



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation⁵ : B01J 19/30, B01D 47/14, 53/14 F28C 3/16</p>	A1	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 91/08048</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. Juni 1991 (13.06.91)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP90/02088</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 4. Dezember 1990 (04.12.90)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 8927497.1 5. Dezember 1989 (05.12.89) GB</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): VEREINIGTE ALUMINIUM-WERKE AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Georg-von-Boeselager-Str. 25, D-5300 Bonn 1 (DE). EURO-MATIC LIMITED [GB/GB]; Sinclair House, The Avenue, London W13 8NT (GB).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : RUFF, Wolfram [DE/DE]; Bleeckdamm 14, D-2161 Hammah (DE). DAVIS, Howard, Paul [GB/GB]; No. 2, Rutland Lodge, Petersham, Surrey (GB).</p>		<p>(74) Anwalt: MÜLLER-WOLFF, Thomas; Vereinigte Aluminium-Werke Aktiengesellschaft, Georg-von-Boeselager-Str. 25, D-5300 Bonn 1 (DE).</p> <p>(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CA, CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>
<p>(54) Title: PROCESS FOR TREATING GASES, ELLIPSOIDAL PACKING-MATERIAL GRANULES AND THEIR USE IN THE PROCESS</p> <p>(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BEHANDLUNG VON GASEN, ELLIPSOIDER FÜLLKÖRPER UND SEINE VERWENDUNG</p> <p>(57) Abstract</p> <p>The invention concerns a gas-treatment process, in particular a process for removing undesired substances from gases by scrubbing with liquid in a washing column packed with fluidized ellipsoidal granules. These granules, made of a chemically inert material such as polypropylene, are caused to carry out a tumbling motion by virtue of the eccentric position of the centre of gravity of the granules. These granules can also be used to promote heat exchange between the gas and scrubbing liquid.</p> <p>(57) Zusammenfassung</p> <p>Verfahren zur Behandlung von Gasen, insbesondere ein Verfahren zur Entfernung von unerwünschten Substanzen aus Gasen durch Waschen mit einer Waschflüssigkeit in einem Wasserturm, wobei fluidisierte ellipsoide Füllkörper verwendet werden. Diese Hohlkörper-Ellipsoiden aus einem chemisch inerten Material, wie z.B. Polypropylen, werden zu einer taumelnden Bewegung angeregt, verursacht durch die exzentrische Schwerpunktlage des ellipsoiden Füllkörpers. Diese Füllkörper können auch zum Wärmeaustausch zwischen Gas und Waschflüssigkeit angewandt werden.</p>		

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	MG	Madagaskar
AU	Australien	FI	Finnland	ML	Mali
BB	Barbados	FR	Frankreich	MN	Mongolei
BE	Belgien	GA	Gabon	MR	Mauritanien
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BJ	Benin	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	PL	Polen
CA	Kanada	IT	Italien	RO	Rumänien
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SN	Senegal
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SU	Soviet Union
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
DE	Deutschland	LU	Luxemburg	TG	Togo
DK	Dänemark	MC	Monaco	US	Vereinigte Staaten von Amerika

Beschreibung

Verfahren zur Behandlung von Gasen, ellipsoider Füllkörper und seine Verwendung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gaswäsche, insbesondere ein Verfahren zur Entfernung von unerwünschten Substanzen aus Gasen durch Waschen mit einer Waschflüssigkeit in einem Wasserturm.

Heute ist sehr wichtig, daß bei jedem Verfahren, sei es ein Verbrennungsprozeß oder ein chemisches Verfahren, die Umweltbelastung auf ein Minimum beschränkt wird.

Es war viele Jahre üblich, die bei diesen Verfahren entstehenden Gase in einem Wasserturm zu reinigen, in dem die aufsteigenden Gase durch eine Berieselung von oben mittels Wasser oder einer geeigneten Lösung gewaschen wurden. Dadurch wurden die Schadstoffe im Gas herausgelöst oder abgeschieden und in der Waschlösung angereichert.

Zur Unterstützung des Waschvorgangs wurden die Türme vorher mit statischen Füllkörpern versehen, die gegenüber dem Gas und dem Wasser eine große Oberfläche aufweisen und zur Auswaschung der unerwünschten Partikel und Chemikalien aus dem Gas beitragen.

Um effizient zu sein, müssen die Wassertürme mit ruhenden Füllkörpern oft sehr hoch sein und eine große Menge an Füllkörpern enthalten, damit die ausströmenden Gase so gereinigt werden, daß ihr Schadstoffgehalt für die Umwelt unbedenklich ist.

Um dieses Problem zu lösen, wurde vorgeschlagen, die Füllkörper durch Packungen aus Kugeln zu ersetzen, die durch die Geschwindigkeit des zu reinigenden Gases in einem fluidisierten Zustand gehalten werden.

Die Vorteile bei der Verwendung dieser Kugeln, die aus einem chemisch inerten Material, wie beispielsweise Polypropylen bestehen, bestehen darin, daß die Kugeln ständig rotieren und sich bewegen. Daher haften die aus dem Gas ausgewaschenen Partikel nicht an ihnen und blockieren so nicht den Waschvorgang oder erhöhen den Druckabfall.

Die fluidisierten Kugeln haben jedoch den Nachteil, daß das fluidisierende Gas dazu neigt, die Kugeln vom Mittelpunkt des Turms an die Seiten zu bewegen. Dadurch bleibt in der Mitte des Turms ein Loch zurück, durch das das Gas hindurchströmen kann, ohne einem Waschvorgang außer der Berieselung durch Wasser oder durch eine andere Waschflüssigkeit zu unterliegen.

Durchströmt das Gas die Kugelpackung, so entstehen Turbulenzen, durch die der Waschvorgang unterstützt wird.

Um dieses Problem zu lösen, wurde z. B. in der deutschen Patentschrift 36 13 151 vorgeschlagen, anstelle von Kugeln Ellipsoide in einem Fließbettwäscher zu verwenden.

Die Ellipsoide weisen eine regelmäßige Form auf und haben einen minimalen und einen maximalen Durchmesser, wobei sich eine Wandstärkenverdickung im Bereich des größeren Durchmesser der Kugel befindet. Die Ellipsoide werden vom Gasstrom schon bei niedrigen Anströmgeschwindigkeiten von 1 m/sec fluidisiert, wobei die einzelnen Ellipsoide gerichtete Querbewegungen innerhalb des Einzelbettes ausführen und gleichzeitig um die kurze Halbachse rotieren. Die Verwendung von Hohlkörper-Ellipsoiden in Gaswäschern ist besonders vorteilhaft, weil der Flüssigkeitsfilm auf der Ellipsoid-Oberfläche durch die beschleunigte Drehbewegung häufig abreißt und durch Neubildung der Stoffaustausch aktiviert wird.

Die eigene Rotation erzeugt eine hohe Umfangsgeschwindigkeit in der Ebene der langen Halbachse. Das führt zu einer gerichteten Strömung der Waschflüssigkeit auf der Kontaktoberfläche mit intensiver Verteilung vom Rande auf benachbarte Kontaktelemente. Insgesamt wird dadurch permanent eine neu beladbare Phasengrenz-

3

fläche für den Stoffaustausch angeboten und damit die Absorptionsleistung sowie die Partikelabscheidung verbessert.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die beschriebenen Eigenschaften der ellipsoiden Füllkörper weiter zu verbessern und ein effizientes Verfahren zur Gaswäsche anzubieten, durch das fast alle unerwünschten, meist schädlichen Substanzen entfernt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren besteht darin, daß das Gas durch ein Rohr mit einem Bett aus Ellipsoiden geleitet wird, wobei die Gasgeschwindigkeit, die Gasmenge und die Flüssigkeitsmenge so aufeinander abgestimmt werden, daß die Ellipsoide fluidisiert und zu einer taumelnden Bewegung angeregt werden. Entscheidend ist dabei, daß sich ein Druckgradient im Füllkörperbett von mehr als 1500 Pa/m einstellt. Eine Waschflüssigkeit in Form von Tropfen wird durch das Ellipsoidbett entgegen der Flußrichtung der Gase geleitet, wobei die Waschflüssigkeit ständig die Oberflächen der Ellipsoide im Bett bedeckt, um dem Gas eine große Oberfläche zu bieten. Die schädlichen bzw. abzuscheidenden Substanzen gehen vom Gas in die Waschflüssigkeit über, die Waschflüssigkeit und die abgeschiedenen Substanzen werden zur Beseitigung gesammelt.

