

(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
24. Februar 2005 (24.02.2005)

PCT

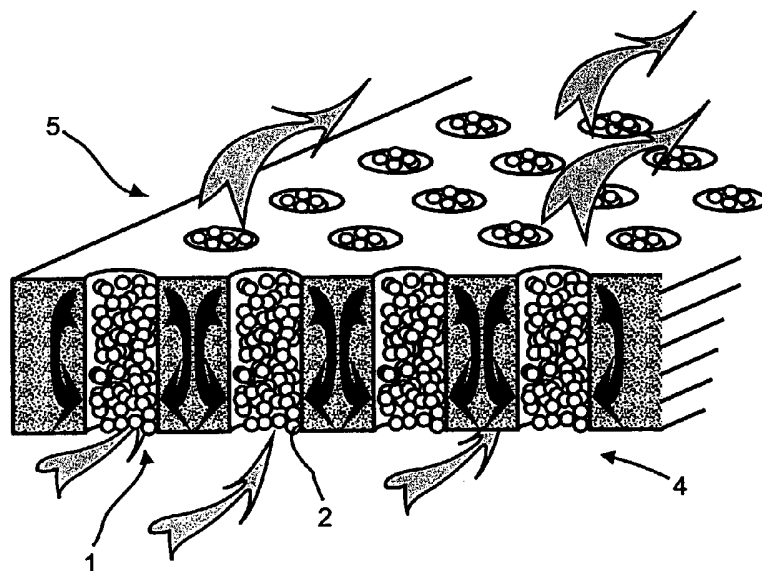
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/016507 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B01J 8/02**, 8/06, 19/24
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/008608
- (22) Internationales Anmeldedatum:
30. Juli 2004 (30.07.2004)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
103 35 967.2 6. August 2003 (06.08.2003) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **BASF AKTIENGESellschaft** [DE/DE];
., 67056 Ludwigshafen (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BÖHLING, Ralf** [DE/DE]; Beethovenstr. 4, 64347 Griesheim (DE).
CRONE, Sven [DE/DE]; Mühlweg 44, 67117 Limburgerhof (DE).
FUNKE, Frank [DE/DE]; Neustadter Ring 96, 67067 Ludwigshafen (DE).
OLBERT, Gerhard [DE/DE]; Frankenweg 11, 69221 Dossenheim (DE).
- (74) **Anwalt: ISENBRUCK, Günter**; Isenbruck Bösl Hörschler Wichmann Huhn, Patentanwälte, Theodor-Heuss-Anlage 12, 68165 Mannheim (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** REACTOR FOR GAS PHASE REACTIONS

(54) **Bezeichnung:** REAKTOR FÜR GASPHASENREAKTIONEN



(57) **Abstract:** Disclosed is a reactor for gas phase oxidations comprising one or several exothermic and/or endothermic reaction steps in the presence of a heterogeneous particulate catalyst. Said reactor encompasses: - one or several perforated plates (1) that are made of a material having a coefficient of thermal conductivity of more than 30 W/m K, have a thickness of more than 5 mm, and are provided with openings (2) which completely penetrate the perforated plate (1) and receive the heterogeneous particulate catalyst; and an envelope (3) which surrounds the perforated plate/s (1) on all sides such that each perforated plate (1) divides the surrounded space into a gas inlet area (4) and a gas outlet area (5) which are connected to each other only via the openings (2) of the perforated plate (1).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/016507 A1



MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

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.

(57) Zusammenfassung: ZusammenfassungEs wird ein Reaktor für Gasphasenoxidationen mit einem oder mehreren exothermen und/oder endothermen Reaktionsschritten, in Gegenwart eines heterogenen partikelförmigen Katalysators vorgeschlagen, der aus - einer oder mehreren Lochplatten (1) aus einem Werkstoff mit einem Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten größer als 30 W/m " K, mit einer Stärke größer als 5 mm und mit die Lochplatte (1) vollständig durchdringenden Öffnungen (2) zur Aufnahme des heterogenen partikelförmigen Katalysators, sowie- einer Hülle (3), die die Lochplatte(n) (1) allseitig umgibt gebildet ist, dergestalt, dass jede Lochplatte (1) den umhüllten Raum in einen Gaseintrittsbereich (4) und einem Gasaustrittsbereich (5) trennt, die miteinander nur über die Öffnungen (2) der Lochplatte (1) verbunden sind.(Figur 1)

Reaktor für Gasphasenreaktionen

- 5 Die Erfindung betrifft einen Reaktor für Gasphasenreaktionen mit einem oder mehreren exothermen und/oder endothermen Reaktionsschritten, in Gegenwart eines heterogenen partikelförmigen Katalysators.

