

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
6. März 2003 (06.03.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/019081 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>:  
B01D 53/26

F24F 3/14,

(71) Anmelder und

(72) Erfinder: **PELTZER, Matthias** [DE/DE]; Kurfürst-  
strasse 33, 80801 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP02/09459

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LÄVEMANN, Eber-  
hard** [DE/DE]; ZAE Bayern, Walther-Meissner-Strasse 6,  
85748 Garching (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

23. August 2002 (23.08.2002)

(74) Anwalt: **WINTER BRANDL FÜRNISS HÜB-  
NER RÖSS KAISER POLTE PARTNERSCHAFT**;  
Alois-Steinecker-Strasse 22, 85354 Freising (DE).

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

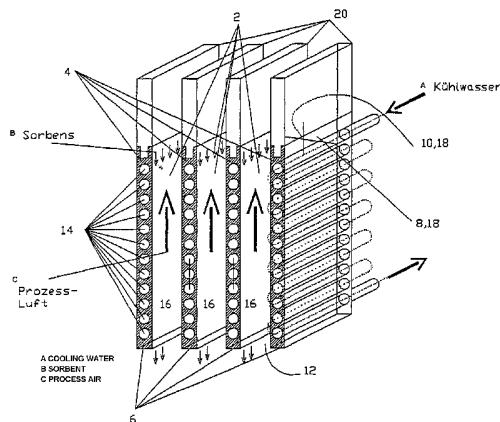
101 41 525.7 24. August 2001 (24.08.2001) DE  
101 41 524.9 24. August 2001 (24.08.2001) DE

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,  
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,  
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,  
MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Titel:** MATERIAL- AND HEAT-EXCHANGER SURFACE, IN ADDITION TO A MATERIAL- AND HEAT-EXCHANGER  
REACTOR COMPRISING A MATERIAL- AND HEAT-EXCHANGER SURFACE OF THIS TYPE

(54) **Bezeichnung:** STOFF- UND WÄRMEAUSTAUSCHERFLÄCHE SOWIE STOFF- UND WÄRMEAUSTAUSCHREAKTOR  
MIT EINER SOLCHEN STOFF- UND WÄRMEAUSTAUSCHERFLÄCHE



WO 03/019081 A1

(57) **Abstract:** The invention relates to a material- and heat-exchanger reactor, which comprises material- and heat-exchanger surfaces that guarantee the formation of an extremely thin liquid film, which extends continuously over the entire material- and heat-exchanger surface. The material- and heat-exchanger reactor comprises two channel systems, which are separated by material and thermally coupled to one another. One of said channel systems (heat-exchanger channel system) is traversed by a liquid or gaseous heating or cooling medium (KHM) and the other channel system (material-exchanger channel system) is traversed by a gaseous medium (GM) and by an additional liquid medium (FM). The reactor is also provided with at least one reactor double plate (2), on whose surfaces the material- and heat-exchanger surfaces (18) are located. Said material- and heat-exchanger surfaces (18) are coated with a thin layer (21) consisting of small solid-body particles (22), in such a way that clearances and cavities (24) are formed between the individual solid-body particles (22) as a result of their shape and arrangement.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

**(84) Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

---

**(57) Zusammenfassung:** Es wird ein Stoff- und Wärmeaustauschreaktor angegeben, der Stoff- und Wärmeaustauscherflächen aufweist, die die Bildung eines sehr dünnen und kontinuierlich sich über die gesamte Stoff- und Wärmeaustauscherfläche erstreckenden Flüssigkeitsfilm gewährleisten. Der Stoff- und Wärmeaustauschreaktor umfasst zwei stofflich voneinander getrennte und thermisch miteinander gekoppelte Kanalsysteme, von denen das eine Kanalsystem (Wärmeaustausch-Kanalsystem) von einem flüssigen oder gasförmigen Heiz- oder Kühlmedium (KHM) und das andere Kanalsystem (Stoffaustauschkanalsystem) von einem gasförmigen Medium (GM) und von einem weiteren flüssigen Medium (FM) durchströmt wird. Weiter ist wenigstens eine Reaktordoppelplatte (2) vorgesehen, an deren Oberflächen sich die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen (18) befinden. Diese Stoff- und Wärmeaustauscherflächen (18) sind mit einer dünnen Schicht (21) aus kleinen Festkörperpartikeln (22) derart beschichtet, dass zwischen den einzelnen Festkörperpartikeln (22) aufgrund von deren Form und deren Anordnung Frei- und Hohlräume (24) verbleiben.

Beschreibung**Stoff- und Wärmeaustauscherfläche**

5

**sowie****Stoff- und Wärmeaustauschreaktor mit einer solchen Stoff- und  
Wärmeaustauscherfläche**

Die Erfindung betrifft eine Stoff- und Wärmeaus-  
10 tauscherfläche nach Anspruch 1 und einen Stoff- und Wär-  
meaustauschreaktor mit einer solchen Wärmeaustauscherflä-  
che nach Anspruch 10 sowie ein Verfahren zur Entfeuchtung  
und Kühlung von Luft mit einem solchen Stoff- und Wärme-  
austauschreaktor.

15

In lufttechnischen Anlagen zur Gebäudeklimatisierung und in der Prozeßtechnik besteht oft das Problem, daß ein bestimmter Luftstrom gekühlt und entfeuchtet werden soll. Zur Luftentfeuchtung finden Kontaktapparate Verwendung, 20 in denen in der Luft befindlicher Wasserdampf an hygro- skopischen Substanzen (Sorbentien) angelagert wird. Die während des Absorptionsprozesses durch Anlagern von Was- ser gesättigten Sorbentien werden in einem anschließenden Desorptionsprozess regeneriert. Dabei wird des Sorbens, 25 und/oder die mit dem Sorbens in Kontakt stehende Luft, auf eine sorbensspezifische Regenerationstemperatur auf- geheizt, wobei das Sorbens das Wasser wieder an die Luft abgibt. Das regenerierte Sorbens wird dann wieder der Ab- sorption zugeführt.

30

In diesen Prozessen finden Absorber Verwendung, die entweder mit geeigneten hygroskopischen Flüssigkeiten (Fa. Kathabar Systems, USA; Fa. Albers Air, USA) oder mit hygroskopischen Feststoffen z.B. Fa. Munters Corporation, 35 Schweden; Fa. Siegle & Epple, DE) arbeiten. Von der Firma Munters ist beispielsweise eine entsprechende Vorrichtung in dem US-Patent 4,002,040 beschrieben. Es sind ebenfalls

Anlagen bekannt, bei denen die sorbierende Flüssigkeit auf gekühlten und aufrecht stehenden Platten eines Plattenwärmetauscherpaktes verrieselt wird (Fa. Ficom Pty. Ltd., Australien). Auch sogenannte Dünnpfilmaparate sind 5 bekannt, bei denen ein flüssiges Sorbens mit Hilfe einer mechanischen Wischereinrichtung zu einem dünnen Film verteilt wird.

Diese genannten Vorrichtungen weisen folgende Nachteile auf, die insbesondere bei der Absorption bzw. Desorption von Wasserdampf mittels flüssiger Sorbentien zu Tage treten. Die verwendeten Sorbentien, in der Regel wässrige Salzlösungen, verhalten sich, besonders bei den höheren Temperaturen während der Desorption, extrem korrosiv. Daher müssen entweder spezielle, korrosionsfeste Stähle verwendet oder der Stahl mit einer Schutzschicht versehen werden (z.B. Emaile). Diese Maßnahmen sind sehr teuer. Wird auf andere, preisgünstigere Materialien, z.B. Kunststoffe ausgewichen, tritt das Problem auf, daß die Kunststoffoberflächen sehr schlecht von den Salzlösungen benetzt werden. Dies führt dazu, daß zur Erzeugung einer großen Stoffaustauschfläche um ein Vielfaches mehr Salzlösung auf diese Flächen aufgebracht werden muß, als für die Wasserdampfaufnahme nötig wäre. Ein Massenstromverhältnis von Luft- zu Salzlösung nahe dem idealen, physikalisch notwendigen Massenstromverhältnis kann so nicht realisiert werden. Das bedeutet erhöhte Pumpenleistungen und erhöhte Kosten. Ferner kann eine wesentliche Änderung der Konzentration der Salzlösung nicht erfolgen, und damit ist auch eine preisgünstige Speicherung von Salzlösung und eine effektive Speicherung von Entfeuchtungsenergie nicht möglich. Weitere Gründe hiefür sind die oft ungünstige Führung der Medien, die einen optimalen Stoff und Wärmeaustausch verhindert.

Auch eine ausreichend hohe Temperaturspreizung des Heiz- und Kühlmediums wird meistens nicht erreicht, was den Kühlwasserbedarf erhöht und die flächenspezifische Effektivität der Rückkühlvorrichtung mindert. Auch dieses 5 hat erhöhte Kosten zur Folge. Weiterhin werden durch Aufgabe des Sorbens mittels Verrieseln oder Versprühen frei von der Stoff- und Wärmeaustauscheroberfläche losgelöste Tropfen erzeugt, die teilweise durch den Luftstrom mitgerissen und aus dem Apparat ausgetragen werden, sofern sie 10 nicht durch eine spezielle Abscheidevorrichtung zurückgehalten werden. Diese Abscheidevorrichtungen führen neben der Erhöhung der Herstellungskosten zu mehr Druckverlust in der Luftströmung und damit zu höheren Betriebskosten durch zusätzlich benötigte Ventilatorleistung.

