



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 25 408 T2 2005.04.07**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 927 075 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 25 408.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB98/01840**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 930 932.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/002254**

(86) PCT-Anmeldetag: **24.06.1998**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **21.01.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.07.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **04.08.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.04.2005**

(51) Int Cl.⁷: **B01J 19/24**

B01J 19/00, F28D 7/16

(30) Unionspriorität:

51898 P 08.07.1997 US

(73) Patentinhaber:

BP Exploration Operating Co. Ltd., London, GB;
Davy Process Technology Ltd., London, GB

(74) Vertreter:

Lederer & Keller, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IT, LU, NL, SE

(72) Erfinder:

FONT-FREIDE, Johannes, Josephus, Sugar Land,
US; KIPPAX, Wilson, John, North Allerton, North
Yorkshire DL6 2LL, GB; WEEDON, Geoffrey
Gerald, Trinidad, TT; WOODFIN, Terence, William,
Hook, Hampshire RG27 9NF, GB

(54) Bezeichnung: **WÄRMEAUSTAUSCHER UND DESSEN GEBRAUCHSVERFAHREN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Wärmeaustausch zwischen Fluiden und/oder zum Mischen von Fluiden, wobei diese Fluide verschieden sind und/oder verschiedene Temperaturen aufweisen.

[0002] In vielen Prozessvorgängen gibt es Wärmetauscher, die eine Wärmeübertragung von einem ersten zu einem zweiten Fluid beinhalten. Der Austausch kann erfolgen, um Abgase aus einer Verbrennungsreaktion abzukühlen und/oder um Gase vor einer Reaktion vorzuwärmen. Die zwei Fluide können sich in Gegenstrom- oder in Gleichstromrichtung bewegen und können sich bewegen, wobei sich ein Fluid in einem Kern und das andere in einem umgebenden Mantel befindet, oder können sich in einer Röhre oder Röhren bewegen, die durch eine das andere Fluid enthaltene Kammer verlaufen. In der EP-A-450872 weist ein Kompaktreformer Reaktionsröhren für eine wärmeabgebende (exotherme) Reaktion im Inneren einer mit Katalysator für eine wärmeaufnehmende (endotherme) Reaktion vollgepackten Kammer auf. Die austretenden Produkte der wärmeaufnehmenden Reaktion in der Kammer wärmen die in einem Kern und einem umgebenden Ringraum innerhalb der Kammer hindurchtretenden Reaktionsteilnehmer der wärmeabgebenden Reaktion vor. In der EP-A-643618 und der EP-A-703823 findet die wärmeaufnehmende Reaktion in den Röhren und die wärmeabgebende Reaktion in der Kammer statt, und die Reaktionsteilnehmer der wärmeabgebenden Reaktion werden durch Hindurchtritt in Ringräumen vorgewärmt, welche die austretenden wärmeaufnehmenden Röhren umgeben. In der EP-A-703823 tritt ein vorgewärmter Reaktionsteilnehmer der wärmeabgebenden Reaktion, gewöhnlich Luft, in die Reaktionskammer durch eine perforierte Verteilungsplatte ein, die eine Luftwand bildet, welche sich die Kammer hinauf bewegt, bis sie auf die Auslässe für vorgewärmten Brennstoff trifft, zu welchem Zeitpunkt eine Selbstentzündung stattfindet, um Flammen zu erzeugen, die sich um die wärmeaufnehmenden Röhren herum und entlang derselben bewegen, um darin eine Reaktion zu bewirken. Die austretenden Verbrennungsgase aus der wärmeabgebenden Reaktion wärmen den ankommenden Reaktionsteilnehmer der wärmeaufnehmenden Reaktion vor.

[0003] Die obigen Anordnungen ergeben keine solch gleichförmige Vorwärmung der wärmeabgebenden Reaktionsteilnehmer, wie sie erwünscht sein mag, noch eine solch gleichförmige Temperaturverteilung der in die Reaktionskammer eintretenden Luft, wie sie erwünscht sein mag.

[0004] Die vorliegende Erfindung betrifft Vorrichtungen und Verfahren zum Erhalt einer größeren Gleichförmigkeit bei der Vorwärmung und/oder Temperatur-

verteilung.

[0005] Die vorliegende Erfindung stellt einen Wärmetauscher bereit, der eine Mehrzahl von ersten Wärmeaustauschröhren umfasst, die sich durch den Wärmetauscher erstrecken, sowie durch eine Mehrzahl von lateral verlaufenden Wärmetauscherkammern, wobei jede Kammer mindestens eine Eintrittsöffnung aus einer ersten Kammer und mindestens eine Austrittsöffnung zu einer axial benachbarten zweiten Kammer aufweist, und wobei jede Kammer eine Mehrzahl von quer verlaufenden Verbindungszonen aufweist, von denen jede von mindestens zwei der Röhren begrenzt wird, und mindestens eine erste Zone eine Eintrittsöffnung zu der ersten Kammer sowie mindestens eine von der ersten Zone verschiedene zweite Zone eine Austrittsöffnung zu der zweiten Kammer aufweist.

[0006] Die vorliegende Erfindung stellt einen Wärmetauscher bereit, der eine Mehrzahl von ersten Wärmeaustauschröhren umfasst, die sich durch den Wärmetauscher und durch eine Mehrzahl von lateral verlaufenden Wärmetauscherkammern erstrecken, welche eine erste Kammer umfassen, sowie eine zweite und dritte Kammer axial lateral benachbart dazu und auf jeder Seite derselben, wobei jede Kammer von jeder benachbarten Kammer durch eine Trennwand getrennt ist, in der sich eine Mehrzahl von diskreten Öffnungen befindet, und jede Kammer eine Mehrzahl von quer verlaufenden Verbindungszonen aufweist, von denen jede von mindestens drei der Röhren, einer ersten Trennwand und einer zur ersten Trennwand entgegengesetzten zweiten Trennwand begrenzt wird, wobei die erste Kammer unter ihren Zonen mindestens zwei Eintrittszonen aufweist, wobei jede Eintrittszone eine Öffnung für einen Eintritt aus der zweiten Kammer aufweist, sowie mindestens zwei Austrittszonen, wobei jede Austrittszone eine Öffnung für einen Austritt zur dritten Kammer aufweist, wobei keine Zone sowohl eine Öffnung für einen Eintritt und eine Öffnung für einen Austritt aufweist, und mindestens eine Eintrittszone zu mindestens einer Austrittszone benachbart ist oder von der Austrittszone um eine dritte Zone im Abstand angeordnet ist, die weder eine Öffnung für einen Eintritt noch eine Öffnung für einen Austritt aufweist.

[0007] Die vorliegende Erfindung stellt auch ein Verfahren bereit, um einen Wärmeaustausch zwischen einem durch einen Behälter hindurchtretenden ersten Fluid und einem zweiten Fluid in einer Mehrzahl von ersten Röhren zu bewirken, die sich durch den Behälter und durch eine Mehrzahl von lateral verlaufenden Wärmeaustauschkammern erstrecken, wobei jede Kammer eine Mehrzahl von quer verlaufenden Verbindungszonen aufweist, welches umfasst: Leiten von mindestens einem Strom des ersten Fluids in eine erste Kammer, Bewirken eines Kontakts des Fluids mit mehr als einer der Röhren, und dann Lei-

ten eines Stroms des Fluids nach dem Kontakt aus der ersten Kammer in eine zur ersten Kammer axial benachbarte zweite Kammer, so dass das Fluid in einer axialen und lateralen Richtung durch die Kammern hindurchtritt.

[0008] Die vorliegende Erfindung stellt auch ein Verfahren bereit, um einen Wärmeaustausch in einem Behälter zwischen einem ersten Fluid, das durch eine Mehrzahl von lateral verlaufenden Wärmeaustauschkammern in dem Behälter in gegenseitiger axialer Beziehung in dem Behälter hindurchtritt, und einem zweiten Fluid zu bewirken, das in einer Mehrzahl von ersten Röhren strömt, die sich durch den Behälter und durch die Kammern erstrecken, wobei jede Kammer eine Mehrzahl von quer verlaufenden Verbindungszonen aufweist, von denen jede von mindestens drei der Röhren begrenzt wird, wobei das Verfahren umfasst: Leiten von mindestens zwei Strömen des ersten Fluids in verschiedene Zonen in einer ersten Kammer, Bewirken eines Kontakts von jedem der ersten Ströme mit mehr als einer der Röhren, damit sich ein zweiter und dritter Strom ergibt, Mischen des zweiten und dritten Stroms in einer anderen Zone, um einen gemischten Strom zu erzeugen, und Leiten des gemischten Stroms aus der anderen Zone in eine zur ersten Kammer axial lateral benachbarte zweite Kammer, bei dem die ersten Ströme in Zonen in der ersten Kammer eintreten, die zu der Zone benachbart sind, aus welcher der gemischte Strom die Kammer verlässt, oder in Zonen in der Kammer eintreten, die um eine Zone im Abstand von der Zone angeordnet sind, aus welcher der gemischte Strom die Kammer verlässt, so dass das Fluid in einer axialen und lateralen Richtung durch die Kammern hindurchtritt.

[0009] Der Wärmetauscher ist ein hohler Behälter, der die Mehrzahl von Kammern und die Wärmeaustauschröhren enthält. Der Behälter kann von gekrümmtem, z. B. kreisförmigem oder ellipsoidischem, oder geradlinigem, z. B. quadratischem oder rechteckigem, Querschnitt sein und kann eine zu seiner radialen Achse im Wesentlichen senkrechte Längsachse aufweisen, wie in einem geraden Zylinder. Vorzugsweise beträgt sein Höhe-zu-Breite-Verhältnis 10 : 1 bis 2 : 1. Der Behälter kann aus einer Metall-, z. B. Stahl-, oder Isoliermaterial-, z. B. Ziegel- oder Stein-Konstruktion sein und kann speziell im Fall eines Behälters mit Metallwand eine isolierende äußere Schicht aufweisen.

[0010] Die ersten Wärmetauscherröhren sind aus wärmeleitendem Material, wie kohlefaserverstärktem Material oder keramischen Werkstoffen, jedoch vorzugsweise aus Metall, speziell hochtemperaturbeständigem Stahl. Die Röhren können im Behälter in einer zufälligen oder regelmäßigen Anordnung verteilt sein, insbesondere in mindestens 2, wie 2–6 Reihen, in denen die Röhren in benachbarten Reihen in Bezug zueinander fluchten oder versetzt sein kön-

nen. Die Röhren können in einer oder zwei Richtungen parallel sein, so dass eine beliebige Röhre Bestandteil von zwei Reihen ist, wobei die Achse von einer Reihe senkrecht zur Achse der benachbarten Reihe oder unter 45° zur letzteren Achse ausgerichtet ist; die Achse von einer Reihe kann auch senkrecht zur Achse der jenseits der benachbarten Reihe angeordneten nächsten Reihe sein. So können die Röhren in geraden Reihen angeordnet sein, wobei sich jede Röhre in einem konstanten Abstand von jeder von ihren 4 nächsten benachbarten Röhren befindet oder 8 nächste Nachbarn aufweist, wobei sich 4 von diesen in einem Abstand und die nächsten 4 in einem größeren Abstand befinden. Die Röhren können auch in nicht-geraden Anordnungen vorliegen. Es können mindestens 2, z. B. mindestens 10, erste Wärmeaustauschröhren im Behälter vorhanden sein, wie 2–5000, vorzugsweise 10–576. Sie können im Behälter in einem quadratischen oder rechteckigen Muster verteilt sein, vorzugsweise in einem quadratischen Muster und wobei die Anzahl von Röhren in jeder Reihe dieselbe ist oder sich um eins unterscheidet. Sie können mit einer dreieckigen Teilung oder einer geraden Teilung, z. B. einer quadratischen Teilung, angeordnet sein, wobei in der geradlinigen Teilung die Reihen wahlweise parallel zu oder unter 30–60°, z. B. 45°, zu den Wänden eines die äußersten der Röhren in der Anordnung im Behälter umgebenden gedachten oder tatsächlichen Mantels angeordnet sind.

[0011] Die ersten Röhren können sich geradlinig durch den Behälterreaktor erstrecken, speziell in einer zur Längsachse des Behälters parallelen Richtung, insbesondere für gerade zylindrische Behälter. Für rechteckige Behälter ist die Röhrenachse gewöhnlich parallel zu einer Längskante. Vorteilhaft treten die Röhren durch entgegengesetzte Seiten, z. B. Ober- und Unterseite, des Behälters hindurch. Jedoch können die Röhren auch unter einem beliebigen Winkel durch eine der entgegengesetzten Seiten hindurchtreten, statt im Wesentlichen senkrecht dazu, und können durch eine Seitenfläche des Behälters hindurchtreten. Die Röhre kann auch in einer nicht-geradlinigen Weise verlaufen, z. B. in einer gekrümmten Weise, die in einer einzigen Ebene liegen kann, wie bei einem Bogen mit konstantem oder veränderlichem Radius, oder in einer schlangenlinienartigen Weise, z. B. einer sinusförmigen Weise, oder die Röhre kann in mehr als einer Ebene liegen, z. B. in einer regelmäßigen oder unregelmäßigen Schnecke.

[0012] Der Wärmetauscher weist gewöhnlich eine Isolierung auf, die entweder die äußere Wand des Behälters umgibt und/oder in einer Schicht auf der Innenseite dieser Wand angeordnet ist.