10 Durch heterogen katalysierte Gasphasenreaktionen werden zahlreiche Grund- und Zwischenprodukte im großtechnischen Maßstab hergestellt. Dabei muss häufig Wärme zu- oder abgeführt werden, oft durch indirekte Wärmeübertragung mit einem vom Reaktionsgemisch getrennten Wärmeträger. So werden insbesondere für heterogene Gasphasenoxidationen im Temperaturbereich oberhalb von 250°C Rohrbündelreaktoren mit Salzbadkühlung eingesetzt. Nachteilig an dieser Technologie sind die hohen Investitionskosten und die Bildung
15 von selektivitätsmindernden Hot- Spots in den einzelnen, mit Katalysatorformkörpern gefüllten Kontaktrohren.

Bekannt sind auch Wirbelschicht-Reaktoren, bei denen kleine Katalysatorpartikel eingesetzt werden. Sie weisen zwar keine Hot-Spots und verminderte Konzentrationsgradienten im
20 Katalysatorpartikel auf, benötigen aber meist ebenso aufwändige Einbauten zur Wärmeabführung. Außerdem müssen hierfür abriebfeste Katalysatoren entwickelt werden, es fällt Katalysatorstaub an und Fouling an nachgeschalteten Heizflächen und Apparaten ist problematisch. Da der Wirbelschicht-Reaktor nicht rückvermischungsfrei ist, dürfen Folgereaktionen keine nennenswerte Rolle spielen.

25 Es war demgegenüber Aufgabe der Erfindung, einen Reaktor zur Durchführung von Gasphasenreaktionen mit endothermen und/oder exothermen Reaktionsschritten zur Verfügung zu stellen, der die oben genannten Nachteile nicht aufweist und der insbesondere die Zu- oder Abführung von Reaktionswärme ohne den Einsatz von Wärmeträgern, weder primären
30 noch sekundären, gewährleistet.

Die Lösung besteht in einem Reaktor für Gasphasenreaktionen mit einem oder mehreren exothermen und/oder endothermen Reaktionsschritten, in Gegenwart eines heterogenen partikelförmigen Katalysators, gebildet aus einer oder mehreren Lochplatten aus einem Werkstoff mit einem Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten größer als 30 W/m • K, mit einer Stärke
35 größer als 5 mm und mit der Lochplatte vollständig durchdringenden Öffnungen zur Aufnahme des heterogenen partikelförmigen Katalysators sowie einer Hülle, die die Lochplat-

te(n) allseitig umgibt, dergestalt, dass jede Lochplatte den umhüllten Raum in einen Gaseintrittsbereich und einem Gasaustrittsbereich trennt, die miteinander nur über die Öffnungen der Lochplatte verbunden sind.

Es wurde überraschend gefunden, dass die Reaktionswärme einer heterogen katalysierten Gasphasenreaktion mit exothermen und/oder endothermen Reaktionsschritten überwiegend oder vollständig durch einen Wärmetransportmechanismus aufgenommen werden kann, der sich vom bislang überwiegend für den Wärmetransport verantwortlichen Mechanismus der Konvektion unterscheidet. Erfindungsgemäß verteilt sich die Wärme durch Wärmeleitung gleichmäßig im Material einer Lochplatte, das so ausgewählt ist, dass es einen hohen Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten aufweist.

Die erfindungsgemäßen Lochplatten sind überwiegend ebene Bauteile aus einem Werkstoff mit guter Wärmeleitfähigkeit. Der Wärmeleitfähigkeitskoeffizient des Werkstoffes der Lochplatte soll größer als $10 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, bevorzugt größer als $100 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, besonders bevorzugt größer als $140 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, sein. Darüber hinaus muss der Werkstoff der Lochplatten die für die Stabilität derselben erforderlichen Festigkeitseigenschaften aufweisen und nicht korrosiv sein.