15

Die DE 40 36 932 A1 offenbart eine Sintermetallbeschichtung auf einer Grundfläche mit kleinen Festkörperpartikeln, die fest mit der Grundfläche verbunden sind und zwischen sich Freiräume aufweisen. 20 Diese bekannte poröse Schicht kann und soll jedoch keinen dünnen Flüssigkeitsfilm ausbilden, sondern im Gegenteil ein Flüssigkeitsvolumen zum Sieden, d. h. zum Verdampfen bringen. Hierzu dient die große innere Oberfläche der Sintermetallbeschichtung. Selbst wenn man wollte, lässt 25 sich mit der bekannten Sintermetallschicht kein extrem dünner und kontinuierlicher Flüssigkeitsfilm ausbilden. Würde man die Sintermetallschicht mit Flüssigkeit beaufschlagen (ohne diese durch entsprechende Wärmezufuhr zu verdampfen), würde die Flüssigkeit zunächst durch die 30 Sintermetallstruktur wie ein Schwamm aufgesogen werden. Erst wenn die Sintermetallschicht mit Flüssigkeit gesättigt ist, bildet sich auch an der Oberfläche ein Flüssigkeitsfilm aus. Dieser Flüssigkeitsfilm ist jedoch dann keineswegs mehr ein extrem dünner Flüssigkeitsfilm, 35 sondern seine Dicke entspricht der Dicke der Sintermetallschicht. Nur die Oberfläche der

flüssigkeitsgetränkten Sintermetallschicht stünde für den Stoffaustausch zur Verfügung. Der größte Teil des Flüssigkeitsvolumens steht für den Stoffaustausch nicht zur Verfügung, da durch die Sintermetallschicht nach D5 eben kein extrem dünner Flüssigkeitsfilm ausgebildet werden kann.

Aus DE 691 01 298 T2 und DE 694 18 915 T2 sind ebenfalls Wärmeübertragungsflächen bekannt, die in ihrer 10 Struktur der Wärmeübertragungsfläche nach DE 40 36 932 A1 entsprechen.

DE 692 01 860 T2 offenbart eine offenbart ein Stoff- und Wärmeaustauscherelement bei der auf eine poröse 15 gasdurchlässige Wand ein poröses gut wärmeleitendes Material aufgebracht ist. Der Stoffaustausch erfolgt hierbei durch die die poröse Wand hindurch.

Der DE 199 49 437 A1 liegt die Aufgabe zugrunde, 20 "einen Schichtkörper zu entwickeln, der einerseits mittels in ihm integrierter Stützkörper eine hohe Stabilität und Belastbarkeit aufweist, dabei einen Isolierstoff als mikroporösen Feststoff in schütt- oder rieselfähiger Form enthält, und der andererseits zur 25 Wärmespeicherung nach dem Adsorptions-Desorptionsprinzip eingesetzt werden kann". Je nach Material des Schichtkörpers wirkt dieser isolierend oder als Wärme- speicher, so dass auf jeden Fall ein Wärmeaustausch stattfindet. Da die Wärmespeicherung auf dem Adsorptions- 30 Desorptionsprinzip beruht, ein Stoffübergang statt. Doch findet ein stofflicher Übergang nur bis zur Sättigung (im Falle der Adsorption) eines als Adsorbens wirkende mikroporöse Feststoffs und nicht kontinuierlich statt.

35 Bei den in den Druckschriften DE 34 39 526, DE 36 27 266, DE 29 18 932, DT 26 05 753 und DE 35 11 126 be-

schriebenen Vorrichtungen und Verfahren werden zur Verteilung der verwendeten Flüssigkeit auf der Oberfläche einer Wärme- und Stoffaustauschfläche Vliese verwendet.

5 Derartige Vliese weisen jedoch die folgenden Nachteile auf:

Bei einem Vlies besteht die Gefahr der Verschmutzung durch die in der zu entfeuchtenden Luft enthaltenen 10 Schmutzpartikel.

Das mechanische Aufrauhen der Oberflächen der Reaktordoppelplatten bzw. der Stoff- und Wärmeaustauscherflächen führt zu Inhomogenitäten bzw. zu einer nicht kontinuierlichen und vollständig bedeckenden Benetzung der 15 Stoff- und Wärmeaustauscherflächen. Das gleiche gilt für die Oberflächenbehandlung mittels eines Plasmas.

Vliese aus Kunststoff sind nicht genügend hydrophil 20 und besitzen somit im Vergleich zu der Grenzfläche Plattenmaterial/Sorbens, kaum grenzflächenspannungsverringерnde Eigenschaften, die eine Benetzung entscheidend verbessern. Ihre, die Benetzung verbessernde Wirkung ist in der sogenannten 'Kapillarwirkung' begründet. Zum Teil 25 sind diese Vliese daher mit oberflächenaktiven Substanzen beschichtet, die eine vorübergehende Hydrophilität bewirken, sich aber im Betrieb auswaschen und somit wirkungslos werden. Diese oberflächenaktiven Substanzen reichern sich zusätzlich in dem wiederverwendeten Sorbens an und 30 verändern dessen Stoffeigenschaften nachteilig.

Vliese aus Naturfasern sind, unter den angestrebten Prozessbedingungen in Verbindung mit den verwendeten Flüssigkeiten nicht stabil. Sie werden von diesen Flüssigkeiten 35 zersetzt.

Viele Vliese sind der gleichzeitigen thermischen Belastung (5°C - 100°C) und chemischen Belastung während der Regeneration der verdünnten Sorbentien nicht gewachsen und werden in diesen Fällen zerstört.

5

Vliese sind, als benetzungsverbessernde Maßnahme in Luftentfeuchtern, relativ teuer. Technische Vliese werden daher zumeist nicht flächig an der Austauschfläche befestigt, sondern zwischen den Platten des Austauscherpaketes durch entsprechende Vorrichtungen angepreßt, eingeklemmt oder auf andere Weise gehalten. Solche Vorrichtungen befinden sich im freien Strömungsquerschnitt des Apparates und führen daher zu unnötigem, zusätzlichem Druck-verlust in der Gasströmung. Weiterhin fließt ein großer Teil des Fluidfilms zwischen Vlies und Austauschplatte ab, kommt nicht direkt mit dem Prozeßgas in Kontakt, und nimmt deshalb nicht im vollen Umfang am Stoffaustausch teil. Ein weiteres Problem bei der nur teilweisen Befestigung der Vliese an der Austauschfläche stellt die "Taschenbildung" dar, bei der sich Flüssigkeit in Falten oder Ausbeulungen des Vlieses sammelt, und das Vlies durch die Gasströmung zu Flattern beginnt. Dies führt ebenfalls zu unnötigen Druckverlusten und kann sogar zum teilweisen Verstopfen des freien Querschnitts führen, sowie den Stoffaustausch negativ beeinflussen. Ist das Vlies lose oder nur teilweise an der Platte befestigt, ist zudem die faltenfreie Montage schwierig.

Durch einen Wärme- und Stoffaustauschreaktor gemäß der DE 43 21 743 A1 sind ein Großteil der genannten Probleme gelöst. Aus dieser Druckschrift ist ein Wärme- und Stoffaustauschreaktor bekannt, der zwei stofflich von einander getrennte und thermisch miteinander gekoppelte Kanalsysteme, nämlich ein Wärmeaustauschkanalsystem und ein Stoffaustauschkanalsystem aufweist. Der Reaktor besteht aus einer Mehrzahl von stapelförmig aufrecht im Ab-

stand zueinander angeordneten Reaktordoppelplatten in deren Inneren das Wärmeaustausch-Kanalsystem ausgebildet ist und wobei zwischen zwei nebeneinander angeordneten Reaktordoppelplatten das Stoffaustauschkanalsystem ausgebildet ist. Am oberen Ende der senkrecht angeordneten Reaktordoppelplatten ist ein Flüssigkeitsverteiler angeordnet und die Außenseiten der Reaktordoppelplatten sind als Stoff- und Wärmeaustauscherflächen ausgebildet und werden durch den Flüssigkeitsverteiler benetzt. Um einen dünnen Film auf den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen zu gewährleisten sind die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen mit einem Vlies versehen, aufgerauht oder plasmabehandelt. Die Verwendung eines Vlieses führt zu einem vergleichsweise "dicken" dünnen Flüssigkeitsfilm mit den obengenannten Nachteilen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung die aus der DE 43 21 743 A1 bekannten Stoff- und Wärmeaustauscherflächen sowie den aus der DE 43 21 743 A1 bekannten Stoff- und Wärmeaustauschreaktor derart weiterzubilden, dass auf den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen die Bildung eines sehr dünnen und kontinuierlich sich über die gesamte Stoff- und Wärmeaustauscherfläche des Stoff- und Wärmeaustauschreaktors erstreckenden Flüssigkeitsfilm gewährleistet wird.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale der Ansprüche 1 bzw. 10.