[0013] Der Behälter ist in axialer Richtung mit einer Mehrzahl von lateral verlaufenden Kammern unter-

teilt, wobei sich jede Kammer gewöhnlich über die gesamte innere Breite des Behälters erstreckt. Es können mindestens 2, wie mindestens 5, solche Kammern vorhanden sein, speziell 2–200 oder 10–60. Die ersten Röhren treten durch mehr als eine Kammer hindurch, speziell durch jede Kammer. Die Kammern erstrecken sich vorzugsweise in lateraler Richtung senkrecht zur Längsachse von mindestens einer durch sie hindurchtretenden Röhre, insbesondere von allen Röhren, und/oder erstrecken sich in lateraler Richtung senkrecht zur Längsachse des Behälters, speziell beides. Die relative Höhe (axiale Länge) der Kammer zur lateralen Breite von Zonen in der Kammer, d. h. der Zwischenraum zwischen den ersten Röhren, beträgt gewöhnlich bis zu 10 : 1, z. B. 0,1 : 1 bis 10 : 1, wie bis zu 5,0 : 1, z. B. 0,2–3,0 : 1, 0,2–0,8 : 1 oder 1–2 : 1. Vorteilhafterweise sind die einzelnen Kammern im Wesentlichen parallel zueinander, so dass die ersten und zweiten Trennwände, die Böden und Decken jeder Kammer bilden, vorzugsweise im Wesentlichen parallel sind.

[0014] Jede Kammer ist in eine Anzahl von quer verlaufenden Zonen (z. B. mindestens 10 Zonen, wie 10–1000) unterteilt, deren Beziehung zueinander und anderen Kammern jetzt unter Bezugnahme auf die erste Kammer und die auf beiden Seiten zu ihr benachbarte zweite und dritte Kammer beschrieben wird.

[0015] Die erste Kammer weist unter ihren Zonen mindestens zwei und vorzugsweise 6, wie 6–50, Eintrittszonen auf, bei denen jede Zone eine Öffnung für einen Eintritt aus der zweiten Kammer aufweist, sowie mindestens zwei, und vorzugsweise mindestens 6, wie 6–50, Austrittszonen, bei denen jede Zone eine Öffnung für einen Austritt in die dritte Kammer aufweist. Die Beziehung zwischen der Anzahl von Zonen zur Anzahl von Röhren kann bis zu 2 : 1 betragen, z. B. 0,5–2,2 : 1, während das Verhältnis zwischen der Anzahl von Eintrittszonen zur Anzahl von Austrittszonen in einer beliebigen Kammer gewöhnlich 0,5–2 : 1, z. B. 0,1–1,2 : 1, vorzugsweise im Wesentlichen 1 : 1 beträgt. Die Zonen erstrecken sich gewöhnlich in beiden lateralen Richtungen durch die ganze Kammer, und im Wesentlichen ist die ganze Kammer in Zonen unterteilt worden. Diese Zonen sind gewöhnlich miteinander in der Kammer verbunden, und die Mehrzahl, speziell im Wesentlichen alle, sind gewöhnlich mit Zonen in benachbarten Kammern verbunden, wie weiter unten beschrieben wird. Sieht man einmal von dem Raum zwischen den äußersten Röhren und den Wänden des Behälters ab, so wird jede Zone von den Wänden von mindestens 3 oder 4 durch die Kammer hindurchtretenden Röhren begrenzt. Die Zone wird von mindestens 3 Röhren begrenzt, wenn diese in einem dreieckigen Muster angeordnet sind, und von mindestens 4 Röhren, wenn diese in einem quadratischen oder rechteckigen Muster angeordnet sind. Unregelmäßige Muster

von Röhren können es erforderlich machen, dass mindestens 3–6 Röhren eine Zone begrenzen. Jede Zone weist mindestens 1 und gewöhnlich 2 Röhren auf, die sie mit ihrer benachbarten Zone gemeinsam aufweist.

[0016] Eine erste Zone weist eine Eintrittsöffnung aus der nächsten (z. B. zweiten) Kammer auf, und eine zweite Zone weist eine Austrittsöffnung zur anderen benachbarten (z. B. dritten) Kammer auf. Keine Zone weist sowohl eine solche Eintrittsöffnung und eine solche Austrittsöffnung auf, so dass die erste und zweite Zone verschieden sind. Mindestens eine erste Eintrittszone kann zu mindestens einer zweiten Austrittszone benachbart sein, oder kann von der zweiten Zone um mindestens eine, z. B. 1–4, aber speziell um 1 dritte Zone im Abstand angeordnet sein, die weder eine solche Eintrittsöffnung noch eine solche Austrittsöffnung aufweist. Somit kann eine Eintrittszone vorteilhaft um eine dritte Zone im Abstand von einer Austrittszone angeordnet sein, welche selbst wiederum um eine weitere dritte Zone im Abstand von einer weiteren Eintrittszone angeordnet ist; somit sind 6 fragliche Zonen vorzugsweise in einer geraden Linie über die Breite der Kammer hinweg angeordnet. Alternativ kann eine Eintrittszone zu einer Austrittszone benachbart sein, die selbst zu einer weiteren Eintrittszone benachbart ist, wobei sämtliche der Zonen vorzugsweise in einer geraden Linie über die Breite der Kammer hinweg angeordnet sind. Vorzugsweise liegen die Eintritts- und Austrittszonen in jeder von der zweiten, ersten und dritten Kammer in derselben Ebene, so dass sich das erste Fluid in dieser Ebene den Behälter hinauf bewegt. Wenn in einer, z. B. der ersten, Kammer die Austrittszone von 2 oder mehr Eintrittszonen umgeben ist, dann besteht die Gesamtwirkung darin, diejenigen Anteile des ersten Fluids, die durch die Eintrittszonen in die erste Kammer eintreten, zu mischen, und sie durch die Austrittsöffnung in die nächste, z. B. dritte Kammer auszustoßen, woraufhin in dieser Kammer ein Anteil zu einer Austrittszone strömt und ein anderer Anteil zu einer anderen Austrittszone in dieser Kammer strömt. Auf diese Weise wird das Fluid aufgeteilt, gemischt und erneut aufgeteilt und erneut gemischt, und zwar mit denselben oder unterschiedlichen Fluidströmen, in jedem Fall mit einem Kontakt von 2 oder mehr Röhren in jeder Zone. Auf diese Weise wird die Fluidtemperatur in jeder Kammer zunehmend gleichförmiger, während sich das Fluid von Kammer zu Kammer den Behälter hinauf bewegt.

[0017] In jeder Kammer gibt es in einer beliebigen linearen Richtung zwischen jeder Eintrittszone und jeder Austrittszone gewöhnlich mindestens 4 Zonen, und speziell 0–3 Zonen, z. B. 0–1 Zonen. Insbesondere ist mindestens eine Eintrittszone von der Behälterwand um mindestens eine, z. B. 1–3, wie 1 Röhre und speziell mindestens eine, z. B. 1–3, wie 1 Zone im Abstand angeordnet; die nächste Austrittszone

von der Eintrittszone aus ist vorzugsweise ebenfalls um mindestens eine, z. B. 1–3, wie 1 Röhre oder speziell mindestens eine, z. B. 1–3, wie 1 Zone im Abstand von der Behälterwand angeordnet. Zudem weist jede Kammer vorzugsweise mindestens 2 im Abstand angeordnete Eintrittszonen und mindestens 2 im Abstand angeordnete Austrittszonen auf, alle in einer geraden Linie über die Kammer hinweg, wobei sich zwischen jeder Eintritts- und Austrittszone insbesondere 0 oder 1 Zonen befinden.

[0018] Die ersten Wärmeaustauschröhren können die einzigen sein, die durch die Kammern hindurchtreten, jedoch gibt es vorzugsweise mindestens eine zweite durch die Kammern hindurchtretende Wärmeaustauschröhre. Die Durchmesser, Querschnittsformen und Querschnittsflächen der ersten und zweiten (und von jeglichen weiteren) Röhren können dieselben oder verschieden sein; vorzugsweise sind die ersten Röhren größer und können für eine Gegenstromwärmeübertragung zu dem durch den Behälter hindurchtretenden ersten Fluid dienen, während die zweiten Röhren kleiner sein und für eine Gleichstromwärmeübertragung vom ersten Fluid oder eine Gegenstromstrahlungswärmeübertragung von den ersten Röhren dienen können. Die zweiten und weiteren Röhren können in Bezug zu den ersten Röhren symmetrisch angeordnet sein, z. B. in gleichen Abständen von zwei oder mehr ersten Röhren. Die zweiten und weitere Röhren können regelmäßig angeordnet sein, wie oben für die ersten Röhren beschrieben: insbesondere liegen die ersten und zweiten Röhren in Reihen, die in zwei Richtungen parallel zueinander sind. Somit gibt es vorzugsweise eine erste regelmäßige Anordnung der ersten Wärmeaustauschröhren und eine zweite regelmäßige Anordnung von zweiten Wärmeaustauschröhren, die sich axial durch den Wärmetauscher erstrecken und vorzugsweise einen anderen Durchmesser als die ersten Austauschrohre aufweisen. Die zweiten Röhren sind vorzugsweise in abwechselnden Reihen mit den ersten Röhren, damit fluchtend oder speziell dazu versetzt angeordnet, d. h. mit jeder Röhre von einer Art in der Mitte eines Quadrats (in Draufsicht), wobei 4 nächste Nachbarn einer anderen Art an den Ecken des Quadrats angeordnet sind. Die zweiten Röhren können sich mit ersten Röhren in 2 zueinander senkrechten Richtungen oder nur in einer dieser Richtungen abwechseln. Der Röhrenmitten-/Röhrenmitten-Abstand zwischen den ersten Röhren in einer beliebigen Richtung kann derselbe oder ein anderer als dieser Abstand zwischen den zweiten Röhren in dieser Richtung sein, und der Abstand zwischen den ersten und zweiten Röhren kann derselbe wie die beiden obigen Abstände sein, oder sich von diesen unterscheiden. Vorzugsweise sind sämtliche dieser Röhrenmitten-/Röhrenmitten-Abstände im Wesentlichen dieselben. Das Verhältnis der Anzahl von ersten Röhren zu zweiten Röhren kann von 1 : 3 bis 3 : 1, speziell 10–14 zu 14–10, oder im Wesentlichen 1 : 1

betragen. Die ersten Röhren können mit einer dreieckigen Teilung angeordnet sein, wobei sich die zweiten Röhren in jedem abwechselnden Dreieck befinden, oder können in einer geradlinigen, speziell quadratischen Teilung angeordnet sein.

[0019] Das Vorhandensein von ersten und zweiten Wärmeaustauschröhren, die durch die Wärmetauscherkammern hindurchtreten, ist ein besonders wichtiger Aspekt der Erfindung, speziell bei dem Verfahren der Erfindung, bei dem ein erstes Fluid durch die Kammern hindurchtritt, und ein zweites Fluid durch die ersten Röhren hindurchtritt, während ein drittes Fluid durch die zweiten Röhren hindurchtritt, wobei die Strömungsrichtung des zweiten Fluids gegenläufig zu derjenigen des dritten Fluids ist, sowie zum axialen Gesamtstrom des ersten Fluids.

[0020] Von den ersten und zweiten Wärmeaustauschröhren sind mindestens die einen, vorzugsweise die ersten Röhren und wahlweise beide, mit Einrichtungen zum Vergrößern des wirksamen Außenflächeninhalts versehen. Die Vergrößerungseinrichtungen können als Einheit mit der Röhre oder nicht als Einheit damit, aber in direktem Wärmekontakt mit der Röhre ausgebildet sein; falls erwünscht können beide Arten von Vergrößerungseinrichtung vorhanden sein. Die Vergrößerungseinrichtung ist gewöhnlich eine oder mehrere Finnen oder Rippen auf dem Rohr, wobei die Finnen oder Rippen durch die Kammer hindurch durchgängig oder unterbrochen sind. Sie können entlang der Röhrenlänge in der Kammer gerade oder gekrümmt sein, z. B. spiralförmig oder schneckenförmig. Die nicht-integralen Vergrößerungseinrichtungen können in der Form eines wärmeleitenden Körpers vorliegen, der eine oder mehr Finnen oder Rippen aufweist, wobei sich der Körper um die Röhre in der Kammer herum erstreckt, mit oder ohne Befestigung an der Röhre. Zweckmäßigerweise weisen die nicht-integralen Einrichtungen eine sich aus einer Basis nach außen erstreckende, z. B. dazu senkrechte, Finne oder Rippe auf, die eine ebene Oberfläche zum Kontakt mit der Röhre aufweisen kann; somit kann diese Einrichtung eine flexibler langgestreckter Körper von T-förmigem Querschnitt sein, der eng anliegend um die Röhre herumgewickelt ist, um für einen guten Wärmekontakt zwischen der Röhre und der Basis zu sorgen und somit Wärme zur Finne oder Rippe zu liefern.

