

(19)



(11)

EP 2 379 978 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.02.2014 Patentblatt 2014/07

(51) Int Cl.:
F28F 13/06 ^(2006.01) **B01F 5/06** ^(2006.01)
F28D 9/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09795934.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2009/009184

(22) Anmeldetag: **21.12.2009**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/069602 (24.06.2010 Gazette 2010/25)

(54) **ROTATIONSSYMMETRISCHER FLUIDVERTEILER**

ROTATIONALLY SYMMETRICAL FLUIDDISTRIBUTOR

DISTRIBUTEUR DE FLUIDES A SYMETRIE DE ROTATION

(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 MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR

- **BONGS, Constanze**
79102 Freiburg (DE)
- **HENNING, Hans-Martin**
79100 Freiburg (DE)

(30) Priorität: **19.12.2008 DE 102008063866**

(74) Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner GbR**
Patent- und Rechtsanwälte
Theresienhöhe 13
80339 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.10.2011 Patentblatt 2011/43

(73) Patentinhaber: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 157 849 FR-A- 983 419
GB-A- 900 656 JP-A- 59 129 391
US-A- 1 637 697 US-A- 4 363 552
US-A- 4 574 872 US-A- 5 408 943

(72) Erfinder:
• **HERMANN, Michael**
79100 Freiburg (DE)

- **DATABASE WPI Thomson Scientific, London, GB; AN 1985-241635 [39] XP002585471 & SU 1 144 715 A1 15. März 1985 (1985-03-15)**

EP 2 379 978 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Fluidverteiler sowie einen Apparat, der mindestens einen Fluidverteiler sowie einen daran angeordneten Wärme- und/oder Stofftauscher aufweist.

[0002] Fluidverteiler sind unter anderem aus der FR 983.419 bekannt. Auch Apparate zum Austausch von Wärme und/oder Stoffen zwischen unterschiedlichen Fluiden sind Stand der Technik. Zu ihnen zählen beispielsweise Plattenwärmetauscher, bei denen zahlreiche flache Fluidkanäle parallel zueinander angeordnet sind und dadurch eine große Austauschfläche bieten. Diese Bauart ist vor allem bei Luft-Luft-Wärmetauschern, die z.B. für die Wärmerückgewinnung eingesetzt werden, weit verbreitet. Dabei sind im Falle von zwei Fluiden A und B die Kanäle abwechselnd, also in der Abfolge ABABAB..., angeordnet. Eine besondere Herausforderung besteht darin, den Volumenstrom der Fluide aus den jeweiligen Zuleitungen gleichmäßig auf diese Kanäle zu verteilen. Gleichzeitig sollte dies strömungsgünstig erfolgen, so dass der Druckverlust möglichst gering bleibt. Beim Stand der Technik ist oft ein Übergang von Rohren mit kreisförmigem Querschnitt auf zahlreiche parallele Kanäle mit rechteckigem Querschnitt notwendig, wobei nur jeder zweite Kanal durchströmt werden darf.

[0003] An sich ist die Verteilung der Fluidströme bei Plattenwärmeübertragern schon durch die Geometrie gelöst (nur jeder zweite Kanal ist für die Strömung zugänglich). Insofern ist hier die Verteilung der Fluide nicht durch komplizierte Übergangsstücke zu lösen. Allerdings erfolgt durch dieses Prinzip eine schlagartige Querschnittsänderung (Halbierung), da jeder zweite Kanal verschlossen ist und das Fluid diese Bereiche umströmen muss. Dies führt zu hohen Druckverlusten. Die Übergangsstücke führen von einem runden auf einen eckigen Querschnitt und zur Trennung der Fluide werden unterschiedliche Querschnitte angeströmt. Beim Stand der Technik ist oft ein Übergang von Rohren mit kreisförmigem Querschnitt auf einen rechteckigen Anströmquerschnitt erforderlich.

[0004] Zudem sind bei derartigen Wärmetauschern, wie sie beispielsweise auch in der WO 03/095917 beschrieben sind, zahlreiche Ventile zur Ansteuerung bzw. zum Betrieb des Wärmetauschers notwendig.

[0005] Ausgehend hiervon war es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen neuartigen Fluidverteiler bereitzustellen, der den Aufbau eines Wärmetauschers deutlich vereinfacht und den Betrieb des Wärmetauschers ohne Ventile ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe wird bezüglich des Fluidverteilers mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie bezüglich eines Apparats zum Wärme- und/oder Stofftausch mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10 gelöst, wobei jeweils die abhängigen Patentansprüche vorteilhafte Weiterbildungen darstellen.

[0007] Erfindungsgemäß wird somit ein rotationssymmetrischer Fluidverteiler bereitgestellt, der in Längsrichtung

tung

- eine erste Apertur, die im Querschnitt zwei konzentrisch angeordnete Rohre aufweist, wobei das innere Rohr einen ersten Raum A einschließt, das äußere und das innere Rohr einen Raum B umschließen und das äußere Rohr den Durchmesser des Fluidverteilers vorgibt, sowie
- eine zweite Apertur, die im Querschnitt $2n$ Kreissektoren aufweist, wobei n eine ganze Zahl ≥ 1 , vorzugsweise ≥ 2 , ist und die Sektoren abwechselnd mit Raum A oder Raum B in Verbindung stehen, wobei zwischen der ersten und der zweiten Apertur das innere Rohr in Längsrichtung um den Rohrumfang herum angeordnet n Einschnitte und alternierend angeordnet n Ausstülpungen aufweist, umfasst,
- wobei jeder Einschnitt eine in Längsrichtung von der ersten zur zweiten Apertur verlaufende Trajektorie aufweist, die den Radius des inneren Rohres ausgehend vom ursprünglichen Radius des inneren Rohres auf Höhe der ersten Apertur längs in Richtung der zweiten Apertur stetig verkleinert, wobei alle Trajektorien der Einschnitte auf Höhe der zweiten Apertur im Mittelpunkt des Querschnitts des Fluidverteilers zusammenlaufen, und jede Ausstülpung eine in Längsrichtung von der ersten zur zweiten Apertur verlaufende Trajektorie aufweist, die den Radius des inneren Rohres ausgehend vom ursprünglichen Durchmesser des inneren Rohres auf Höhe der ersten Apertur längs in Richtung der zweiten Apertur stetig vergrößert, wobei alle Trajektorien der Ausstülpungen auf Höhe der zweiten Apertur mit dem äußeren Rohr zusammenlaufen.

[0008] Erfindungsgemäß wird unter einem rotationssymmetrischen Fluidverteiler eine Vorrichtung verstanden, die stets einen runden (d.h. kreisförmigen) Querschnitt aufweist, wobei jedoch der Durchmesser in Längsrichtung des Fluidverteilers nicht konstant sein muss, aber sein kann. Beispielsweise kann der gesamte Fluidverteiler von außen gesehen Zylinderform aufweisen, jedoch auch beispielsweise von der ersten zur zweiten Apertur einen zunehmenden Durchmesser aufweisen. Der Fluidverteiler weist an seinen beiden Enden die erste Apertur bzw. die zweite Apertur auf. An der ersten Apertur besteht der Fluidverteiler im Wesentlichen aus zwei ineinander geschachtelten Rohren, wobei das innen liegende Rohr einen Raum A und das äußere mit dem inneren Rohr einen Raum B einschließt, während die zweite Apertur segmentartig aufgebaut ist, wobei die jeweiligen Segmente alternierend mit den Räumen A bzw. B, also den Räumen, die an der ersten Apertur vom Innenrohr bzw. von den beiden Rohren eingeschlossen werden, in Verbindung stehen. Im Fluidverteiler findet zwischen erster und zweiter Apertur ein Übergang statt, in dem das innen liegende Rohr zunehmende Einkerbungen und Ausstülpungen aufweist, wobei die Einkerbungen, d.h. die Trajektorie der jeweiligen Einkerbun-

gen, im Längsverlauf von der ersten zur zweiten Apertur in Richtung des Mittelpunktes des Fluidverteilers verlaufen und spätestens an der zweiten Apertur mit dem Mittelpunkt des Fluidverteilers zusammenlaufen. Im Gegenzug dazu verläuft die Trajektorie der Ausstülpungen, d.h. der radiale Verlauf der Ausstülpungen, im Längsverlauf von der ersten zur zweiten Apertur in Richtung des außen liegenden Rohres, wobei spätestens an der zweiten Apertur die Trajektorie der Ausstülpungen mit dem außen liegenden Rohr zusammenläuft. Insofern wird mit dem Fluidverteiler ein fließender Übergang zwischen der kreisförmigen/ringförmigen räumlichen Verteilung hin zu einer segmentartigen räumlichen Verteilung der Räume A und B bereitgestellt. Der Außendurchmesser des gesamten Fluidverteilers kann dabei über die gesamte Länge des Verteilers gleich bleiben, aber auch variieren.

[0009] In einer bevorzugten Ausführungsform sind dabei die Einschnitte um das innere Rohr bei Winkeln α

von $\alpha = (0, 2, \dots, 2n-2) \frac{360^\circ}{2n}$ und die Ausstülpungen um das innere Rohr bei Winkeln α von

$\alpha = (1, 3, \dots, 2n-1) \frac{360^\circ}{2n}$ angeordnet, d.h. es findet eine

gleichmäßige Verteilung der Einschnitte und Ausstülpungen statt. Weiter bedingt eine derartige bevorzugte Anordnung der Einschnitte bzw. Ausstülpungen, dass die daraus resultierenden Segmente, die den Raum A repräsentieren, jeweils eine gleiche Fläche, (im Querschnitt der zweiten Apertur) aufweisen, aber auch die Segmente, die den Raum B repräsentieren stets eine gleiche Fläche aufweisen. Die Fläche eines Segmentes, das den Raum A repräsentiert, und die Fläche eines Segmentes, das den Raum B repräsentiert (jeweils bezogen auf den Querschnitt der zweiten Apertur), können dabei immer gleich groß sein, d.h. das räumliche Verhältnis der Räume A und B zueinander ist 1:1, es können jedoch auch hiervon abweichende Querschnittsflächenverhältnisse auftreten.

[0010] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist $1 \leq n \leq 1000$, bevorzugt $3 \leq n \leq 500$, besonders bevorzugt $30 \leq n \leq 100$, d.h. der Fluidverteiler weist die entsprechende Anzahl an Segmenten auf.

[0011] Weiter ist es vorteilhaft, wenn das Verhältnis der Querschnittsflächen bezüglich Raum A und Raum B über die gesamte Länge des Fluidverteilers konstant bleibt. Diese bevorzugte Ausführungsform sieht somit vor, dass an jeder Stelle des Querschnitts des Fluidverteilers das Verhältnis der Fläche, die von Raum A herrührt, zur Fläche, die von Raum B herrührt, gleich groß ist. Für den Fall, dass die Volumina A und B gleich groß sind, ist somit die Querschnittsfläche von A/B an jeder Stelle des Fluidverteilers im Querschnitt gleich 1. Als Schlussfolgerung weisen auch die jeweiligen Segmente A und B, die an der zweiten Apertur resultieren, genau die gleichen Flächen auf. Allerdings ist es jedoch auch möglich, dass die Querschnittsflächen des Raumes A sehr viel größer als die von B sein können bzw. umge-

kehrt (z.B. 50:1 oder 100:1). Im Fall der oben genannten bevorzugten Ausführungsform, dass das Flächenverhältnis von A zu B über die gesamte Länge des Fluidverteilers genau gleich groß ist, bedeutet dies, dass beispielsweise für den Fall, dass Raum A größer als Raum B ist, das innen liegende Rohr bezüglich des außen liegenden Rohres einen relativ großen Durchmesser aufweist. Für die Segmente, die an der zweiten Apertur vorliegen, bedeutet dies, dass die Segmente, die den Raum A repräsentieren, einen größeren Querschnitt aufweisen, als die Segmente, die den Raum B repräsentieren, so dass die Segmente A wesentlich breiter ausfallen als die Segmente, die den Raum B repräsentieren. Die Trajektorien der Einschnitte und/oder der Ausstülpungen verlaufen "sinusförmig" Dabei verläuft die Trajektorie, die den Einschnitt repräsentiert und somit zu einer Verkleinerung des Rohrdurchmessers des inneren Rohres ausgehend vom originalen Rohrdurchmesser bis hin zu 0 (an der zweiten Apertur) führt, ungefähr so, wie eine Sinuskurve zwischen $n/2$ und n . Andererseits verlaufen die Trajektorien der Ausstülpungen, die ausgehend vom originalen Rohrdurchmesser des inneren Rohres an der ersten Apertur zu einer Aufweitung des Rohres an dieser Stelle führen, ungefähr so wie eine Sinuskurve zwischen 0 und $\pi/2$. Eine derartige Führung der Trajektorien führt zu ausgezeichneten Strömungseigenschaften der jeweiligen Fluide innerhalb des Fluidverteilers.

[0012] Die Einschnitte verlaufen dabei bevorzugt so, dass eine keilförmige Struktur resultiert, wobei der spitze Winkel des Keils auch abgerundet oder bogenförmig konkav sein kann. Gleiches kann bevorzugt für die Ausstülpungen gelten.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform können im Bereich zwischen Außen- und Innenrohr Stege vorhanden sein, die Außen- und Innenrohr miteinander verbinden und/oder im Innenrohr Stege vorhanden sein, die die Innenwand des Innenrohres und die Mittelachse des Innenrohres miteinander verbinden, d.h. die Stege laufen in der Mittelachse zusammen. Diese Ausführungsform gilt selbstverständlich für den gesamten Fluidverteiler mit Ausnahme auf Höhe der zweiten Apertur, da hier ausgehend von der ersten Apertur die Stege, die beispielsweise zwischen Außen- und Innenrohr vorhanden sind, mit der Wandung des Außenrohres zusammengelaufen sind bzw. die Stege, die im Innenrohr angeordnet sind, auf Höhe der zweiten Apertur mit dem Mittelpunkt des Fluidverteilers zusammenfallen.