Geeignete Werkstoffe sind insbesondere Metalle, Keramiken oder Graphit. Als metallische Werkstoffe eignen sich aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten insbesondere Aluminium, Kupfer oder Silber, die bevorzugt besonders rein sein sollen. Möglich sind auch Legierungen derselben, die überwiegend aus den genannten Metallen bestehen.

Die Lochplatte weist erfindungsgemäß eine Vielzahl von Öffnungen auf, die sie vollständig durchdringen und die zur Aufnahme des heterogenen partikelförmigen Katalysators bestimmt sind.

Die Lochplatte ist ein überwiegend ebenes Bauteil, das zwar eine gewisse Stärke, von etwa 5 mm, nicht unterschreiten soll, jedoch im Übrigen in den geometrischen Abmessungen grundsätzlich nicht eingeschränkt ist. Die Lochplatte kann eine kreisförmige Fläche aufweisen. Polygonale Flächen, beispielsweise quadratische oder rechteckige Flächen, können jedoch gleichermaßen vorteilhaft sein.

Die Geometrie der Hülle, die die Lochplatte(n) allseitig umgibt, ist ebenfalls grundsätzlich nicht eingeschränkt, sie ist jedoch auf die Geometrie der Lochplatte(n) abzustimmen. Für

kreisförmige Lochplattengeometrien sind insbesondere zylinderförmige Hüllen vorteilhaft, für polygonale Lochplattengeometrien dagegen prismenförmige Hüllen.

5 In einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Lochplatten rechteckig und in einer quaderförmigen Hülle angeordnet. In dieser Ausführungsform sind die Lochplatten besonders einfach austauschbar.

10 Die Öffnungen, die die Lochplatte vollständig durchdringen, können in ihrer Geometrie vorteilhaft zylindrisch, mit kreisförmigem Querschnitt ausgestaltet sein, es sind jedoch auch andere geometrische Formen, beispielsweise polygonale, insbesondere hexagonale Querschnitte oder rechteckige schlitzartige Öffnungen und Öffnungen mit über die Länge derselben variablen Querschnitten möglich.

15 Die Öffnungen sollten jedoch möglichst kleine äquivalente Durchmesser, bevorzugt kleiner als 12 mm, besonders bevorzugt kleiner als 6 mm, aufweisen, damit gute gasseitige Wärmedurchgangskoeffizienten an die Wände der Öffnungen gewährleistet sind. Der äquivalente Durchmesser einer Öffnung wird in bekannter Weise als das Vierfache des Verhältnisses aus der Fläche und dem Umfang der Öffnung definiert.

20 Die Anzahl der Öffnungen pro Flächeneinheit, der sogenannte Leerflächenanteil jeder Lochplatte, sollte aus wirtschaftlichen Gründen, um einem möglichst hohen Umsatz pro Flächeneinheit der Lochplatte zu erzielen, möglichst hoch sein. Er ist nach oben durch Festigkeitsanforderungen begrenzt. Darüber hinaus ist der Leerflächenanteil, und somit entsprechend auch der Materialanteil der Lochplatte auf das Wärmeprofil der konkret durchzuführenden Reaktion abzustimmen.

Der Leerflächenanteil jeder Lochplatte, bezogen auf die Gesamtfläche der Lochplatte, beträgt vorzugsweise zwischen 10 und 80%, besonders bevorzugt zwischen 20 und 60%.

30 Die Stärke der Lochplatte soll, wie eingangs ausgeführt, 5 mm nicht unterschreiten. Für die obere Begrenzung ist insbesondere maßgeblich, dass der Druckverlust durch die Katalysatorschüttungen in den Öffnungen der Lochplatte möglichst gering sein soll, sowie dass ein gleichmäßiges Temperaturprofil gewährleistet werden soll. Häufig wird eine Plattenstärke im Bereich von 20 bis 150 mm, besonders bevorzugt von etwa 30 bis 60 mm, vorteilhaft sein.

Bevorzugt sollen die Größe der Öffnungen und die Stärke der Lochplatte in der Weise aufeinander abgestimmt sein, dass das Verhältnis aus dem äquivalenten Durchmesser der Öffnungen und der Stärke der Lochplatte(n) kleiner oder gleich 1 ist.