[0021] Bei dem Verfahren der Erfindung bewegt sich ein zweites Fluid, z. B. ein Gas oder eine Flüssigkeit oder eine Mischung davon, in den ersten Röhren, und Wärme wird zwischen den Röhrenwänden und dem ersten Fluid (z. B. einem Gas oder einer Flüssigkeit oder einer Mischung davon) übertragen, das durch die Zonen in jeder Kammer hindurchtritt. Ein erster Strom des ersten Fluids kann in die erste Kammer eintreten, mit mindestens 2 der Röhren in den Zonen in Kontakt kommen und in die zweite

Kammer strömen; alternativ oder zusätzlich können ein erster und zweiter Strom des ersten Fluids getrennt in die erste Kammer eintreten, wobei jeder Strom mit mindestens einer Röhre in Kontakt kommt, und dann können sich der erste und zweite Strom mischen und zur zweiten Kammer strömen. Vorzugsweise kommt jeder Strom, der in eine Eintrittszone in einer Kammer eintritt, mit mindestens 4, z. B. mindestens 8, Wärmeaustauschröhren in Kontakt, bevor er diese Kammer verlässt. Vorzugsweise tritt das erste Fluid im Gegenstrom zu einem durch die ersten Röhren hindurchtretenden zweiten Fluid durch aufeinanderfolgende Kammern hindurch, während speziell ein drittes Fluid in den zweiten Röhren im Gleichstrom mit dem ersten Fluid und im Gegenstrom zum zweiten Fluid strömt. Vorteilhafterweise sind das erste und zweite Fluid Gase, und das dritte ist ein Gas oder eine Flüssigkeit (speziell, wenn der Durchmesser der zweiten Röhre kleiner als derjenige der ersten Röhre ist). Insbesondere ist das zweite Fluid ein wärmeaufnehmendes Reaktionsprodukt, z. B. aus einer Dampfreformation eines gasförmigen Kohlenwasserstoffs, z. B. mit 1–4 Kohlenstoffen, wie Methan, oder einer teilweisen Oxidation eines solchen Kohlenwasserstoffs, während das erste Fluid ein Gas ist, das molekularen Sauerstoff umfasst, wie Luft, und das dritte Fluid ein Brennstoff ist, z. B. Wasserstoff oder ein gasförmiger Kohlenwasserstoff mit 1–5 Kohlenstoffen, wie Methan, Ethan, Propan oder Butan oder Kohlenmonoxid. Vorteilhafterweise wird Wärme vom zweiten Fluid über erste Röhren zum ersten Fluid übertragen, und dann vom ersten Fluid zum dritten Fluid (über zweite Röhren), speziell um die Luft und den Brennstoff vorzuwärmen, bevor sie in einen Verbrennungsbereich des Behälters eintreten, wobei die Verbrennung die wärmeaufnehmende Reaktion aufheizt. Falls erwünscht, können die ersten Röhren Wärmeübertragungsfeststoffe enthalten, z. B. inerte Feststoffe, wie Keramikmaterial und/oder Feststoffkatalysator für die wärmeaufnehmende Reaktion. Mindestens ein Teil der Wärmeübertragung zwischen der ersten Röhre und der zweiten Röhre in den Kammern erfolgt gewöhnlich durch Strahlung, z. B. mindestens 5% oder 20%, wie 5–10%, 10–50%, oder 20–40%, wie etwa 30%, wobei der Rest in erster Linie durch Konvektion erfolgt.

[0022] Vorzugsweise tritt bei dem Verfahren das erste Fluid in einer Ebene durch mindestens 1 und speziell mindestens 2 aufeinanderfolgende Kammern hindurch, z. B. 5–30 Kammern, und dann in einer anderen Ebene durch mindestens 1, speziell mindestens 2 aufeinanderfolgende Kammern, insbesondere unter 45–135° zur ersten Ebene, z. B. im Wesentlichen senkrecht zu ihr, z. B. durch weitere 1–30 Kammern; danach kann die Bewegungsebene erneut verändert werden, z. B. wie zuvor mindestens einmal mehr, wie 1–5 weitere Male. Falls erwünscht, kann die Bewegungsebene mit zunehmendem Abstand vom Eintritt des ersten Fluids häufiger verän-

dert werden.

[0023] Der prozentuale Anteil der Eintritts- und Austrittsöffnungen in einer beliebigen Kammer von der Gesamtfläche dieser Kammer (d. h. einschließlich Röhren) beträgt gewöhnlich 5–25%, z. B. 10–20%, während der prozentuale Anteil der Eintritts- und Austrittsöffnungen in einer beliebigen Kammer von der Gesamtfläche dieser Kammer ausschließlich der Röhren (d. h. der Gesamtfläche der Zonen) gewöhnlich 25–50 beträgt.

[0024] Bei der Vorrichtung der Erfindung können die einzelnen Kammern abgesehen von den oben erwähnten Eintritts- und Austrittsöffnungen zwischen sich vollständige Trennwände aufweisen, hier auch Sperren genannt, so dass sie im Wesentlichen vollständige Böden und Decken aufweisen. Die Sperren können ansonsten für das erste Fluid undurchlässig sein, wodurch sie es erzwingen, dass das gesamte Fluid von den Eintrittszonen zu den Austrittszonen strömt, bevor es zur nächsten Kammer gelangt. Falls gewünscht, ist jedoch mindestens ein Teil, speziell im Wesentlichen die Gesamtheit von mindestens einer Sperre zwischen aufeinanderfolgenden Kammern, speziell im Wesentlichen sämtliche derartigen Sperren, durchlöchert, wobei der prozentuale Anteil der Fläche der Löcher zur Gesamtfläche der Sperre von 10–70%, speziell 30–60% beträgt. Solche perforierten Sperren gestatten einen gewissen Hindurchtritt des ersten Fluids aus jeder Kammer zur nächsten an anderer Stelle als durch die Eintritts- und Austrittszonen, um den Gegendruck zu verringern und die Strömungsverteilung verglichen mit der Verwendung von durchgängigen Sperren gleichmäßiger zu machen. Vorzugsweise sind die Sperren jedoch unvollständig, aber nicht durchlöchert.

[0025] Die Eintritts- und Austrittsöffnungen können in Form von Schlitzern in Tafeln oder Platten, oder Zwischenräumen zwischen separaten Ablenkplatten vorliegen. Die Sperren können von einer regelmäßigen oder unregelmäßigen Form mit geraden oder gekrümmten Seiten sein, so dass die Eintrittsöffnungen und Austrittsöffnungen von kreisförmigem, ellipsoidischem, rechteckigem, quadratischem oder anderem Querschnitt sein können. Eine Sperre kann die Decke von einer oder mehreren Zonen vollständig bedecken; insbesondere kann eine oder eine Serie von Sperren über die Breite des Behälters hinweg vorhanden sein. So kann eine Serie von Reihen von Sperren von ähnlicher Form vorhanden sein, z. B. mit parallelen, in Längsrichtung oder in lateraler Richtung verlaufenden Seiten; diese können somit die oben erwähnten Ablenkplatten sein. Die zweiten Röhren können durch mindestens zwei und speziell im Wesentlichen alle dieser Sperren mit parallelen lateraler verlaufenden Seiten hindurchtreten, treten jedoch vorzugsweise nur durch einen Anteil der Sperren hindurch, speziell in regelmäßigen Intervallen,

insbesondere durch abwechselnde Sperrern. Wenn eine Serie von aufeinanderfolgenden Kammern Ablenkplatten mit parallelen Seiten aufweist, können die Seiten der Ablenkplatten durch mindestens 2 aufeinanderfolgende, z. B. im Wesentlichen alle Kammern koplanar sein, oder die Seiten können parallel zu denjenigen der Ablenkplatten in der nächsten Kammer sein, jedoch können sich die Seiten überlappen (bei Betrachtung in Draufsicht). Es gibt somit effektiv keine axiale Sichtlinie zwischen aufeinanderfolgenden Kammern, wodurch das erste Fluid gezwungen wird, sich zwischen aufeinanderfolgenden Kammern in lateraler Richtung und in axialer Richtung zu bewegen, speziell in einer schlangenlinienförmigen Weise. Obwohl Ablenkplatten in einer Kammer Seiten aufweisen können, die parallel zu den entsprechenden Ablenkplatten in der benachbarten Kammer und/oder in axialer Richtung kollinear mit denjenigen in der nachfolgenden Kammer sind, so dass 5–30 derartige Kammern vorhanden sein können, wird vorgezogen, dass man periodisch eine Serie von Ablenkplatten für erste aufeinanderfolgende Kammern mit solchen parallelen Seiten und dann eine Serie von Ablenkplatten für die nächsten aufeinanderfolgenden Kammern mit untereinander parallelen Seiten hat, jedoch unter einem Winkel, z. B. 45–135°, wie im Wesentlichen senkrecht, zu denjenigen in der ersten Serie. Diese Veränderung für die nächstfolgenden Kammern kann ein oder mehrere Male wiederholt werden, wobei jede Gruppe von Kammern 1–50, z. B. 5–30, Kammern aufweist. Auf diese Weise bewegen sich Anteile des ersten Fluids in einer Ebene durch den Behälter, bevor sie sich in einer anderen Ebene durch den Behälter bewegen, die gewöhnlich senkrecht zur ersten ist. So kann es einen Wärmetauscher geben, der in aufeinanderfolgenden Kammern eine erste Serie von Sperrern mit Seiten umfasst, die in einer Richtung parallel sind, und dann eine zweite Serie von Sperrern mit Seiten, die in einer anderen Richtung parallel sind; die erste und zweite Serie von Sperrern können sich abwechseln. Wenn erste und zweite Röhren vorhanden sind, sind vorzugsweise Ablenkplatten zwischen abwechselnden Reihen von ersten Röhren in der ersten Kammer und Ablenkplatten zwischen anderen abwechselnden Reihen von ersten Reihen in der zweiten Kammer angeordnet, wobei die zweite Röhren durch die Ablenkplatten hindurchtreten.

[0026] Die erste Kammer kann eine erste Trennwand aufweisen, die ein Boden (oder eine Decke zur zweiten Kammer hin) ist, mit 2 quer verlaufenden Schlitzen mit parallelen Seiten, sowie eine zweite Trennwand, die eine Decke (oder ein Boden zur dritten Kammer hin) ist, mit 3 quer verlaufenden Schlitzen mit parallelen Seiten, wobei die Seiten in axialer Richtung koplanar mit denjenigen in der ersten Kammer sind, während für den Boden der zweiten Kammer 3 solche Schlitze usw. vorhanden sind; nach dieser Serie von solchen Kammern ändert sich die nächste Ebene der Seiten für die nächste Serie wie-

der mit einer abwechselnden 2, 3, 2, 3 Anzahl von Schlitzen. Generisch kann sich die Anzahl von Schlitzen zwischen jeder aufeinanderfolgenden Kammer um eins ändern. Die Schlitze können so für eine Serie in Nord/Süd-Richtung verlaufen, dann in Ost/West-Richtung, dann wieder in Nord/Süd-Richtung. Mit der obigen Anordnung von Schlitzen ist die Wirkung vorzugsweise die, dass der Wärmetauscherbehälter bei Betrachtung in Draufsicht ein regelmäßiges Muster von Röhren aufweist, mit Ablenkplatten, durch welche erste Röhren hindurchtreten, und mit einer Anordnung von zweiten Röhren, Schlitzen und Ablenkplatten, durch welche die zweiten Röhren hindurchtreten oder tangential dazu sind, wobei die Gesamtwirkung darin besteht, dass effektiv keine Sichtlinie durch den Wärmetauscher vorhanden ist, so dass das erste Fluid nur mit einer axialen und lateralen Bewegung, statt allein axial, hindurchtreten kann.

[0027] Vorteilhafterweise befinden sich die Wärmeaustauschröhren im Inneren eines Reaktors mit 2 Wänden, bevorzugt konzentrischen Wänden. Obwohl beide lasttragend sein können, ist vorteilhaft die Äußere stärker lasttragend als die Innere. Die innere Wand wirkt wie eine Abschirmung oder Umhüllung, welche sämtliche der Röhren umgibt, um einen Ringraum zwischen den beiden Wänden, z. B. der äußeren Wand und der Abschirmung, bereitzustellen. Die innere Wand, z. B. die Abschirmung, ist gewöhnlich aus wärmeleitendem Material, z. B. Metall oder kohlefaserverstärktem Material, und kann sich im Kontakt mit einem oder mehreren Wärmeaustauschröhren befinden, ist jedoch vorzugsweise im Abstand von jeder Röhre angeordnet. Die innere Wand kann von derselben axialen Querschnittsform wie die äußere Reaktorwand sein, z. B. konzentrische Kreise, jedoch sind vorzugsweise die axialen Querschnittsformen verschieden, z. B. ist die äußere Wand kreisförmig und die innere Wand ist ellipsoidisch oder rechteckig, wie quadratisch. Die Abschirmung kann auch die zwischen den Kammern vorhandenen Sperrern oder Trennwände an ihrem Platz im Reaktor festhalten und kann somit dazu beitragen, die Röhren zu positionieren.