[0014] In einer weiter bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass konzentrisch im inneren Rohr über die gesamte Länge des Fluidverteilers ein Kernrohr oder eine massive Achse angeordnet ist, mit der Maßgabe, dass für diesen Fall die zweite Apertur im Querschnitt anstelle der Kreissektoren Kreisringsektoren aufweist, wobei die Trajektorien der Einschnitte auf dem Kernrohr oder der massiven Achse enden und für den Fall, dass im Innenrohr Stege vorhanden sind, diese die Oberfläche des Kernrohres oder der massiven Achse mit dem Kerbgrund des Innenrohres verbinden und die Trajektorien der

Einschnitte sich auf dem Kernrohr oder der massiven Achse verzweigen, sobald der Kerbgrund die Oberfläche des Kernrohrs oder der massiven Achse berührt.

[0015] Vorteilhaft kann dabei sein, wenn das Kernrohr Öffnungen zum Stoffaustausch aufweist. Die jeweiligen Austauschöffnungen können dabei entweder mit einem der Räume A oder B fluidisch in Verbindung stehen, jedoch kann auch ein Stoffaustausch mit beiden Räumen stattfinden. Die Stoffaustauschöffnungen des Kernrohrs können dabei über die gesamte Länge des Fluidverteilers, jedoch auch nur in bestimmten Bereichen angeordnet sein.

[0016] Eine weiter bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass der Fluidverteiler ein weiteres in Längsrichtung von der ersten Apertur oder der zweiten Apertur an konzentrisch um das äußere Rohr angeordnetes Rohr, das einen zwischen dem weiteren Rohr und dem äußeren Rohr liegenden Raum C umschließt, umfasst, sowie eine in Längsrichtung nach der zweiten Apertur angeordnete dritte Apertur, die im Querschnitt $3n$ Kreissektoren aufweist, wobei n eine ganze Zahl ≥ 1 , vorzugsweise ≥ 2 ist, und die Sektoren abwechselnd mit Raum A, Raum C, Raum B und Raum C usw. in Verbindung stehen, wobei zwischen der zweiten und der dritten Apertur das äußere Rohr in Längsrichtung um den Rohrumfang herum angeordnet n Einschnitte auf Höhe der Grenzen der Kreissektoren und alternierend angeordnet n Ausstülpungen der Kreissektoren aufweist, wobei jeder Einschnitt eine Trajektorie aufweist, die den Radius des äußeren Rohres ausgehend vom ursprünglichen Radius des äußeren Rohres auf Höhe der zweiten Apertur längs in Richtung der dritten Apertur stetig verkleinert, wobei alle Trajektorien der Einschnitte auf Höhe der dritten Apertur im Mittelpunkt des Querschnitts des Fluidverteilers zusammenlaufen, und jede Ausstülpung eine Trajektorie aufweist, die den Radius des äußeren Rohres ausgehend vom ursprünglichen Durchmesser des äußeren Rohres auf Höhe der zweiten Apertur längs in Richtung der dritten Apertur stetig vergrößert, wobei alle Trajektorien der Ausstülpungen auf Höhe der dritten Apertur mit dem weiteren Rohr zusammenlaufen.

[0017] Diese Ausführungsform der Erfindung basiert auf dem gleichen Prinzip wie das allgemeine Prinzip der vorliegenden Erfindung, nämlich dass durch den Übergang von einem um ein innen liegendes Rohr angeordnetes äußeres Rohr durch Einkerbungen bzw. Ausstülpungen des darin liegenden Rohres ein Verlauf der Räume, die zwischen diesen Rohren liegen, so eingestellt werden kann, dass an der Austrittsapertur ein segmentartiges nebeneinander der vormals konzentrisch angeordneten Räume erfolgen kann. Das erfindungsgemäße Konzept, das im voranstehenden Absatz beschrieben wurde, ist jedoch nicht auf die drei genannten Räume A, B und C beschränkt, es können sich an die dort beschriebene dritte Apertur, die in fluidischem Kontakt mit drei verschiedenen Räumen A, B und C steht, noch weitere konzentrische Rohre anschließen, so dass das Konzept auf eine beliebige Anzahl verschiedener Räume ausweit-

bar ist.

[0018] Der erfindungsgemäße Fluidverteiler kann bei einem rotationssymmetrischen Wärme- und/oder Stofftauscher, dessen Querschnitt mindestens $2n$ voneinander durch eine Membran separierte Sektoren aufweist, wobei n eine ganze Zahl ≥ 1 , bevorzugt ≥ 2 ist, eingesetzt werden.

[0019] Bezüglich der Sektoren, die für den zuvor beschriebene-Bezüglich der Sektoren, die für den zuvor beschriebenen Wärme- und/oder Stofftauscher ebenso Kreissektoren darstellen, gelten die auch schon für den Fluidverteiler genannten besonderen Ausführungsformen, beispielsweise hinsichtlich der gleichmäßigen Verteilung der jeweiligen Segmente bzw. der Flächenquerschnitte der einzelnen Segmente, die mit den Räumen A oder B in Verbindung gebracht werden sollen.

[0020] Die Membran kann stoffundurchlässig oder zumindest teilweise stoffdurchlässig sein. Für den Fall, dass ein Wärmetausch mit diesem Austauscher erfolgen soll, ist es bevorzugt, wenn die Membran stoffundurchlässig ist, jedoch gute wärmeleitende Eigenschaften hat. Besonders geeignete Materialien für die Membran sind in diesem Fall beispielsweise Metalle bzw. Metallbleche. Für den Fall, dass ein Stoffaustausch stattfinden soll, bieten sich bevorzugt semipermeable Membranen bzw. poröse Membranen an.

[0021] Zumindest ein Teil der Sektoren kann zumindest teilweise auf der Innenseite und/oder Außenseite mit Sorptionsmaterialien ausgestattet sein.

[0022] Weiter vorteilhaft umfasst der Wärme- und/oder Stofftauscher ein im Mittelpunkt des Wärme- und/oder Stofftauschers in Längsrichtung angeordnetes Kernrohr oder eine massive Achse, mit der Maßgabe dass anstelle der Kreissektoren Kreisringsektoren vorhanden sind, wobei das Kernrohr Öffnungen zum Stoffaustausch mit zumindest einem Teil der Kreisringsektoren aufweisen kann. Dieser Wärme- und/oder Stofftauscher korreliert somit mit der vorher beschriebenen Ausführungsform des Fluidverteilers, für den Fall, dass dieser ebenso ein Kernrohr bzw. ein massives Rohr im Mittelpunkt aufweist.

[0023] Weiter wird erfindungsgemäß ein Apparat zum Wärme- und/oder Stoffaustausch bereitgestellt, der einen Wärme- und/oder Stofftauscher, wie er zuvor beschrieben wurde, umfasst, wobei zumindest an ein Ende oder an beide Enden des Wärme- und/oder Stofftauschers ein vorstehend beschriebener Fluidverteiler über dessen zweite Apertur formschlüssig angebracht ist, wobei die Zahl der Sektoren des Wärme- und/oder Stofftauschers und des Fluidverteilers identisch ist. Die beiden Bestandteile sind dabei so zusammengefügt, dass die jeweiligen Sektoren des Fluidverteilers und des Wärme- und/oder Stofftauschers deckungsgleich aufeinander zum Liegen kommen, d.h. nicht nur die Anzahl der Sektoren des Fluidverteilers und des Wärme- und/oder Stofftauschers muss identisch sein, auch die Geometrie der Sektoren (beispielsweise für den Fall, dass die Sektoren, die den Raum A repräsentieren und die Sektoren, die den Raum B repräsentieren, im Querschnitt auf Höhe der zweiten

Apertur nicht die gleiche Fläche aufweisen) muss identisch sein.

[0024] Unter formschlüssig kann auch umfasst sein, dass Verteiler und Wärme-/Stofftauscher fest miteinander verbunden, z.B. verschweißt, verklebt, etc., sind.

[0025] In einer bevorzugten Ausführungsform sind der Wärme- und/oder Stofftauscher und der mindestens eine Fluidverteiler relativ zueinander axial drehbar, wobei die Drehung bevorzugt mittels eines Motors durchgeführt wird. Die einzelnen Bauteile können auch durch einen kleinen Spalt voneinander getrennt sein.

[0026] Die vorliegende Erfindung wird unter Bezugnahme der beigefügten Figuren nachstehend näher erläutert, ohne die Erfindung auf die dort dargestellten Parameter zu beschränken.

[0027] Die hier beschriebene Erfindung betrifft in einem ersten Aspekt einen Fluidverteiler I, der von konzentrischen Eintritts- bzw. Austrittsrohren für die Fluide A (inneres Rohr) und B (Ringraum zwischen innerem und äußerem Rohr) ausgeht und vollständig in einem geraden Rohr untergebracht werden kann, das im Außendurchmesser dem äußeren Eintritts- bzw. Austrittsrohr entspricht. "Wärmeaustausch" bezieht sich dabei in der Regel auf den Austausch von Wärme zwischen den sich nicht mischenden Fluiden durch undurchlässige Wände. Unter "Stoffaustausch" sind Anwendungen zu verstehen, bei denen Stoffe durch die Wände übertragen werden (z.B. Filterprozesse). Es sind auch Kombinationen aus Wärme- und Stoffaustausch denkbar; in diesem Fall kann Wärme auch zusätzlich über durch die Wände übertragene Stoffpartikel übertragen werden. Ebenso werden durch die hier gegebene Definition des "Stoffaustauschs" adsorptive Prozesse mit umfasst. Bei der Adsorption wird ein Stoff an der sorptiven Beschichtung angelagert, aber nicht auf die Sekundärseite übertragen. Die Austreibung des adsorbierten Stoffes erfolgt z.B. über thermische Desorption mit einem heißen Medium, welches im Anschluss an die Adsorption dieselben (Primär)kanäle durchströmt.

[0028] Ein derartiger Fluidverteiler I ist beispielsweise in Figur 1 im Detail dargestellt. Der Fluidverteiler I wird dabei von einem äußeren Rohr 3 begrenzt und weist auf Höhe der ersten Apertur 1 ein innen liegendes Rohr 2 auf. In Figur 1 ist die Blickrichtung auf die zweite Apertur 4 dargestellt, die die verschiedenen Segmente (in diesem Fall 6) aufweist, die durch den Übergang aus den beiden Rohren 2 und 3, die auf der ersten Aperturseite 1 vorliegen, resultieren. Die Segmente, die den Räumen A (dies ist der vom Rohr 2 umschlossene Raum) sowie B (dies ist der zwischen den Rohren 2 und 3 liegende Raum) entsprechen, sind in diesem Fall gleich groß, d.h. die einzelnen Segmente sind unter einem Winkel von 60° zueinander angeordnet. Der Übergang zwischen der ersten Apertur 1 und der zweiten Apertur 4 ist derart gestaltet, dass das innere Rohr 2 sowohl Einkerbungen 5 als auch Ausstülpungen 6 aufweist, wobei die Einkerbungen des Rohres 2 mit zunehmendem Verlauf von der ersten Apertur 1 zur zweiten Apertur 4 hin zum Mittel-

punkt zusammen laufen und sich in Höhe der Apertur 4 im Mittelpunkt treffen. Die Einkerbungen 5 verzüngen dabei den Durchmesser des Rohres 2. Andererseits weist das Rohr 2 ebenso Ausstülpungen 6 auf, die ausgehend vom ursprünglichen Rohrdurchmesser des Rohres 2 den Rohrdurchmesser aufweiten und auf Höhe der Apertur 4 mit dem äußeren Rohr 3 zusammenlaufen. Auf diese Weise wird durch den fließenden Übergang zwischen den ineinander geordneten Rohren 2 und 3 auf Höhe der ersten Apertur 1 ein segmentieller Aufbau gemäß der Apertur 4 erzielt.

[0029] Das Verhältnis der Querschnittsflächen des inneren Rohrs 2 (Fluid A) und des Ringraums zwischen Rohr 2 und 3 (Fluid B) kann bei gleichen Fluiden und ähnlichen Massenströmen beispielsweise 1 betragen, so dass beide Querschnittsflächen gleich sind. Der Fluidverteiler ist derart konstruiert, dass die im inneren Rohr 2 und im Ringraum befindlichen Fluide A und B am Ende des Verteilers in Kreissektoren abwechselnd nebeneinander liegen, also ABABAB.....

[0030] Figur 3 zeigt den Ein- und den Austrittsquerchnitt (Eintrittsapertur 1 und Austrittsapertur 4) eines Verteilers I mit 6 Kreissektoren. Die Besonderheit des Verteilers besteht darin, dass sich der Querschnitt kontinuierlich von konzentrischen Kreisen zu Kreissektoren ändert, indem einerseits der Durchmesser des Innenrohrs zunimmt und andererseits z.B. keilförmige Einschnitte 5 eingebracht werden, die vorteilhafterweise derart dimensioniert sind, dass sie die Flächenzunahme durch den wachsenden Durchmesser wieder kompensieren. Dadurch wird erreicht, dass die Querschnittsflächen für Fluid A und B und damit auch deren Strömungsgeschwindigkeiten im gesamten Verteiler gleich bleiben.

[0031] Ein Übergang von der Apertur 1 zur Apertur 4 ist anhand mehrerer Querschnittsbilder in Figur 4 dargestellt, die die Veränderungen des Umfangs des innen liegenden Rohres 2 genauer darstellen. Deutlich erkennbar ist, dass zwar der Durchmesser des äußeren Rohres 3 über die gesamte Länge hin von der Apertur 1 zu der Apertur 4 konstant bleibt, jedoch im Rohr 2 Einkerbungen 5 und Ausstülpungen 6 angebracht werden, wobei die Einkerbungen 5 bei der Apertur 4 beim Mittelpunkt des Fluidverteilers zusammenlaufen, während die Ausstülpungen 6 in Höhe der Apertur 4 mit dem äußeren Rohr 3 zusammenlaufen, wodurch der Übergang von zwei konzentrischen Rohren 2 und 3 bei der Apertur 1 zu einem segmentartigen Nebeneinander der Räume A und B bei Apertur 4 erfolgt.

