75%, selon une préférence particulière plus petit que 65%. 45
9. Dispositif de mélange statique (1) comprenant un élément de mélange statique selon l'une des revendications précédentes, ainsi qu'un corps creux (10) ou une douille pour recevoir l'élément de mélange statique. 50
10. Dispositif de mélange statique selon la revendication 11, dans lequel l'élément de mélange statique est fixé au corps creux (10) ou à la douille. 55
11. Dispositif de mélange statique selon la revendication 12, dans lequel l'élément de mélange statique et le corps creux (10) ou la douille sont formés par un seul composant. 60
12. Dispositif de mélange statique selon les revendications 10 ou 11 dépendant des revendications 6 ou 7, où l'élément de mélange statique est fixé dans la zone de l'intersection du premier plan (5) avec le deuxième plan (6) et/ou dans la zone d'au moins une partie des extrémités des éléments de barrette à la paroi intérieure du corps creux ou de la douille. 65
13. Utilisation d'un élément de mélange statique selon l'une des revendications précédentes pour le mélange ou pour la mise en contact de milieux, où au moins l'un d'eux est un milieu s'écoulant d'une manière laminaire, en particulier une fonte de polymère ou un autre fluide hautement visqueux. 70

éléments de barrette sont prévus par agencement.

Fig.1

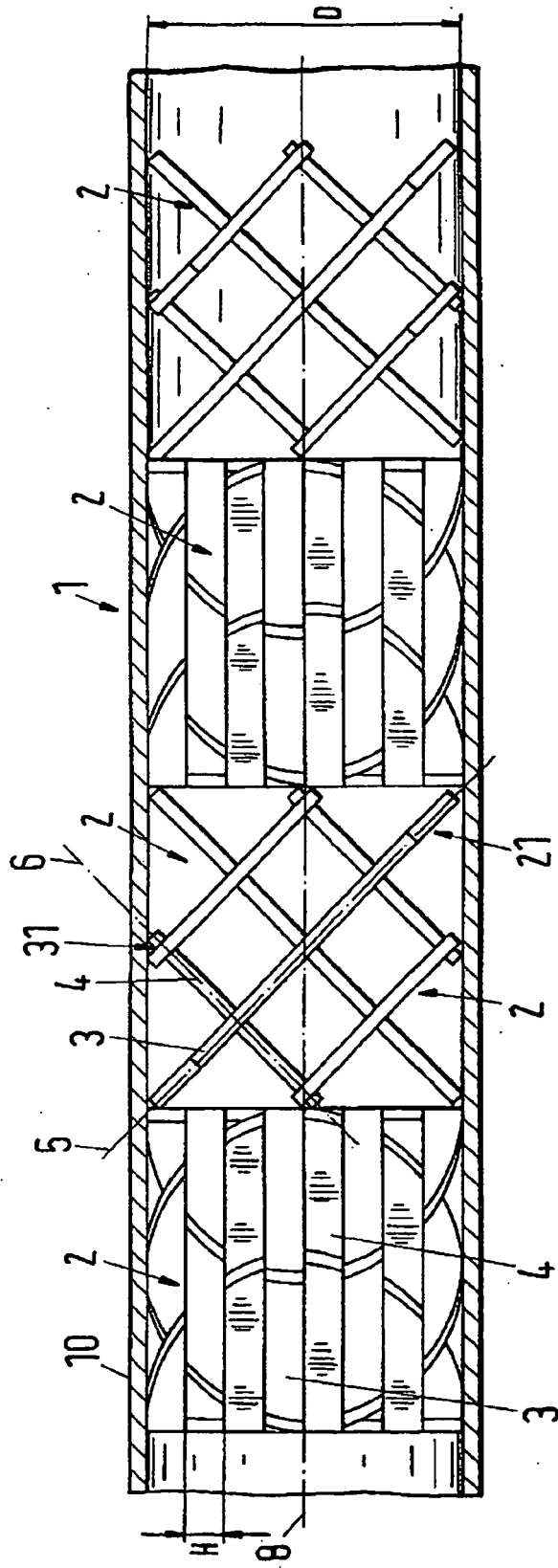


Fig.2

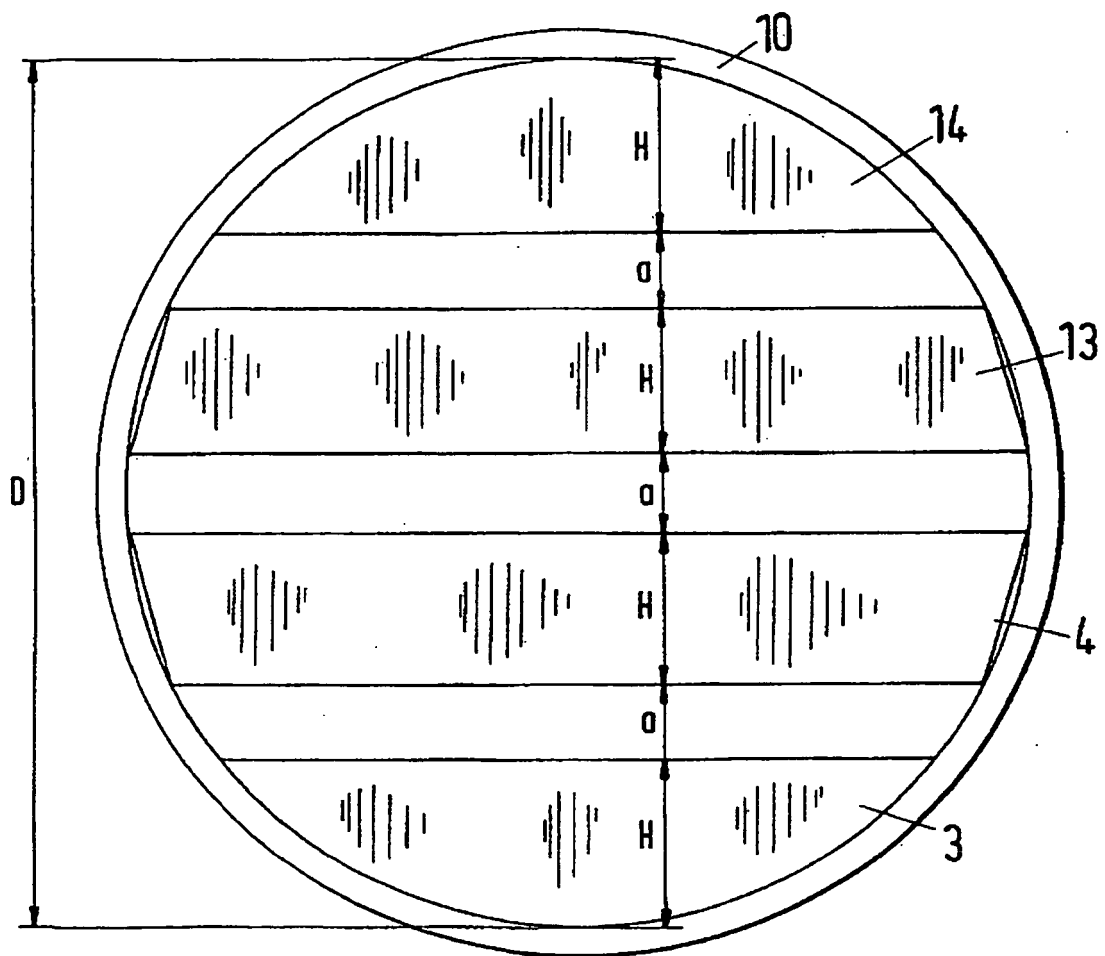




Fig.4

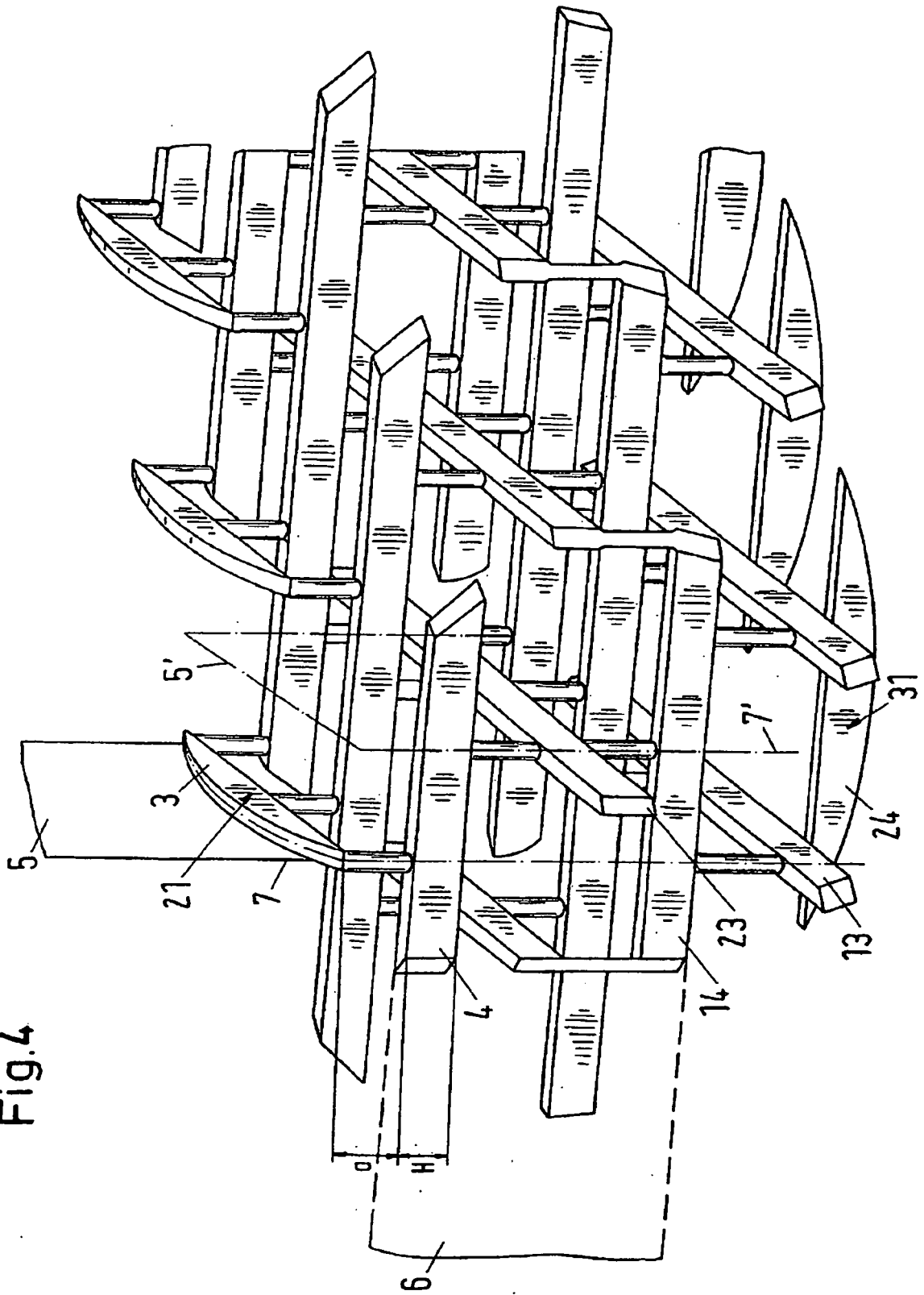


Fig.5

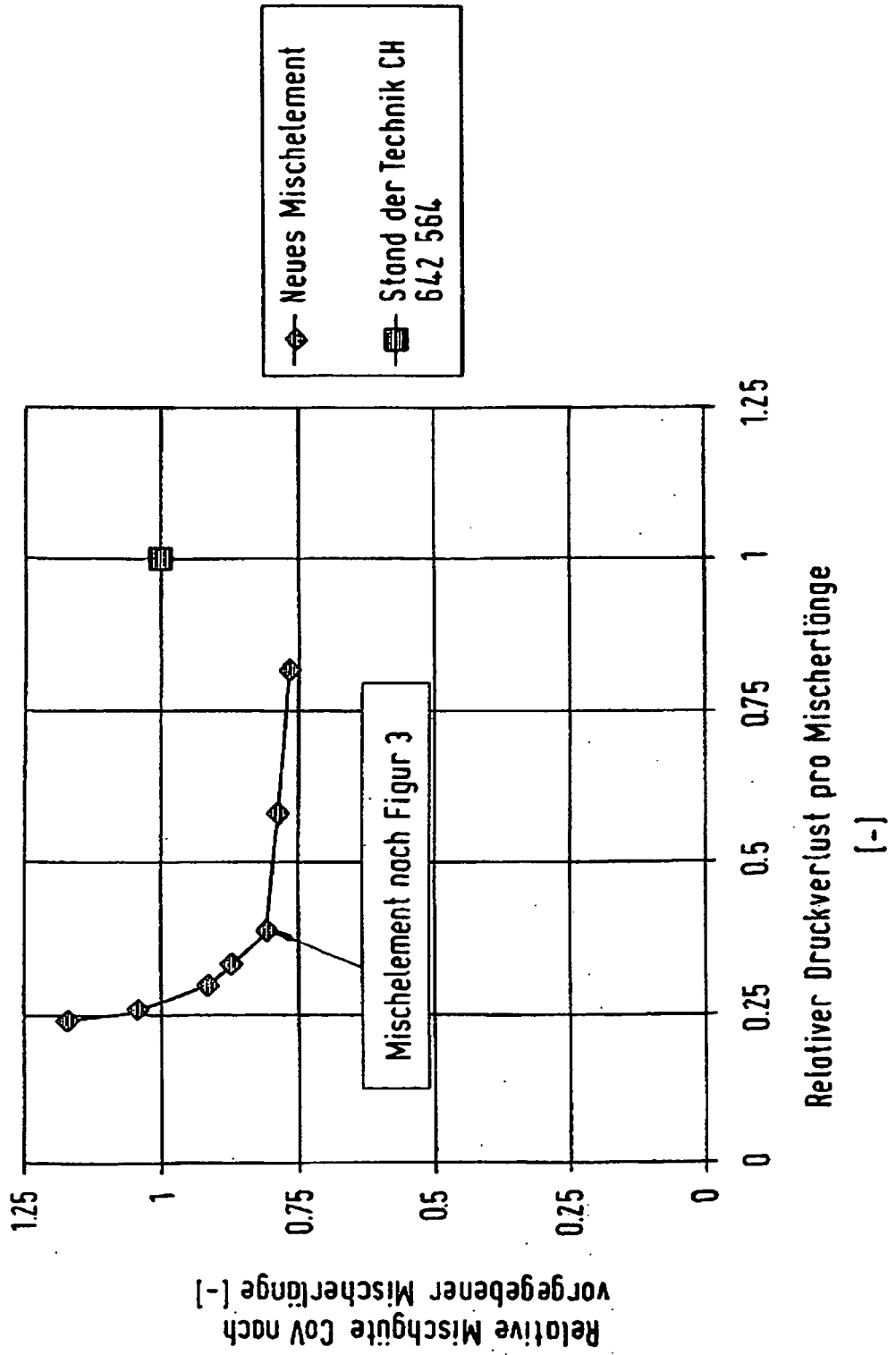
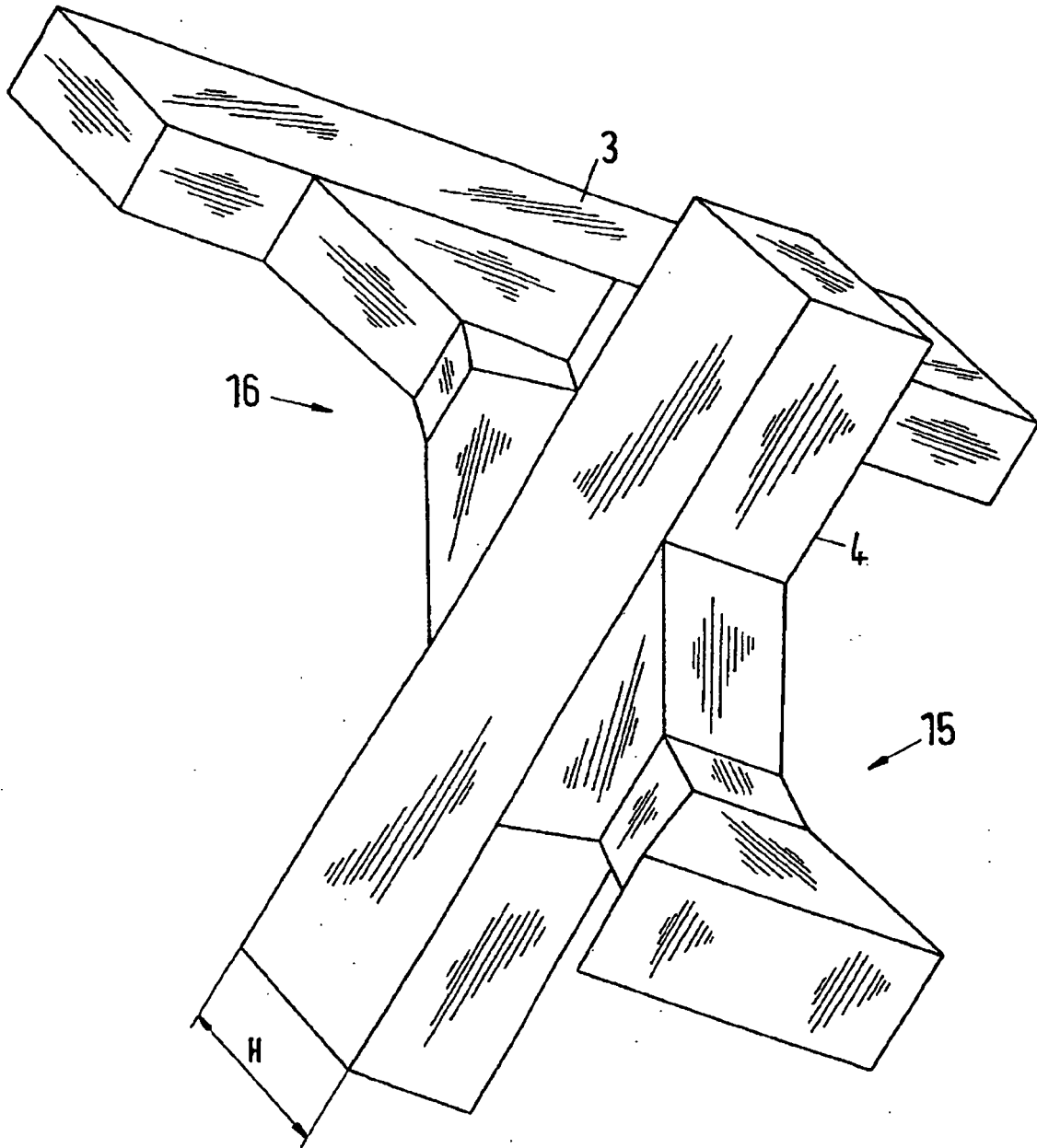


Fig.6



**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] [0004] [0006] [0034]
- EP 1123730 A2 [0003]
- DE 4428813 [0004]
- EP 0856353 A1 [0005] [0027]
- US 6467949 B1 [0006]
- EP 1305108 B1 [0018]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **M.HENICHE ; P.A.TANGUY ; M.F.REEDER ; J.B.FASANO.** *AICChE Journal*, Januar 2005, vol. 51 (1 [0006])
- **S.LIU.** *PhD Thesis*, 2005 [0006]