[0028] Dieser Ringraum im Reaktor zwischen Abschirmung und Reaktorwand kann eine Wärmeisolierung enthalten, z. B. Keramikmaterial, liefert jedoch vorzugsweise eine Vorwärmzone für erstes Fluid vor dem Eintritt in die Wärmetauscherkammern an ihrem stromaufwärtigen Ende; diese Zone verringert auch den Wärmeverlust aus dem Reaktor durch Auffangen der Wärme aus der Abschirmung und ihre Wiederverwendung. Die Reaktorwand kann an einer oder mehreren Stellen, von denen mindestens eine von den stromaufwärtigen Wärmetauscherkammern entfernt und in der Nähe der stromabwärtigen Wärmetauscher angeordnet ist, mit mindestens einer Öffnung für einen Eintritt des ersten Fluids, z. B. Luft, und spe-

ziell von Fluid unter Druck, versehen sein, wobei sich die Öffnung(en) in der Reaktorwand des Ringraums befindet (befinden). Es kann mehr als 1 Öffnung vorhanden sein, speziell 2–6, die insbesondere im Abstand symmetrisch um die Längsachse des Reaktors herum angeordnet sind, gewöhnlich in einer zu dieser Achse senkrechten Ebene. Die Abschirmung oder Umhüllung kann an ihrem in der Nähe der stromaufwärtigen Wärmeaustauschkammern gelegenen Ende mindestens eine Eintrittsstelle in diese Wärmeaustauschkammer(n) aufweisen, insbesondere 1–3 Eintrittsöffnungen, z. B. eine, in die eine oder mehrere der 3 am Weitesten stromaufwärts gelegenen Wärmeaustauschkammern, speziell in die am Weitesten stromaufwärts gelegene Kammer. Im Gebrauch tritt so die Luft, z. B. Druckluft, in den Reaktor durch die Öffnung(en) in den Ringraum ein, strömt durch den Ringraum hindurch, wo sie über die Abschirmung in Gleichstromwärmeaustauschbeziehung mit den ersten Röhren und/oder Gegenstromwärmebeziehung zum ersten Fluid steht, das sich durch die Wärmetauscherkammern bewegt; auf diese Weise kann das erste Fluid vor seinem Eintritt aus dem Ringraum in die Wärmetauscherkammer auf mindestens 100°C vorgewärmt werden.

[0029] Bei einer Ausführungsform schließt das Verfahren der vorliegenden Erfindung auch ein Vorwärmen des ersten Fluids außerhalb der Wärmetauscherkammer durch Wärmeaustausch mit erstem Fluid innerhalb der Kammern ein, damit sich ein vorgewärmtes erstes Fluid vor dem Eintritt des vorgewärmten ersten Fluids in Wärmetauscherkammern ergibt; vorteilhaft erfolgt das Vorwärmen in einer gegenläufigen Richtung zur Bewegungsrichtung des ersten Fluids in den Kammern. Insbesondere wird das erste Fluid durch einen Ringraum zwischen der Abschirmung und Reaktorwand geleitet, wobei die Abschirmung eine die Röhren umgebende Umhüllung liefert.

[0030] Die Vorteile des Wärmetauschers und Verfahrens der Erfindung können eine bessere Wärmeverteilung über die Breite des Behälters hinweg für das erste Fluid einschließen, wenn es den Wärmetauscher verlässt, z. B. am oberen Ende, und/oder für das zweite Fluid, wenn es den Wärmetauscher durch die ersten Röhren verlässt, z. B. am unteren Ende. In einem weiteren Aspekt sieht die vorliegende Erfindung auch einen Behälter zum Mischen oder Verteilen von Strömen eines in axialer Richtung von einer stromaufwärtigen zu einer stromabwärtigen Stelle strömenden Fluids vor, welcher über den Behälter hinweg quer verlaufende Ablenkplatten in mindestens zwei aufeinanderfolgenden Reihen, umfasst, welche Reihen von Ablenkplatten eine offene quer verlaufende Kammer begrenzen, wobei die Ablenkplatten in aufeinanderfolgenden Reihen eine unterschiedliche räumliche Verteilung über den Behälter hinweg aufweisen. Diese Anordnung von Ablenkplat-

ten kann in einem Wärmetauscher der Erfindung vorhanden sein, vorzugsweise nachdem das erste Fluid durch den Wärmetauscher hindurchgetreten ist. Alternativ können andere Wärmetauschersysteme in Kombination mit der obigen Anordnung von Ablenkplatten verwendet werden. Die Ablenkplatten können als Spoiler wirken, um den Strom des ersten Fluids aufzubrechen und es zu verteilen oder zu durchmischen.

[0031] Die Anordnung von Ablenkplatten kann als Mischvorrichtung für Fluide verwendet werden, die sich hinsichtlich Temperatur und/oder Zusammensetzung unterscheiden, z. B. zum Mischen von mindestens zwei verschiedenen Fluiden oder eines Fluids in mindestens 2 Strömen mit verschiedenen Temperaturen. Sie dient vorzugsweise zum Mischen von Fluiden mit verschiedenen Temperaturen, wie solchen, die man beim Kontakt von einem oder mehreren Fluiden mit Wärmeaustauschoberflächen erhält, insbesondere Oberflächen, die sich durch den Behälter erstrecken, wie in den ersten Röhren in den oben erwähnten veröffentlichten Druckschriften. Wenn eine der Röhren gegenüber dem Rest eine andere Temperatur aufweist, dann wird ein durch sie hindurchtretendes erstes Fluid eine andere Temperatur als der Rest aufweisen, was am oberen Ende des Wärmetauschers zu einer Ungleichförmigkeit führt, welche dieser Aspekt der vorliegenden Erfindung mit der speziellen Anordnung von Ablenkplatten zu beheben sucht, damit sich über die Breite des Behälters hinweg ein Fluid mit im Wesentlichen gleichförmiger Temperatur und Zusammensetzung ergibt.

[0032] Die Anordnung von Ablenkplatten wird vorzugsweise in einer Verteilungsvorrichtung für Fluide verwendet, z. B. solche mit verschiedenen axialen Geschwindigkeiten, um über eine weite Fläche hinweg, z. B. die Behälterbreite, einen Fluidstrom von im Wesentlichen konstanter Geschwindigkeit bereitzustellen. Das erste Fluid kann zuerst in einem oder mehr als einem Strom mit den Ablenkplatten in Kontakt kommen, z. B. einem Strom ausgehend von einem Kontakt von einem oder mehreren Fluiden mit Wärmeaustauschoberflächen, insbesondere solchen, die sich durch den Behälter erstrecken, wie in den ersten Röhren der zuvor genannten Vorrichtung der vorliegenden Erfindung. Vorzugsweise ist das Fluid Luft, und die Ablenkplatten liefern über den Behälter hinweg einen Luftstrom von im Wesentlichen konstanter Geschwindigkeit, z. B. als Luftwand, insbesondere wenn die Luft auf die Brennstoffbrenner in der Vorrichtung der Erfindung trifft.

[0033] Der Behälter kann hinsichtlich Form und Aufbau so sein, wie oben in Bezug auf den Wärmetauscher beschrieben, braucht jedoch die ersten (und andere) Röhren nicht in sich zu haben. So können an der stromaufwärtigen Stelle im Behälter die 2 Fluidströme gerade nur in den Behälter geleitet werden

sein, oder können getrennt von aber auf einem Wärmetauscher mit Wärmeaustauschoberflächen angeordnet sein, wobei sich dieser Wärmetauscher innerhalb des Behälters oder außerhalb desselben befindet, jedoch mit einer ungehinderten Fluidbewegung aus dem Wärmetauscher in den Behälter. Im zuerst genannten Fall, bei dem sich die Ablenkplatten und Wärmetauscher im selben Behälter befinden, können sich die Wärmeaustauschoberflächen durch den Bereich des Behälters erstrecken, der die quer verlaufenden Ablenkplatten enthält, oder können dort fehlen, z. B. im Behälter unterhalb der Ablenkplatten enden.

[0034] Die Ablenkplatten können für die Fluide undurchlässig sein, sind jedoch vorzugsweise durchlöchert, wobei die Gesamtfläche der Löcher in den Ablenkplatten 10–60%, z. B. 30–50%, der Gesamtfläche der Ablenkplatten beträgt und die Größe der einzelnen Löcher vorzugsweise im Durchschnitt weniger als ein Fünftel der Größe von jeglichen Wärmeaustauschröhren beträgt, die durch sie hindurchtreten, z. B. ein Zwanzigstel bis ein Fünftel der Größe. Vorteilhafterweise weisen die Löcher alle im Wesentlichen dieselbe Größe auf, speziell in irgendeiner bestimmten Reihe, obwohl die Löcher in aufeinanderfolgenden Reihen ebenfalls von derselben Größe oder von allmählich zunehmender oder speziell allmählich abnehmender Größe sein können.

[0035] Die Formen der einzelnen Ablenkplatten können so sein, wie oben für die Sperren im Wärmetauscher beschrieben.

[0036] Die Ablenkplatten befinden sich vorzugsweise in einem Behälter, wobei mindestens einige Röhren durch sie hindurchtreten, wobei die räumliche Beziehung zwischen dem Behälter und den Röhren vorzugsweise so ist, wie oben in Bezug auf den Wärmetauscher und die Röhren beschrieben. Insbesondere kann der Behälter erste Röhren aufweisen, die in einer regelmäßigen Anordnung durch ihn hindurchtreten, und zweite Röhren, die in einer anderen Weise durch ihn hindurchtreten; die Beschreibung oben liefert weitere Einzelheiten über die räumliche Anordnung der Röhrenanordnungen. Die ersten und zweiten Röhren können in Reihen parallel zueinander oder unter 30–60°, z. B. 45°, zueinander angeordnet sein. Insbesondere ist ein Paar Reihen von ersten Röhren vorzugsweise durch eine Reihe von zweiten Röhren getrennt, und/oder umgekehrt, speziell wenn die ersten und zweiten Röhren in parallelen Reihen in zwei Richtungen im rechten Winkel ausgerichtet sind. Vorzugsweise ist jede erste Röhre von 4 zweiten Röhren umgeben, und jede zweite Röhre ist von 4 ersten Röhren umgeben (abgesehen von Röhren, die zur Behälterwand benachbart sind). Die Beziehung zwischen den Röhren und den Ablenkplatten ist vorzugsweise wie folgt: Die zweiten Röhren können zwischen den Ablenkplatten hindurchtreten, treten je-

doch vorzugsweise durch mindestens einige der Ablenkplatten hindurch. Die Ablenkplatten können lateral verlaufende parallele Seiten aufweisen, die sich im Wesentlichen über die innere Breite des Behälters hinweg erstrecken, und sind zwischen mindestens einigen der ersten Röhren, z. B. 2–4, angeordnet. Die Seiten der Ablenkplatten in einer ersten Reihe sind gewöhnlich unter einem Winkel, z. B. 45–135°, oder im Wesentlichen senkrecht zu den Seiten der Ablenkplatten in einer zweiten benachbarten Reihe angeordnet. Vorzugsweise ist die Anzahl von Ablenkplatten in einer Reihe um eins größer oder kleiner als die Anzahl in der benachbarten Reihe. In Bezug auf eine erste Reihe von Ablenkplatten sind vorteilhaft erste und zweite Röhren in parallelen Reihen zwischen einander im Abstand angeordnet, und Reihen von Ablenkplatten mit parallelen Seiten weisen abwechselnde Reihen von zweiten Röhren auf, die durch sie hindurchtreten, während in Bezug auf eine zu der ersten Reihe von Ablenkplatten benachbarte zweite Reihe von Ablenkplatten Reihen von Ablenkplatten mit parallelen Seiten in der zweiten Reihe jede Reihe von zweiten Röhren durch sie hindurchtretend aufweisen und jede Reihe von ersten Röhren zwischen sich hindurchtretend aufweisen, wobei die Richtung der Seiten der Ablenkplatten in der zweiten Reihe im Wesentlichen rechtwinklig zur Richtung der Seiten der Ablenkplatten in der ersten Reihe ist; speziell in Bezug auf eine zu der zweiten Reihe von Ablenkplatten benachbart dritte Reihe von Ablenkplatten weisen Reihen von Ablenkplatten mit parallelen Seiten in der dritten Reihe jede Reihe von zweiten Röhren durch sie hindurchtretend und jede Reihe von ersten Röhren zwischen sich hindurchtretend auf, wobei die Richtung der Seiten der Ablenkplatten in der dritten Reihe im Wesentlichen rechtwinklig zur Richtung der Seiten der Ablenkplatten in der zweiten Reihe ist, jedoch im Wesentlichen in derselben Richtung wie die Seiten in der ersten Reihe. Insbesondere weist der Behälter in Kombination die erste, zweite und dritte Reihe von Ablenkplatten auf, wie im vorangehenden Satz beschrieben; speziell sind die 3 aufeinanderfolgenden Reihen von Ablenkplatten perforiert und sind jeweils in Bezug zu den Röhren und den Wänden des Behälters so angeordnet, dass in axialer Ansicht die Gesamtwirkung der 3 Reihen mindestens 80% der Querschnittsfläche des Behälters, ausschließlich der Röhren, einzunehmen scheint.

[0037] Das erfindungsgemäße Verteilungsverfahren umfasst ein Verfahren, bei dem ein erstes Fluid von einer stromaufwärtigen zu einer stromabwärtigen Stelle axial durch einen Behälter hindurchgeleitet wird, bei dem das Fluid um aufeinanderfolgende Reihen von Ablenkplatten axial herum strömt, die sich lateral über den Behälter hinweg erstrecken, wobei über den Behälter hinweg jede aufeinanderfolgende Reihe in einer anderen räumlichen Beziehung angeordnet ist, so dass mindestens ein Teil des Fluids eine laterale sowie axiale Bewegung besitzt. Wenn

mehr als ein Strom des ersten Fluids in den Behälter geleitet wird, können die Ströme bei dem Verfahren der Erfindung getrennt verteilt werden, jedoch können vorzugsweise die mindestens zum Teil verteilten Ströme gemischt werden, z. B. nach der ersten Reihe von Ablenkplatten, so dass die Ablenkplatten insgesamt ein Mischverfahren bewirken. Insbesondere tritt mindestens ein Teil eines ersten Fluidstroms in axialer Richtung zwischen ersten Röhren in einer ersten Reihe hindurch und tritt dann in axialer und lateraler Richtung zwischen ersten und zweiten Röhren in einer zweiten Reihe hindurch, sowie wahlweise durch mindestens eine perforierte Ablenkplatte in der zweiten Reihe, und vorzugsweise tritt mindestens ein Teil des ersten Stroms in axialer und lateraler Richtung zwischen ersten und zweiten Röhren in einer dritten Reihe und wahlweise durch mindestens eine perforierte Ablenkplatte in der dritten Reihe hindurch.