Die Gasgeschwindigkeit wird so gewählt, daß die Ellipsoide nicht aus dem durch den Gasstrom gebildeten Wirbelbett herausgetragen werden. Vorzugsweise liegt die Gasgeschwindigkeit 20 % bis 100 % über der maximal notwendigen Fluidisierungsgeschwindigkeit. Unter den gewählten Bedingungen vollzieht der ellipsoide Füllkörper eine taumelnde Bewegung, die durch die exzentrische Schwerpunktlage verursacht wird. Genauer gesagt liegt das Schwerkraftzentrum des ellipsoiden Füllkörpers geringfügig außerhalb des Symmetriemittelpunktes.

Wenn die Verhältnisse der Radien (lange Achse zu kurzer Achse) richtig gewählt werden, stellt sich der ellipsoide Füllkörper im fluidisierten Zustand in eine überwiegend senkrechte Position, bezogen auf die lange Halbachse des Ellipsoids.

Beim vorliegenden Verfahren liegt das Verhältnis des minimalen Radius zum maximalen Radius der Ellipsoide zwischen 0,3 und 0,9. Ein weiteres bevorzugtes Verhältnis liegt zwischen 0,5 und 0,8. Die Ellipsoide werden vorzugsweise als hohle und nicht als massive Körper geformt, um ihre Masse zu reduzieren. Sie bestehen vorzugsweise aus einem chemisch inerten Material wie z. B. Polypropylen.

Es ist zweckmäßig, die Ellipsoide in mit Öffnungen versehenen Einzelkästen im Waschturm zu halten. Dies verringert das Risiko, daß Ellipsoide im Gas mitgerissen und aus dem Bett herausgetragen werden.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß der Druckgradient im Wirbelbett größer als 1500 Pa/m ist. Der Druckgradient wird dabei bestimmt durch den Druckabfall im Wirbelbettwäscher und ist identisch mit dem Druckverlust in den Wirbelbetten bezogen auf die Packungshöhe im Ruhezustand des Wäschers. So ist z.B. bei einem mehrstufigen Wirbelbettwäscher der gesamte Druckabfall durch die Gesamthöhe der Packungen (Summe aller Einzelbetten) zu dividieren, wobei die Höhe der Packungen im ruhenden Zustand gemessen wird. Bei einem Druckgradienten im Wirbelbett von mehr als 1500 Pa/m wird erfindungsgemäß ein hoher Stoff- und/oder Wärmeübergangskoeffizient, sowie ein guter Staubabscheidegrad erzielt. Dies beruht auf intensiven Wechselwirkungen und dem guten Kontakt zwischen den Füllkörpern.

Grundsätzlich ist es möglich, das Volumenverhältnis zwischen Waschflüssigkeit und zu behandelndem Gas im Bereich zwischen 0,001 bis 0,01 zu halten. Bei einer Gasgeschwindigkeit von mehr als 2,0 m/sec befinden sich die Füllkörper in einem fluidisierten Zustand, wobei die Füllkörper eine zirkulierende Bewegung über den zur Verfügung stehenden Raum des Wirbelbettwäschers ausführen. Dabei ist es nicht möglich einem einzelnen Füllkörper einen definierten Platz zuzuordnen.

Um den Wascheffekt der Flüssigkeit zu maximieren, können mehrere Betten im Turm übereinander angeordnet werden, so daß das Gas hintereinander durch die Wirbelbetten geleitet wird. Das Ver-

5

fahren kann auch darin bestehen, daß das Gas verschiedenen Waschflüssigkeiten oder Lösungsmitteln unterschiedlicher Konzentration in den einzelnen Betten ausgesetzt wird. Die Flüssigkeit, durch die das Gas gewaschen wird, wird vorzugsweise am Fuß des Turms gesammelt und so verarbeitet, daß die angereicherten Verunreinigungen abgetrennt oder zurückgewonnen werden, bevor die Flüssigkeit in den Kreislauf rückgeführt wird.

Es wird nun Bezug auf die Zeichnung (Fig. 1) genommen, die für Vergleichszwecke zwei Türme des bekannten Stands der Technik zeigt und einen Turm, in dem Ellipsoide verwendet werden und das Verfahren der Erfindung angewendet wird.

Der erste Turm 1 ist mit einer Festpackung 2, die eine Packungshöhe von 6 m aufweist, versehen. Die Festpackung besteht aus 50 mm Ringen. Der Turmdurchmesser beträgt 5,5 m. Ein zu reinigendes Gas wird am Boden des Turms durch eine Öffnung 3 eingespeist und eine Waschflüssigkeit wird am oberen Rand des Turms durch die Einlaßöffnung 4 eingespeist.

Der zweite Turm 10 hat drei Reinigungsstufen, die die 3 Betten 11, 12 und 13 umfassen. Die Betten sind jeweils mit Kugeln von 38 mm Durchmesser bestückt, die in mit Öffnungen versehenen Einzelkästen gehalten werden. Die Kästen sind waagrecht im Turm angeordnet und die gesamte Packungshöhe der drei Betten beträgt 1,3 m. Der Turmdurchmesser beträgt 4,9 m. Ein zu reinigendes Gas wird durch die Öffnung 14 eingeleitet und eine Reinigungsflüssigkeit wird durch das Rohr 15 am oberen Rand des Turms eingeführt und über Düsen gleichmäßig auf das gesamte Bett verteilt.

Der dritte Turm 20 hat nur ein 2-stufiges Reinigungselement mit den Betten 21 und 22. Diese Betten werden aus Ellipsoiden mit einem minimalen Durchmesser von 38 mm und einem maximalen Durchmesser von 50 mm gebildet. Die Höhe der einzelnen Betten im Ruhezustand beträgt 0,43 m. Der Turm weist einen Durchmesser von 4,6 m auf. Zu reinigendes Gas wird durch die Einlaßöffnung 23 eingeleitet, und die Reinigungsflüssigkeit wird bei 24 eingespeist und durch Düsen auf das Füllkörperbett gleichmäßig verteilt.

ERSATZBLATT

Überraschenderweise können ⁶ alle Türme 1, 10 und 20 die gleiche Gasmenge bei entsprechender Gasgeschwindigkeit reinigen. Bei einem speziellen Beispiel wurden 100 000 m³ pro Stunde gereinigt. Das Gas wurde durch die entsprechenden Einlaßöffnungen 3, 14 und 23 eingeleitet und die geeignet Waschflüssigkeit in die in die jeweiligen Einlaßöffnungen 4, 15 und 24 eingespeist. Dort wurde die Waschflüssigkeit mittels Düsen auf die einzelnen Betten in Form von Tropfen gesprüht, wobei die Geschwindigkeit in den Türmen 10 und 20 so gewählt wurde, daß die Elemente des Betts, d. h. die Kugeln und Ellipsoide, in einem Fluidisierungszustand innerhalb der Kästen gehalten wurden.