[0032] Das festgelegte Verhältnis der Querschnittsflächen für die Fluide A und B kann auch deutlich von 1 abweichen, z.B. wenn es sich bei Fluid A um Wasser und bei Fluid B um Luft handelt (z.B. bei einem Luft-Wasser-Wärmetauscher). In diesem Fall bekommen die schmalen Sektoren z.B. den Charakter wassergekühlter Rippen (siehe Fig. 1a). Hier ist ein Fluidverteiler mit 15 Kanälen A und 16 Kanälen B mit einem ein Flächenverhältnis $A/B \gg 1$ dargestellt.

[0033] Um strömungstechnisch günstige Geometrien

zu erhalten, ist es vorteilhaft, den Durchmesserzuwachs und den Verlauf der Keilspitzen festzulegen. Günstig ist hier beispielsweise ein sinusförmiger Verlauf. Die Einschnitte 5 müssen nicht keilförmig sein; sie können z.B. auch abgerundet sein, was sich möglicherweise positiv auf die Strömung auswirkt (Fig. 5).

[0034] Der Hauptvorteil der Erfindung besteht darin, dass der Verteiler eine Doppelfunktion hat: Er verteilt die Fluide kontinuierlich und dient gleichzeitig bereits als (Vor-)Wärme- und/oder Stofftauscher. Von Beginn an kann Wärme und/oder Stoff übertragen werden. Zunächst findet dies nur über die Außenfläche des Innenrohrs 2 statt; die Austauschfläche zwischen den Fluiden wird danach kontinuierlich erhöht, bis der Endquerschnitt mit Kreissektoren erreicht wird, wo sie schließlich ihr Maximum erreicht. Die Anzahl der Sektoren bestimmt das absolute Maximum der Austauschfläche. Durch die Konstruktion ist keiner der Sektoren gegenüber den anderen ausgezeichnet und die Strömung wird allmählich - ohne abrupte Richtungsänderungen - umgelenkt. Dadurch wird eine gleichmäßige Durchströmung bei geringem Druckverlust erzielt, so dass zusammen mit einer effizienten Wärme- und/oder Stoffübertragung eine hohe Gesamteffizienz bei gleichzeitig kompakter, modularer Bauweise erreicht werden kann. Da die Ein- bzw. Austrittsquerschnitte 1 bzw. 4 kreisförmig sind, entfallen die sonst oft üblichen Übergangsstücke, die Druckverlust, Kosten und Platzbedarf erhöhen. Bei der dargestellten Erfindung muss lediglich das Innenrohr 2 jeweils vor und nach dem Verteiler I durch die Wand des Außenrohrs 3 geführt werden (z.B. über Bogenstücke), oder aber der Ein- bzw. Austritt des Ringraums erfolgt axial oder (halb-)radial in einem Abstand zum Ein- bzw. Austritt des Innenrohrs. Verschiedene derartige Führungen der Fluide A und B bzw. der entsprechenden Rohre 2 und 3 sind in Fig. 6 dargestellt, wobei die Führung nicht auf die Pfeilrichtungen beschränkt ist.

[0035] Eine in Fig. 7 dargestellte Variante der oben beschriebenen Konstruktion weist im Innen- und/oder im Außenteil des Verteilers Stege (Rippen) 7 bzw. 8 auf, die innen mit der Mittelachse und außen mit dem Außenrohr 3 verbunden sind. Die inneren Stege 8 führen jeweils vom Keilgrund radial zur Mittelachse; die äußeren Stege 7 führen radial von der äußeren Kontur des Verteilers zum Außenrohr 3 und liegen dabei jeweils auf den Winkelhalbierenden zwischen zwei inneren Stegen. Die Stege erhöhen sowohl die Stabilität der Konstruktion als auch - im Falle eines Wärmeübertragers - die Wärmeübertragung zwischen den Fluiden, weil Wärme radial durch Wärmeleitung über diese Rippenkonstruktion zur Austauschfläche zwischen den Fluiden transportiert wird.

[0036] In Figur 8 sind in Analogie zu den Ausführungen bezüglich Figur 4 mehrere Querschnitte entlang des Fluidverteilers von Apertur 1 zu Apertur 4 hin dargestellt, wie ein Verlauf der geometrischen Ausgestaltung des innen liegenden Rohres 2 gestaltet ist, wenn sowohl zwischen dem innen liegenden Rohr 2 und dem außen lie-

genden Rohr 3 Stege 7 als auch im Innenraum des innen liegenden Rohres 2 Stege 8 angeordnet sind. Erkennbar ist, dass die Stege 8 bei Verlauf auf die Apertur 4 hin ebenso aufgrund der Tatsache, dass die Einschnitte 5 zum Mittelpunkt des Fluidverteilers hin zusammenlaufen, zum Mittelpunkt zusammenlaufen und verschwinden, während die Stege 7 zwischen den Ausstülpungen 6 und dem äußeren Rohr 3 angeordnet sind und auch hier bei der Apertur 4 verschwinden. Resultierend ist eine äußerst stabile Struktur des Fluidverteilers, insbesondere da das innen liegende Rohr 2 durch die Stege 7 im äußeren Rohr 3 fest fixiert wird.

[0037] Dies wird insbesondere bei Verteilern mit vielen Sektoren deutlich (Fig. 9). Allerdings steigt auch der Druckverlust, so dass die Entscheidung, ob Stege verwendet werden, auch von der Betrachtung der Gesamtenergiebilanz abhängt. Auch Konstruktionen mit Stegen können abgerundet gestaltet werden (Fig. 10).

[0038] Die Einführung von Stegen führt dazu, dass bereits die Eintrittsquerschnitte in mehrere Sektoren aufgeteilt werden. Dadurch ist es möglich, sowohl Innenrohr als auch den äußeren Ringraum mit mehr als einem Fluid zu durchströmen. Diese Tatsache kann genutzt werden, um beispielsweise durch eine Kaskadierung drei Fluide A, B und C derart zu verteilen, dass sie schließlich in Sektoren in der Reihenfolge ACBCACBC... nebeneinander liegen. Dies wird erreicht, indem die Fluide A und B wie bisher in einem ersten Verteiler verteilt werden und der Austritt dieses ersten Verteilers direkt an den Eintritt eines größeren Verteilers angeschlossen wird, dessen Innenrohrdurchmesser dem Außenrohrdurchmesser des ersten Verteilers entspricht und dessen Innenrohr in ebenso viele Sektoren aufgeteilt ist wie der Austritt des ersten Verteilers. Im Ringraum des zweiten Verteilers wird ein drittes Fluid C eingeführt, so dass schließlich am Austritt des Verteilers alle drei Fluide in der Reihenfolge ACBCACBC... nebeneinander liegen (Fig. 11). Diese Kaskadierung ist theoretisch beliebig fortsetzbar; mit einem weiteren Fluid D würde beispielsweise die Reihenfolge ADCDBDCDADCDBDCD... erreicht werden. Das Fluid C kann auch schon in einem Ringraum, der den ersten Verteiler umgibt, zugeführt werden, wie dies z.B. in Fig. 11 im fünften Bild von links angedeutet ist. Hier wird der erste Verteiler von einem weiteren Rohr 10 umschlossen und ein drittes Fluid C zugeführt. Dabei erfolgt eine Verformung des ersten Fluidverteilers auf Höhe der die Segmente bildenden Trennwände (Einkerbungen 12) sowie Ausstülpungen 13 auf Höhe der Segmente hin zum weiteren Rohr 10, so dass ein segmentartiges alternierendes Nebeneinander der drei Fluide A, B und C auf Höhe der dritten Apertur 11 resultiert. Durch die Stege ist es prinzipiell auch möglich, bereits am Eintritt des ersten Verteilers nicht nur jeweils ein Fluid A und ein Fluid B einzuführen, sondern - je nach Anzahl der Sektoren - mehrere Fluide A_1, A_2, A_3, \dots bzw. B_1, B_2, B_3, \dots . Entsprechendes gilt für Fluid C. Die Kaskadierung könnte beispielsweise für chemische Reaktionen oder Membran- bzw. Filterverfahren nützlich sein. Ein Beispiel ist

die Membrandestillation zur Meerwasserentsalzung: A (kaltes Meerwasser), B (warmes Meerwasser), C (Permeat), semipermeable Membran zwischen B und C, Kondensatorfolie zwischen A und C. Die Stege zwischen A und B sollten in diesem Fall eine niedrige Wärmeleitfähigkeit aufweisen, damit möglichst wenig Wärmeaustausch zwischen A und B stattfindet. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit besteht darin, dass zwei Fluide A und B ein drittes Fluid C aufheizen (z.B. Erwärmung der Zuluft C durch zwei Abgasströme A und B, die sich nicht mischen sollen). Des Weiteren könnte der Apparat als Brennstoffzelle eingesetzt werden, bei der A (Sauerstoff) und C (Wasserstoff) zu B (Wasser) reagieren. Zwischen A und C liegt eine Elektrolytmembran, zwischen C und B liegt eine wasserdurchlässige Membran.

[0039] Sowohl Fluidverteiler I als auch Wärmetauscher können auch mit einem Kernrohr K oder einer massiven Achse konstruiert werden. Das Kernrohr ist bei der Berechnung der Querschnittsflächen zu berücksichtigen. Sobald der Keil das Kernrohr berührt, wird die Spitze durch einen Kreisbogen ersetzt, so dass schließlich am Austritt des Verteilers nicht mehr Kreissektoren, sondern Kreisringsektoren entstehen. Der Übergang vom Keil zum Kreisringsektor muss ebenfalls bei der Berechnung der Querschnittsflächen berücksichtigt werden.

[0040] Fig. 12 zeigt Schnitte durch einen Fluidverteiler I mit Kernrohr K; in Fig. 13 ist der dreidimensionale Eindruck des Übergangs vom Keil zum Kreisringsektor skizziert. In einer speziellen Konstruktion des Verteilers sind Öffnungen zwischen den Fluidkanälen und dem Kernrohr vorgesehen, die ermöglichen, dass Fluid in das Kernrohr abfließen kann. Dies kann beispielsweise sinnvoll sein, wenn Fluid A zur Kühlung von Fluid B dient und bei diesem Kondensat anfällt, das über das Kernrohr K abgeführt werden soll. Um das Abfließen zu ermöglichen, kann eine vertikale Installation des Apparats vorteilhaft sein. Bei horizontaler Installation können die Kanäle durch Drehen des Verteilers nacheinander entleert werden. Prinzipiell kann der Apparat unter beliebigen Winkeln installiert werden. Das Kernrohr kann auch verwendet werden, um Fluide zuzuführen.

[0041] Ein Wärme- und/oder Stofftauscher II, der in Figur 2a als separates Bauteil gezeigt ist, das mit zwei Fluidverteilern Ia und Ib, die jeweils an den Enden des Wärme- und/oder Stofftauschers II angeordnet werden können, ist dargestellt. Dabei sind die jeweiligen Kreissektoren, die mit den Fluidverteilern Ia und/oder Ib verbunden werden können, identisch mit den resultierenden Aufteilungen der Kreissegmente an der Apertur 4 des Fluidverteilers Ia bzw. Ib angeordnet. Im Wesentlichen verlaufen die Segmente des Wärme- und/oder Stofftauschers II parallel zueinander. Die Membranen können stoffdurchlässig und/oder stoffundurchlässig ausgebildet sein. Ebenso ist die Möglichkeit gegeben, dass auch, wie bei den bevorzugt beschriebenen Ausführungsformen der Fluidverteiler I, ein Kernrohr im Wärme- und/oder Stofftauscher II angeordnet sein kann.

[0042] In einer zweiten Ausführungsform betrifft die

vorliegende Erfindung einen Apparat zum Wärme- und/oder Stofftausch III, der beispielsweise in Figur 2b dargestellt ist, und aus den zusammengebauten Teilen, die in Figur 2a dargestellt sind, arrangiert ist. Somit besteht der Apparat aus zwei Fluidverteilern Ia und Ib, die einen Wärme- und/oder Stofftauscher II an dessen jeweiligen Enden flankieren.

[0043] Der Apparat III besteht aus mindestens einem, üblicherweise zwei symmetrisch angeordneten Fluidverteilern Ia und Ib und in der Regel, aber nicht notwendigerweise, aus einem dazwischen liegenden Wärme- und/oder Stofftauscher II (Fig. 2b). Er kann sowohl im Gleich- als auch im Gegenstrom betrieben werden.

[0044] Die Konstruktion des Apparats ermöglicht es, die Fluidströme durch Drehung mindestens eines Verteilers Ia und/oder Ib und/oder des Wärme- und Stofftauschers II um den Winkel eines Kreissektors in unterschiedliche Kanäle zu lenken. So ist es beispielsweise möglich, Fluid A im Innenrohr und Fluid B im Ringraum eintreten zu lassen und je nach Drehung entweder wiederum Fluid A im Innenrohr und Fluid B im Ringraum oder aber Fluid A im Ringraum und Fluid B im Innenrohr austreten zu lassen. Auf diese Weise können unterschiedliche Kanalverbindungen unter Verwendung von Schrittmotoren geschaltet werden, so dass dadurch Ventile entfallen können. Aufgrund der abwechselnden Anordnung der Sektoren wird dabei nur eine Drehrichtung benötigt; jedes Weiterschalten um den Winkel eines Sektors wechselt zwischen Innenrohr und Ringraum, eine weitere Drehung in dieselbe Richtung um denselben Winkel schaltet wieder in den Ursprungszustand zurück. Auf diese Weise erhält der Verteiler eine dritte Funktion; er ist somit Fluidverteiler, Wärme- und/oder Stoffaustauscher und Stellglied in einem Bauteil. Diese Funktion kann vor allem dann genutzt werden, wenn die Kanäle unterschiedliche Funktionen haben und die Fluide abwechselnd diese Funktionen nutzen sollen.