Eine Beschichtung bzw. Oberflächenstruktur zur Reduzierung der Wirkung der Oberflächenspannung der Stoff- und Wärmeaustauscherflächen mit kleinen und kleinsten Festkörperpartikeln eignet sich zur Erzeugung eines sehr dünnen und dennoch kontinuierlichen Flüssigkeitsfilms. Die Ausbildung eines extrem dünnen, geschlossenen Flüssigkeitsfilms bedingt eine dünne

Beschichtung mit Festkörperpartikeln mit vorzugsweise einer oder nur wenigen Lagen dieser Festkörperpartikel. Die einzelnen Festkörperpartikel sind hierbei nebeneinander und zumindest zum Teil aneinander anstoßend 5 auf der Grundfläche angeordnet und fest mit ihr verbunden, so daß sich zwischen den einzelnen Festkörperpartikeln Frei- und Hohlräume bilden bzw. verbleiben. Diese Frei- und Hohlräume erzeugen die Kapillarwirkung durch die eine vollständige Benetzung der Stoff- und Wärmeaus-10 tauscherflächen gewährleistet wird.

Diese Festkörperpartikel bilden durch ihre äußere Gestalt in Verbindung mit dieser unmittelbar benachbarten Anordnung, eine Zone starker Kapillarwirkung, die groß 15 genug ist, die entnetzenden Kräfte, welche die Bildung eines geschlossenen Film verhindern, zu überwinden und einen geschlossenen Film zu erzeugen.

Gleichzeitig besitzt die Kontaktfläche Beschichtungskörper/Flüssigkeit, abhängig von den verwendeten Trägermaterialien, eine niedrigere Grenzflächenspannung als die unbeschichtete Kontaktfläche Trägermaterial/Flüssigkeit, was sich benetzungsfördernd und damit filmbildungsförend 20 auswirkt.

Ist der Dampfdruck der benetzenden Flüssigkeit oder einer ihrer Komponenten, gegenüber dem umgebenden, gasförmigen Medium verschwindend klein, wird bei Betriebsstillstand des Apparates auf der Beschichtung befindliche 25 Flüssigkeit, durch die starken kapillaren Kräfte, in den Hohl- und Freiräume zwischen den die Beschichtung bildenden Körpern, und der Trägerfläche festgehalten. Dadurch wird, bei erneutem Anfahren des Prozesses, eine sofortige Koaleszenz der frisch auf die Fläche aufgebrachten Flüssigkeit mit der in der Beschichtung verbliebenen Flüssigkeit 30 zu einem flächigen, geschlossenen Dünnfilm erreicht.

Dadurch ist zusätzlich die Möglichkeit geschaffen das Verhältnis zwischen Gas und Flüssigkeitsmassenstrom, durch Variation der Flüssigkeitsmenge während des Betriebes, massiv zu verändern, ohne den geschlossenen Film zu zerstören.

Durch die Variation der Größen der verwendeten Beschichtungskörper kann die Beschichtung, in ihren filmerzeugenden Eigenschaften, auf Flüssigkeiten mit verschiedenen Stoffeigenschaften und auf verschiedene Prozeßführungen angepaßt werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 2 sind die einzelnen Festkörperpartikel in etwa gleich groß. Dies fördert die Homogenität des Flüssigkeitsfilms. Hierbei ist es nicht notwendig, daß die einzelnen Festkörperpartikel die gleiche Form aufweisen oder regelmäßig geformt sind.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 3 bilden die Festkörperpartikel eine einlagige Schicht auf der Oberfläche der Reaktordoppelplatte bzw. auf der Stoff- und Wärmeaustauscherfläche. Durch die Einlagigkeit wird eine sehr dünne Beschichtung und damit ein sehr dünner Flüssigkeitsfilm ermöglicht.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Festkörperpartikel Sandkörner von natürlichem Sand. Die Oberfläche der Stoff- und Wärmeaustauscherflächen entspricht daher der Oberfläche von Sandpapier. Sand ist preisgünstig und die Herstellungstechnologien für Sandpapier können bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Stoff- und Wärmeaustauscherflächen genutzt werden.

Gemäß Anspruch 10 der Erfindung weist der Stoff- und Wärmetauschreaktor zwei stofflich getrennte und thermisch miteinander gekoppelte Kanalsysteme auf, von denen das eine Kanalsystem (Wärmeaustausch-Kanalsystem 14) von einem flüssigen oder gasförmigen Heiz- oder Kühlmedium HKM und das andere Kanalsystem (Stoffaustauschkanalsystem 16) von einem gasförmigen Medium GM und einem weiteren flüssigen Medium FM durchströmt ist. Ferner weist der Stoff- und Wärmetauschreaktor gemäß der Erfindung wenigstens eine im wesentlichen senkrecht angeordnete Reaktordoppelplatte auf, die ein oberes Ende, ein unteres Ende, eine erste und eine zweite Hauptoberfläche und einen Zwischenraum zwischen der ersten und der zweiten Hauptoberfläche aufweist, wobei das Wärmetauscher-Kanalsystem in dem Zwischenraum angeordnet ist, wenigstens eine der Hauptoberflächen als Stoff- und Wärmeaustauscheroberfläche nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgebildet ist, an der wenigstens einen Stoff- und Wärmeaustauscheroberfläche das gasförmige Medium und das flüssige Medium im Gegenstrom geführt sind, und wobei am oberen Ende der wenigstens einen Reaktordoppelplatte ein Flüssigkeitsverteiler zum Erzeugen eines dünnen Flüssigkeitsfilms aus dem flüssigen Medium auf der wenigstens einen Stoff- und Wärmeaustauscheroberfläche vorgesehen ist.

25

Die übrigen Unteransprüche beziehen sich auf weitere vorteilhafte Aussgestaltungen der Erfindung.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

Es zeigt:

35 Fig. 1 eine schematische Darstellung einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung durch eine der Stoff- und Wärmeaustauscheroberflächen,

5 Fig. 3 eine Aufsicht auf den Flüssigkeitsverteilern von vorne,

Fig. 4a ein Detail der Rückansicht des Flüssigkeitsverteilers,

10

Fig. 4b ein Schnitt durch die Darstellung in Fig. 4a entlang der Linie D-D;

15

Fig. 5a, b und c Schnittdarstellungen entlang der Linien A-A, B-B und C-C in Fig. 3;

Fig. 6 und 7 eine Alternative Ausgestaltung des Flüssigkeitsverteilers; und

20

Fig. 8 ein Detail aus Fig. 3.

Die in Fig. 1 dargestellte beispielhafte Ausführungsform der Erfindung weist eine Mehrzahl von senkrecht, im Abstand nebeneinander angeordneten Reaktordoppelplatten 2 auf. Jede der Reaktordoppelplatten 2 weist ein oberes Ende 4, ein unteres Ende 6, eine erste und eine zweite Hauptoberfläche 8 bzw. 10 und einen Zwischenraum 12 zwischen der ersten und zweiten Hauptoberfläche 8 und 10 auf. Der Zwischenraum 12 ist als Wärmeaustauschkanalsystem 14 ausgebildet, daß beispielsweise von Wasser als Heiz- oder Kühlmedium HKM durchflossen wird. Zwischen den einzelnen Reaktordoppelplatten 2 ist ein Stoffkanalaustauschsystem 16 ausgebildet. Die ersten und zweiten Hauptoberflächen 8 und 10 der Reaktordoppelplatten 2 sind als Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 ausgebildet. Die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 werden von oben

her mit einem flüssigen Medium FM oder Sorbens ganzflächig benetzt. Von unten her strömt im Gegenstrom zwischen den Reaktordoppelplatten 2 ein gasförmiges Medium GM, daß im Falle der Absorption eine gasförmige Komponente an das 5 Sorbens FM abgibt und im Falle der Desorption diese gasförmige Komponente von dem Sorbens FM wieder aufnimmt.

Am oberen Ende 4 der Reaktordoppelplatten 2 ist jeweils ein Flüssigkeitsverteiler 20 angeordnet, der das 10 Sorbens FM über die gesamte Breite der Reaktordoppelplatten 2 auf allen Stoff- und Wärmetauscherflächen 18 zur Bildung eines dünnen Flüssigkeitsfilm bereitstellt. Details des Flüssigkeitsverteilers 20 werden in den Fig. 3, 4 und 5 beschrieben.

15

Die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 weisen eine Oberflächenbeschichtung 21 mit kleinen Festkörperpartikeln 22, z. B. Sandkörnern auf, wie dies schematisch in Fig. 2 dargestellt ist. Die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 weisen damit die Struktur bzw. Oberfläche von Sandpapier auf. Zwischen den einzelnen Festkörperpartikeln bzw. Sandkörnern 22 sind aufgrund der Form und der Nebeneinanderanordnung der Sandkörner 22 Frei- und Hohlräume 24 ausgebildet. Diese kleinen Frei- und Hohlräume 25 bedingen durch ihre Kapillarwirkung die gleichmäßige Verteilung des Sorbens FM in Form eines kontinuierlichen dünnen Flüssigkeitsfilms 26 auf den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18. Wie in Fig. 2 dargestellt ist, sind die Sandkörner 22 einzeln nebeneinander auf den Stoff- 30 und Wärmeaustauscherflächen 18 angeordnet. Durch diese einlagige Anordnung wird ein sehr dünner Flüssigkeitsfilm ermöglicht.