Beim Eintreten des Wassers in die Betten der Waschtürme wird ein dünner Flüssigkeitsfilm auf den Füllkörpern gebildet, wodurch eine hohe Austauschfläche zwischen Gas und Flüssigkeit entsteht. Das Gas konnte gewaschen und H₂S entfernt werden. H₂S wurde unter Zugabe eines geeigneten Oxidationsmittels im Wasser gelöst.

Tabelle I zeigt den Wirkungsgrad der verschiedenen Türme.

Tabelle I	Festpackungen	38 mm Kugeln	Ellipsoide
	Turm A	Turm B	Turm C
Wirkungsgrad %	99,3 %	99,3 %	99,99 %
Druckabfall Pa	1.800	2.050	1.800
Druckgradient Pa/m	300	1.577	4.100
Gasgeschwindigkeit m/s	1,2	1,5	1,7
Packungshöhe m	6,0	1,3	0,43
Bettvolumen m ³	142	24,5	7,1
Turmdurchmesser m	5,5	4,9	4,6

7

Tabelle I zeigt, daß der Wirkungsgrad des Turms 20 unter Verwendung der Ellipsoide fast 100 % bei der Reinigung des Gases trägt und höher ist als der der Türme 1 und 10. Zur Erzielung dieses hohen Wirkungsgrades ist ein kompakter Turm erforderlich und, wie die Zahl zeigt, weniger Füllkörper. Die Aufgabe der Füllkörper im Turm 20 besteht darin, eine wesentlich höhere Geschwindigkeit des zu behandelnden Gases zu ermöglichen. Dies bedeutet, daß die Betriebs- und Kapitalkosten geringer sind als beim Turm 1 und 10, in denen statische oder kugelförmige Füllkörper verwendet werden. Das Verfahren der vorliegenden Erfindung bietet daher wesentliche Vorteile gegenüber dem bekannten Stand der Technik.

Zieht man die in Tabelle II gegebenen Daten in Betracht, wird die Erhöhung des Wirkungsgrades deutlich.

Tabelle II

Fluidisierungs- element	Gewicht g	wirksame Oberfläche m^2/m^3	Stückzahl Beispiel	annähernde min. Flui- disierungs- geschwin- digkeit
38 mm Kugel	4,5	102	553.000	1,14
38 mm Kugel	6,0	102	553.000	1,31
50 mm Kugel	8,0	78	245.000	1,15
50 mm Kugel	10,0	78	245.000	1,29
Ellipsoid	8,0	80	86.000	1,0
38/50 mm	7,0	80	86.000	1,0

8

Tabelle II zeigt, daß bei Verwendung von Ellipsoiden eine viel geringere minimale Fluidisierungsgeschwindigkeit bei der typischen Anwendung benötigt wird als dies bei Verwendung der anderen verschiedenen Größen der Fall ist. Außerdem können die Ellipsoide eine ausreichend große wirksame Oberfläche bei einem relativ geringen Gewicht und einer geringen Zahl von Elementen aufweisen. Es ist bemerkenswert, daß auf den benetzten Ellipsoiden eine sehr innige Durchmischung des Gases mit dem Flüssigkeitsfilm stattfindet der über die Ellipsoide fließt. Durch diese Mischung des Gases mit der Flüssigkeit entsteht ein Maximum an Kontaktoberfläche und an Abscheideleistung.

Die Ellipsoide selbst ändern ständig ihre Orientierung gegenüber dem Fluß des Gasstromes und reiben in verschiedenen Bereichen aneinander.

Wegen ihrer Form neigen sie nicht dazu, an die Seiten des Betts gedrängt zu werden, wie dies bei den Kugeln der Fall ist. Dies bedeutet, daß der größte Stoffübergangskoeffizient erzielt werden kann. Als ein Beispiel hierfür zeigt Tabelle III die Absorption von H_2S in einem Eisenchelat-Lösungsmittel bei verschiedenen Gasgeschwindigkeiten.

Tabelle III

H_2S Absorption in Fe^{3+} Nitrilo Acetic Acid in einem zylindrischen turbulenten Absorber mit einem Durchmesser von 60 cm.

Tabelle IIIB

Flüssigkeitsgeschwindigkeit: $0,000590 \text{ ms}^{-1}$ ($10,0 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$)

Packung: 48 mm x 35 mm Ellipsoide

Gasgeschwindigkeit

Stoffübergangskoeffizient

ms^{-1}

Kg mol m^{-3}
 $\text{s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$

0,702

$34,0 \times 10^{-7}$

1,16

$220,79 \times 10^{-7}$

2,30

$493,0 \times 10^{-7}$

Die Versuche zeigen, daß der Stoffübergangskoeffizient bei vergleichbaren Gasgeschwindigkeiten fast hundertmal höher ist als der für die Hohlkugeln. Bei noch höheren Gasgeschwindigkeiten, die mit Hohlkugeln nicht mehr erreichbar sind, ist der Stoffübergangskoeffizient fast 200fach höher.

Dies zeigt, daß die Anwendung der vorliegenden Erfindung ein wesentlich effizienteres und kostengünstigeres Verfahren zur Betrieb eines Waschturm bietet, als dies bisher möglich war. Die Ellipsoide, die jetzt unter dem Warenzeichen "Scrubber-fill" erhältlich sind, können von den Abmessungen und Gewichten, die in den Beispielen angeführt wurden, abweichen. Das bevorzugte Verhältnis des minimalen zum maximalen Durchmesser liegt jedoch zwischen 0,5 und 0,8.

ERSATZBLATT

Beispiel 1 für die Entfernung von partikelförmigen Verunreinigungen aus Gasen (Staubabscheidung)

Die Höhe der Füllkörperpackung betrug 0,28 m, das Mengenverhältnis von Flüssigkeit : Gas lag in einem Bereich von 0,003 bis 0,004. Es wurden mehr als 70 % oder mehr der teilchenförmigen Verunreinigungen mit einer Teilchengröße von mehr als 1 μm mit der Waschflüssigkeit aus dem Gas abgeschieden.

Bei einer Füllkörperpackungshöhe von 0.28 m und einem Mengenverhältnis von Flüssigkeit : Gas zwischen 0,003 bis 0,04 wurden 40 % oder mehr der im Gas enthaltenen teilchenförmigen Verunreinigungen mit einer Teilchengröße von weniger als 1 μm mit der Waschflüssigkeit abgeschieden.

Beispiel 2

In einem Wäscher mit 1 m Durchmesser und 0,3 m Betthöhe wurde bei einer Strömungsgeschwindigkeit der Gase von 3 m/sec und einem Volumenverhältnis von Flüssigkeit : Gas von 0,005 der Wärmeübergangskoeffizient bestimmt. Die Anzahl der Füllkörper betrug 3000. Für den Wärmeaustausch zwischen Luft mit 6 % SO_2 und Wasser betrug der Wärmeübergangskoeffizient $645\ 354\ \text{kcal}\ \text{m}^{-3}\ \text{h}^{-1}\ \text{°C}^{-1}$ und lag damit um einen Faktor von etwa 150 höher als bei einer Festbettpackung aus Pall-Ringen mit einem Durchmesser von 2 inch.

Der Druckgradient betrug 4230 Pas/m.