[0045] Neben der klassischen Wärmetauscheranwendung im Gleich- oder Gegenstrom bietet der dargestellte Apparat in Kombination mit der Stellgliedfunktion durch Drehen die Möglichkeit, einen Sorptionswärmetauscher zu bauen, der beispielsweise für die solare Klimatisierung eingesetzt werden kann. Ein solcher Sorptionswärmetauscher in üblicher Bauart mit parallelen Platten wird in EP 1 508 015 B1 beschrieben. Dieser weist Wärmetauscher- und Sorptionskanäle auf, die in thermischem Kontakt sind (z.B. abwechselnd gestapelt). Auf den inneren Oberflächen der Sorptionskanäle ist ein Sorptionsmaterial aufgebracht. Die Wärmetauscherkanäle enthalten ein Kühlfluid, die Sorptionskanäle ein Fluid, von dem mindestens eine Komponente zu extrahieren ist, die von dem Sorptionsmaterial aufgenommen werden kann. Der Sorptionswärmetauscher enthält außerdem Befeuchtungskomponenten für die Befeuchtung oder die Übersättigung des Kühlfluids. Typischerweise handelt es sich bei beiden Fluiden um Luft unterschiedlicher Temperatur und Feuchte; das zu extrahierende Medium ist Wasser, und als Sorptionsmaterial können verschiedene Sorben-

tien (beispielsweise Silicagel) eingesetzt werden. Der Sorptionswärmetauscher nach dem Stand der Technik benötigt eine Vielzahl von Ventilen, um verschiedene Luftströme auf Wärmetauscher- bzw. Sorptionskanäle zu verteilen. Bei dem hier beschriebenen Apparat III kann dies durch Drehung der Verteiler Ia und/oder Ib erfolgen. Eine mögliche Betriebsweise wird im Folgenden exemplarisch für einen Ventilationsbetrieb (Zuluft ist konditionierte Umgebungsluft) in Gleichstromkonfiguration dargestellt:

[0046] Die Fluide am Eintritt sind Abluft (innen) und Umgebungsluft (außen), das Mittelstück besteht hier aus Wärmetauscher- und Sorptionssektoren, am Austritt sind die Fluide Fortluft (innen) und Zuluft (außen). Zur Regeneration des Sorptionsmaterials sollte die Möglichkeit bestehen, die Umgebungsluft aufzuheizen (z.B. durch Wärme aus Sonnenkollektoren). Die Erwärmung der Umgebungsluft kann bereits in einem dem Verteiler vorgeschalteten Bauteil oder z.B. über die Mantelfläche des Außenrohrs am Eintritt erfolgen. Die Wärmetauscherkanäle müssen befeuchtet werden können, daher sind Luftbefeuchter, z.B. Düsen, vorzusehen, die radial jeden zweiten Sektor mit Wasser versorgen. Die Wärmetauscher- und die Sorptionskanäle können zur Vergrößerung der Oberfläche innerhalb jedes Sektors mit weiteren internen Rippen versehen werden (radial oder parallel zur zylindrischen Mantelfläche).

[0047] Im Folgenden sollen die verschiedenen Schaltzustände unter Bezugnahme auf Fig. 14 dargestellt werden. Dabei werden folgende Abkürzungen verwendet:

UL = Umgebungsluft
 AL = Abluft
 ZL = Zuluft
 FL = Fortluft
 WK = Wärmetauscherkanäle
 SK = Sorptionskanäle

1) Konditionierung Frischluft Mantelheizung am Eintritt aus (bzw. keine Zufuhr von heißer Regenerationsluft) Befeuchtung in WK an
 UL → SK (Adsorption) → ZL
 AL → WK → FL

2) Drehung von Verteiler 2 (Austritt)

3) Regeneration Adsorbens
 Mantelheizung am Eintritt an (bzw. Zufuhr von heißer Regenerationsluft)
 Befeuchtung in WK aus
 UL → SK (Desorption) → FL
 AL → WK → ZL (WK in Apparat A1 nicht durchströmt, AL wird auf zweiten Apparat geschaltet)

4) Drehung von Verteiler 1 (Eintritt) und Verteiler 2 (Austritt)

5) Vorkühlung Wärmetauscher

Mantelheizung am Eintritt aus (bzw. keine Zufuhr von heißer Regenerationsluft)
 Befeuchtung in WK an
 UL → WK → FL
 AL → SK → ZL (WK in Apparat A1 nicht durchströmt, AL wird auf zweiten Apparat geschaltet)

6) Drehung von Verteiler Ia (Eintritt)

7)=1)

[0048] Zusätzlich zu dem beschriebenen Apparat A1 wird ein zweiter Apparat A2 benötigt, der die gleichen Schritte 1) bis 7) zeitlich versetzt ausführt: Während einer der Apparate Schritt 1) ausführt, führt der andere die Schritte 3) bis 5) aus. In dem Fall, dass die Abluft aus demselben Raum entnommen wird, in den auch die Zuluft geführt wird, und die Fortluft in die Umgebung geführt werden muss, aus der auch die Umgebungsluft entnommen wird, müssen die Fluide entsprechend rückgeführt werden. Dies kann in einem dritten Apparat A3 erfolgen, der nur aus zwei um einen Sektor versetzt angeordneten Verteilern ohne Mittelstück besteht und in umgekehrter Richtung im Vergleich zu den Apparaten A1 und A2 durchströmt wird. Die Fortluft des Austritts von A1/Verteiler 2 bzw. A2/Verteiler 2 (innen) wird in A3/Verteiler 1 (innen) eingeführt und bläst schließlich offen aus dem Ringraum in die Umgebung aus (weil die Verteiler gekreuzt wurden). Die Abluft des Raums wird wiederum offen in den Ringraum von A3/Verteiler 1 eingesaugt und endet in A3/Verteiler 2 (innen), der wiederum mit A1 bzw. 2/Verteiler 1 (innen) verbunden wird. A3/Verteiler 2 (innen) muss mit A1/Verteiler 1 und A2/Verteiler 1 über ein Umschaltventil verbunden werden, so dass die Abluft je nach Prozessschritt entweder in A1 oder A2 geblasen wird.

[0049] Die Geometrie der Verteiler ist sehr komplex. Aufgrund von Hinterschneidungen ist die Fertigung daher anspruchsvoll. Es kann daher vorteilhaft sein, einzelne Verteilerkanäle herzustellen, die anschließend radial auf eine Achse aufgebracht werden. Diese Verteilerkanäle, die z.B. jenen für Fluid A in Fig. 9 entsprechen, können beispielsweise durch Innenhochdruckumformung (IHU, z.B. Hydroforming) gefertigt werden. IHU ist Stand der Technik und wird vielfältig zur Herstellung komplexer Bauteile eingesetzt. Es ist vorstellbar, die Kanäle aus einem Rohr zu fertigen (Fig. 15) oder aber aus einem partiell plattierten Blechverbund, der durch Erzeugen eines Innendrucks in den durch ein vorher aufgebrautes Trennmittel nicht verbundenen Bereichen umgeformt wird (Fig. 16). In beiden Fällen wird die Formgebung durch Umformen in einem geeigneten Werkzeug erreicht (Einpressen in das Werkzeug durch Innendruck).

[0050] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Kanäle dreidimensional zu weben (diese Technologie existiert bereits) und sie gegebenenfalls anschließend mit einem aushärtenden Werkstoff, wie z.B. Epoxidharz, zu

stabilisieren.

Patentansprüche

1. Rotationssymmetrischer Fluidverteiler (I), umfassend in Längsrichtung eine erste Apertur (1), die im Querschnitt zwei konzentrisch angeordnete Rohre (2, 3) aufweist, wobei das innere Rohr (2) einen ersten Raum A umschließt, das äußere (3) und das innere (2) Rohr einen Raum B umschließen und das äußere Rohr (3) den Durchmesser des Fluidverteilers (I) vorgibt, sowie eine zweite Apertur (4), die im Querschnitt $2n$ Kreissektoren aufweist, wobei n eine ganze Zahl ≥ 1 , vorzugsweise ≥ 2 , ist und die Sektoren abwechselnd mit Raum A oder Raum B in Verbindung stehen, wobei zwischen der ersten und der zweiten Apertur das innere Rohr (2) in Längsrichtung um den Rohrumfang herum angeordnet n Einschnitte (5) und alternierend angeordnet n Ausstülpungen (6) aufweist, jeder Einschnitt (5) eine in Längsrichtung von der ersten (1) zur zweiten Apertur (4) verlaufende Trajektorie aufweist, die den Radius des inneren Rohres (2) ausgehend vom ursprünglichen Radius des inneren Rohres (2) auf Höhe der ersten Apertur (1) längs in Richtung der zweiten Apertur (4) stetig verkleinert, wobei alle Trajektorien der Einschnitte (5) auf Höhe der zweiten Apertur (4) im Mittelpunkt des Fluidverteilers zusammenlaufen, und jede Ausstülpung (6) eine in Längsrichtung von der ersten (1) zur zweiten Apertur (4) verlaufende Trajektorie aufweist, die den Radius des inneren Rohres (2) ausgehend vom ursprünglichen Durchmesser des inneren Rohres (2) auf Höhe der ersten Apertur (1) längs in Richtung der zweiten Apertur (4) stetig vergrößert, wobei alle Trajektorien der Ausstülpungen (6) auf Höhe der zweiten Apertur (4) mit dem äußeren Rohr (3) zusammenlaufen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trajektorien der Einschnitte (5) und der Ausstülpungen (6) sinusförmig verlaufen, wobei die Trajektorie, die den Einschnitt (5) repräsentiert, im Wesentlichen so verläuft wie eine Sinuskurve zwischen $n/2$ und n , und die Trajektorie, die die Ausstülpung (6) repräsentiert, im Wesentlichen so verläuft wie eine Sinuskurve zwischen 0 und $n/2$.
2. Fluidverteiler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einschnitte (5) um das innere Rohr (2) bei Winkeln α von $\alpha = (0, 2, \dots, 2n - 2) \frac{360^\circ}{2n}$ und die Ausstülpungen (6) um das innere Rohr (2) bei

Winkeln α von $\alpha = (1, 3, \dots, 2n - 1) \frac{360^\circ}{2n}$ angeordnet sind.

3. Fluidverteiler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** $1 \leq n \leq 1000$, bevorzugt $3 \leq n \leq 500$, besonders bevorzugt $30 \leq n \leq 100$ ist.
4. Fluidverteiler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis der Querschnittsflächen bezüglich Raum A und Raum B über die gesamte Länge des Fluidverteilers (I) konstant bleibt.
5. Fluidverteiler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einschnitte (5) im Wesentlichen keilförmig sind, wobei der spitze Winkel des Keils auch abgerundet oder bogenförmig konkav sein kann.
6. Fluidverteiler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich zwischen Außen- (3) und Innenrohr (2) Stege (7) vorhanden sind, die Außen- (3) und Innenrohr (2) verbinden und/oder im Innenrohr (2) Stege (8) vorhanden sind, die die Innenwand des Innenrohres (2) und die Mittelachse des Innenrohres (2) verbinden.
7. Fluidverteiler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** konzentrisch im inneren Rohr (2) über die gesamte Länge des Fluidverteilers ein Kernrohr (K) oder eine massive Achse angeordnet ist, mit der Maßgabe, dass für diesen Fall die zweite Apertur (4) im Querschnitt anstelle der Kreissektoren Kreisringsektoren aufweist, wobei die Trajektorien der Einschnitte (5) auf dem Kernrohr (K) oder der massiven Achse enden und für den Fall, dass im Innenrohr (2) Stege (8) vorhanden sind, diese die Oberfläche des Kernrohrs oder der massiven Achse mit dem Kerbgrund des Innenrohres (2) verbinden und die Trajektorien der Einschnitte (5) sich auf dem Kernrohr (K) oder der massiven Achse verzweigen, sobald der Kerbgrund die Oberfläche des Kernrohrs (K) oder der massiven Achse berührt.
8. Fluidverteiler nach vorhergehendem Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kernrohr (K) Öffnungen zum Stoffaustausch aufweist.
9. Fluidverteiler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend ein weiteres in Längsrichtung von der ersten Apertur (1) oder der zweiten Apertur (4) an konzentrisch um das äußere Rohr (3) angeordnetes Rohr (10), das einen zwischen dem weiteren Rohr (10) und dem äußeren Rohr (3) liegenden

Raum C umschließt,
sowie eine in Längsrichtung nach der zweiten Aper-
tur (4) angeordnete dritte Apertur (11), die im Quer-
schnitt $3n$ Kreissektoren aufweist, wobei n eine gan-
ze Zahl ≥ 1 , vorzugsweise ≥ 2 ist und die Sektoren
abwechselnd mit Raum A, Raum C, Raum B und
Raum C usw. in Verbindung stehen

dadurch gekennzeichnet,

dass zwischen der zweiten (4) und der dritten (11)
Apertur das äußere Rohr (3) in Längsrichtung um
den Rohrumfang herum angeordnet n Einschnitte
(12) auf Höhe der Grenzen der Kreissektoren und
alternierend angeordnet n Ausstülpungen (13) der
Kreissektoren aufweist,

wobei jeder Einschnitt (12) eine Trajektorie aufweist,
die den Radius des äußeren Rohres (3) ausgehend
vom ursprünglichen Radius des äußeren Rohres (3)
auf Höhe der zweiten Apertur (4) längs in Richtung
der dritten Apertur (11) stetig verkleinert, wobei alle
Trajektorien der Einschnitte (12) auf Höhe der dritten
Apertur (11) im Mittelpunkt des Fluidverteilers zu-
sammenlaufen, und

jede Ausstülpung (13) eine Trajektorie aufweist, die
den Radius des äußeren Rohres (3) ausgehend vom
ursprünglichen Durchmesser des äußeren Rohres
(3) auf Höhe der zweiten Apertur (4) längs in Rich-
tung der dritten Apertur (11) stetig vergrößert, wobei
alle Trajektorien der Ausstülpungen (13) auf Höhe
der dritten Apertur (11) mit dem weiteren Rohr (10)
zusammenlaufen.