[0038] In bevorzugten Aspekten der Erfindung weist der Wärmetauscher der Erfindung den Verteiler des Behälters der Erfindung stromabwärts auf, z. B. auf seiner Oberseite. Jenseits der letzten Ablenkplatte in einer stromabwärtigen Richtung erstrecken sich vorzugsweise die zweiten Röhren in den Behälter, auf deren Enden jeweils ein Brennstoffbrenner, z. B. eine Strahldüse, angebracht ist; vorteilhaft liegen die Brennerenden in einer quer verlaufenden Ebene, die zur Längsachse des Wärmetauschers/Mischers/Behälters senkrecht ist. Die Verteiler- und/oder Mischer-Anordnung von Ablenkplatten liefert eine gleichförmige Temperatur- und Geschwindigkeits-Verteilung von erstem Fluid, z. B. Luft, das sich anschließend im Behälter nach oben zu den Brennern bewegt, während sich die Luft und der Brennstoff entzünden (gewöhnlich durch Selbstentzündung), wobei langgestreckte Flammen erzeugt werden, die sich um die ersten Röhren herum und entlang derselben bewegen, so dass die ersten Röhren, welche für die wärmeaufnehmende Reaktion vorgesehen sind, in ein Flammenmeer eingetaucht sind. Die austretenden Verbrennungsgase aus der Verbrennung im Behälter verlassen den Behälter, wahlweise über eine beschleunigte Bewegung durch einen Ringraum mit nach oben konvergierendem Durchmesser, wobei der Ringraum die ankommenden ersten Röhren umgibt; auf diese Weise werden die Reaktionsteilnehmer der wärmeaufnehmenden Reaktion vorgewärmt und dann durch die Verbrennung der Reaktionsteilnehmer der wärmeabgebenden Reaktion erhitzt. Der kombinierte Wärmetauscher/Mischer/Verteiler-Verbrennungsbehälter (einschließlich Brenner) kann zusammen mit seinen zugehörigen ersten und zweiten Röhren einen Kompaktreformer zum Reformieren von Kohlenwasserstoffen zu Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoff mit maximaler innerer Wärmeverteilung und minimaler Temperatur für die austretenden wärmeaufnehmenden und wärmeabgebenden Reaktionsprodukte bilden. Falls erwünscht, kann der Wärmetauscher,

Mischer und die Röhren über Einrichtungen zum Absorbieren von Wärmedehnungen und Spannungen infolge einer Ausdehnung in der äußeren Vorrichtung gehalten werden, z. B. Bälgen auf den zum Halten der Röhren verwendeten Röhrenblechen.

[0039] Die vorliegende Erfindung wird in den und unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen dargestellt, in denen:

[0040] Fig. 1 ein den Wärmetauscher zeigender Querschnitt durch die Vorrichtung der Erfindung und ein Schnitt **1A** durch den Wärmetauscher ist.

[0041] Fig. 2 ist eine schematische Zeichnung des Wärmetauschers und Verteilers und von Schnitten durch den Wärmetauscher in Ebenen **2A**, **2B**, **2C**, **2D** und **2F**.

[0042] Fig. 3 ist ein Querschnitt durch den Verteiler und die Brenner und Schnitte durch den Mischer in Ebenen **3A**, **3B**, **3C** und **3D**.

[0043] Fig. 4 ist ein Querschnitt durch die Verbrennungsgasaustrittsröhren der Vorrichtung.

[0044] Nunmehr Bezug nehmend auf Fig. 1, weist ein Reaktor **1** langgestreckte Brennstoffröhren **2** auf, die sich durch ihn hindurch erstrecken, wobei sie sich weiter in der Richtung **3** zu Brennstoffbrennern (nicht dargestellt) an einem Ende erstrecken und an den anderen Enden zu Verbindungsstellen **4**, die entlang eines Brennstoffverteilers **5** verteilt sind. Der Verteiler **5** erstreckt sich über die Breite des Reaktors **1** und steht durch Außenwände **6** des Reaktors **1** über, wobei er mit einem flexiblen Metallschlauch **7** verbunden ist, der wiederum über ein Einlassrohr **8** zu einer Brennstoffquelle oder -quellen führt. Die Einlassrohre **8** sind in Ringröhren **9** angeordnet, die in Öffnungen **11** in der Außenwand **6** angeordnet sind. Die Brennstoffröhren **2** sind in einer Anordnung von abwechselnden Röhren zwischen wärmeaufnehmenden Röhren **12** (siehe Querschnitt **1A**) verteilt; zur Verdeutlichung sind die Wärmeaufnahme-Röhren nur im Querschnitt dargestellt. Die Anordnung von Röhren **2** wird in einer quadratischen Abschirmung **14** gehalten, die von Tragringen **20** im Abstand vom Reaktor **1** gehalten wird, um einen Ringraum **13** zu bilden; die Ringe **20** wirken mit Halterungen **10** auf der Reaktorwand **6** zusammen. Der Brennstoffverteiler **5** wird von der Abschirmung **14** getragen.

[0045] Der Reaktor **1** ist an der Außenseite abgestützt. Unterhalb des Brennstoffverteilers **5** befindet sich ein Flanschfuß **15**, der an einer gekümpelten angeflanschten Endabdeckung **16** befestigt ist. Ein seitlicher Lufteinlass **46** in der Abschirmung **14** ist zwischen den Niveaus des Brennstoffverteilers **5** und der Halterung **10** angeordnet; dieser seitliche Einlass **46** gestattet eine freie Bewegung für Luft aus dem

Ringraum **13** zwischen der Abschirmung **14** und der Reaktorwand **6**, in der sich an dem von der Abdeckung **16** entfernten stromabwärtigen Ende des Reaktors **1** eine Außenlufteintrittsöffnung **47** befindet. Innerhalb der Abdeckung **16** ist ein Wärmeaufnahmegas-Produktverteiler **17** angeordnet und wird durch ein Balgrohr **19** im Abstand von einem Austrittsöffnungsloch **18** gehalten.

[0046] Im Gebrauch gelangt Brennstoff, z. B. Methan oder Wasserstoff, durch den Metallschlauch **7**, den Brennstoffverteiler **5**, die Brennstoffröhren **2** in den Reaktor **1** und hinaus in die Reaktionskammer, wo der Brennstoff entzündet wird, gewöhnlich durch Selbstentzündung. Gleichzeitig tritt Druckluft durch die Außenlufteintrittsöffnung **47** in den Ringraum **13** ein, wo sie vor dem Eintritt durch den seitlichen Lufteinlass **46** durch die in der Abschirmung **14** eingeschlossenen Fluide vorgewärmt wird. Die Luft tritt zwischen den Röhren **2** und **12** hindurch, um weiter vorgewärmt zu werden, und bewegt sich dann in der Richtung **3** zu den Brennstoffbrennern weiter. Zur Verdeutlichung sind Einzelheiten der Merkmale für die Vorwärmung weggelassen (siehe jedoch **Fig. 2**).

[0047] **Fig. 2** zeigt die Verteilung von Brennstoff- und Wärmeaufnahme- röhren **2** bzw. **12** in der quadratischen Abschirmung **14** über den Wärmetauscher **21**, der in **41** quer verlaufende Kammern **22** unterteilt ist. **Fig. 2** zeigt fünf Bereiche des Wärmetauschers, wobei die Bereiche **23–27** jeweils 9, 8, 8, 8 bzw. 8 Gruppen von Ablenkplatten **28** entsprechen, die Kammern **22** begrenzen. Die Zahlen **2** und **3** in den Ablenkplatten **28** bezeichnen die Anzahl von Schlitz-zen **29** in jeder Ablenkplatte; die Anzahl von Schlitz-zen wechselt über die Länge des Wärmetauschers **21**. Die Schnitte **2A** bis **2E** zeigen die Verteilung der ersten Röhren **12** und der Brennstoffröhren **2** in den verschiedenen 2- und 3-Schlitz-Ablenkplatten-Anordnungen. Der Schnitt **2A** zeigt die quadratische Abschirmung **14** mit dem Haltering **20**, welche die Röhren **12** und **2** umschließt, die durch die Ablenkplatte **28** im Abstand gehalten werden, welche zwischen den Röhren **12** zwei Schlitz-zen **29** aufweist, durch die Brennstoffröhren **2** hindurchtreten; die Schlitz-zen **29** sind offen. Wie dargestellt, weist der Schnitt **2A** zwei Schlitz-zen in einer Nord/Süd-Richtung auf; der Schnitt **2B** weist drei Schlitz-zen in der Ablenkplatte **28** auf, wiederum in einer N/S-Richtung. Die Ablenkplatten **28** der Anordnung im Schnitt **2A** und **2B** liegen in Bereichen **23**, **25** und **27** des Wärmetauschers. Der Schnitt **2C** weist zwei Schlitz-zen in einer Ablenkplatte **28** auf, wobei die Schlitz-zen in einer Ost/West-Richtung angeordnet sind, während der Schnitt **2D** drei Schlitz-zen in Ablenkplatten **28** aufweist, wobei die Schlitz-zen in einer Ost/West-Richtung verlaufen; die Ablenkplatten **28** der Anordnung in den Schnitten **2C** und **2D** befinden sich in Bereichen **24** und **26** des Wärmetauschers. **Fig. 2** zeigt auch schematisch Luftverteiler **30** oberhalb des Wärmetauschers **21**.

[0048] **Fig. 3** zeigt mit Schnitten **3A**, **3B**, **3C** und **3D** die Luftverteiler **30** ausführlicher. Die Brennstoffröhren **2** führen zu Brennern und zur Entzündungszone. Oberhalb von den obersten zwei Schlitz-Ablenkplatten **28** befinden sich drei Ebenen von perforierten Plattenspoilern, einem ersten Spoiler **32** (mit einer im Schnitt **3A** dargestellten Konstruktion), einem zweiten Spoiler **33** (siehe Schnitt **3B**) und einem dritten Spoiler **34** (siehe Schnitt **3C**). Zur Verdeutlichung sind die Wärmeaufnahme- röhren **12** in **Fig. 3** nicht dargestellt, sondern nur in den Schnitten **3A–3D**. Nun Bezug nehmend auf den Schnitt **3A**, ist dies eine Oberseitenansicht des Spoilers **32**, welche die Brennstoffröhren **2** zeigt, die sich mit Wärmeaufnahme- röhren **12** abwechseln und dazu versetzt sind. Zwischen zwei Paaren von Reihen von Wärmeaufnahme- röhren **12** befinden sich zwei perforierte Ablenkplatten **35**, durch welche Brennstoffröhren **2** ragen. Im Gebrauch strömt die von den obersten zwei Schlitz-Ablenkplatten **28** emittierte, nach oben kommende vorgewärmte Luft zum Spoiler **32** hin, wo der größte Teil der Luft geradewegs durch die Ebene des Spoilers **32** hindurchtritt, jedoch diejenige unter den Ablenkplatten **35** radial in einer Nord/Süd-Richtung abgelenkt wird, abgesehen von einer kleinen Menge, die durch die Perforationen hindurchtritt. Die nach oben kommende Luft erreicht nun den Spoiler **33**, wie im Schnitt **3B** dargestellt, der eine Oberseitenansicht ist. Im Spoiler **33** befinden sich zwischen jeder Reihe von Wärmeaufnahme- röhren **12** fünf perforierte Ablenkplatten **36** und werden von Brennstoffröhren **2** durchsetzt. Die Ablenkplatten sind in einer Nord/Süd-Richtung angeordnet. Im Gebrauch tritt die Luft aus dem Spoiler **32** durch den Spoiler **33** hindurch, außer dort, wo die Ablenkplatten **36** sie einschränken und umlenken, dieses Mal in einer radialen Ost/West-Richtung (abgesehen von derjenigen Luft, die sich durch die Perforationen bewegt). Die Luft gelangt dann zum Spoiler **34** (siehe Schnitt **3C**), der zwischen jeder Reihe von Wärmeaufnahme- röhren **12** fünf perforierte Ablenkplatten **37** in einer Ost/West-Richtung aufweist, welche von Brennstoffröhren **2** durchsetzt werden; die Ablenkplatten **37** lenken nach oben kommende Luft in einer radialen N/S-Richtung um (abgesehen von derjenigen, die sich durch die Perforationen bewegt). Der Schnitt **3D** ist eine Oberseitenansicht der drei Spoiler **32–34** und ihrer Ablenkplatten **35/37** und zeigt, dass ein sehr wesentlicher Teil der nach oben kommenden Luft durch die Ablenkplatten hindurchtritt und/oder von diesen umgelenkt wird, wobei sich die Umlenkbewegung zwischen N/S-O/W-N/S oder O/W-N/S-O/W abwechselte.