Beispiel 3

Ein HF-haltiges, staubbelastetes Abgas aus der Aluminium-Schmelzflußelektrolyse wurde nach dem erfindungsgemäßen Verfahren unter den folgenden Betriebsparametern mit Wasser behandelt:

Querschnitt des Wäschers:	$7\ \text{m} \times 4\ \text{m} = 28\ \text{m}^2$
Betthöhe im Ruhezustand:	0.28 m
Anzahl der Stufen (beds):	4
Druckabfall:	820 Pa

12

Füllkörperabmessungen: 38/50 mm
 Füllkörperanzahl pro Bett: 21 000 Scrubberfills
 Gasgeschwindigkeit: 2,2 m/sec
 Volumenverhältnis
 Flüssigkeit/Gas L:G = 0,004 - 0,006 = 4 - 6 dm³/m³
 Druckgradient: ca. 2940 Pa/m

Betriebsergebnisse - HF: Rohgas: 40 mg/m³
 Reingas: 0,4 mg/m³
 Abscheideleistung: 99%

- Staub: Rohgas: 200 mg/m³
 Reingas: 28 mg/m³
 Abscheideleistung: 86 %

Unter diesen Bedingungen stellt sich ein Druckgradient von etwa 3000 Pa/m ein. Die Effizienz der HF-Absorption liegt in diesem Fall bei 99 %, wobei der abgeschiedene Staubanteil etwa 86 % beträgt.

Beispiel 4

In diesem Beispiel wurde ein NH₃-haltiges Abgas nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit Wasser bei folgenden Versuchsparametern behandelt:

Bettdurchmesser: 0,6 m
 Betthöhe im Ruhezustand: 0,16 m
 Füllkörperabmessungen: 50 x 38 mm
 Füllkörperanzahl: 500 Füllkörper
 Flüssigkeitsdurchsatz: 10 dm³ min⁻¹
 Volumenverhältnis
 Gas/Flüssigkeit: 0,001 - 0,004

Der Stoffübergangskoeffizient für die Absorption von NH₃ in Wasser wurde bei verschiedenen Druckgradienten bestimmt. Fig. 2

zeigt die Abhängigkeit des Stoffübergangskoeffizienten vom Druckgradienten. Oberhalb eines Druckgradienten von 1500 Pa/m ergeben sich danach sehr hohe Stoffübergangskoeffizienten, die zu einer Erhöhung der Absorptionsausbeute führen.

Beispiel 5

Ein H_2S -haltiges Syngas wurde mit einer Sulphanol-Lösung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit den folgenden Versuchsparametern behandelt:

Querschnitt des Wäschers:	1 m
Betthöhe im Ruhezustand:	0,5 m
Anzahl der Stufen:	2
Füllkörperabmessungen =	50 x 38 mm
Anzahl Füllkörper pro Stufe:	1500
Gasgeschwindigkeit:	0,6 - 2,1 m/sec
Volumenverhältnis	
Flüssigkeit/Gas:	0,0025 - 0,008

Fig. 3 zeigt die in diesem Beispiel ermittelte Abhängigkeit des Stoffübergangskoeffizienten vom Druckgradienten für einen konstanten Flüssigkeitsdurchsatz von $10 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$. Oberhalb eines Druckgradienten von etwa 1500 Pa/m steigt der Stoffübergangskoeffizient steil an. Das Volumenverhältnis Flüssigkeit:Gas (L/G) sinkt dabei von 0,008 auf 0,0025, bedingt durch den konstanten Flüssigkeitsdurchsatz bei ansteigender Gasgeschwindigkeit. Im Vergleich zu diesem Beispiel wurden analoge Versuche mit einer statischen Füllkörperpackung und einem Wirbelbett mit Hohlkugeln (ϕ : 20 inches) durchgeführt. Fig. 4 zeigt im Vergleich die Abhängigkeit des Stoffübergangskoeffizienten von der Gasgeschwindigkeit für die verschiedenen Verfahren. Die Stoffübergangskoeffizienten in einem Wäscher mit ellipsoiden Füllkörpern

nach dem erfindungsgemäßen Verfahren liegen demnach bei höheren Gasgeschwindigkeiten deutlich über den Werten für Festpackungen und Wirbelbetten mit Hohlkugeln. Oberhalb eines Druckgradienten von etwa 1500 Pa/m, entsprechend einer Gasgeschwindigkeit in diesem Anwendungsfall von etwa 1,3 m/sec, nimmt der Stoffübergangskoeffizient für ellipsoide Füllkörper im Vergleich mit den beiden anderen Füllkörperarten überproportional zu.

Fig. 5 zeigt die Abhängigkeit zwischen Druckgradient und Strömungsgeschwindigkeit bei konstanter Wassermenge von 10 dm³/min. Am unteren Ende der dargestellten Kurve sind die Bedingungen zu entnehmen, unter denen die ellipsoiden Füllkörper gerade in den fluidisierten Zustand übergehen. Mit zunehmender Gasgeschwindigkeit fällt daher auch das Flüssigkeit/Gasverhältnis von 0,006 auf 0,0015.

Aus Fig. 6 ist nun bei verschiedenen Flüssigkeit/Gas-Verhältnissen eine Proportionalität zwischen Druckgradient und Gasgeschwindigkeit zu erkennen. Der Druckgradient steigt oder fällt mit steigendem oder fallenden L/G-Verhältnis. Bevorzugterweise beträgt das L/G-Verhältnis 0,001 - 0,01; in Fig. 6 ist der Bereich zwischen 0,004 und 0,005 dargestellt.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Behandlung von Gasen, insbesondere zur Entfernung bzw. Rückgewinnung von Begleitbestandteilen in Form von Partikeln, gasförmigen Stoffen und/oder Tropfen, zum Wärmeaustausch zwischen Gasen und Flüssigkeiten und/oder zum Befeuchten von Gasen, in einem Wirbelbettwäscher mit ellipsoiden Füllkörpern, die durch das zu behandelnde Gas fluidisiert und im Gegenstrom mit einer Waschflüssigkeit beaufschlagt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die ellipsoiden Füllkörper im fluidisierten Zustand zu einer taumelnden, über den gesamten Bereich des Wirbelbettwäschers zirkulierenden Bewegung angeregt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die ellipsoiden Füllkörper im fluidisierten Zustand in überwiegend senkrechter Position bezogen auf die lange Halbachse des Ellipsoids zirkulieren.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckgradient im Wirbelbett größer als 1500 Pa/m ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Volumenverhältnis zwischen Waschflüssigkeit und zu behandelndem Gas im Bereich von 0,001 bis 0,01 liegt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die für die Fluidisierung notwendige Gasgeschwindigkeit von 1,15 - 2,50 m/sec abhängig vom Flüssigkeit/Gas-Verhältnis ist, wobei bei niedrigem Flüssigkeit/Gas-Verhältnis die Gasgeschwindigkeit erhöht werden muß und umgekehrt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Flüssigkeit zu Gas proportional dem Quotienten aus Druckgradient und Strömungsgeschwindigkeit ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Flüssigkeit zu Gas nach folgender Gleichung eingestellt wird:

$$L/G = K_1 \left(\frac{\frac{\Delta P}{H_0}}{v} \right) + K_2$$

mit

$$\frac{\Delta P}{H_0 v} = 1300 \quad \text{Pa/m/m/s} \quad \text{wenn} \quad \left(\frac{L}{G} \right) = 0,004 - 0,005$$

wobei

$$\frac{\Delta P}{H_0} = \text{Druckgradient}$$

$$v = \text{Gasgeschwindigkeit}$$

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichung wie folgt lautet:

$$\frac{\Delta p}{H_0 v} = 4,77 + 1,8 \left(\frac{L}{G} \right)$$

wobei Δp der Druckabfall in (cm)