10. Apparat zum Wärme- und/oder Stofftausch (III), um-
fassend einen rotationssymmetrischen Wärme-
und/oder Stofftauscher (II), dessen Querschnitt min-
destens $2n$ voneinander durch eine Membran separi-
erte Sektoren aufweist, wobei n eine ganze Zahl \geq
1, bevorzugt ≥ 2 ist,

wobei zumindest ein Ende des Wärme- und/oder
Stofftauschers (II) mit einem Fluidverteiler (I) nach
einem der Ansprüche 1 bis 7 über dessen zweite
Apertur formschlüssig verbunden ist,

wobei die Zahl der Sektoren des Wärme- und/oder
Stofftauschers (II) und des Fluidverteilers (I) iden-
tisch sind.

11. Apparat (III) nach vorhergehendem Anspruch, **da-
durch gekennzeichnet, dass** der Wärme- und/oder
Stofftauscher (II) und der mindestens eine Fluidver-
teiler (I) relativ zueinander axial drehbar sind, wobei
die Drehung bevorzugt mittels eines Motors durch-
geführt wird.

12. Apparat (III) nach einem der Ansprüche 10 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die Membran des
Wärme- und/oder Stofftauschers (II) stoffundurch-
lässig oder zumindest teilweise stoffdurchlässig ist.

13. Apparat (III) nach einem der Ansprüche 10 bis 12,

dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil
der Sektoren des Wärme- und/oder Stofftauschers
(II) zumindest teilweise auf der Innenseite und/oder
Außenseite mit Sorptionsmaterialien ausgestattet
ist.

14. Apparat (III) nach einem der Ansprüche 10 bis 13,
umfassend ein im Mittelpunkt des Wärme- und/oder
Stofftauschers (II) in Längsrichtung angeordnetes
Kernrohr oder massive Achse, mit der Maßgabe
dass anstelle der Kreissektoren Kreisringsektoren
vorhanden sind, wobei das Kernrohr Öffnungen zum
Stoffaustausch mit zumindest einem Teil der Kreis-
ringsektoren aufweisen kann.

Claims

1. Rotationally-symmetrical fluid distributor (I) compris-
ing, in the longitudinal direction,
a first aperture (1) which has two tubes (2, 3) dis-
posed concentrically in cross-section, the inner tube
(2) enclosing a first chamber A, the outer (3) and
inner (2) tube enclosing a chamber B and the outer
tube (3) prescribing the diameter of the fluid distrib-
utor (I), and also
a second aperture (4) which has $2n$ circular sectors
in cross-section, n being an integer ≥ 1 , preferably
 ≥ 2 , and the sectors being in connection alternately
with chamber A or chamber B,
between the first and second aperture the inner tube
(2) having n notches (5) disposed in the longitudinal
direction around the tube circumference and n pro-
tuberances (6) disposed alternately,
each notch (5) having a trajectory which extends in
the longitudinal direction from the first (1) to the sec-
ond aperture (4) and constantly reduces the radius
of the inner tube (2), starting from the original radius
of the inner tube (2), at the height of the first aper-
ture (1) longitudinally in the direction of the second aper-
ture (4), all of the trajectories of the notches (5) con-
verging in the centre of the fluid distributor at the
height of the second aperture (4), and
each protuberance (6) having a trajectory which ex-
tends in the longitudinal direction from the first (1) to
the second aperture (4) and constantly increases the
radius of the inner tube (2), starting from the original
diameter of the inner tube (2), at the height of the
first aperture (1) longitudinally in the direction of the
second aperture (4), all of the trajectories of the pro-
tuberances (6) converging with the outer tube (3) at
the height of the second aperture (4),
characterised in that
the trajectories of the notches (5) and of the protu-
berances (6) extend sinusoidally,
the trajectory which represents the notch (5) essen-
tially extending just like a sine curve between $n/2$
and n , and

the trajectory which represents the protuberance (6) essentially extending just like a sine curve between 0 and $n/2$.

2. Fluid distributor according to claim 1, **characterised in that**

the notches (5) are disposed around the inner tube (2) at angles α of

$$\alpha = (0, 2, \dots, 2n-2) \frac{360^\circ}{2n}$$

and the protuberances (6) are disposed around the inner tube (2) at angles α of

$$\alpha = (1, 3, \dots, 2n-1) \frac{360^\circ}{2n}$$

3. Fluid distributor according to one of the preceding claims, **characterised in that** there applies $1 \leq n \leq 1,000$, preferably $3 \leq n \leq 500$, particularly preferred $30 \leq n \leq 100$.
4. Fluid distributor according to one of the preceding claims, **characterised in that** the ratio of the cross-sectional areas relating to chamber A and chamber B remains constant over the entire length of the fluid distributor (I).
5. Fluid distributor according to one of the preceding claims, **characterised in that** the notches (5) are essentially wedged-shaped, the acute angle of the wedge being able also to be rounded or curved concavely.
6. Fluid distributor according to one of the preceding claims, **characterised in that**, in the region between outer (3) and inner tube (2), webs (7) are present which connect the outer (3) and inner tube (2) and/or, in the inner tube (2), webs (8) are present which connect the inner wall of the inner tube (2) and the central axis of the inner tube (2).
7. Fluid distributor according to one of the preceding claims, **characterised in that** a core tube (K) or a solid axis is disposed concentrically in the inner tube (2) over the entire length of the fluid distributor, with the proviso that in this case the second aperture (4) has, instead of the circular sectors, circular ring sectors, the trajectories of the notches (5) ending on the core tube (K) or on the solid axis, and in the case where webs (8) are present in the inner tube (2), these connect the surface of the core tube or on the

solid axis to the notch base of the inner tube (2), and the trajectories of the notches (5) branch off on the core tube (K) or on the solid axis, as soon as the notch base contacts the surface of the core tube (K) or of the solid axis.

8. Fluid distributor according to the preceding claim, **characterised in that** the core tube (K) has openings for material exchange.

9. Fluid distributor according to one of the preceding claims, comprising a further tube (10) which is disposed in the longitudinal direction from the first aperture (1) or from the second aperture (4) concentrically around the outer tube (3) and encloses a chamber C which is situated between the further tube (10) and the outer tube (3), and also a third aperture (11) which is disposed in the longitudinal direction after the second aperture (4) and has in cross-section $3n$ circular sectors, n being an integer ≥ 1 , preferably ≥ 2 , and the sectors being in connection alternately with chamber A, chamber C, chamber B and chamber C etc.,

characterised in that,

between the second (4) and the third (11) aperture, the outer tube (3) has n notches (12) disposed in the longitudinal direction around the tube circumference at the height of the boundaries of the circular sectors and n protuberances (13) of the circular sectors disposed alternately,

each notch (12) having a trajectory which constantly reduces the radius of the outer tube (3), starting from the original radius of the outer tube (3), at the height of the second aperture (4) longitudinally in the direction of the third aperture (11), all of the trajectories of the notches (12) converging in the centre of the fluid distributor at the height of the third aperture (11), and

each protuberance (13) having a trajectory which constantly increases the radius of the outer tube (3), starting from the original diameter of the outer tube (3), at the height of the second aperture (4) longitudinally in the direction of the third aperture (11), all of the trajectories of the protuberances (13) converging with the further tube (10) at the height of the third aperture (11).

10. Apparatus for heat- and/or material exchange (III), comprising a rotationally-symmetrical heat- and/or material exchanger (II), the cross-section of which has at least $2n$ sectors which are separated from each other by a membrane, n being an integer ≥ 1 , preferably ≥ 2 , at least one end of the heat- and/or material exchanger (II) being connected in a form fit to a fluid distributor (I) according to one of the claims 1 to 7 via the second aperture thereof, the number of sectors of the heat- and/or material exchanger (II) and of the fluid distrib-

utor (I) being identical.

11. Apparatus (III) according to the preceding claim, **characterised in that** the heat- and/or material exchanger (II) and the at least one fluid distributor (I) are rotatable axially relative to each other, the rotation being implemented preferably by means of a motor.
12. Apparatus (III) according to one of the claims 10 to 11, **characterised in that** the membrane of the heat- and/or material exchanger (II) is material-impermeable or at least partially material-permeable.
13. Apparatus (III) according to one of the claims 10 to 12, **characterised in that** at least a part of the sectors of the heat- and/or material exchanger (II) is equipped at least partially on the inside and/or outside with sorption materials.
14. Apparatus (III) according to one of the claims 10 to 13, comprising a core tube or solid axis which is disposed in the centre of the heat- and/or material exchanger (II) in the longitudinal direction, with the proviso that, instead of the circular sectors, circular ring sectors are present, the core tube being able to have openings for the material exchange with at least a part of the circular ring sectors.

Revendications

1. Distributeur de fluides (I) à symétrie de rotation, comprenant dans le sens longitudinal une première ouverture (1) qui, en coupe transversale, comporte deux tubes (2, 3) disposés concentriquement, le tube intérieur (2) entourant une première chambre A, le tube extérieur (3) et le tube intérieur (2) entourant une chambre B, et le tube extérieur (3) définissant le diamètre du distributeur de fluides (I), et une deuxième ouverture (4) qui, en coupe transversale, comporte 2n secteurs de cercle, n étant un nombre entier ≥ 1 , de préférence ≥ 2 , et lesdits secteurs étant tour à tour en liaison avec la chambre A ou la chambre B, le tube intérieur (2) comportant, entre la première et la deuxième ouverture, n protubérances (6) disposées de manière alternée et n creux (5) disposés dans le sens longitudinal tout autour de la périphérie du tube, chaque creux (5) présente une trajectoire s'étendant dans le sens longitudinal de la première (1) à la deuxième ouverture (4), par laquelle le rayon du tube intérieur (2) diminue en continu à partir du rayon initial du tube intérieur (2) au niveau de la première ouverture (1) dans le sens longitudinal vers la deuxième ouverture (4), toutes les trajectoires des

creux (5) convergeant au niveau de la deuxième ouverture (4) au centre du distributeur de fluides, et chaque protubérance (6) présente une trajectoire s'étendant dans le sens longitudinal de la première (1) à la deuxième ouverture (4), par laquelle le rayon du tube intérieur (2) augmente en continu à partir du diamètre initial du tube intérieur (2) au niveau de la première ouverture (1) dans le sens longitudinal vers la deuxième ouverture (4), toutes les trajectoires des protubérances (6) convergeant au niveau de la deuxième ouverture (4) avec le tube extérieur (3), **caractérisé en ce que** les trajectoires des creux (5) et des protubérances (6) s'étendent sous forme sinusoïdale, la trajectoire représentant le creux (5) s'étend sensiblement comme une courbe sinusoïdale entre $n/2$ et n , et la trajectoire représentant la protubérance (6) s'étend sensiblement comme une courbe sinusoïdale entre 0 et $n/2$.

2. Distributeur de fluides selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les creux (5) sont disposés autour du tube intérieur (2) pour des angles α de

$$\alpha = (0, 2, \dots, 2n-2) \frac{360^\circ}{2n}, \text{ et}$$

les protubérances (6) sont disposées autour du tube intérieur (2) pour des angles α de

$$\alpha = (1, 3, \dots, 2n-1) \frac{360^\circ}{2n}.$$

3. Distributeur de fluides selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** $1 \leq n \leq 1000$, de préférence $3 \leq n \leq 500$, de manière particulièrement préférée $30 \leq n \leq 100$.
4. Distributeur de fluides selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le rapport entre les surfaces de section transversale de la chambre A et de la chambre B reste constant sur toute la longueur du distributeur de fluides (I).
5. Distributeur de fluides selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les creux (5) ont sensiblement une forme de clavette, l'angle aigu de la clavette pouvant être arrondi ou à courbure concave.
6. Distributeur de fluides selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** dans la zone entre le tube extérieur (3) et le tube intérieur (2) sont prévues des ailettes (7) qui relient le tube extérieur (3) et le tube intérieur (2) et/ou dans

le tube intérieur (2) sont prévues des ailettes (8) qui relient la paroi intérieure du tube intérieur (2) et l'axe de symétrie du tube intérieur (2).

7. Distributeur de fluides selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** tube central (K) ou un axe massif est disposé concentriquement dans le tube intérieur (2) sur toute la longueur du distributeur de fluides, à condition que, dans ce cas, la deuxième ouverture (4) comporte, en coupe transversale, des secteurs annulaires en lieu et place des secteurs de cercle, les trajectoires des creux (5) se terminant sur le tube central (K) ou l'axe massif et dans le cas où des ailettes (8) sont prévues dans le tube intérieur (2), celles-ci relient la surface du tube central ou de l'axe massif avec le fond d'entaille du tube intérieur (2) et les trajectoires des creux (5) se ramifient sur le tube central (K) ou l'axe massif, dès que le fond d'entaille entre en contact avec la surface du tube central (K) ou de l'axe massif.
8. Distributeur de fluides selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le tube central (K) comporte des orifices pour le transfert de matière.
9. Distributeur de fluides selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un tube (10) supplémentaire, qui est disposé dans le sens longitudinal à partir de la première ouverture (1) ou de la deuxième ouverture (4) concentriquement autour du tube extérieur (3) qui entoure une chambre C, située entre le tube (10) supplémentaire et le tube extérieur (3), ainsi qu'une troisième ouverture (11), qui est disposée dans le sens longitudinal vers la deuxième ouverture (4) qui, en coupe transversale, comporte $3n$ secteurs de cercle, n étant un nombre entier ≥ 1 , de préférence ≥ 2 , et les secteurs étant tour à tour en liaison avec la chambre A, la chambre C, la chambre B et la chambre C, etc., **caractérisé en ce que** le tube extérieur (3) comporte, entre la deuxième ouverture (4) et la troisième ouverture (11), n creux (12) disposés dans le sens longitudinal tout autour de la périphérie du tube au niveau des limites des secteurs de cercle, et n protubérances (13) des secteurs de cercle, disposées de manière alternée, chaque creux (12) présentant une trajectoire, par laquelle le rayon du tube extérieur (3) diminue en continu à partir du rayon initial du tube extérieur (3) au niveau de la deuxième ouverture (4) dans le sens longitudinal vers la troisième ouverture (11), toutes les trajectoires des creux (12) convergeant au niveau de la troisième ouverture (11) au centre du distributeur de fluides, et chaque protubérance (13) présentant une trajectoire, par laquelle le rayon du tube extérieur (3) aug-

mente en continu à partir du diamètre initial du tube extérieur (3) au niveau de la deuxième ouverture (4) dans le sens longitudinal vers la troisième ouverture (11), toutes les trajectoires des protubérances (13) convergeant au niveau de la troisième ouverture (11) avec le tube (10) supplémentaire.