Die Beschichtung 21 bzw. die Sandkörner 22 werden 35 mittels eines Klebers dauerhaft auf der Stoff- und Wärmeaustauscherfläche 18 fixiert. Alternativ kann die Be-

schichtung 21 auf auf einem nicht näher dargestellten Zwischenträger aufgebracht sein, der dann auf die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 aufgeklebt wird.

5 Die Fig. 3 bis 5 zeigen eine beispielhafte Ausgestaltung des Flüssigkeitsverteilers 20 mit dem das flüssige Sorbens FM vom oberen Ende 4 der Reaktordoppelplatten 2 auf die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 aufgebracht wird. Der Flüssigkeitsverteiler 20 weist eine rechteckigen und plattenförmigen Grundkörper 27 mit einer Vorderseite 28 und einer Rückseite 29 auf. Die Breite b und Dicke d des Flüssigkeitsverteilers entspricht der Breite und Dicke der Reaktordoppelplatten 2. An der Oberkannte des Flüssigkeitsverteilers 20 sind in regelmäßigen Abständen vordere und hintere Flüssigkeitsaustrittsöffnungen 30 und 32 in gleichem Abstand nebeneinander angeordnet, wobei sich vordere und hintere Flüssigkeitsaustrittsöffnungen 30, 32 in ihrer Abfolge abwechseln. Die vorderen Flüssigkeitsaustrittsöffnungen 30 benetzen daher die Vorderseite 28 des Flüssigkeitsverteilers 20 und die erste Hauptoberfläche 8 einer Reaktordoppelplatte 2 und die hinteren Flüssigkeitsaustrittsöffnungen 32 benetzen die Rückseite 29 und die zweite Hauptoberfläche 10.

25 Den Flüssigkeitsaustrittsöffnungen 30 und 32 werden über ein Flüssigkeitszuleitungssystem 34 Flüssigkeit bzw. Sorbens FM zugeführt. Das Flüssigkeitszuleitungssystem 34, das auf der Vorderseite 28 zu sehen ist, umfaßt eine gemeinsame Flüssigkeitshauptzuleitung 36 und eine Vielzahl von Flüssigkeitsunterzuleitungen 38. Hierbei spaltet sich die Flüssigkeitshauptzuleitung 38 durch wiederholte Bisektion an Gabelungsstellen 40 in die Flüssigkeitsunterzuleitungen 38 auf, bis schließlich für jede der Flüssigkeitsaustrittsöffnungen 30 und 32 eine eigene Flüssigkeitsunterzuleitung 38 vorliegt. In der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform weist 64 Austrittsöffnungen 30 zur

ersten Hauptoberfläche 8 hin auf und 64 Austrittsöffnungen 32 zur zweiten Hauptoberfläche 10 hin auf. Die Flüssigkeitshauptzuleitung 36 spaltet sich an der ersten Gabelungsstelle 40 in zwei Flüssigkeitsunterzuleitungen 38 auf, die sich noch fünf mal jeweils in zwei Flüssigkeitsunterzuleitungen 38 aufspalten bis für jede der 128 Flüssigkeitsaustrittsöffnungen 30 und 32 eine Flüssigkeitsunterzuleitung 38 vorliegt.

Die Flüssigkeitshauptzuleitung 36 weist eine über den oberen Kannte des Flüssigkeitsverteilers 20 liegendes Anschlußstück 42 auf, über das das flüssige Sorbens FM eingespeist wird. Die Flüssigkeitshauptzuleitung 36 endet am tiefsten Punkt des Flüssigkeitszuleitungssystems 34 und die Flüssigkeitsunterzuleitungen 38 erstrecken sich ausschließlich in horizontaler oder in vertikaler Richtung nach oben entgegen der Schwerkraft. Durch diese Anordnung der Flüssigkeitsunterzuleitungen 38 wird eine Blasenbildung in dem Flüssigkeitszuleitungssystem 34 vermieden, was zu diskontinuierlicher Filmbildung führen könnte.

Wie aus den Detaildarstellungen in Fig. 5a und Fig. 5c zu ersehen ist, sind die Austrittsöffnungen 30 bzw. 32 nach außen hin konisch ausgebildet. Durch diese Formgebung wird Tropfenbildung beim Austreten des flüssigen Sorbens FM aus den Flüssigkeitsaustrittsöffnungen 30, 32 vermieden und die gleichmäßige Benetzung der Stoff- und Wärmetauscherflächen 18 gewährleistet. Sowohl die Vorderseite 28 als auch die Rückseite 29 des Flüssigkeitsverteilers 20 sind in dem Bereich unter den Austrittsöffnungen 30 bzw. 32 mit der gleichen Beschichtung 21 versehen, wie die Wärmetauscherflächen 18. Hierdurch wird eine kontinuierliche Filmbildung beginnend an den Austrittsöffnungen bis zum unteren Ende 6 der Wärmetauscherflächen 18 gewährleistet.

Der Flüssigkeitsverteiler 20 wird mittels eines Steckmechanismus 44 auf der jeweiligen Reaktordoppelplatte 2 aufgesteckt. Der Steckmechanismus 44 ist im Querschnitt betrachtet M-förmig - siehe Figuren a, 5b und 5c - und weist einen mittleren nach unten vorstehenden Steckstreifen 46 und links und rechts bzw. vorne und hinten einen vorderen Abdeckstreifen 48 und einen hinteren Abdeckstreifen 50 auf. Der vordere Abdeckstreifen 48 überlappt dabei die erste Hauptoberfläche 8 und der hintere Abdeckstreifen 50 überlappt die zweite Hauptoberfläche 10.

Fig. 6 und 7 zeigen Schnittdarstellungen alternativer Ausführungsformen des Flüssigkeitsverteilers 20. Die Ausführungsformen gemäß den Fig. 6 und 7 unterscheiden sich von der Ausführungsform nach Fig. 5 durch die Ausbildung der Flüssigkeitsaustrittsöffnungen 30 und 32. Die vorderen und die hinteren Flüssigkeitsaustrittsöffnungen 30, 32 liegen auf gleicher Höhe und sind nicht, wie bei der Ausführungsform nach Fig. 5, seitlich zueinander versetzt. Bei der Ausführungsform nach Fig. 6 führen die unmittelbar mit den Austrittsöffnungen 30, 32 verbundenen Flüssigkeitsunterzuleitungen schräg nach oben und außen. Bei der Ausführungsform nach Fig. 7 führen diese letzten Flüssigkeitsunterzuleitungen 38 waagrecht nach außen. Bei der Ausführungsform nach Fig. 7 ist die Gabelungsstelle 40 gerundet ausgebildet um Wirbel und Unregelmäßigkeiten in der Strömungsgeschwindigkeit zu vermeiden.

Fig. 8 zeigt eine Detaildarstellung aus Fig. 3 mit gerundeten Ausbildung der Gabelungsstellen 40. Die Flüssigkeitsunterzuleitungen 38 weisen an den Gabelungstellen keilförmige Einbuchtungen 52 auf, wodurch sich die gerundete Form der Gabelungsstellen ergibt.

Um ein Verstopfen der kleinsten Flüssigkeitsunterzuleitungen zu verhindern, wird der Mindestquerschnitt der kleinsten Flüssigkeitsunterzuleitung doppelt so groß wie die größten zu erwartenden Schmutzpartikelabmessungen gewählt (typischerweise 1 mm<sup>2</sup>).

Hinsichtlich weiterer Details der Ausgestaltung des Flüssigkeitsverteilers wird auf auf die Anmeldung DE 101 41 526.5 mit dem Titel 10 "Kleinstflüssigkeitsmengenverteiler" vollinhaltlich bezug genommen.

Der vorstehend beschriebene Stoff- und Wärmeaustauschreaktor ist insbesondere zur Entfeuchtung und Kühlung von Luft geeignet. Hierbei wird die Luft auf sorptivem Weg entfeuchtet und dabei gleichzeitig eine sorptive Flüssigkeit, zumeist eine wässrige Lösung eines oder mehrerer Salze, stark verdünnt (Absorption) oder Luft befeuchtet und das verwendete Sorbens dabei stark aufkonzentriert (Desorption). Die Heiz- und Kühlflüssigkeit, welche in dem Wärmeaustauschkanalsystem 14 von dem flüssigen Sorbens FM und der Luft GM stofflich getrennt strömt, führt dem Sorptionsprozeß dabei Wärme zu oder ab (Desorption oder Absorption). Die Kühlflüssigkeit HKM wird zur Erreichung der maximalen Kühltemperaturspreizung, bei der Absorption im Gegenstrom oder Kreuzgegenstrom zu der Luft GM geführt. Bei der Desorption wird es im Gegenstrom oder Kreuzgegenstrom zum Sorbens FM geführt. Im Fall der Absorption wird dabei das konzentrierteste Sorbens am stärksten gekühlt, wodurch der Gleichgewichtsdampfdruck des Sorbens so niedrig wie möglich wird. Bei der Desorption wird dagegen das konzentrierteste Sorbens mit dem heißesten Heizmedium HKM in Kontakt gebracht, was die größte mögliche Gleichgewichtswasser- dampfdruckerhöhung in dem Sorbens bewirkt. Beide Maßnahmen stellen jeweils das größtmögliche Stoffaustauschpo-

tential des jeweiligen Prozesses (Absorption oder Desorption) zur Verfügung.