H_0 die Betthöhe in (m)

v die Gasgeschwindigkeit in (m/s)

und L/G das Flüssigkeit/Gas Verhältnis ist.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Volumenverhältnis Flüssigkeit/Gas zwischen 0,001 - 0,002 das Verhältnis von Druckgradient zu Gasgeschwindigkeit ca. 730 Pa/m/m/s beträgt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Volumenverhältnis von Flüssigkeit/Gas von 0,001 eine Mindestgasgeschwindigkeit von 1,75 m/sec eingestellt wird zur Erzielung eines fluidisierten Zustands und der fluidisierte Zustand in der Regel bei ca. 1300 Pa/m eintritt.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Gasgeschwindigkeit von 1,15 m/s und einem Flüssigkeit/Gas-Verhältnis von 0,004 - 0,005 der Druckgradient 1500 Pa/m beträgt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Gasgeschwindigkeit von 1,15 m/s und einem Flüssigkeit/Gasverhältnis von 0,004 - 0,005 das Verhältnis von Druckgradient zu Gasgeschwindigkeit 1300 Pa/m/m/s beträgt.
13. Ellipsoider Füllkörper, dadurch gekennzeichnet, daß das Schwerkraftzentrum des Füllkörpers außerhalb des Symmetriemittelpunktes liegt.
14. Verwendung des ellipsoiden Füllkörpers nach Anspruch 13 zur Absorption von folgenden gasförmigen Materialien:
 H_2S , Cl_2 , SO_2 , HCl , HF , NH_3 und CO_2 , wobei als Waschflüssigkeit Wasser, oder Wasser unter Zugabe von $NaOH$ und/oder HCl oder eine Flüssigkeit verwendet wird, in der die gasförmigen Materialien löslich oder mit der sie zumindest mischbar sind.
15. Verwendung eines ellipsoiden Füllkörpers nach Anspruch 13 zur Entfernung von teilchenförmigen Verunreinigungen aus Gasen mit einer Waschflüssigkeit, die bei Teilchengrößen

über $1\mu\text{m}$ mit einem Volumenverhältnis von Waschflüssigkeit:Gas am besten im Bereich von 0,001 bis 0,003 arbeitet und bei Teilchengrößen von unter $1\mu\text{m}$ mit einem Mengenverhältnis von Flüssigkeit:Gas im Bereich von 0,003 bis 0,01 arbeitet.

16. Verwendung des ellipsoiden Füllkörpers nach Anspruch 13 zum Wärmeaustausch zwischen Gas und Waschflüssigkeit, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Durchmesser des Wirbelbettwäschers von mindestens 0,3 m und einer Strömungsgeschwindigkeit des Gases von 1 bis 4,5 m/sec ein Volumenverhältnis von Flüssigkeit:Gas im Bereich von 0,001 bis 0,01 angewandt wird.

Fig.1

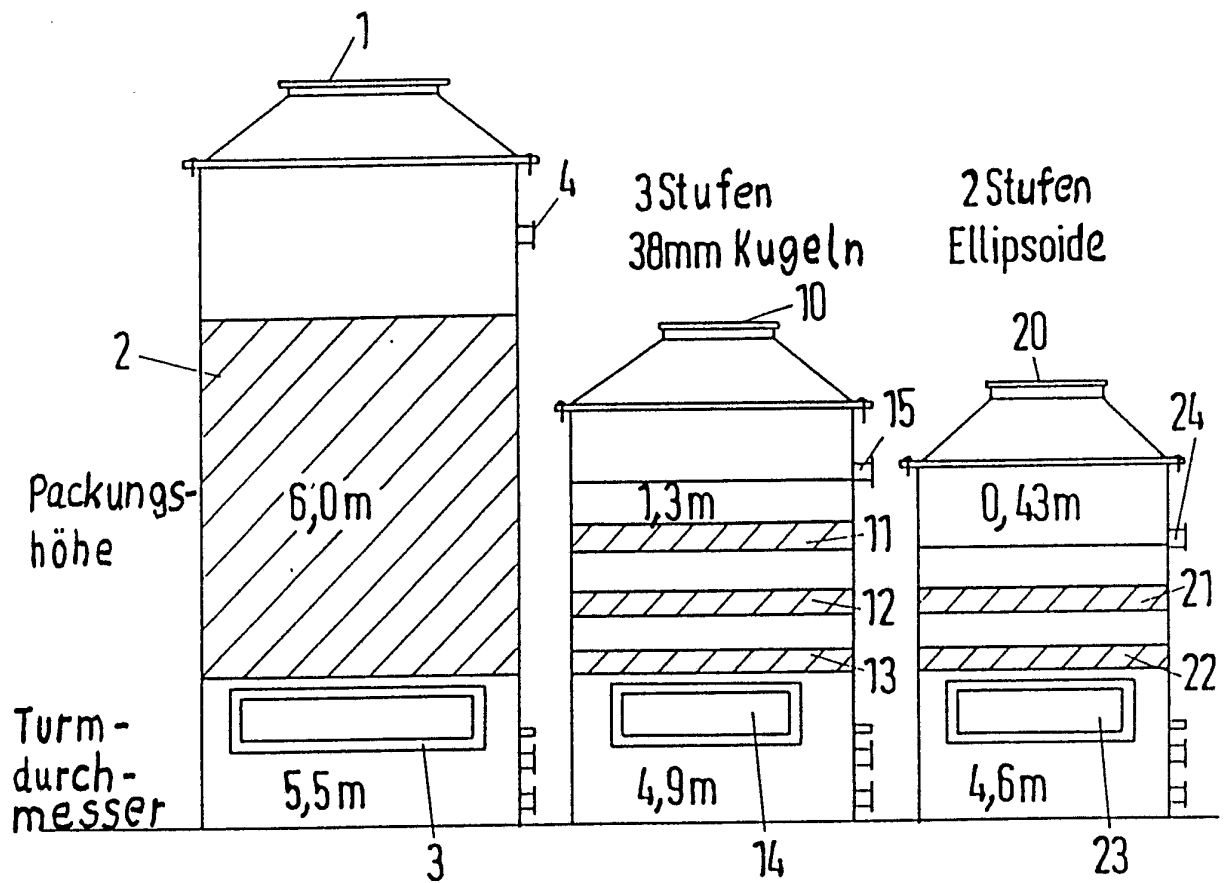


Fig.2

Stoffübergangskoeffizient für NH₃-System vs Druckgradient bei Flüssigkeitsdurchsatz von 10 dlm³/min.