- 5 Die Geometrie der einsetzbaren Katalysatorpartikel spielt eine wesentlich geringere Rolle im Vergleich zur Geometrie der in Wirbelschichtapparaten oder Rohrbündelapparaten einsetzbaren Katalysatorformkörpern, da weder der Abrieb, wie in der Wirbelschicht, noch der relativ hohe Druckverlust wie bei großtechnischen Rohrbündelapparaten mit einer Länge der Kontaktrohre im Meterbereich, zu berücksichtigen ist. Eine spezielle Katalysatorformkörperentwicklung ist somit nicht erforderlich. Die Katalysatorpartikel können unregelmäßig geformt sein, beispielsweise als Pulver oder Splitt vorliegen, mit Abmessungen beispielsweise im Bereich zwischen 0,2 und 2 mm. Erforderlich ist lediglich, dass die Abmessungen der Katalysatorpartikel kleiner sind als die äquivalenten Durchmesser der Öffnungen in der Lochplatte.

15

Um ein Abfließen der Katalysatorschüttungen aus den Öffnungen unter Einwirkung der Schwerkraft zu verhindern, müssen die Öffnungen an ihren unteren Enden geeignete Rückhalteeinrichtungen, beispielsweise Gitterroste oder Siebe, aufweisen.

- 20 Bei dem erfindungsgemäßen Reaktor ist die Zahl der Öffnungen in den Lochplatten grundsätzlich nicht eingeschränkt, im Gegensatz zur Anzahl der Kontaktrohre in Rohrbündelapparaten, die aufwändig in die Rohrböden eingeschweißt werden müssen.

- 25 Da die Anzahl der zur Aufnahme der Katalysatorpartikel bestimmten Öffnungen grundsätzlich beliebig groß sein kann, kann die Schüttungshöhe, bei gleicher Kapazität, entsprechend niedrig sein. Dadurch wird die Problematik des Druckabfalls in der Schüttung entschärft und die Katalysatorpartikel können mit wesentlich geringeren Abmessungen im Vergleich zu herkömmlichen Katalysatorformkörpern für Kontaktrohre in Rohrbündelapparaten ausgebildet sein. Je kleiner die Katalysatorformkörper jedoch sind, um so besser wird die Katalysatormasse ausgenutzt.

30

- Wesentliche Vorteile des erfindungsgemäßen Reaktors sind somit, dass feine Katalysatorpartikel eingesetzt werden können, für die keine spezielle Entwicklung von Formkörpern notwendig ist und dass, aufgrund der geringen Abmessungen der Katalysatorpartikel, die Katalysatormasse vollständig oder nahezu vollständig ausgenutzt wird und somit die Raum-Zeit-Ausbeute des Katalysators deutlich verbessert ist.

35

Entsprechend kann der Katalysator bedeutend höher mit Einsatzstoff belastet werden. Für das Beispiel der Partialoxidation von Propen zu Acrolein beziehungsweise von Acrolein zu Acrylsäure sind dies etwa 130 bis 600 Nl Propen/l Katalysator.h.

- 5 Vorteilhaft ist insbesondere auch der spezielle Wärmetransportmechanismus, d.h. durch Wärmeleitung, die zu einer gleichmäßigen Wärmeverteilung im gesamten Material der Lochplatte, und damit zu nahezu isothermen Bedingungen in der Reaktionszone führt.

- 10 Aufgrund der internen Wärmeleitung über die Lochplatte sowie durch den sehr guten gasseitigen Wärmetransport infolge der geringen Öffnungsdurchmesser findet eine schnelle direkte Wärmeein- und auskopplung aus dem Katalysatorbett und somit eine wärmetechnische Überlagerung von endothermen und exothermen Reaktionsteilschritten statt, ohne konvektive Wärmetransportanteile.

- 15 Es ist daher auch möglich, Reaktionen, für die in herkömmlichen Apparaten eine Gasvorheizung erforderlich ist, ohne dieselbe durchzuführen.

- 20 Aufgrund der verbesserten Wärmeabführung ist die Hot-Spot-Problematik entschärft und der Katalysator kann höher belastet werden, d.h. der Nutzungsgrad des Katalysators ist besser, weil kein Inertmaterial zur Minderung des Hot-Spots notwendig ist.