Die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18, die gleichzeitig das Sorbens FM und die Luft GM von der Kühlflüssigkeit HKM stofflich trennen, stehen zum Zwischenraum 12 zwischen den Reaktordoppelplatten 2 hin vollständig mit dem Kühl- bzw. Heizmedium HKM in Kontakt und die andere Seite, d.h. die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18, sind mit dem flüssigen Sorbens FM benetzt. Das flüssige Sorbens FM bildet auf den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 einen extrem dünnen, geschlossenen Film 26, der der Schwerkraft folgend an den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 herunterläuft. Durch diesen reinen Flüssigkeitskontakt sowohl auf der Innenseite als auch auf der Außenseite der Reaktordoppelplatten 2 wird ein hoher Wärmeübergangskoeffizient erzielt und damit ein hoher Wärmedurchgang von der Kühl- bzw. Heiflüssigkeit HKM durch die trennende Wand auf das Sorbens FM und auf die an dem Sorbensfilm 26 entlang streichende Luft GM erreicht. Dadurch wird gleichzeitig auch ein optimaler Stoffübergang erreicht. Der geschlossene Sorbensfilm 26 wird durch die spezielle Beschichtung 21 mit kleinen Festkörperpartikeln 22 erreicht, die bewirkt, daß eine extrem kleine Sorbensmenge FM die Wärmetauscherflächen 18 benetzt und gleichmäßig und kontinuierlich nach unten läuft. Die extrem kleine Sorbensmenge wird von dem Flüssigkeitsverteiler 20 von der Oberkante der Wärmetauscherflächen 18 her über die gesamte Breite der Reaktordoppelplatten 2 verteilt, ohne dabei Tropfen zu bilden, die von der Luftströmung mitgerissen werden könnten. Der Flüssigkeitsverteiler 20 ragt hierbei nicht oder nur minimal in den freien Luftströmungsquerschnitt zwischen den Reaktordoppelplatten 2 hinein, so daß keine nennenswerte Beeinträchtigung der Strömung auftritt, die zu einer Erhöhung des Strömungsdruckverlustes führen würde.

Der gesamte Stoff- und Wärmeaustauschreaktor lässt sich aus Kunststoff herstellen und sehr dünn ausführen. Die Dicke der einzelnen Reaktordoppelplatten 2 beträgt 5 beispielsweise 3 mm. In dem Zwischenraum 12 der Reaktordoppelplatten 2 sind in regelmäßigen Abständen Stege - nicht dargestellt - vorgesehen, der von der Kühlflüssigkeit HKM meanderförmig durchströmt wird. Das zwischen den Reaktordoppelplatten 2 ausgebildete Stoffaustauschkanalsystem 16 wird von der Luft GM entgegen der Schwerkraft und von dem flüssigen Sorbens FM mit der Schwerkraft in direktem, kontinuierlichen Gegenstrom durchströmt.

**Bezugszeichenliste:**

- 2 Reaktordoppelplatte  
5 4 oberes Ende von 2  
6 unteres Ende von 2  
8 erste Hauptoberfläche von 2  
10 zweite Hauptoberfläche von 2  
12 Zwischenraum in 2  
10 14 Wärmeaustausch-Kanalsystem  
16 Stoffaustausch-Kanalsystem  
18 Stoff- und Wärmeaustauscherflächen  
20 Flüssigkeitsverteiler  
21 Beschichtung von 18, 2  
15 22 kleine Festkörperpartikel, Sandkörner  
24 Frei- und Hohlräume  
26 Flüssigkeitsfilm aus Sorbens FM  
27 Grundkörper von 20  
28 Vorderseite  
20 29 Rückseite  
30 vordere Flüssigkeitsaustrittsöffnungen  
32 hintere Flüssigkeitsaustrittsöffnungen  
34 Flüssigkeitszuleitungssystem  
36 Flüssigkeitshauptzuleitung  
25 38 Flüssigkeitsunterzuleitungen  
40 Gabelungsstellen  
42 Anschlußstück von 36  
44 Steckmechanismus  
46 mittlerer Steckstreifen  
30 48 vorderer Abdeckstreifen  
50 hinterer Abdeckstreifen  
52 keilförmige Einbuchtung

Ansprüche

1. Stoff- und Wärmeaustauscherfläche zur Ausbildung eines dünnen Flüssigkeitsfilms auf einer Grundfläche und einer auf der Grundfläche aufgebrachten Beschichtung (21) bzw. Oberflächenstruktur zur Reduzierung der Wirkung der Oberflächenspannung, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die Beschichtung (21) eine dünne Schicht aus kleinen Festkörperpartikeln (22) aufweist;
  - die Festkörperpartikel (22) fest mit der Grundfläche verbunden sind; und
  - zwischen den einzelnen Festkörperpartikeln (22) aufgrund von deren Form und deren Anordnung auf der Grundfläche Frei- und Hohlräume verbleiben.
2. Stoff- und Wärmeaustauscherfläche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Festkörperpartikel (22) in etwa gleich groß sind.
3. Stoff- und Wärmeaustauscherfläche nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (21) aus Festkörperpartikeln (22) einlagig ist.
4. Stoff- und Wärmeaustauscherfläche nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Festkörperpartikel (22) Sandkörner sind.
5. Stoff- und Wärmeaustauscherfläche nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Festkörperpartikel (22) aus Komponenten von natürlichem Sand, insbesondere aus Silikat, Aluminiumsilikat und/oder Siliziumdioxid bestehen.
6. Stoff- und Wärmeaustauscherfläche nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die

Festkörperpartikel (22) mittels eines Haftmittels auf der Grundfläche befestigt sind.

7. Stoff- und Wärmeaustauscherfläche nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Haftmittel ein Klebstoff ist.

5 8. Stoff- und Wärmeaustauscherfläche nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Haftmittel eine Zwischen-  
10 trägerfolie ist, in die die Festkörperpartikel (22) aus dieser hervorstehend eingebettet sind, und wobei die Zwischenträgerfolie auf der Grundfläche befestigt ist.

15 9. Stoff- und Wärmeaustauscherfläche nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundfläche eine reversibel thermisch weiche oder reversibel chemisch weiche Oberfläche ist, in die die Festkörperpartikel (22) aus der Grundfläche hervorstehend eingebettet sind.

20 10. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor mit:  
25 - zwei stofflich voneinander getrennten und thermisch miteinander gekoppelten Kanalsystemen (14, 16), von denen das eine Kanalsystem (Wärmeaustausch-Kanalsystem 14) von einem flüssigen oder gasförmigen Heiz- oder Kühlmedium HKM und das andere Kanalsystem (Stoffaustauschkanalsystem 16) von einem gasförmigen Medium GM und einem weiteren flüssigen Medium FM durchströmt ist,  
30 - wenigstens einer im wesentlichen senkrecht angeordneten Reaktordoppelplatte (2), die ein oberes Ende (4), ein unteres Ende (6), eine erste und eine zweite Hauptoberfläche (8, 10) und einen Zwischenraum (12) zwischen der ersten und zweiten Hauptoberfläche (8, 10) aufweist,  
35 wobei

- das Wärmeaustausch-Kanalsystem (14) in dem Zwischenraum (12) angeordnet ist;
- wenigstens eine der Hauptoberflächen (8, 10) als Stoff- und Wärmeaustauscherfläche (18) ausgebildet ist;
- an der wenigstens einen Stoff- und Wärmeaustauscherfläche (18) das gasförmige Medium GM und das flüssige Medium FM im Gegenstrom geführt sind; und
- am oberen Ende (4) der wenigstens einen Reaktordoppelplatte (2) ein Flüssigkeitsverteiler (20) zum Erzeugen eines dünnen Flüssigkeitsfilms (26) aus dem flüssigen Medium FM auf der wenigstens einen Stoff- und Wärmeaustauscherfläche (8, 10) vorgesehen ist

15 dadurch gekennzeichnet, dass

- die wenigstens eine Stoff- und Wärmetauscheroberfläche (18) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgebildet ist.

20

11. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass

- eine Mehrzahl von Reaktordoppelplatten (2) mit Abstand zueinander stapelförmig angeordnet sind;
- das gasförmige Medium GM entgegen der Schwerkraft von unten nach oben zwischen den einzelnen Reaktordoppelplatten (2) geführt ist; und
- das flüssige Medium FM in Richtung der Schwerkraft in einem dünnen Film (26) auf den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen (18) geführt ist.

30

12. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Heiz- oder Kühlmedium HKM in dem Zwischenraum (12) der Reaktordoppelplatten (2) meanderförmig von oben nach unten geführt ist.

35

13. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktordoppelplatten (2) aus Kunststoff bestehen.