10. Appareil de transfert de chaleur et/ou de matière (III), comprenant un échangeur de chaleur et/ou de matière (II), dont la section transversale comporte au moins $2n$ secteurs séparés les uns des autres par une membrane, n étant un nombre entier ≥ 1 , de préférence ≥ 2 , au moins une extrémité de l'échangeur de chaleur et/ou de matière (II) étant reliée à un distributeur de fluides (I) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 par liaison de forme avec la deuxième ouverture de ce dernier, l'échangeur de chaleur et/ou de matière (II) et le distributeur de fluides (I) ayant un nombre identique de secteurs.
11. Appareil (III) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'échangeur de chaleur et/ou de matière (II) et ledit au moins un distributeur de fluides (I) sont aptes à tourner axialement l'un par rapport à l'autre, la rotation étant réalisée de préférence au moyen d'un moteur.
12. Appareil (III) selon l'une quelconque des revendications 10 à 11, **caractérisé en ce que** la membrane de l'échangeur de chaleur et/ou de matière (II) est imperméable à la matière ou au moins partiellement perméable à la matière.
13. Appareil (III) selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce qu'au** moins une partie des secteurs de l'échangeur de chaleur et/ou de matière (II) est dotée au moins en partie de matériaux de sorption sur la face intérieure et/ou la face extérieure.
14. Appareil (III) selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, comprenant un tube central ou axe massif disposé dans le sens longitudinal au milieu de l'échangeur de chaleur et/ou de matière (II), à condition que des secteurs annulaires soient prévus en lieu et place des secteurs de cercle, le tube central pouvant comporter des orifices pour le transfert de matière avec au moins une partie des secteurs annulaires.

Fig. 1

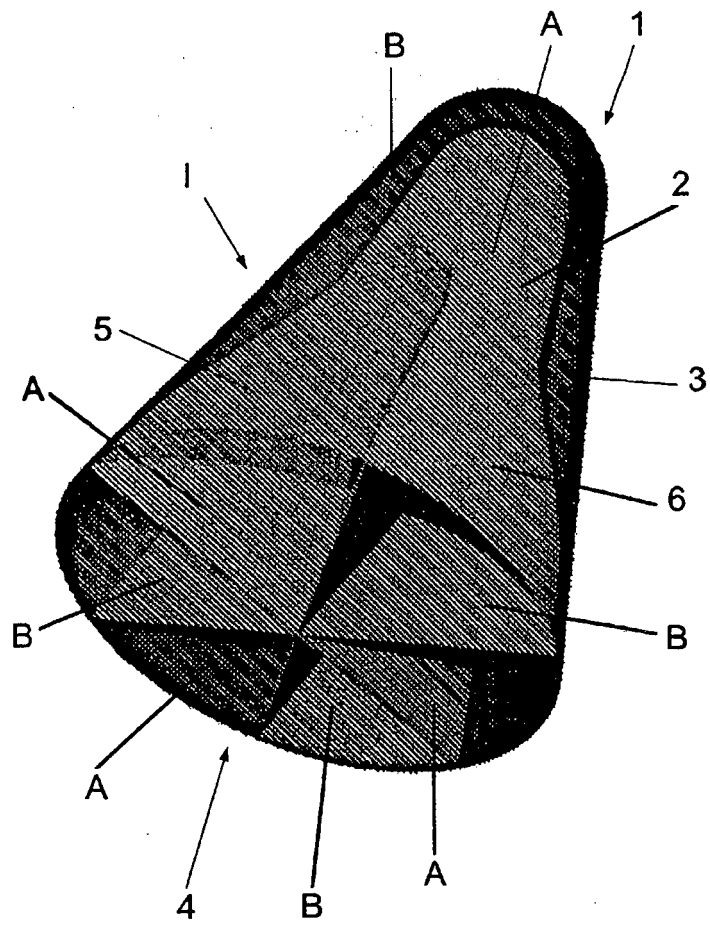


Fig. 1a

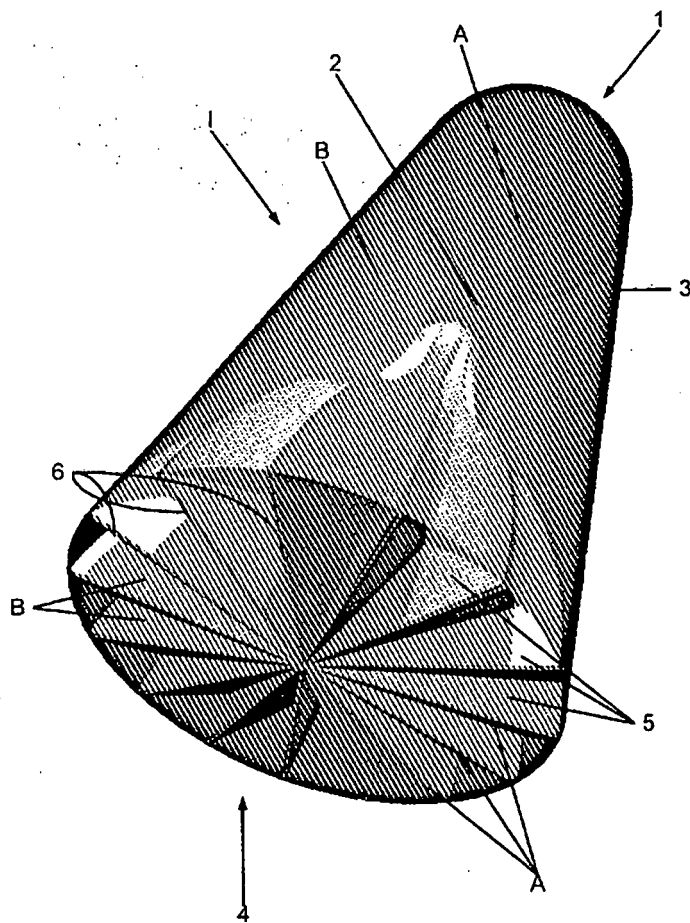


Fig. 2a

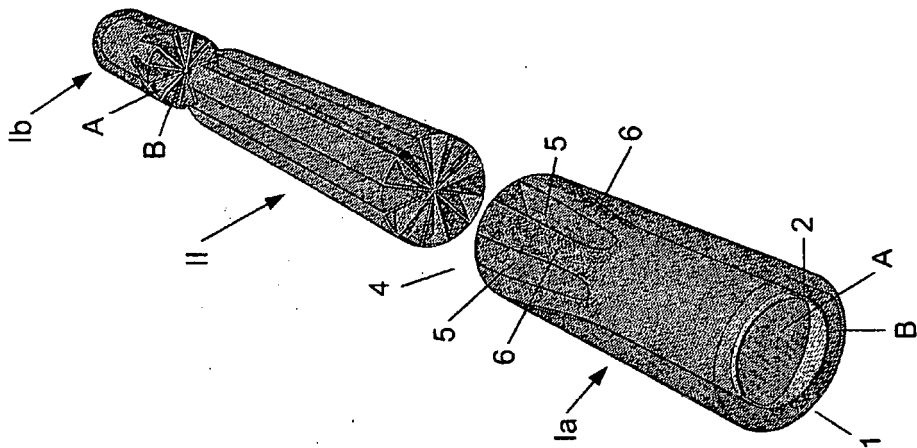


Fig. 2b

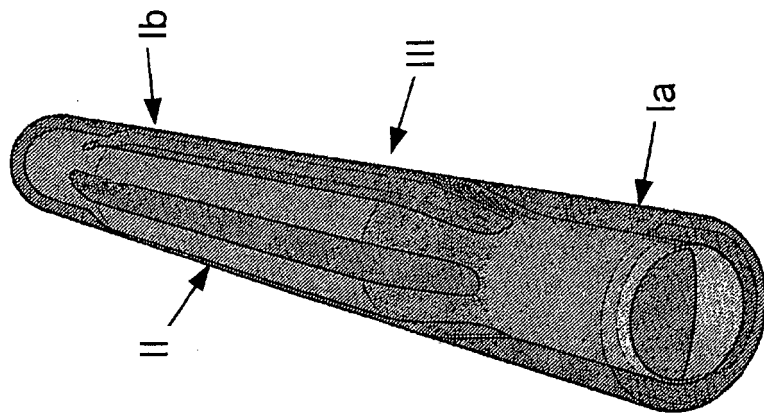
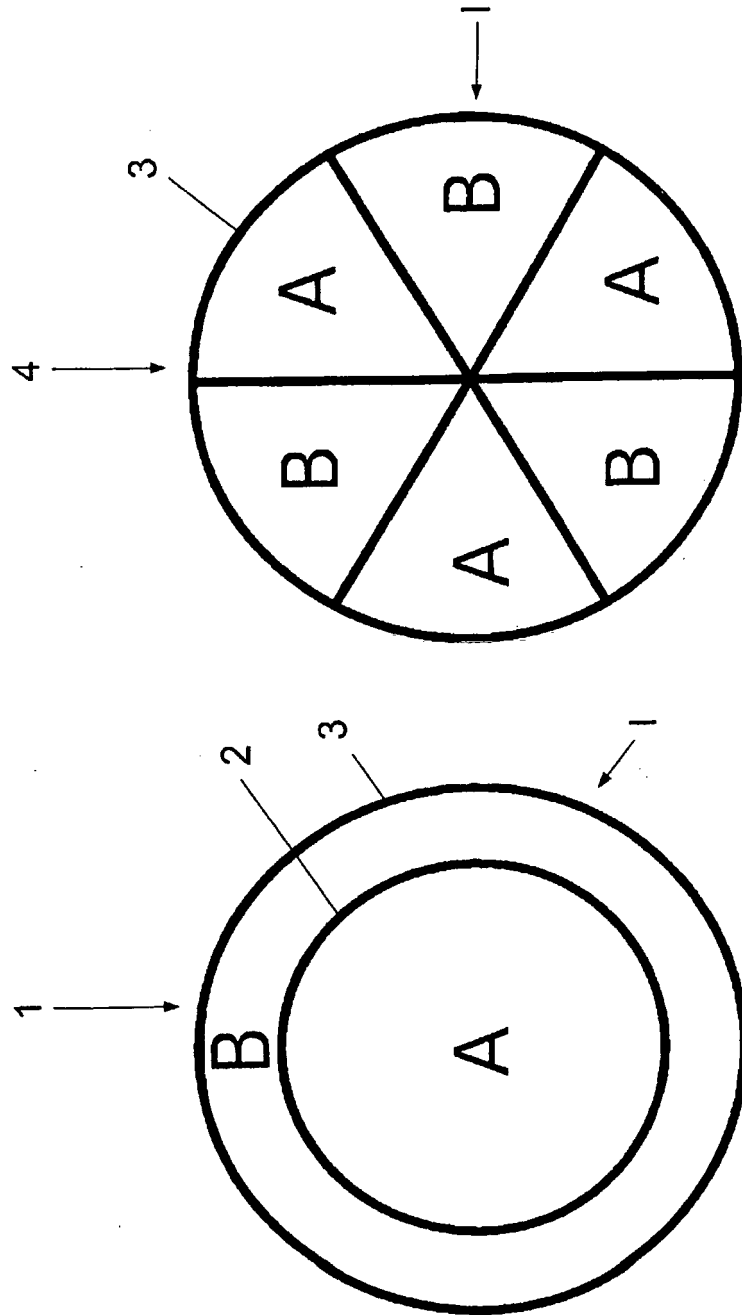