Durch die Anordnung einer geeigneten Anzahl von Lochplatten, d.h. einen modularen Aufbau, kann der Reaktor an die erforderliche Kapazität angepasst werden.

- 25 Zur Wärmeabführung ist kein Wärmeträger erforderlich, insbesondere entfällt das aufwendige Handling von Salzschnmelzen. Entsprechend sind die Investitions- und Betriebskosten niedriger.

- 30 Da in der Grundform des Reaktors die Reaktionswärme lediglich durch das Reaktionsgas aufgenommen wird, nicht jedoch nach außen abgeführt wird, muss der Reaktor so betrieben werden, dass die Summe aus der Eintrittstemperatur des gasförmigen Reaktionsgemisches und der adiabaten Temperaturerhöhung die Reaktionstemperatur ergibt.

- 35 Kann die obige Bedingung allein durch die Wärmeaufnahme des Reaktionsgases nicht erfüllt werden, ist es zusätzlich möglich, an der oder den Lochplatten und/oder in der Hülle,

die die Lochplatte(n) allseitig umgibt, geeignete Einrichtungen zur indirekten Kühlung derselben mit Hilfe eines Wärmeträgers vorzusehen.

Die Lochplatte ist von einer Hülle allseitig umgeben, wobei sie in der Hülle so angeordnet ist, dass der umhüllte Innenraum durch die Lochplatte in zwei Bereiche aufgetrennt wird, die miteinander nur durch die Öffnungen der Lochplatte kommunizieren. Dies ist erforderlich, damit das Reaktionsgemisch auf einer Seite der Lochplatte zugeführt werden kann, die mit den Katalysatorpartikeln gefüllten Öffnungen durchströmt und auf der anderen Seite der Lochplatte abgezogen wird. Es kann vorteilhaft sein, das gasförmige Reaktionsgemisch der Lochplatte von unten zuzuführen und oben abzuziehen, eine umgekehrte Strömungsführung ist jedoch gleichermaßen möglich.

Es ist auch möglich, zwei oder mehrere Lochplatten mit einer Hülle zu umgeben, wobei jedoch stets darauf geachtet werden muss, dass die Lochplatte auf der einen Seite derselben mit nicht umgesetztem Reaktionsgemisch und auf der anderen Seite derselben mit umgesetztem Reaktionsgemisch in Kontakt ist, wobei die beiden Seiten der Lochplatte miteinander nur über die Öffnungen in der Lochplatte in Verbindung sind.

Es ist beispielsweise möglich, mehrere Lochplatte übereinander, parallel zueinander, anzuordnen, unter Freilassung von Zwischenräumen, die miteinander nur über die Öffnungen in den Lochplatten kommunizieren und die alternierend die Funktion von Gaseintrittsbereichen beziehungsweise von Gasaustrittsbereichen haben.

Die Erfindung ist nicht eingeschränkt bezüglich der Anwendbarkeit auf spezielle Reaktionen. Der Reaktor ist allgemein zur Durchführung von Gasphasenreaktionen mit endothermen und/oder exothermen Teilschritten einsetzbar, wobei er besonders vorteilhaft für die Durchführung von Reaktionen eingesetzt werden kann, die sowohl endotherme als auch exotherme Teilschritte aufweisen, da die Reaktionswärme der exothermen Teilschritte intern für die Wärmezuführung zu den endothermen Teilschritten genutzt werden kann.

Der Reaktor kann beispielsweise zur Durchführung von Partialoxidationen, insbesondere zur Herstellung von (Meth)acrylsäure, Maleinsäureanhydrid oder Phthalsäureanhydrid, eingesetzt werden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand einer Zeichnung näher erläutert:

Es zeigen im Einzelnen:

Figur 1 die schematische Darstellung eines Ausschnitts aus einer bevorzugten Ausführungsform einer Lochplatte und

5

Figur 2 den in einer Lochplatte über die Öffnungslänge simulierten Temperaturverlauf am Beispiel der Acroleinoxidation in Gegenwart von Propan.