5 14. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitsverteiler (20) aufweist:

- eine gerade Anzahl von Flüssigkeitsaustrittsöffnungen, (30, 32) die in gleichem Abstand zueinander in einem oberen Randbereich (4) der Stoff- und Wärmeaustauscherfläche (18) angeordnet sind,
- ein Flüssigkeitszuleitungssystem (34), das ausgehend von einer gemeinsamen Flüssigkeitshauptzuleitung (36) durch wiederholte Bisektion an Gabelungstellen (40) in eine Mehrzahl von Flüssigkeitsunterzuleitungen (38) aufzweigt, bis schließlich jeweils eine Flüssigkeitsunterzuleitung (38) in eine der Flüssigkeitsaustrittsöffnungen (30, 32) mündet,
- wobei die Flüssigkeitsunterzuleitungen (38) unter den Flüssigkeitsaustrittsöffnungen (30, 32) angeordnet sind.

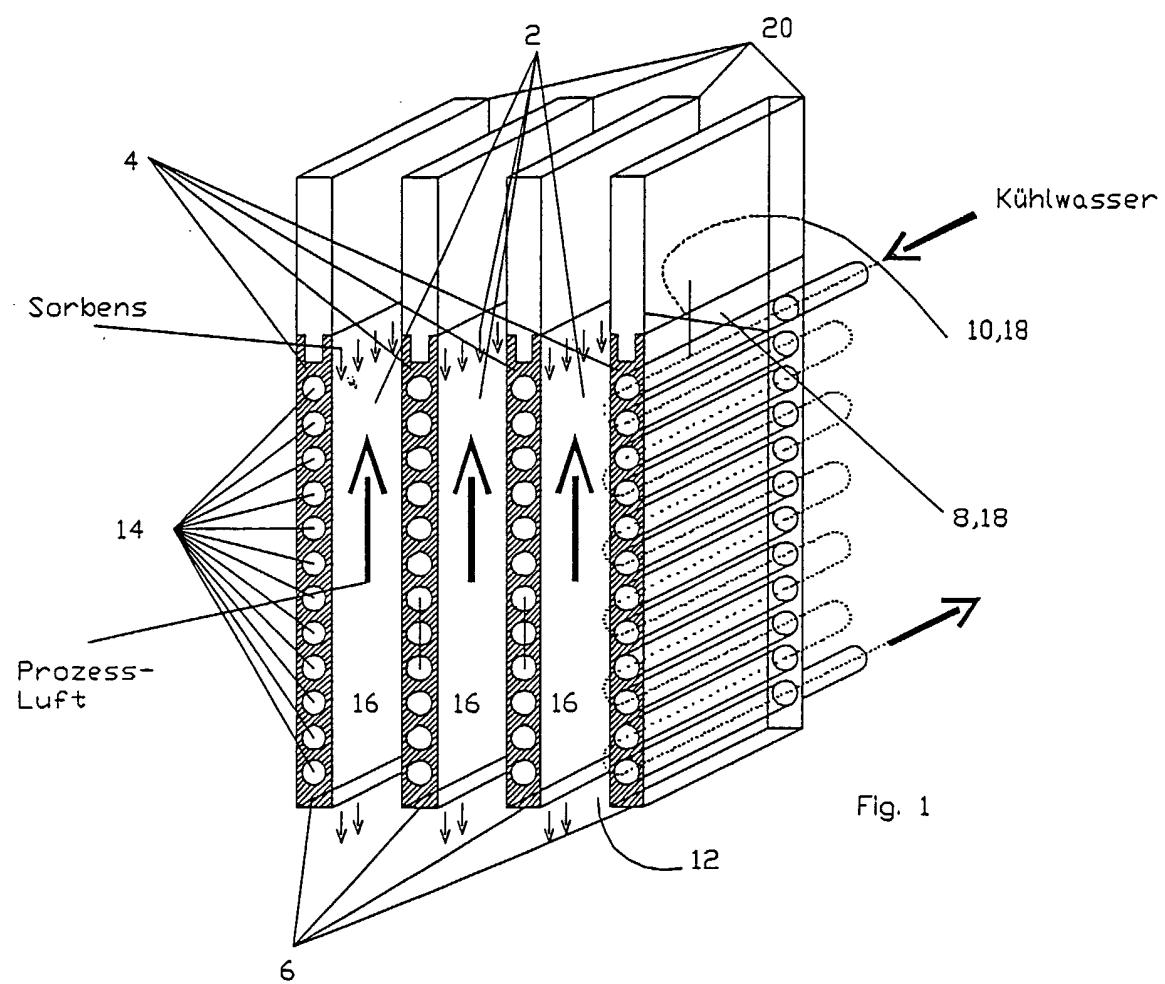
15. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeitsaustrittsöffnungen (30, 32) in den Flüssigkeitsverteilern (20) sich konisch nach außen öffnend ausgebildet sind.

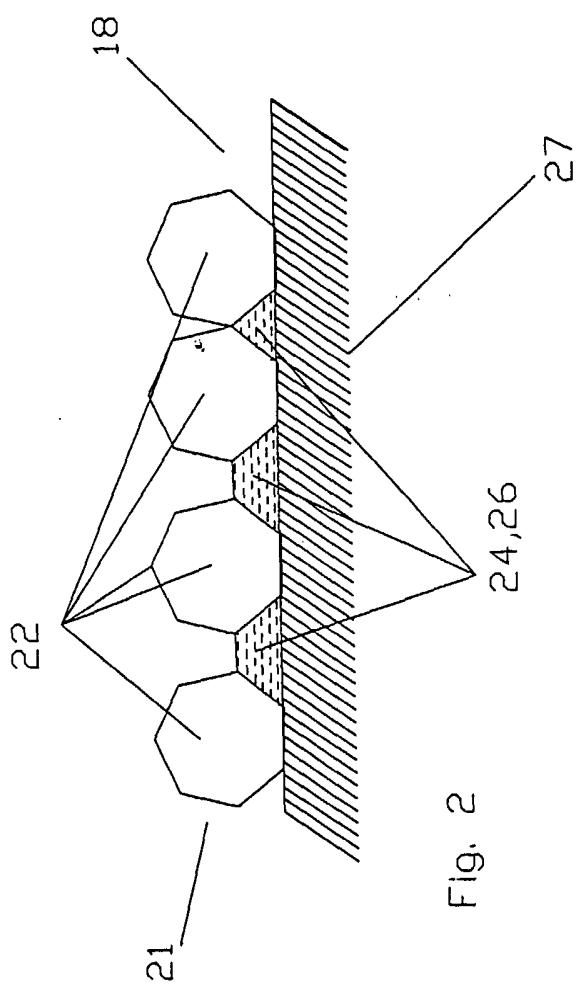
30 16. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Summe der Längen der einzelnen Flüssigkeitsunterzuleitungen (38) von der Flüssigkeitshauptzuleitung (36) zu der jeweiligen Flüssigkeitsaustrittsöffnung (30, 32) konstant ist.

35 17. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeitsunterzuleitungen (38) so ausgebildet sind, dass der Flüs-

sigkeitsstrom gegen die Schwerkraft von unten nach oben oder senkrecht zur Schwerkraft quer geführt wird.

18. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der Ansprüche 5 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeitsunterzuleitungen (38) an den Gabelungsstellen (40) gerundet ausgeführt sind.
19. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der Ansprüche 10 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Querschnitte der Flüssigkeitsunterzuleitungen (38) sich bei jeder Bisektion halbieren.
20. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der Ansprüche 15 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitsverteiler mittels einer Befestigungsvorrichtung (44) an den Reaktordoppelplatten (2) befestigt ist.