[0049] **Fig. 4** zeigt die Verbrennungszone **38**, die von den im Abstand angeordneten Wärmeaufnahme- röhren **12** durchsetzt wird, welche jeweils stromabwärts von der Verbrennungszone **38** durch einen Verbrennungsringraum **39** mit nach oben abnehmendem Durchmesser hindurchtreten, der jede Wärmeauf-

nahmeröhre **12** umgibt, um die austretenden Verbrennungsgase an den Wärmeaufnahme­röhren vorbei zu beschleunigen. Oberhalb des Ringraums **39** befindet sich der Austrittsverteiler **40** für das Verbrennungsgas, wobei der Verteiler von einer oberen und unteren Platte **41** und **42** und Seitenwänden **43** begrenzt wird. Die Wärmeaufnahme­röhren **12** treten dichtend durch die obere Platte **41** hindurch in Eintrittsrohre **44** ein, die außerhalb mit sekundären Bälgen **45** ausgestattet sind, um Wärmebewegungen der Wärmeaufnahme­röhren auszugleichen.

[0050] Die obige ausführliche Beschreibung ist diejenige einer Ausführungsform der Erfindung und soll den Schutzzumfang der Erfindung in keiner Weise beschränken.

Patentansprüche

1. Wärmetauscher, der eine Mehrzahl von ersten Wärmeaustauschröhren umfasst, die sich durch den Wärmetauscher und durch eine Mehrzahl von lateral verlaufenden Wärmetauscherkammern erstrecken, welche eine erste Kammer umfassen, sowie eine zweite und dritte Kammer axial lateral benachbart dazu und auf beiden Seiten derselben, wobei jede Kammer von jeder benachbarten Kammer durch eine Trennwand getrennt ist, in der sich eine Mehrzahl von diskreten Öffnungen befindet, und jede Kammer eine Mehrzahl von quer verlaufenden Verbindungszonen aufweist, von denen jede von mindestens drei der Röhren, einer ersten Trennwand und einer zur ersten Trennwand entgegengesetzten zweiten Trennwand begrenzt wird, wobei die erste Kammer unter ihren Zonen mindestens zwei Eintrittszonen aufweist, wobei jede Eintrittszone eine Öffnung für einen Eintritt aus der zweiten Kammer aufweist, sowie mindestens zwei Austrittszonen, wobei jede Austrittszone eine Öffnung für einen Austritt zur dritten Kammer aufweist, wobei keine Zone sowohl eine Öffnung für einen Eintritt und eine Öffnung für einen Austritt aufweist, und mindestens eine Eintrittszone zu mindestens einer Austrittszone benachbart ist oder von der Austrittszone um 1 dritte Zone im Abstand angeordnet ist, die weder eine Öffnung für einen Eintritt noch eine Öffnung für einen Austritt aufweist.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, bei dem jede der quer verlaufenden Verbindungszonen von mindestens vier Röhren begrenzt wird.

3. Wärmetauscher nach den Ansprüchen 1 oder 2, bei dem eine Eintrittszone um eine dritte Zone im Abstand von einer Austrittszone angeordnet ist, die selbst um eine weitere dritte Zone im Abstand von einer weiteren Eintrittszone angeordnet ist.

4. Wärmetauscher nach den Ansprüchen 1 oder 2, bei dem eine Eintrittszone zu einer Austrittszone benachbart ist, die selbst zu einer weiteren Eintritts-

zone benachbart ist.

5. Wärmetauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem sich in jeder Kammer mindestens 4 Zonen in einer beliebigen linearen Richtung und 0–1 Zonen zwischen jeder Eintrittszone und jeder Austrittszone befinden.

6. Wärmetauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Eintritts- und Austrittszonen in jeder von der zweiten, ersten und dritten Kammer in derselben Ebene liegen, so dass sich im Gebrauch das erste Fluid in dieser Ebene den Wärmetauscher hinauf bewegt.

7. Wärmetauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, der eine erste regelmäßige Anordnung der ersten Austauschrohre und eine zweite regelmäßige Anordnung von zweiten Wärmeaustauschröhren umfasst, die sich in axialer Richtung durch den Wärmetauscher erstrecken.

8. Wärmetauscher nach Anspruch 7, bei dem zwei Reihen von ersten Röhren um eine Reihe von zweiten Röhren im Abstand angeordnet sind, wobei die ersten und zweiten Röhren in Reihen angeordnet sind, welche in zwei zueinander rechtwinkligen Richtungen parallel sind.

9. Wärmetauscher nach den Ansprüchen 7 oder 8, bei dem die zweiten Röhren von einem anderen Durchmesser als die ersten Röhren sind.

10. Wärmetauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die ersten und zweiten Trennwände im Wesentlichen parallel sind.

11. Wärmetauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Eintritts- oder Austrittsöffnungen in den Trennwänden in Form von Schlitz­en in Tafeln oder Platten oder Zwischenräumen zwischen getrennten Ablenkplatten vorliegen.

12. Wärmetauscher nach Anspruch 11, bei dem zumindest einige der Trennwände Platten mit quer verlaufenden Schlitz­en darin sind.

13. Verfahren zum Bewirken eines Wärmeaustauschs in einem Behälter zwischen einem ersten Fluid, das durch eine Mehrzahl von lateral verlaufenden Wärmeaustauschkammern in dem Behälter in gegenseitiger axialer Beziehung in dem Behälter strömt, und einem zweiten Fluid, das in einer Mehrzahl von ersten Röhren strömt, die sich durch den Behälter und durch die Kammern erstrecken, wobei jede Kammer eine Mehrzahl von quer verlaufenden Verbindungszonen aufweist, von denen jede von mindestens drei der Röhren begrenzt wird, wobei das Verfahren umfasst: Leiten von mindestens zwei Strömen des ersten Fluids in verschiedene Zonen in einer

ersten Kammer, Bewirken eines Kontakts von jedem der ersten Ströme mit mehr als einer der Röhren, damit sich ein zweiter und dritter Strom ergibt, Mischen des zweiten und dritten Stroms in einer anderen Zone, um einen gemischten Strom zu erzeugen, und Leiten des gemischten Stroms aus der anderen Zone in eine zur ersten Kammer axial lateral benachbarte zweite Kammer, bei dem die ersten Ströme in Zonen in der ersten Kammer eintreten, die zu der Zone benachbart sind, aus welcher der gemischte Strom die Kammer verlässt, oder in Zonen in der ersten Kammer eintreten, die um 1 Zone im Abstand von der Zone angeordnet sind, aus welcher der gemischte Strom die Kammer verlässt, so dass das Fluid in einer axialen und lateralen Richtung durch die Kammern hindurchtritt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem mindestens zwei gemischte Ströme in die benachbarte Kammer eintreten, und sich jeder gemischte Strom in der benachbarten Kammer aufteilt, um mindestens zwei Teilströme zu bilden, und mindestens einer der Teilströme auf einen Teilstrom aus dem anderen gemischten Strom trifft, um einen weiteren Strom zu erzeugen, der aus der benachbarten Kammer in eine weitere dazu benachbarte Kammer strömt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13–14, bei dem das erste Fluid in einer beliebigen Kammer mindestens mit 8 Wärmeaustauschröhren in Kontakt kommt, die sich in axialer Richtung durch die Kammern erstrecken.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13–15, bei dem ein drittes Fluid durch axial verlaufende zweite Röhren in dem Behälter hindurchtritt, wobei die Gesamtströmungsrichtungen des ersten und dritten Fluids gegenläufig zur Strömungsrichtung des zweiten Fluids sind, um einen Wärmeaustausch zwischen dem zweiten Fluid und dem ersten und/oder dritten Fluid zu bewirken.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem das erste Fluid, das ein Gas ist, und das dritte Fluid, das eine Flüssigkeit ist, durch Wärmeaustausch mit einem zweiten Fluid in den ersten Röhren erwärmt werden.

18. Verfahren nach den Ansprüchen 16 oder 17, bei dem das erste Fluid durch mindestens 2 im Wesentlichen in einer ersten Ebene liegende Kammern hindurchtritt.

19. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem das erste Fluid nachfolgend durch mindestens 2 nachfolgende Kammern hindurchtritt, die im Wesentlichen in einer zweiten Ebene liegen, welche sich von der ersten Ebene unterscheidet.

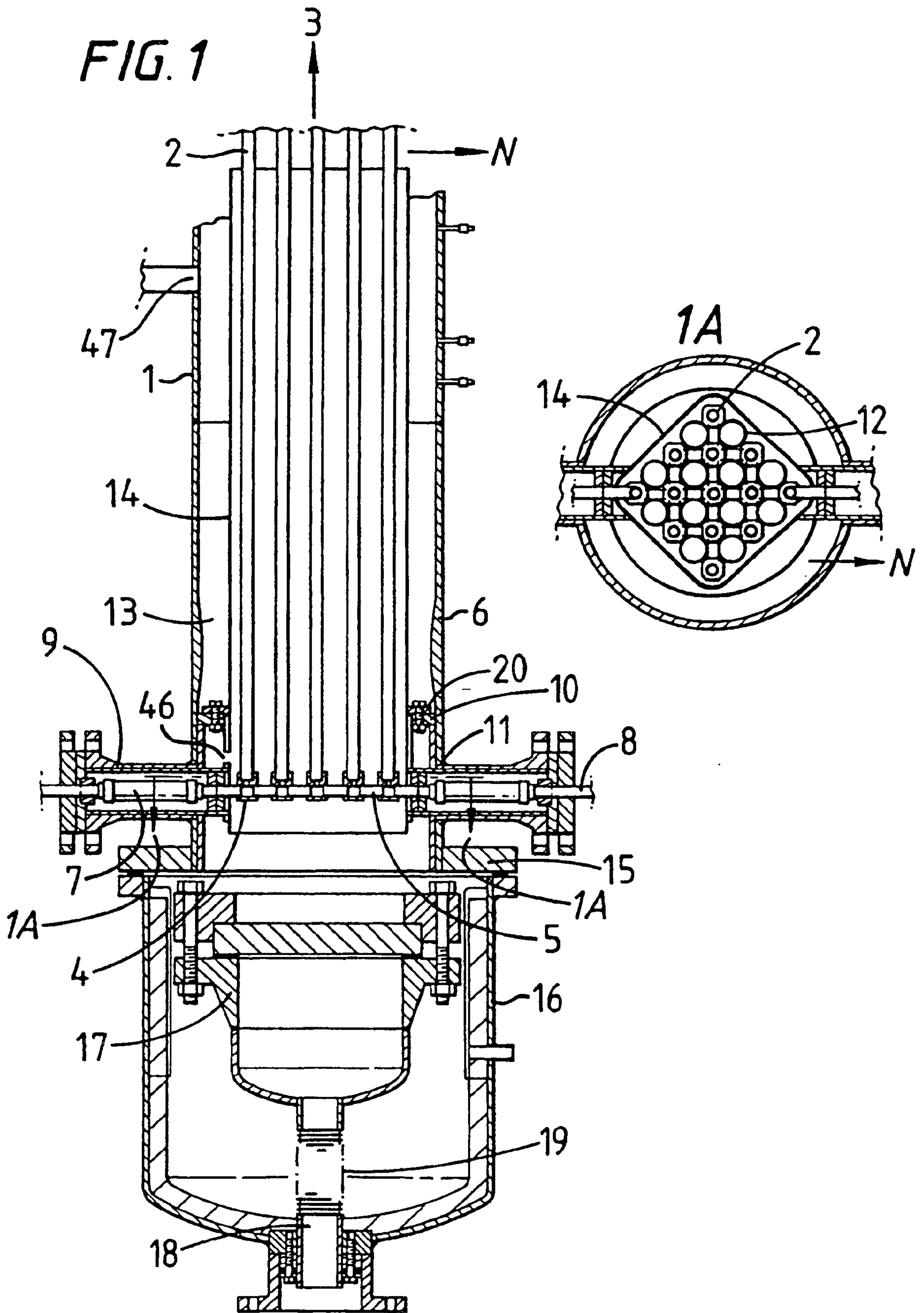
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13–19,

bei dem der Behälter ein Wärmetauscher ist, wie in einem der Ansprüche 1–12 definiert.