Fig. 3



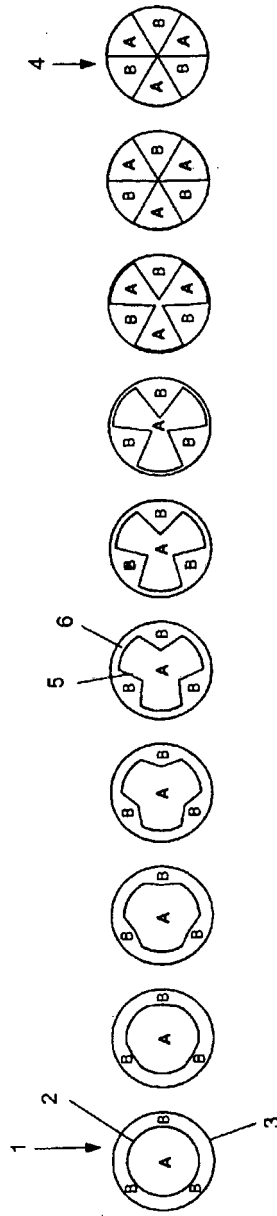


Fig. 4

Fig. 5

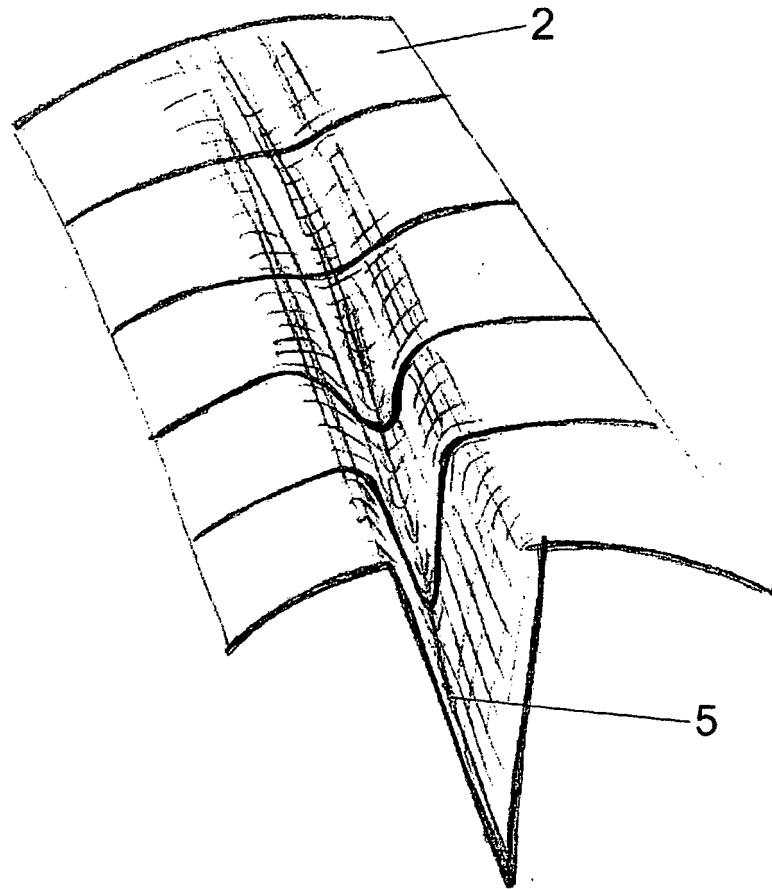


Fig. 6

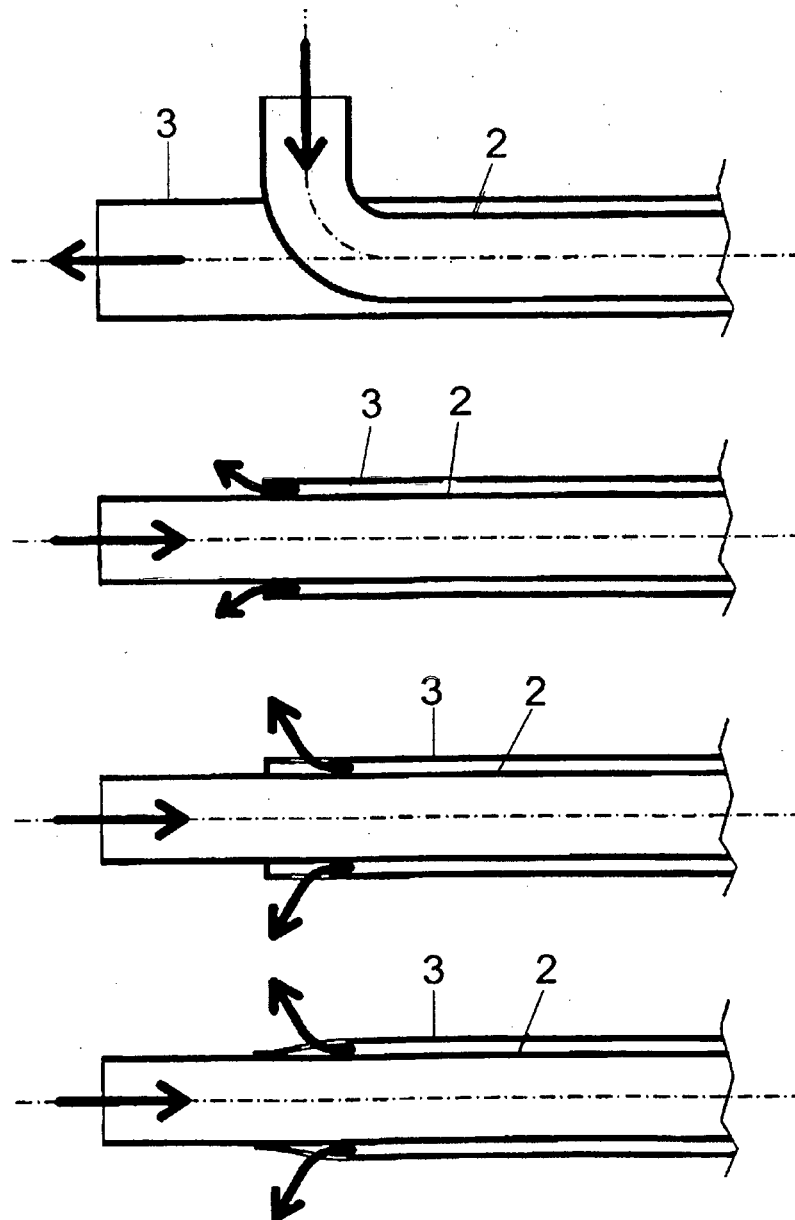


Fig. 7

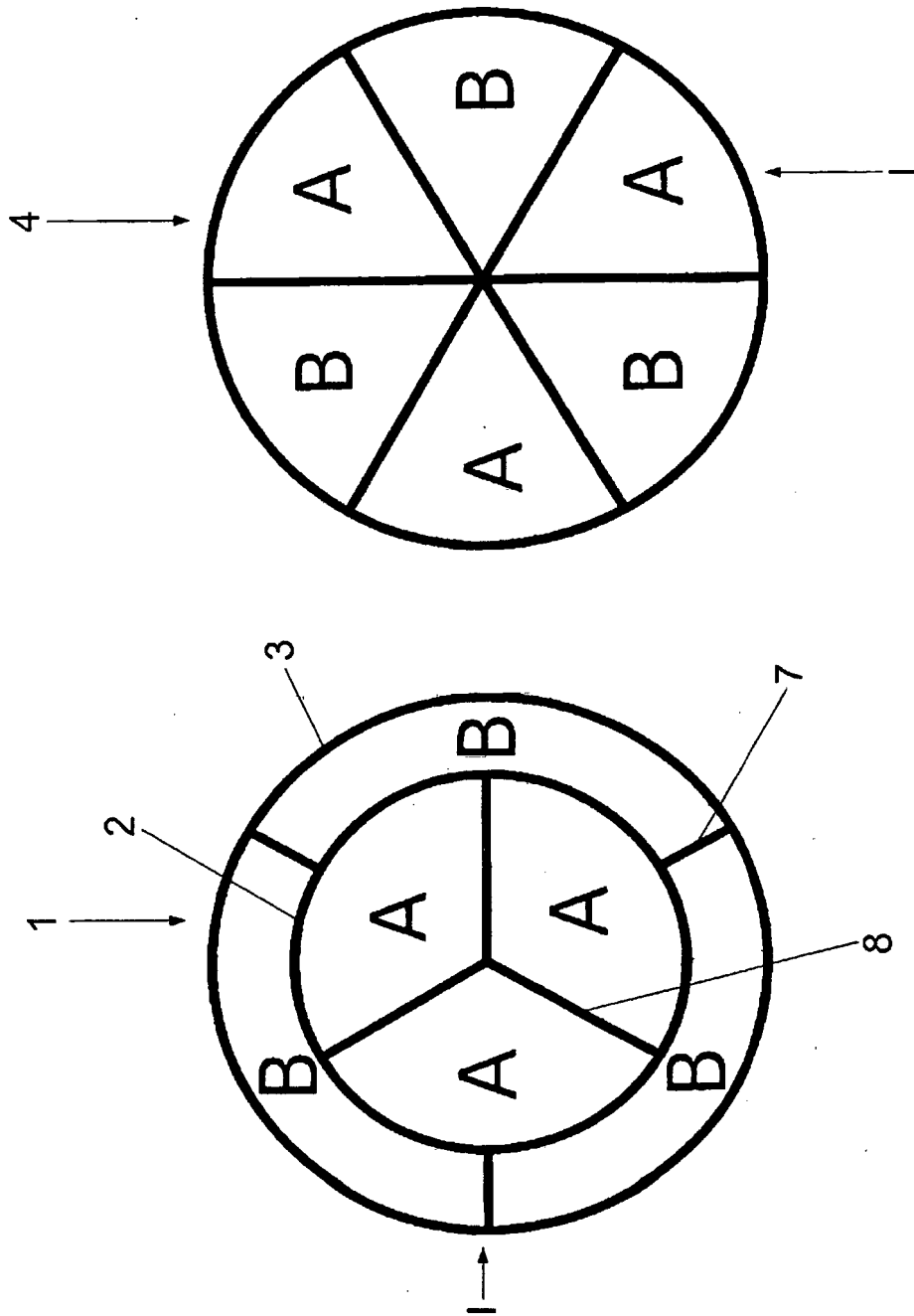


Fig. 8

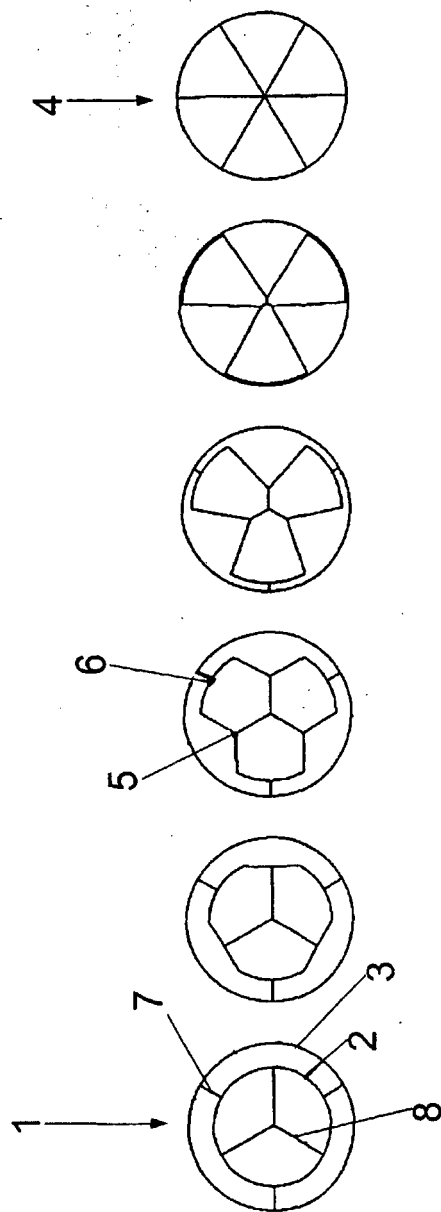


Fig. 9

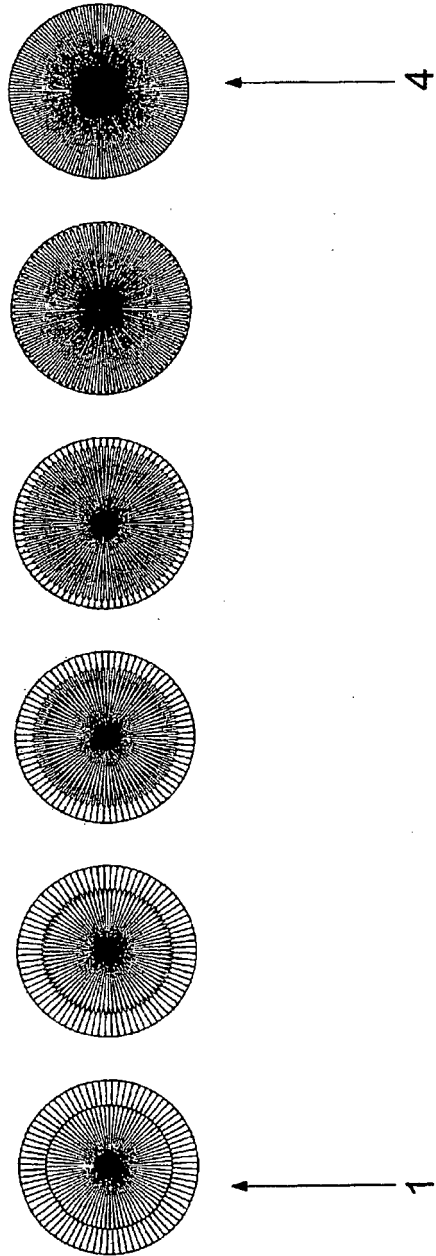


Fig. 10

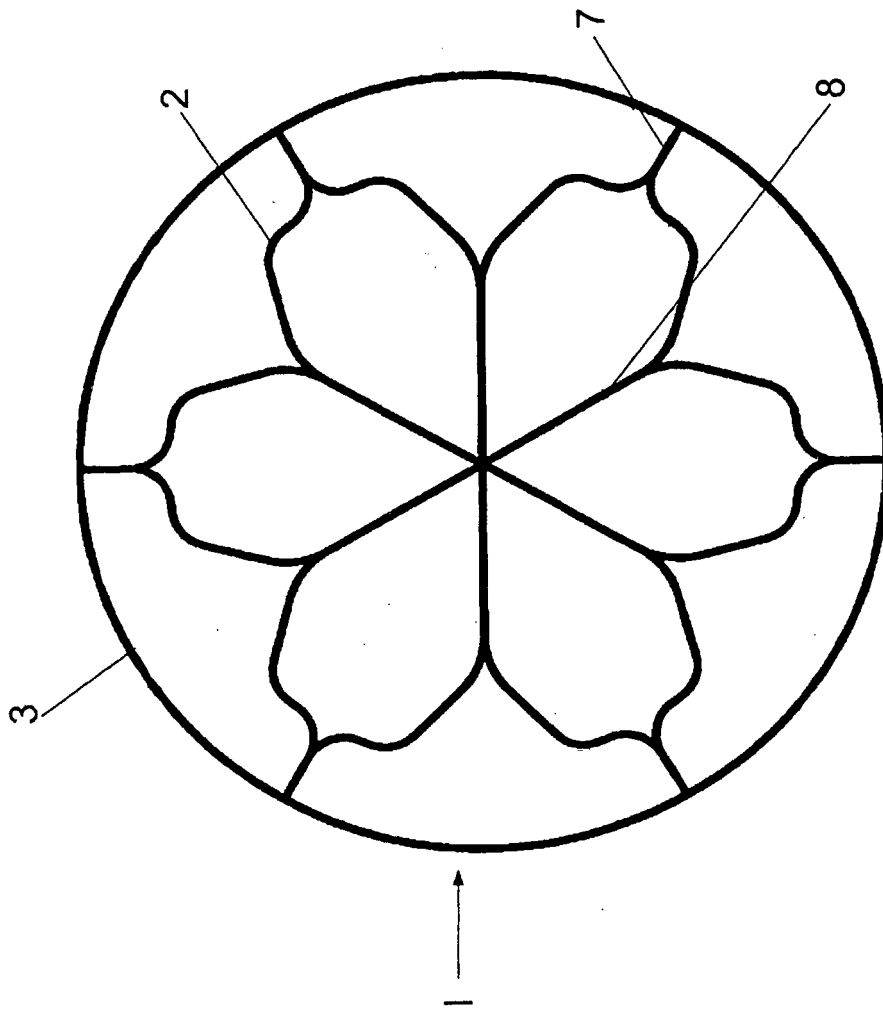


Fig. 11