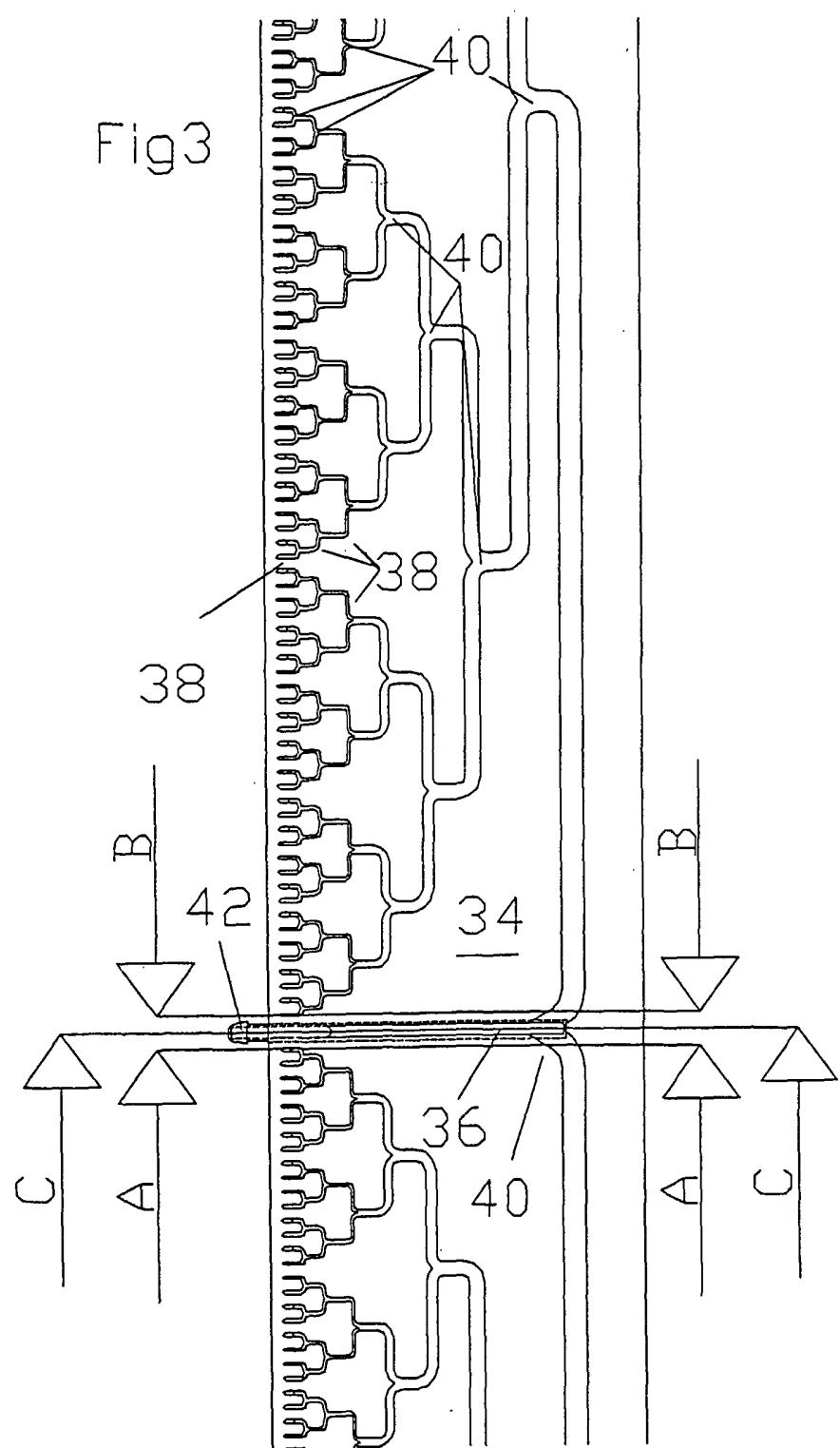
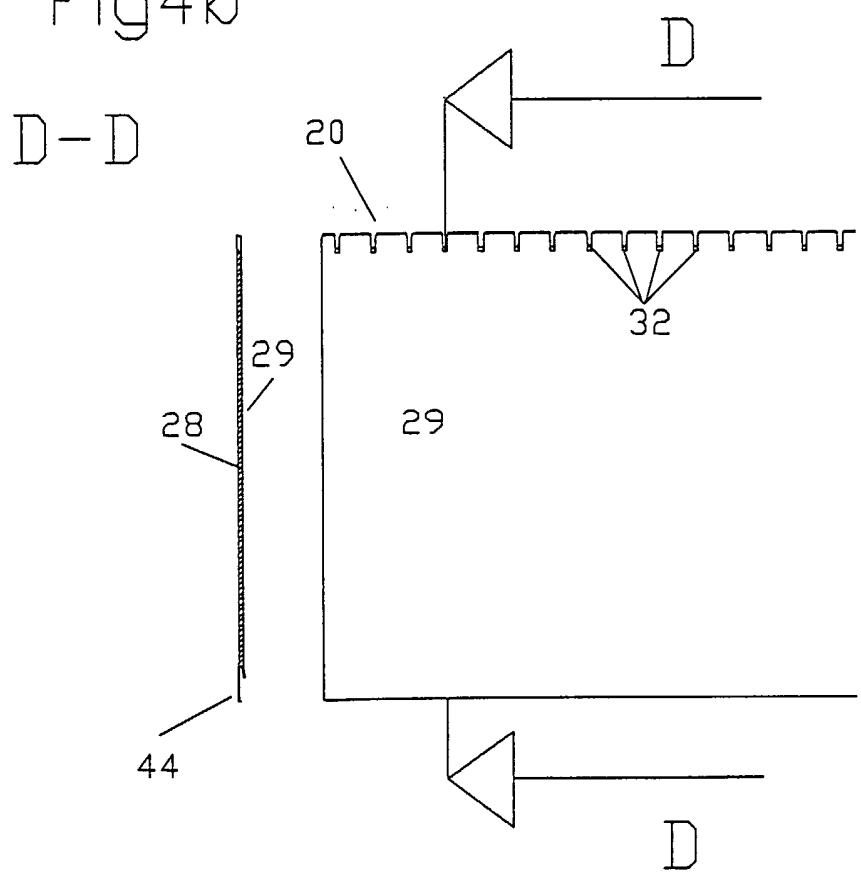
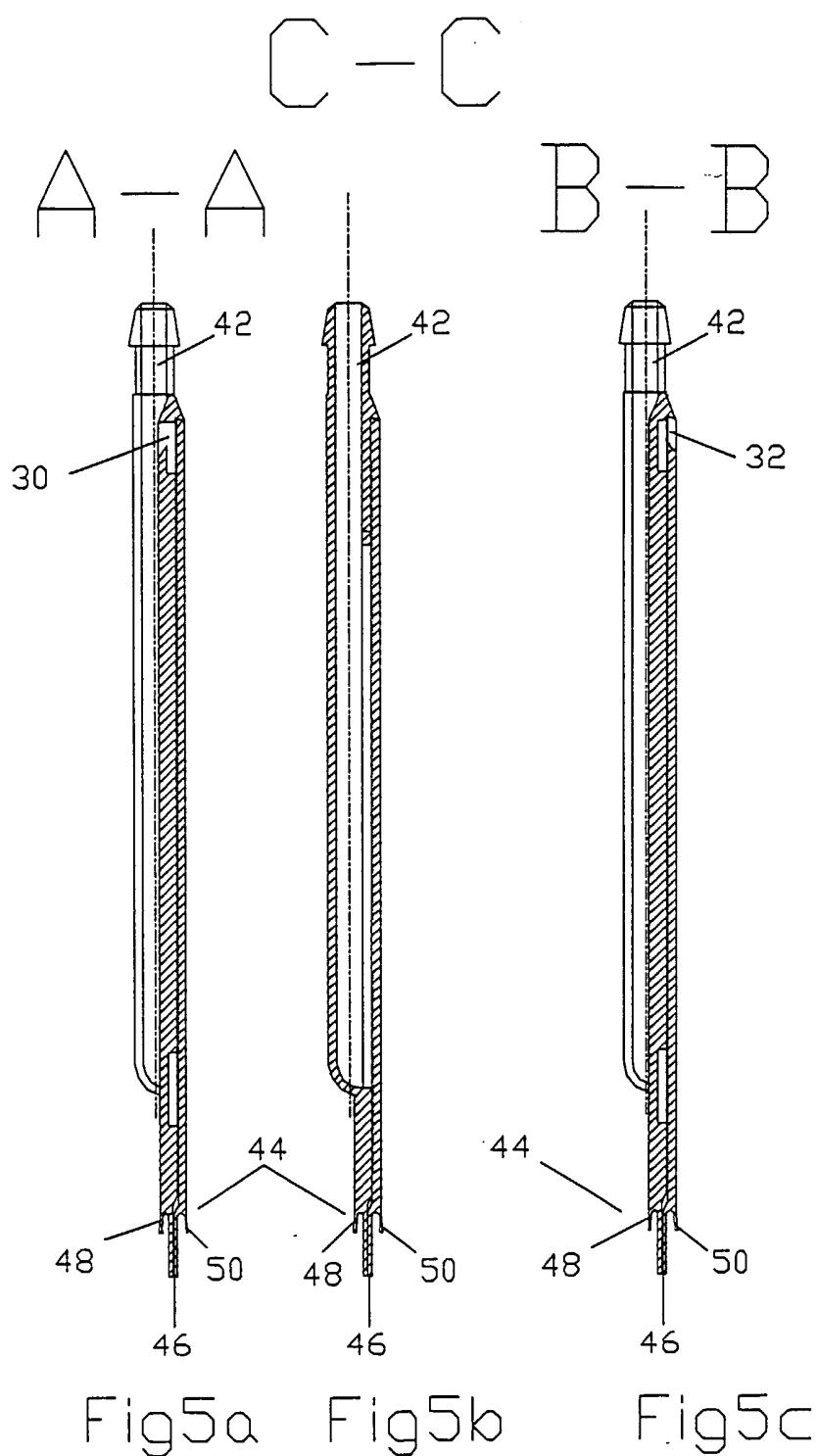
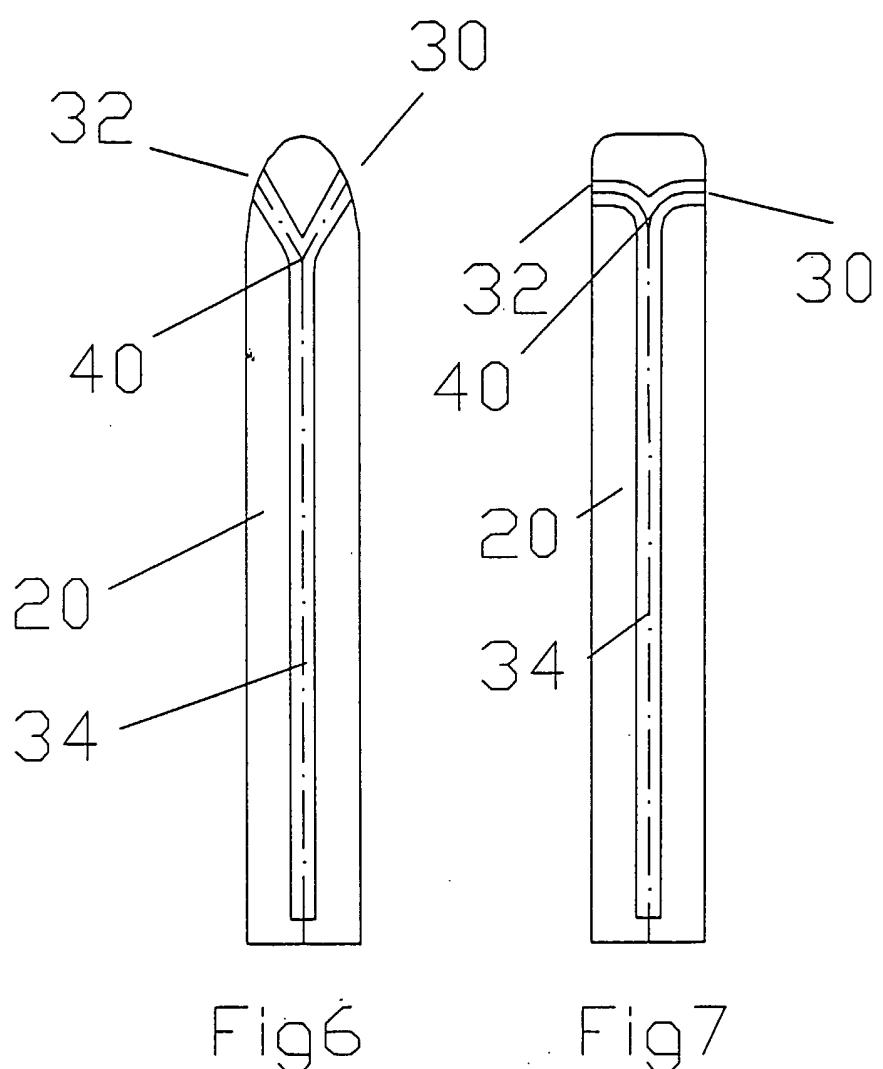