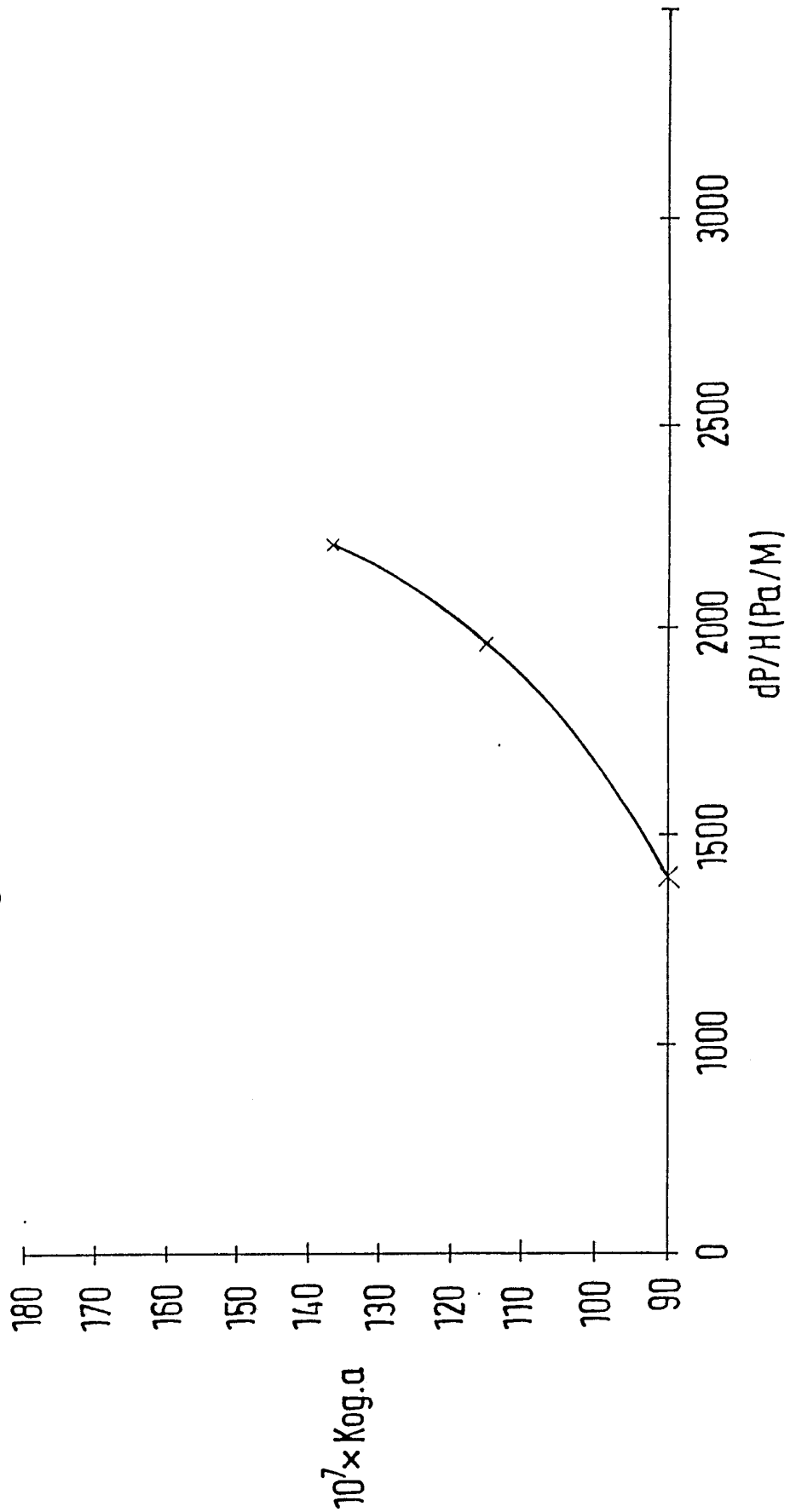


Fig. 3
Stoffübergangskoeffizient vs Druckgradient für H₂S-System
bei einem Flüssigkeitsdurchsatz von 10 dm³/min.

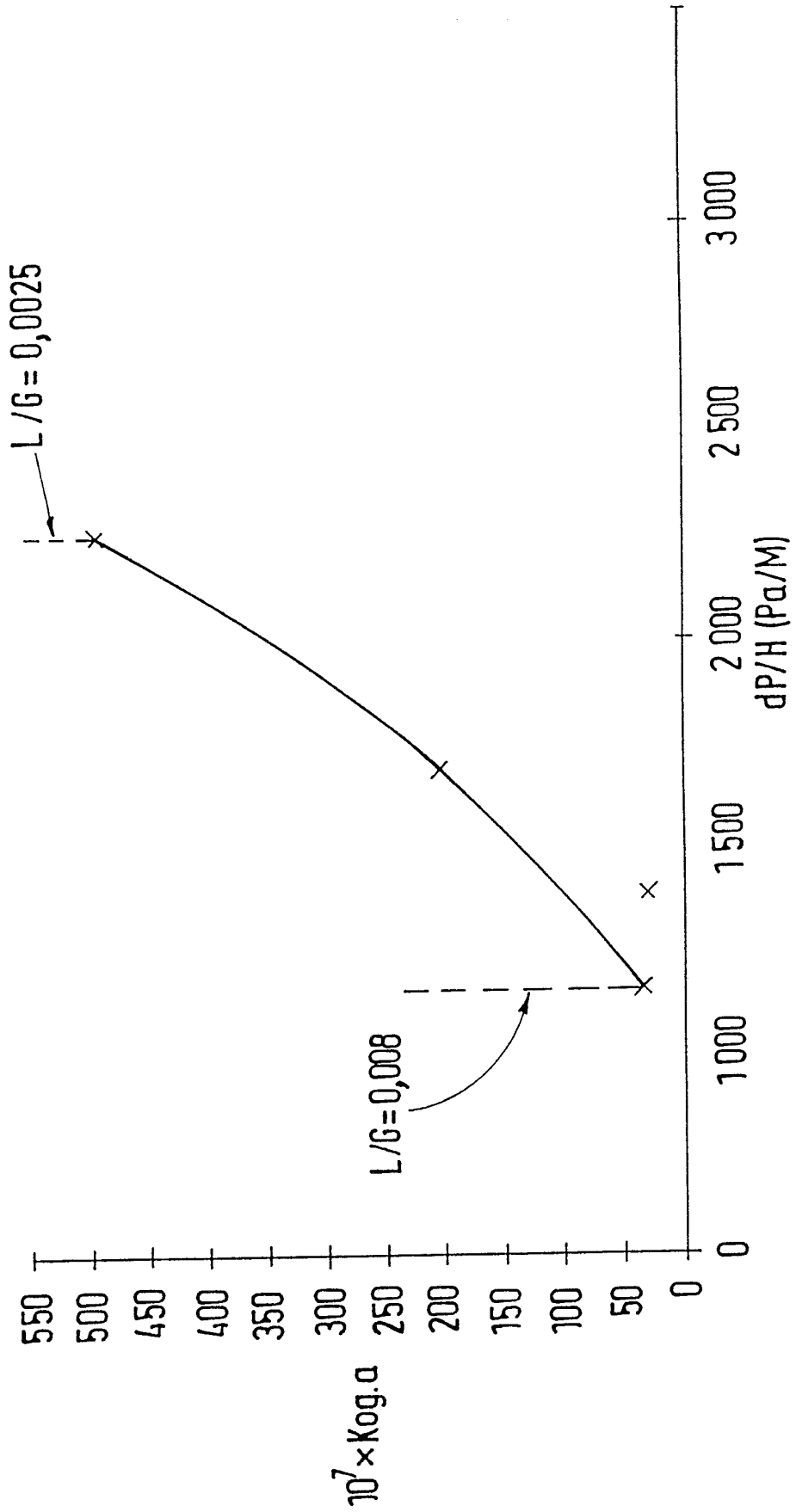


Fig.4

Vergleich der Stoffübergangskoeffizienten (K_g) bei Scrubberfill 50 mm Kugeln & Festpackungen

ΔP Werte für SCRUBBERFILL ($H_0 = 0,5 M$)
 $\frac{\Delta P}{H_0} = S'$ FILL Druckgradient