Die in Figur 1 dargestellte Lochplatte 1 weist Öffnungen 2 auf, die beispielhaft zylindrisch ausgebildet sind. Die Lochplatte 1 ist zum Einbau in eine nicht dargestellte Hülle bestimmt, in der Weise, dass der umhüllte Raum durch die Lochplatte in einen Gaseintrittsbereich 4 und einen Gasaustrittsbereich 5 getrennt wird. Das gasförmige Reaktionsgemisch wird über den Gaseintrittsbereich 4 zugeführt, über die Katalysatorpartikel in die Öffnungen 2 geleitet und über den Gasaustrittsbereich 5 abgezogen. Das Plattenmaterial nimmt die Reaktionswärme auf, verteilt diese gleichmäßig durch Wärmeleitung, und gibt die Reaktionswärme an das Gas ab.

15

Figur 2 zeigt den Temperaturverlauf in einer Lochplatte.

20

Simuliert wurde der Temperaturverlauf in einer Lochplatte aus Aluminium, mit einem Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten von $200 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, einer Plattenstärke von 50 mm, einem Lochdurchmesser von 4 mm und einem Lochanteil von 38%, bezogen auf die Gesamtfläche der Lochplatte.

Ein Gasgemisch mit der nachfolgenden Zusammensetzung in Vol-%

25

Acrolein 5,6

Sauerstoff 8,4

Stickstoff 51,0

Propan 27,0 und

30

Wasser 8,0

35

wurde mit einem Volumenstrom von 8,5 NI/h pro Öffnung durch die Öffnungen geleitet, über einen kugelförmigen Katalysator aus Partikeln mit einem Durchmesser von 0,4 mm. Der Katalysator wurde nach EP-A 0 017 000 gefertigt. Der Druckverlust in der Katalysatorschüttung betrug 70 mbar. Die Gaseintrittstemperatur betrug 30°C und die adiabate

Temperaturerhöhung in der Lochplatte 250°C. Die Zusammensetzung des Gases beim Austritt aus den Öffnungen der Lochplatte betrug, in Vol.-%:

Acrolein 0,05

5 Acrylsäure 5,8

Sauerstoff 3,5

Wasser 8,8

Propan 28,6 und

Stickstoff 53,25.

10

In der Figur ist die Abhängigkeit der Temperatur, t , in °C über die Länge der Öffnungen, l , in cm, vom Gaseintritt am unteren Ende der Öffnungen bis zum Gasaustritt am oberen Ende der Öffnungen dargestellt.

15 Während die Temperatur des gasförmigen Gemisches, in der oberen Kurve II dargestellt, steil ansteigt und ein Maximum durchläuft, ist die Temperatur der Lochplatte, untere Kurve I, über die gesamte Länge der Öffnungen l nahezu konstant. Die Simulation zeigt, dass in der Lochplatte nahezu isotherme Bedingungen gewährleistet sind.

20

25

30

35

Patentansprüche

1. Reaktor für Gasphasenreaktionen mit einem oder mehreren exothermen und/oder endothermen Reaktionsschritten, in Gegenwart eines heterogenen partikelförmigen Katalysators, gebildet aus
 - einer oder mehreren Lochplatten (1) aus einem Werkstoff mit einem Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten größer als $10 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, mit einer Stärke größer als 5 mm und mit die Lochplatte (1) vollständig durchdringenden Öffnungen (2) zur Aufnahme des heterogenen partikelförmigen Katalysators, sowie
 - einer Hülle (3), die die Lochplatte(n) (1) allseitig umgibt, dergestalt, dass jede Lochplatte (1) den umhüllten Raum in einen Gaseintrittsbereich (4) und einen Gasaustrittsbereich (5) trennt, die miteinander nur über die Öffnungen (2) der Lochplatte (1) verbunden sind.
2. Reaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man für die Lochplatte(n) (1) einen Werkstoff mit einem Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten größer als $100 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ einsetzt.
3. Reaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man als Werkstoff für die Lochplatte(n) (1) ein Metall, eine Keramik oder Graphit verwendet.
4. Reaktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass man als metallischen Werkstoff für die Lochplatte(n) (1) Aluminium, Kupfer, Silber oder Legierungen hiervon verwendet.
5. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass jede Lochplatte (1) einen Leerflächenanteil, bezogen auf die Gesamtfläche der Lochplatte (1), zwischen 10 und 80 % aufweist.
6. Reaktor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Leerflächenanteil jeder Lochplatte (1), bezogen auf die Gesamtfläche der Lochplatte (1) zwischen 20 und 60 % beträgt.

7. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der äquivalente Durchmesser der Öffnungen (2) der Lochplatte(n) (1) kleiner als 12 mm, bevorzugt kleiner als 6 mm, ist.
- 5 8. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis aus dem äquivalenten Durchmesser der Öffnungen (2) und der Stärke der Lochplatte(n) (1) kleiner oder gleich 1 ist.
9. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnungen (2) in der Lochplatte (1) polygonal, insbesondere rechteckig, oder kreisförmig
10 sind.
10. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Lochplatte(n) (1) und/oder die Hülle (3), die die Lochplatte(n) (1) allseitig umgibt, Einrichtungen zur indirekten Kühlung derselben mit Hilfe eines Wärmeträgers aufweist (aufweisen).
15

FIG.1

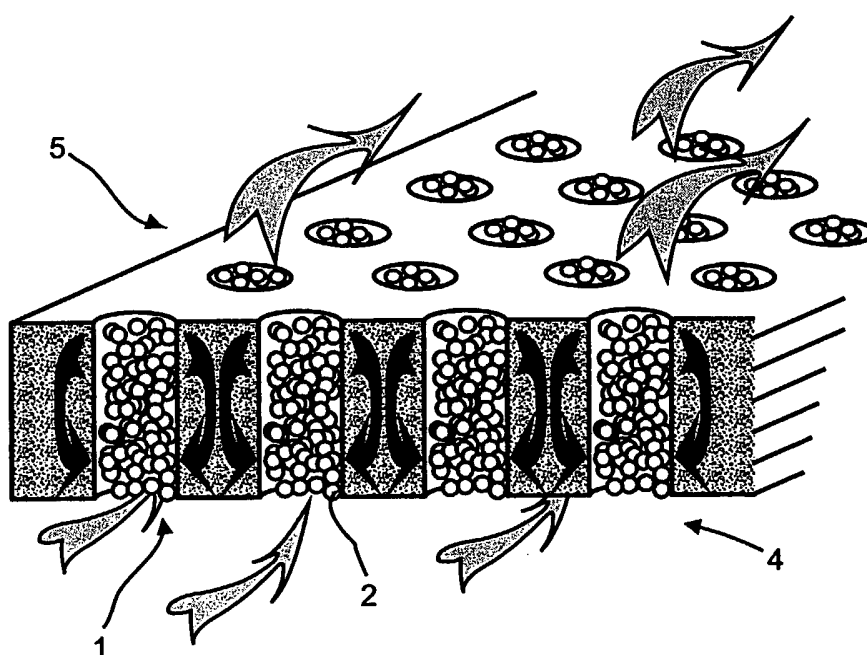
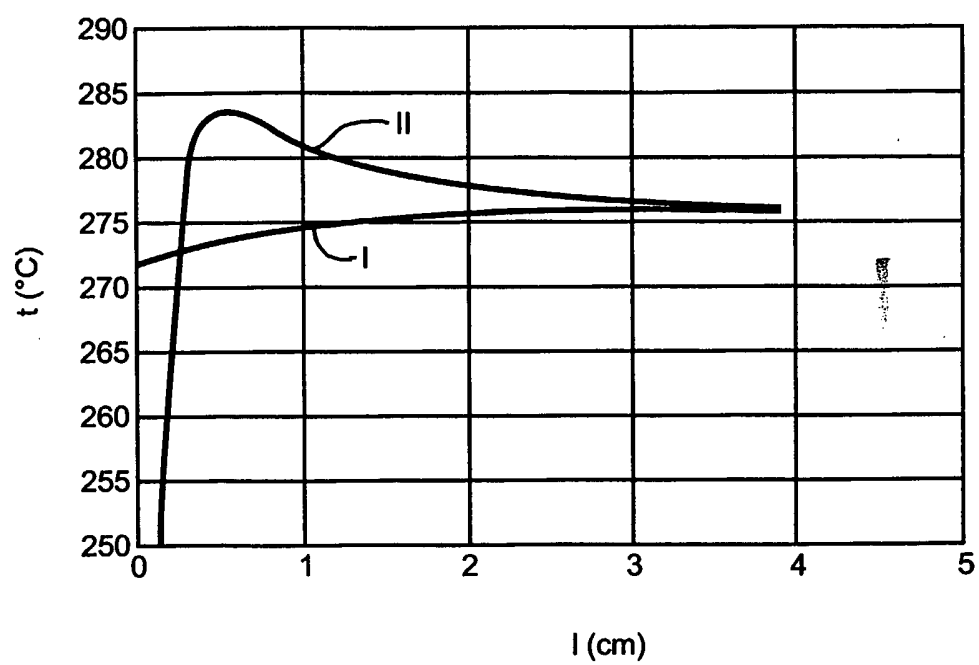