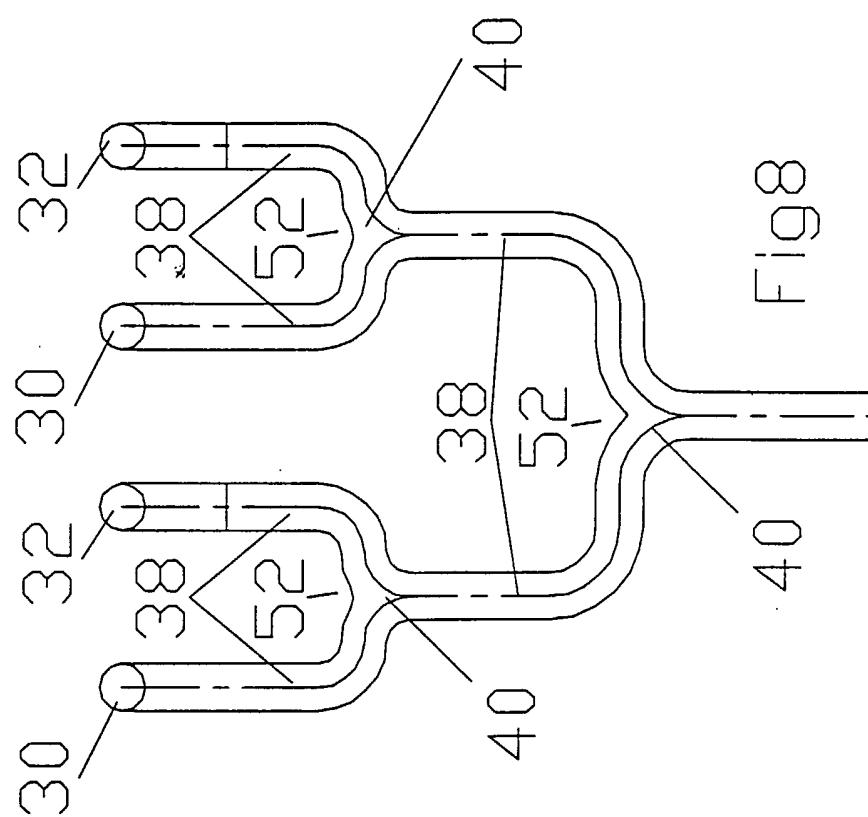
Fig 4a

Fig 4b









**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No  
PCT/EP 02/09459

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 F24F3/14 B01D53/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 B01D F24F F28D F28F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 35 36 525 A (ILKA LUFT & KÄLTETECHNIK) 19 June 1986 (1986-06-19) the whole document ---	1,2,5
Y	US 4 654 057 A (RHODES BARRY V) 31 March 1987 (1987-03-31) column 2, line 54 -column 3, line 2; claim 3; figures ---	3,4,6-9
Y	US 4 654 057 A (RHODES BARRY V) 31 March 1987 (1987-03-31) column 2, line 54 -column 3, line 2; claim 3; figures ---	3,4,6-9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 216 (M-329), 3 October 1984 (1984-10-03) -& JP 59 100398 A (HITACHI SEISAKUSHO KK; OTHERS: 01), 9 June 1984 (1984-06-09) abstract; figures --- -/-	1-9

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 December 2002

Date of mailing of the international search report

02/01/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mootz, F

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 02/09459

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 32 00 245 A (SHOWA ALUMINUM CORP) 14 July 1983 (1983-07-14) abstract; figures ---	1-9
A	DE 43 21 743 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 17 March 1994 (1994-03-17) cited in the application abstract; figures ---	1-20
A	US 3 913 667 A (FROST WILLIAM H ET AL) 21 October 1975 (1975-10-21) abstract; figures -----	1-20

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/09459

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 3536525	A	19-06-1986	DD DE	233641 A1 3536525 A1	05-03-1986 19-06-1986
US 4654057	A	31-03-1987	NONE		
JP 59100398	A	09-06-1984	JP JP	1854740 C 5059357 B	07-07-1994 30-08-1993
DE 3200245	A	14-07-1983	DE	3200245 A1	14-07-1983
DE 4321743	A	17-03-1994	DE WO	4321743 A1 9400724 A1	17-03-1994 06-01-1994
US 3913667	A	21-10-1975	CH DE FR GB	557014 A 2347883 A1 2200492 A1 1404414 A	13-12-1974 28-03-1974 19-04-1974 28-08-1975

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/09459

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F24F3/14 B01D53/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBiete

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
IPK 7 B01D F24F F28D F28F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 35 36 525 A (ILKA LUFT & KÄLTETECHNIK) 19. Juni 1986 (1986-06-19) das ganze Dokument ---	1, 2, 5
Y	US 4 654 057 A (RHODES BARRY V) 31. März 1987 (1987-03-31) Spalte 2, Zeile 54 -Spalte 3, Zeile 2; Anspruch 3; Abbildungen ---	3, 4, 6-9
Y	US 4 654 057 A (RHODES BARRY V) 31. März 1987 (1987-03-31) Spalte 2, Zeile 54 -Spalte 3, Zeile 2; Anspruch 3; Abbildungen ---	3, 4, 6-9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 216 (M-329), 3. Oktober 1984 (1984-10-03) -& JP 59 100398 A (HITACHI SEISAKUSHO KK; OTHERS: 01), 9. Juni 1984 (1984-06-09) Zusammenfassung; Abbildungen ---	1-9
		-/-



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
18. Dezember 2002	02/01/2003
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Mootz, F

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/09459

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>o</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 32 00 245 A (SHOWA ALUMINUM CORP) 14. Juli 1983 (1983-07-14) Zusammenfassung; Abbildungen ---	1-9
A	DE 43 21 743 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 17. März 1994 (1994-03-17) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen ---	1-20
A	US 3 913 667 A (FROST WILLIAM H ET AL) 21. Oktober 1975 (1975-10-21) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-20

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/09459

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3536525	A	19-06-1986	DD DE	233641 A1 3536525 A1	05-03-1986 19-06-1986
US 4654057	A	31-03-1987	KEINE		
JP 59100398	A	09-06-1984	JP JP	1854740 C 5059357 B	07-07-1994 30-08-1993
DE 3200245	A	14-07-1983	DE	3200245 A1	14-07-1983
DE 4321743	A	17-03-1994	DE WO	4321743 A1 9400724 A1	17-03-1994 06-01-1994
US 3913667	A	21-10-1975	CH DE FR GB	557014 A 2347883 A1 2200492 A1 1404414 A	13-12-1974 28-03-1974 19-04-1974 28-08-1975