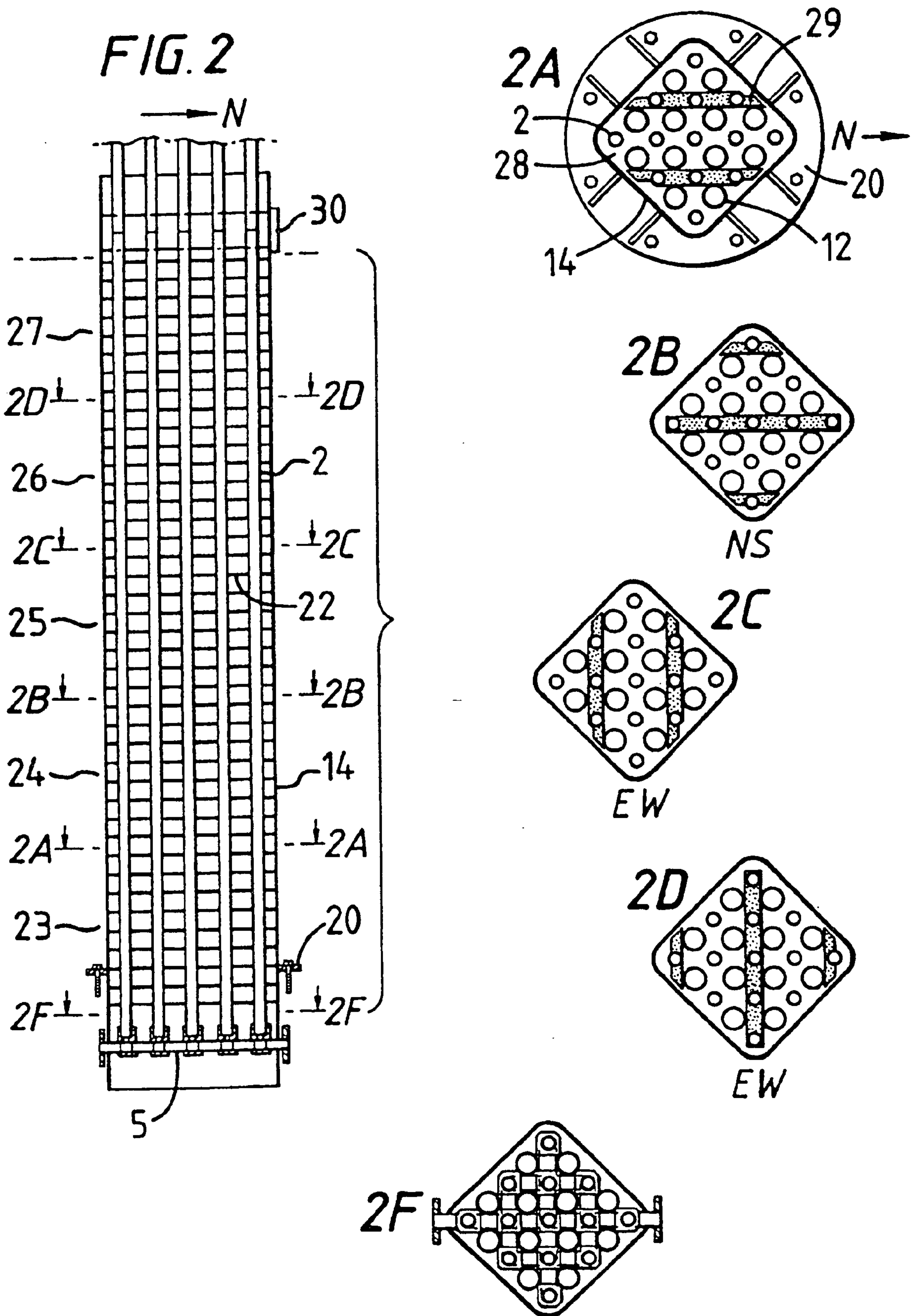
21. Vorrichtung zum Wärmeaustausch, umfassend einen Wärmetauscher für das erste Fluid, wie in einem der Ansprüche 1–12 beansprucht, sowie einen Behälter, umfassend einen Verteiler zum Verteilen von Strömen des ersten Fluids.

22. Vorrichtung zum Wärmeaustausch, umfassend einen Wärmetauscher für das erste Fluid, wie in einem der Ansprüche 1–12 beansprucht, bei der die ersten Röhren für heiße wärmeaufnehmende Reaktionsprodukte in einer Wärmeaustauschbeziehung mit zweiten Röhren für ein drittes Fluid, das ein wärmeabgebender Reaktionsteilnehmer ist, sowie mit dem ersten Fluid, das ein zweiter wärmeabgebender Reaktionsteilnehmer ist, vorgesehen sind, wobei das erste und dritte Fluid für eine nachfolgende wärmeabgebende Reaktion vorgesehen sind, um Wärme für die wärmeaufnehmende Reaktion zu liefern.

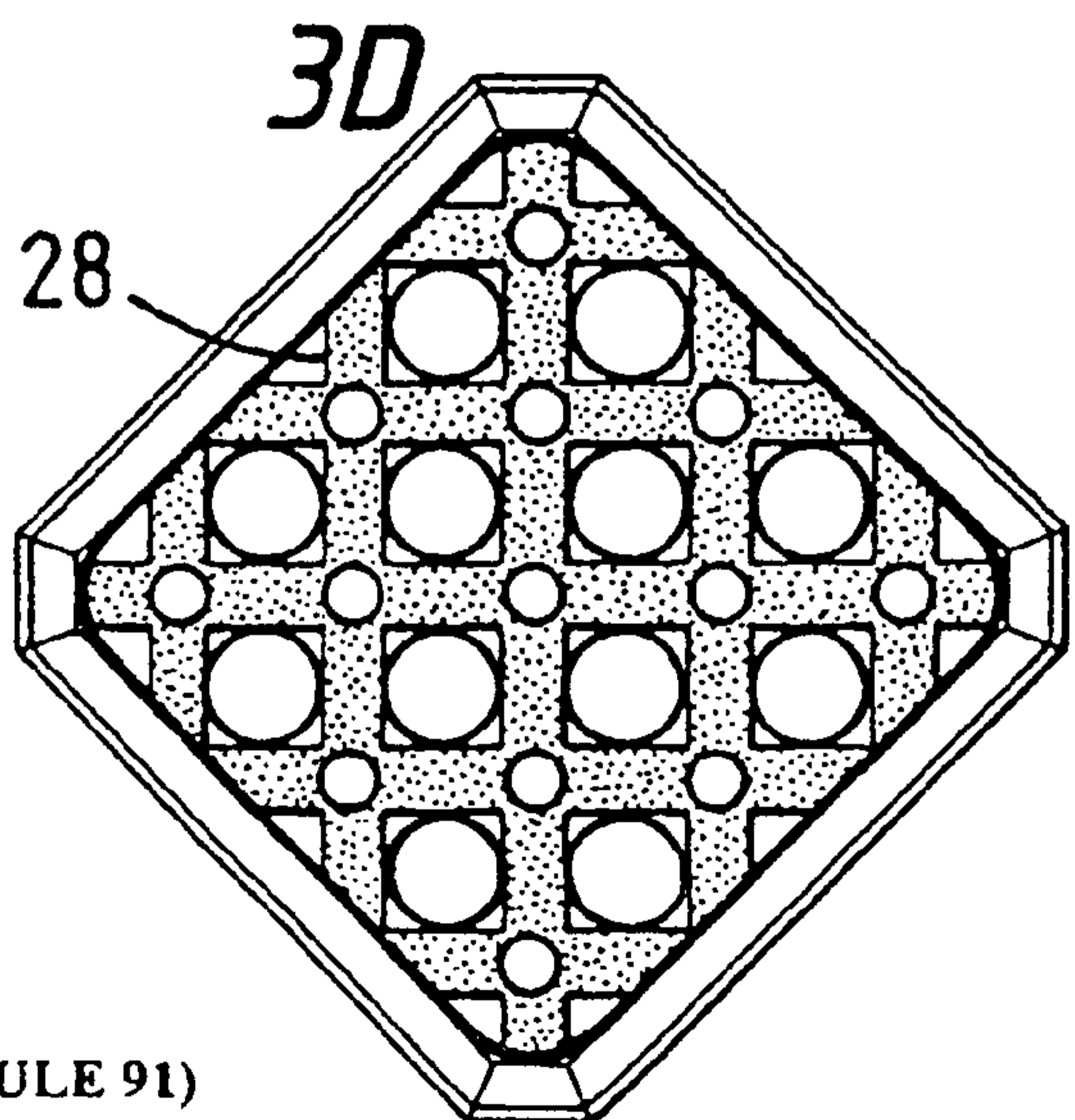
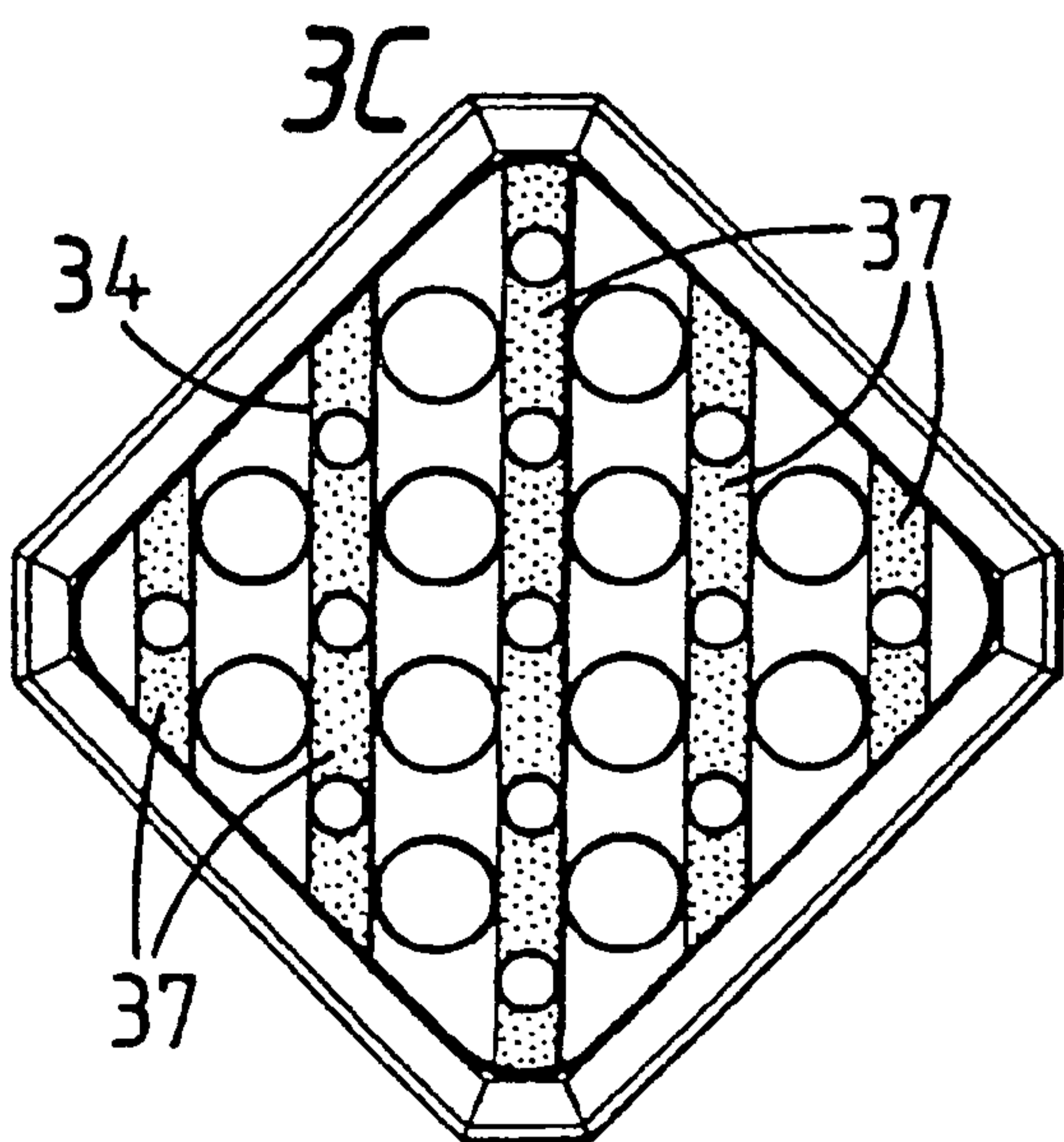
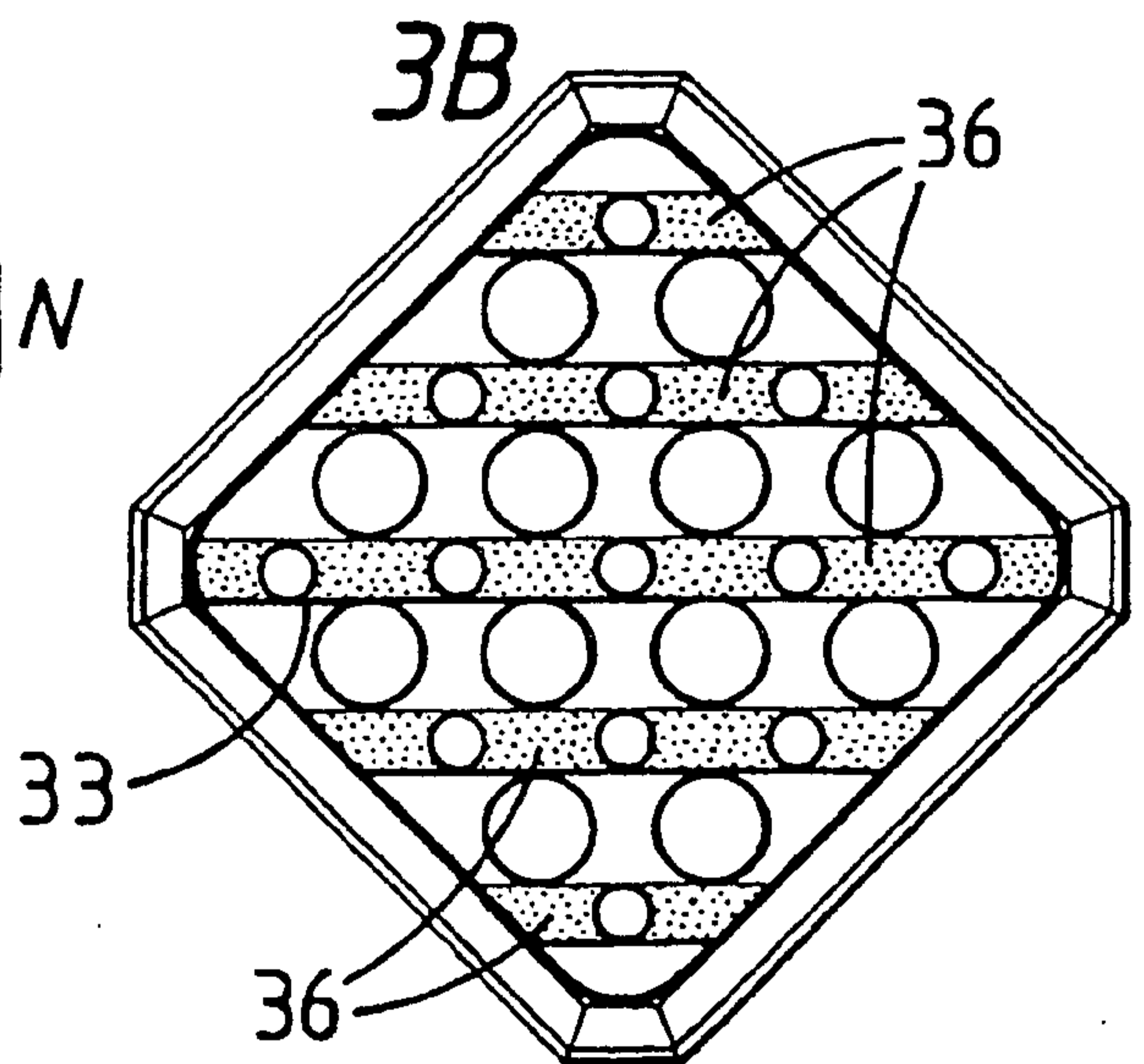
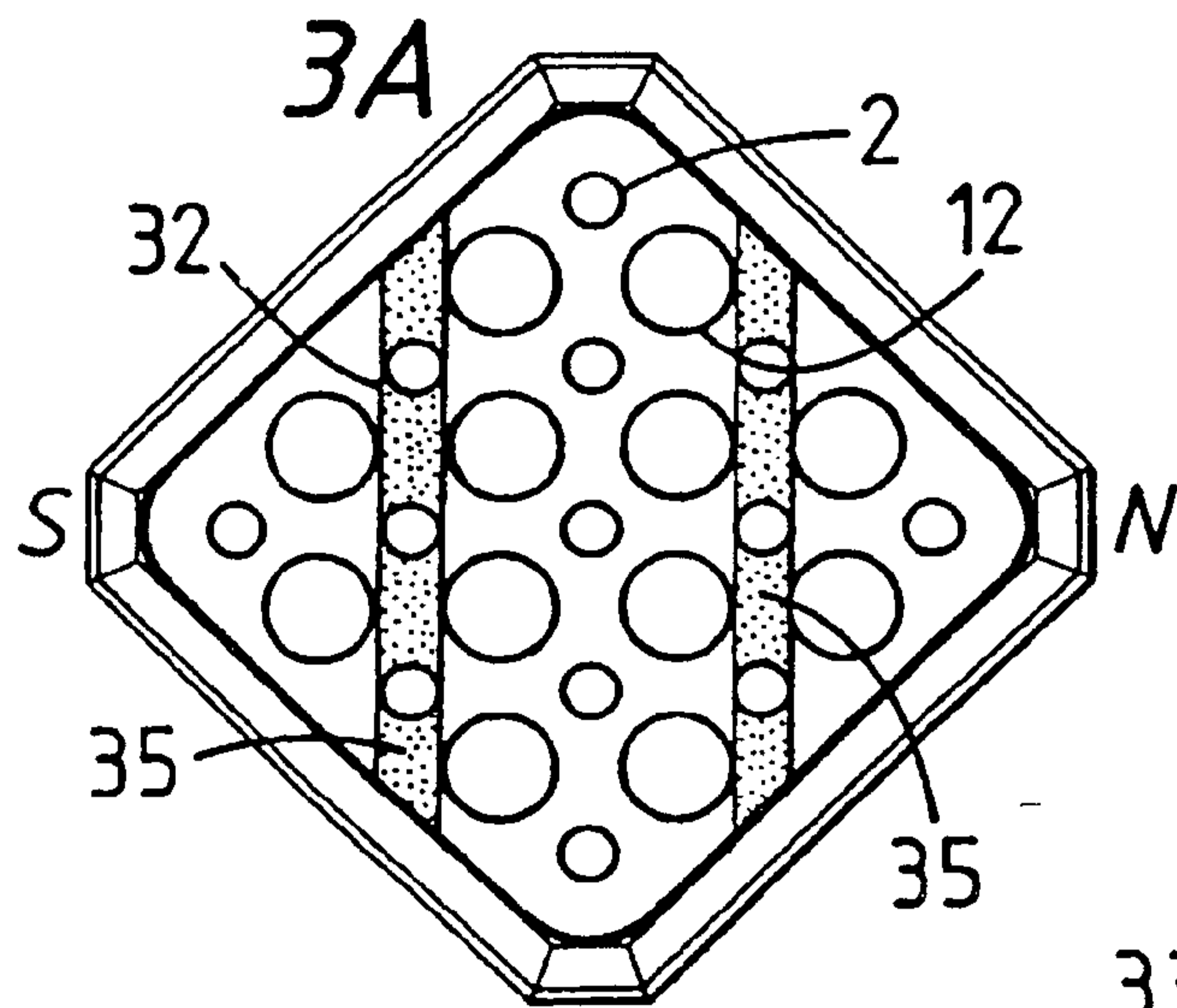
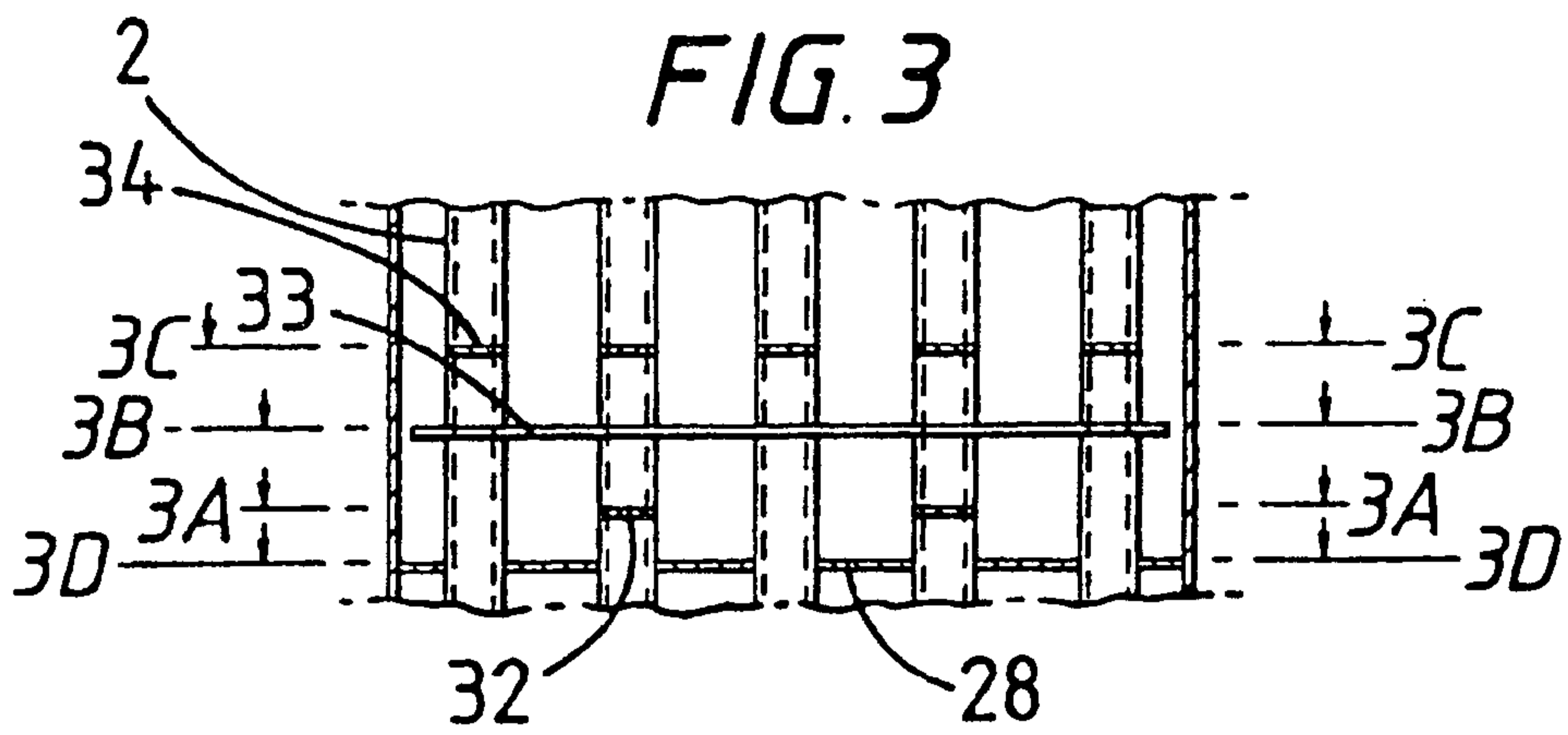
Es folgen 4 Blatt Zeichnungen