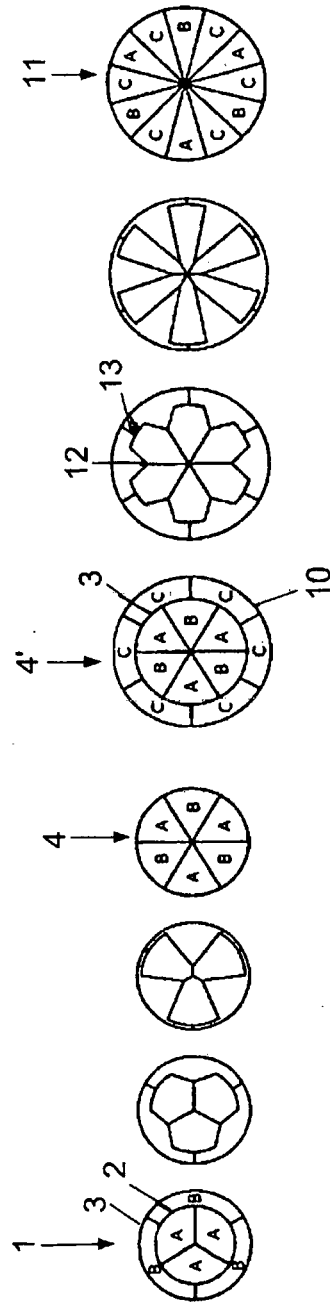


Fig. 12

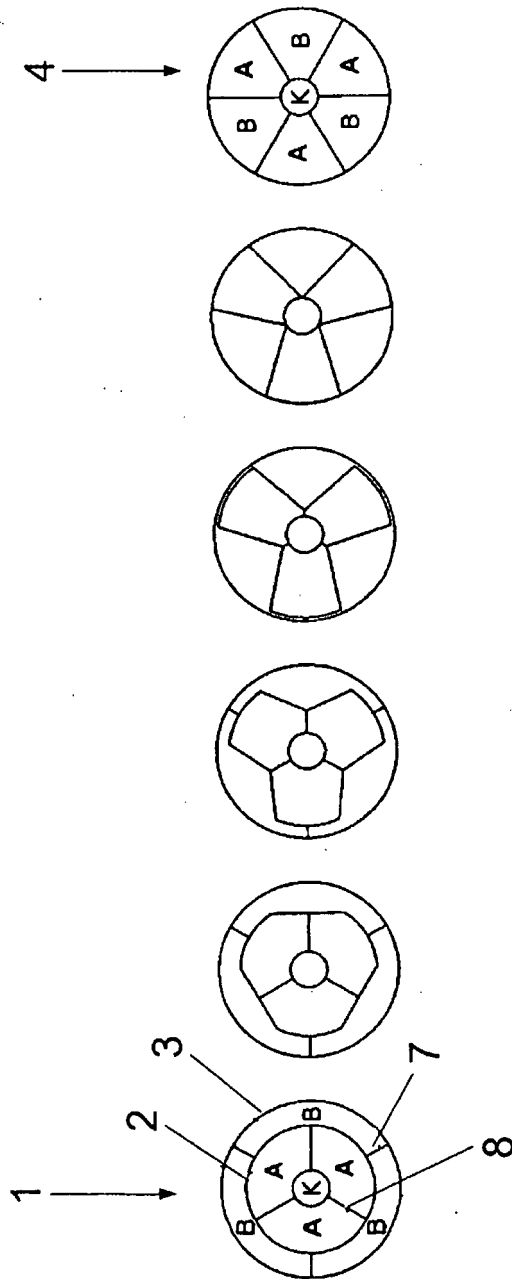


Fig. 13

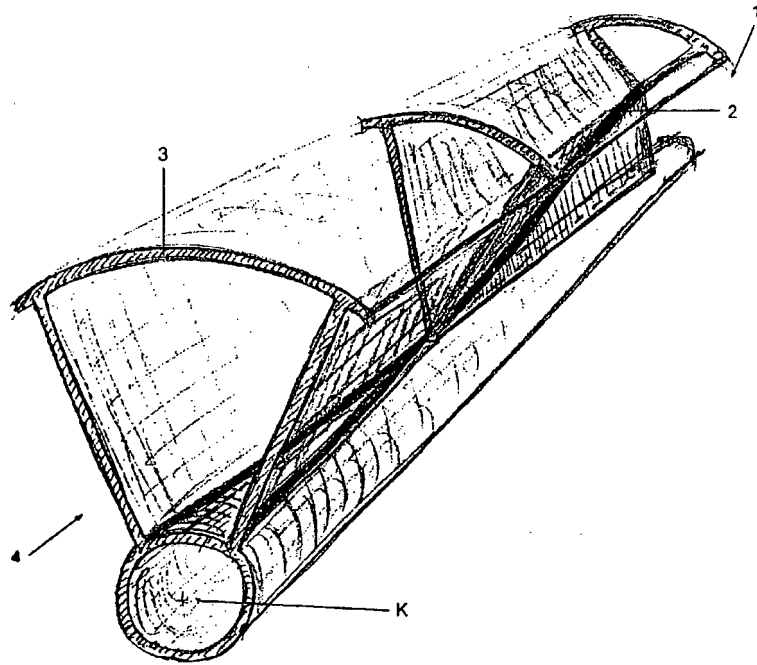
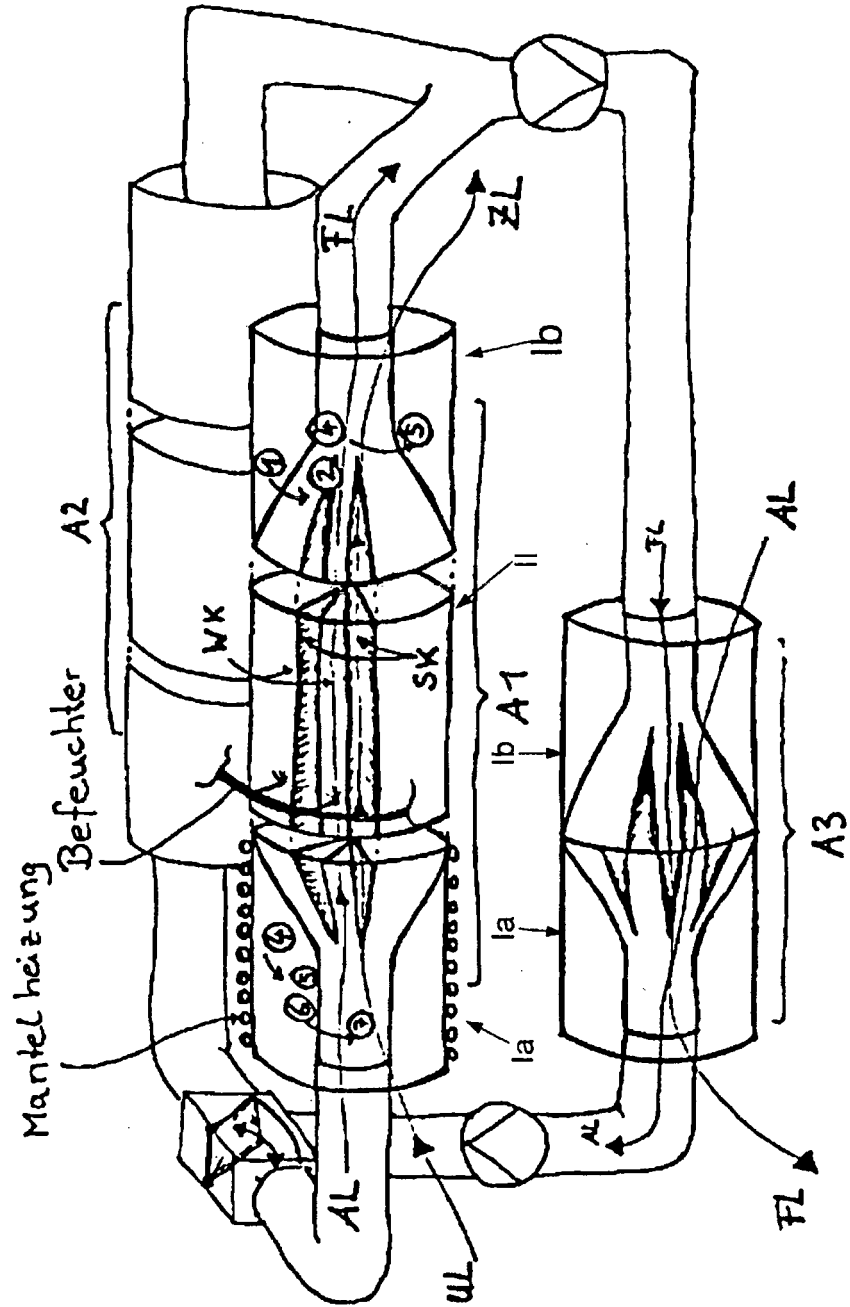


Fig. 14



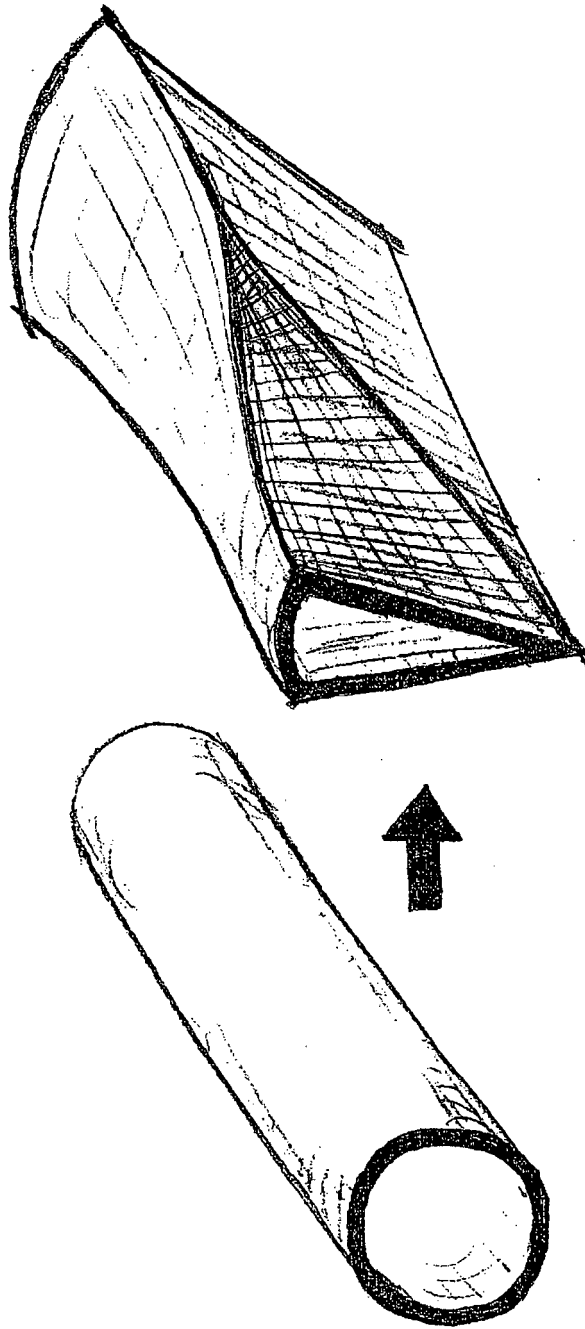


Fig. 15

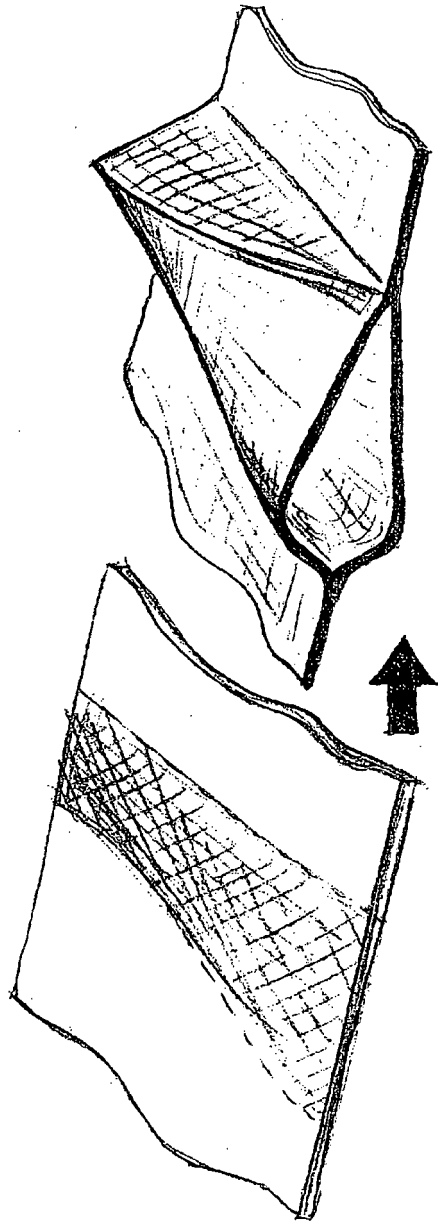


Fig. 16

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

- WO 03095917 A [0004]
- EP 1508015 B1 [0045]