$[10^{-9} \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}]$

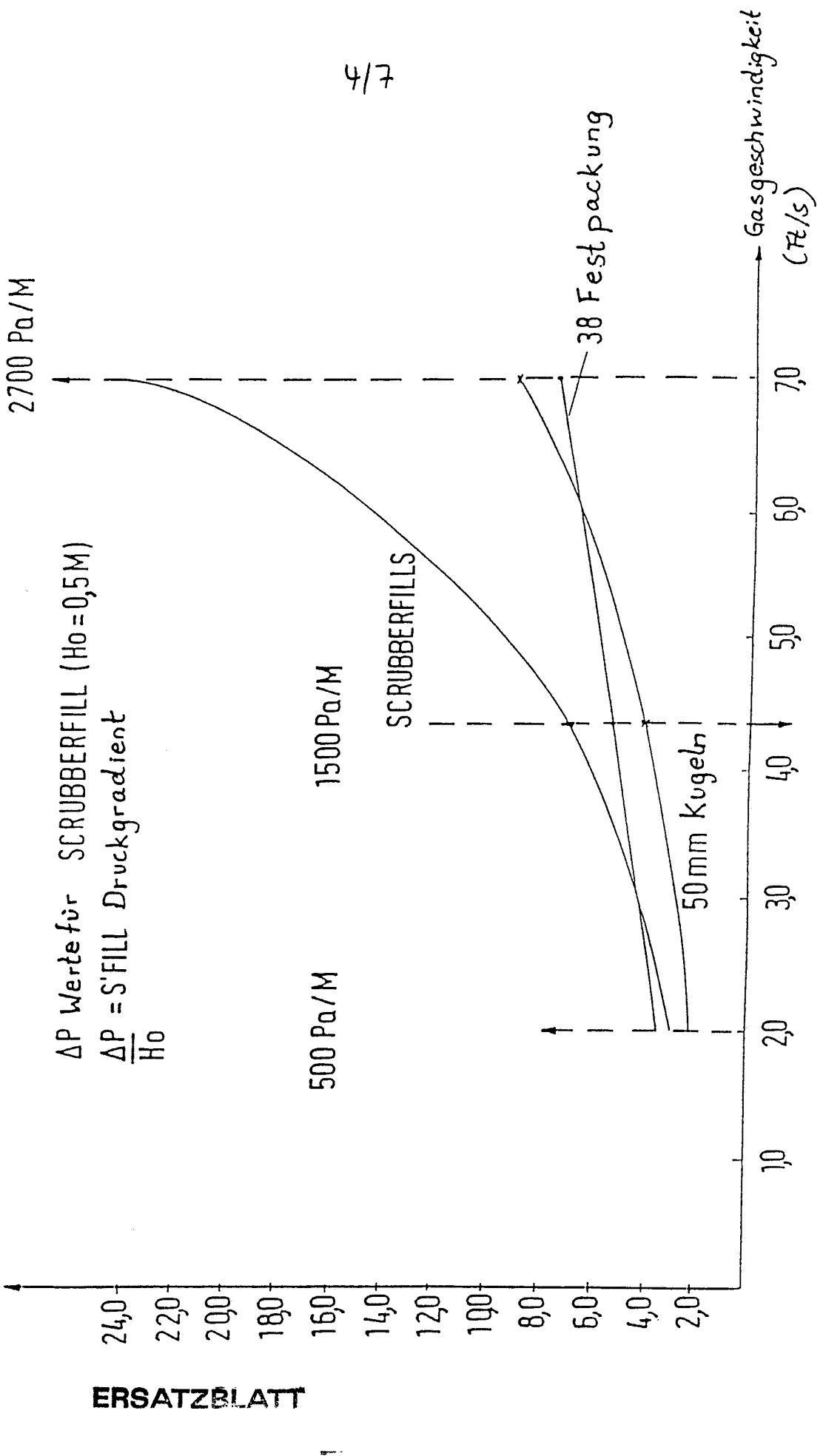


Fig.5

Scrubberfill Druckgradient vs Geschwindigkeit für einen Flüssigkeitsdurchsatz von 10 dm³/min

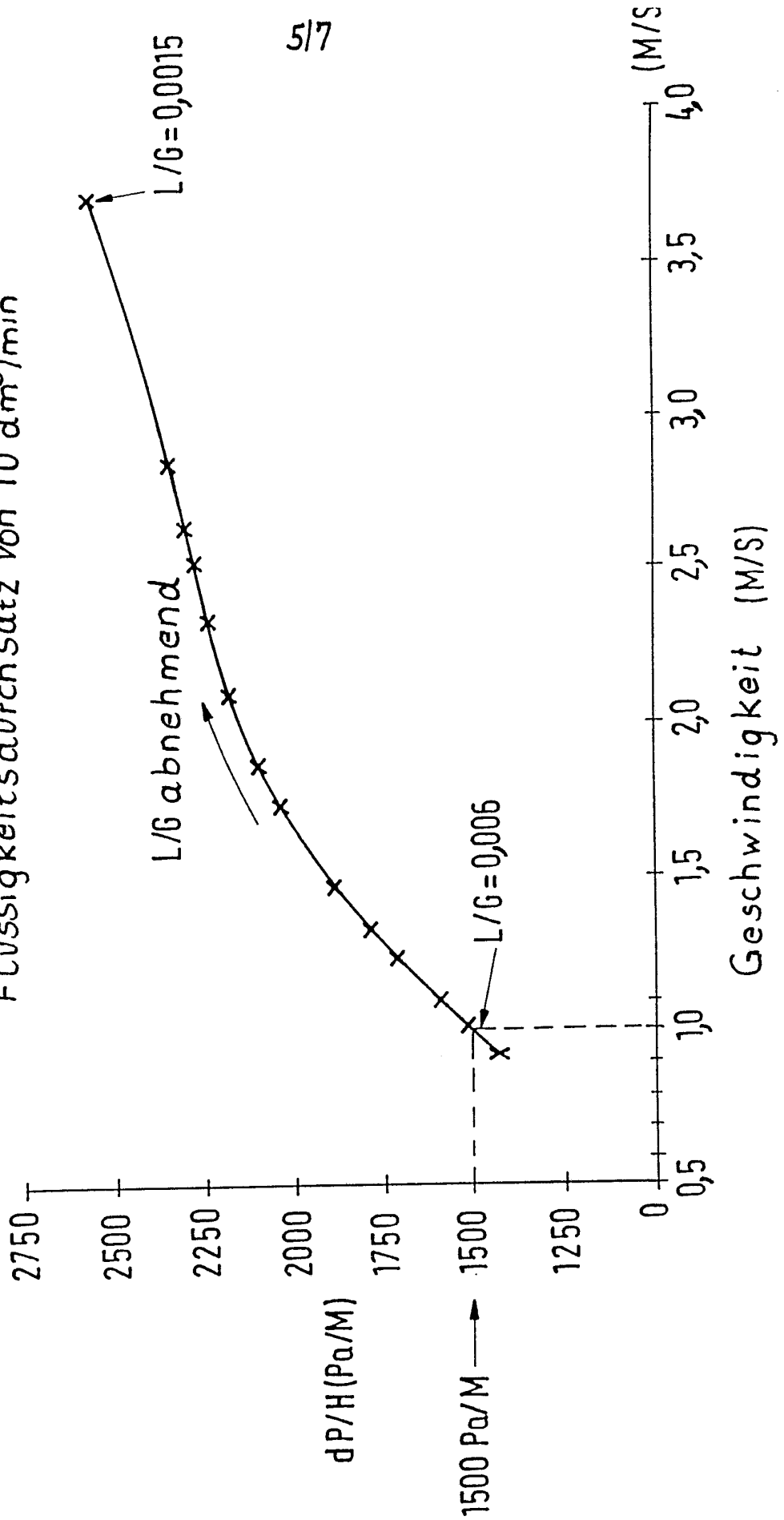
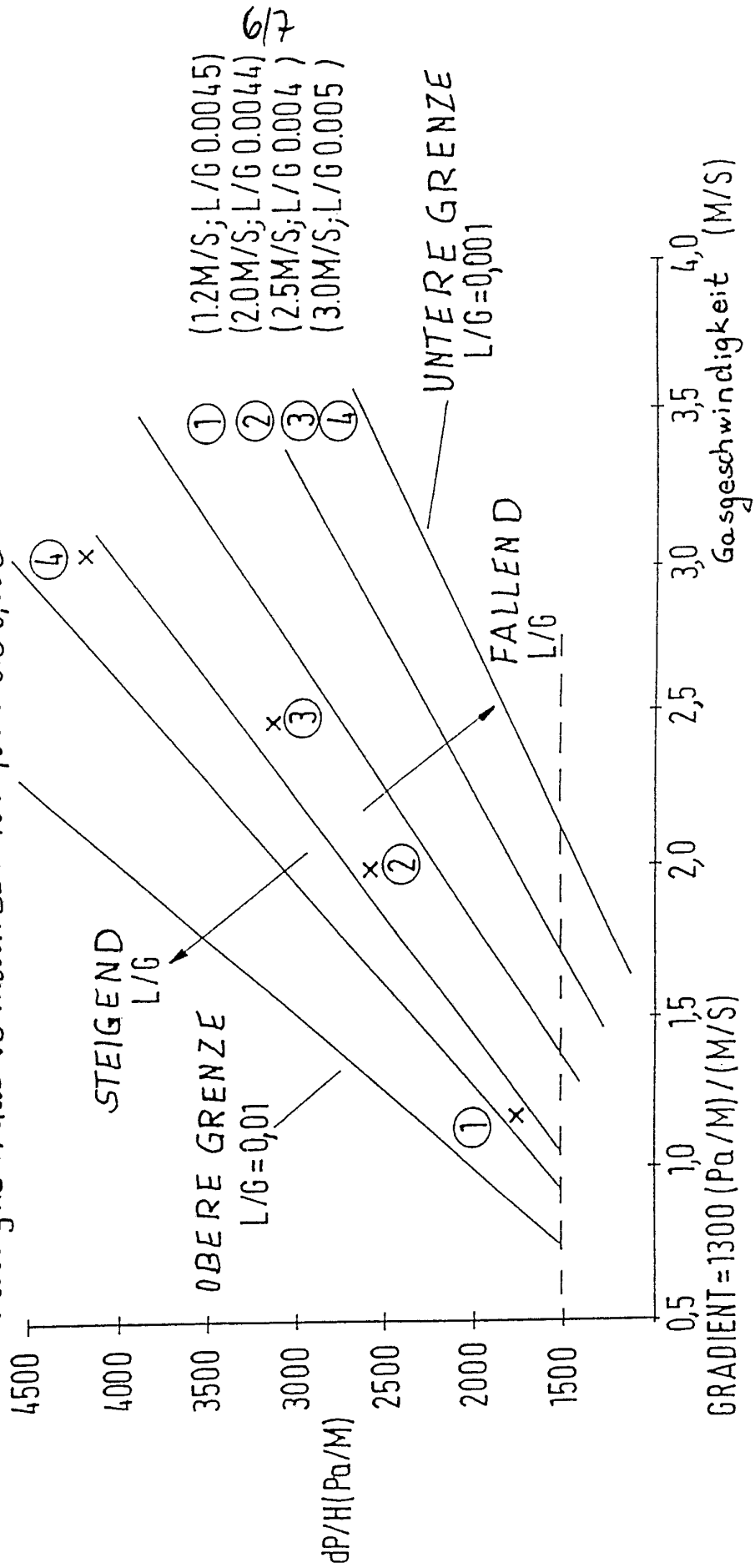