RECTIFIED SHEET (RULE 91)
ISAVEP



RECTIFIED SHEET (RULE 91)
ISA/EP



RECTIFIED SHEET (RULE 91)
ISA/EP

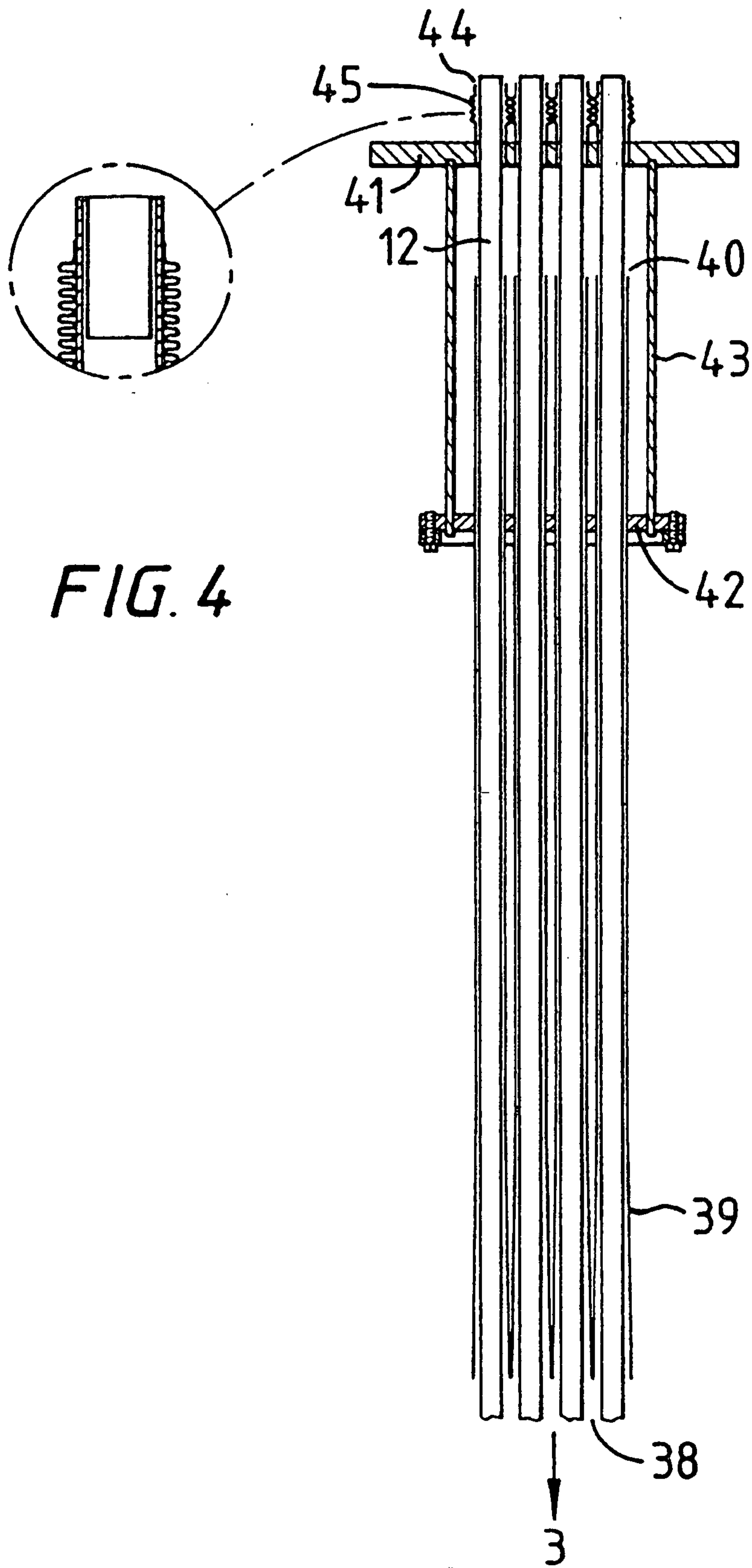


FIG. 4

RECTIFIED SHEET (RULE 91)
ISA/EP