FIG.2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/008608

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B01J8/02 B01J8/06 B01J19/24		
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 B01J		
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, WPI Data, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 319 951 A (ROHM & HAAS) 18 June 2003 (2003-06-18) abstract page 5, paragraph 25 - paragraph 30; figures 3-5 page 8, paragraph 66 -----	1-10
X	EP 0 971 225 A (HTE GMBH THE HIGH THROUGHPUT E) 12 January 2000 (2000-01-12) abstract column 6, paragraph 44 - column 7, paragraph 51; figures 1,2 -----	1-10
X	GB 2 353 738 A (BABIC BRANKO RICHARD) 7 March 2001 (2001-03-07) abstract page 48, paragraph 2; figures 33,34 -----	1
A	----- -/--	2-10
☒ 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. *G* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 8 October 2004		Date of mailing of the international search report 18/10/2004
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 Thomasson, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/008608

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	US 6 746 651 B1 (PONZO JAMES B ET AL) 8 June 2004 (2004-06-08) abstract column 2, line 35 - line 64; figure 1 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/008608

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1319951	A	18-06-2003	BR 0205254 A	20-07-2004
			CN 1427261 A	02-07-2003
			EP 1319951 A2	18-06-2003
			JP 2003227819 A	15-08-2003
			US 2003125884 A1	03-07-2003
			ZA 200209803 A	11-06-2003
EP 0971225	A	12-01-2000	DE 19830607 A1	20-01-2000
			AT 238543 T	15-05-2003
			DE 59905144 D1	28-05-2003
			EP 0971225 A2	12-01-2000
			JP 3388281 B2	17-03-2003
			JP 2000193652 A	14-07-2000
			US 6537500 B1	25-03-2003
GB 2353738	A	07-03-2001	NONE	
US 6746651	B1	08-06-2004	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/008608

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B01J8/02 B01J8/06 B01J19/24

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B01J

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, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 319 951 A (ROHM & HAAS) 18. Juni 2003 (2003-06-18) Zusammenfassung Seite 5, Absatz 25 - Absatz 30; Abbildungen 3-5 Seite 8, Absatz 66	1-10
X	EP 0 971 225 A (HTE GMBH THE HIGH THROUGHPUT E) 12. Januar 2000 (2000-01-12) Zusammenfassung Spalte 6, Absatz 44 - Spalte 7, Absatz 51; Abbildungen 1,2	1-10
X	GB 2 353 738 A (BABIC BRANKO RICHARD) 7. März 2001 (2001-03-07)	1
A	Zusammenfassung Seite 48, Absatz 2; Abbildungen 33,34	2-10
	----- -/--	

☒ 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 erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer 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

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. Oktober 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/10/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Thomasson, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/008608

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	US 6 746 651 B1 (PONZO JAMES B ET AL) 8. Juni 2004 (2004-06-08) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 35 - Zeile 64; Abbildung 1 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008608

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1319951 A	18-06-2003	BR 0205254 A	20-07-2004
		CN 1427261 A	02-07-2003
		EP 1319951 A2	18-06-2003
		JP 2003227819 A	15-08-2003
		US 2003125884 A1	03-07-2003
		ZA 200209803 A	11-06-2003
EP 0971225 A	12-01-2000	DE 19830607 A1	20-01-2000
		AT 238543 T	15-05-2003
		DE 59905144 D1	28-05-2003
		EP 0971225 A2	12-01-2000
		JP 3388281 B2	17-03-2003
		JP 2000193652 A	14-07-2000
		US 6537500 B1	25-03-2003
GB 2353738 A	07-03-2001	KEINE	
US 6746651 B1	08-06-2004	KEINE	