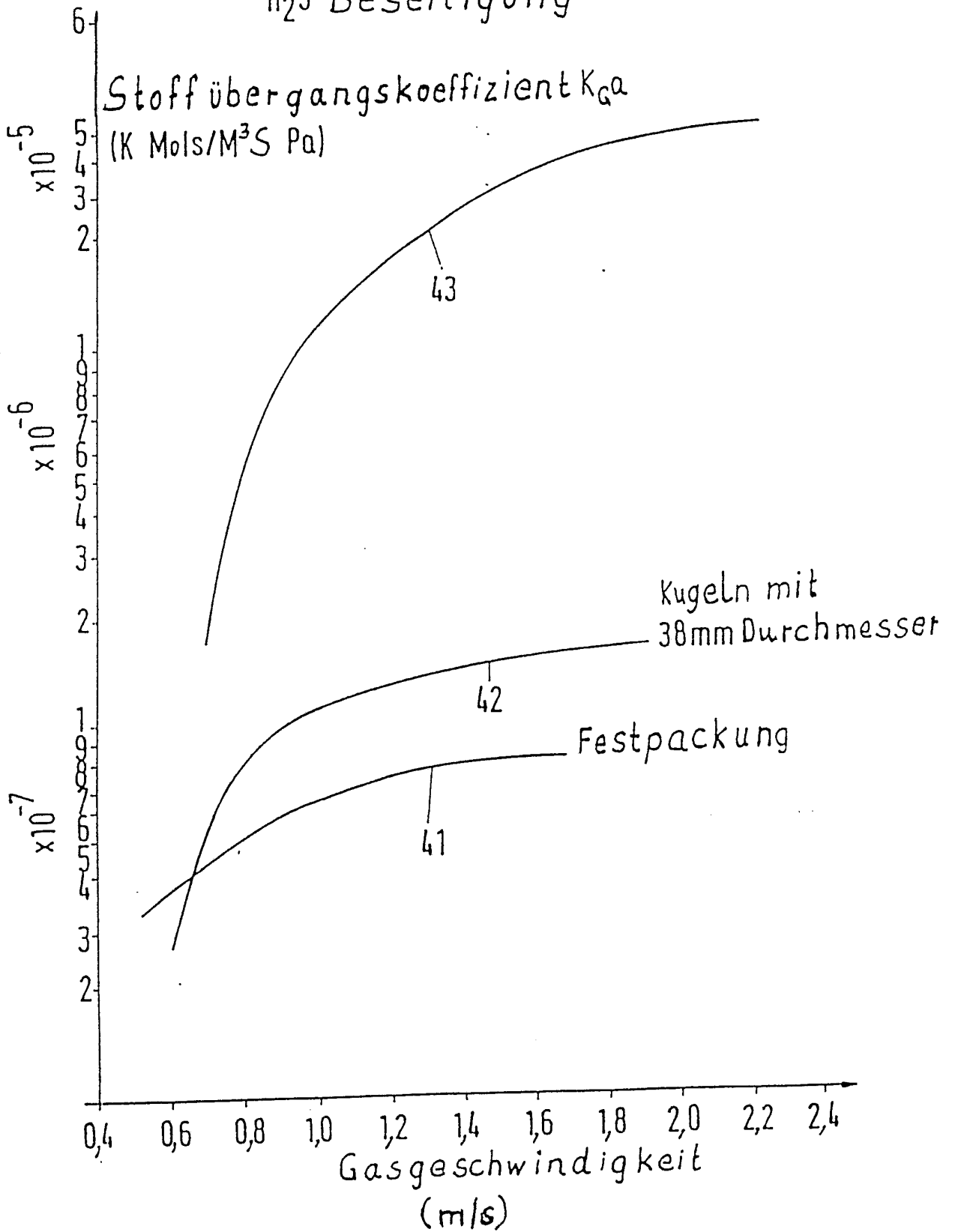
Fig.6

Scrubberfill Druckgradient vs Leerrohr-Gasgeschwindigkeit für Flüssigkeit/Gas-Verhältnisse von 0,004 bis 0,005



7/7
Stoffübergangskoeffizient
Gasgeschwindigkeit
-H₂S Beseitigung

Fig.7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/EP90/02088

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) *				
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC				
Int. Cl. ⁵ : B01J 19/30, B01D 47/14, B01D 53/14, F28C 3/16				
II. FIELDS SEARCHED				
Minimum Documentation Searched ⁷				
Classification System	Classification Symbols			
Int. Cl. ⁵	B01D, B01J, F28C			
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are included in the Fields Searched ⁸				
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹				
Category ⁹	Citation of Document ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No ¹³		
A	DE, A, 3613151 (VEREINIGTE ALUMINIUM-WERKE AG) 22 October 1987, see abstract; page 2, lines 33-35, 60-66; page 3, lines 40-68; figures 1-3 (cited in the application) -----	1		
A	FR, A, 2269993 (I.C.I.) 5 December 1975, see page 1, lines 1-3, 28-37; page 2, lines 24-27; page 4, line 12 - page 5, line 10; figure -----	1		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>* Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the prior art state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>"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</p> <p>"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"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</p> <p>"Δ" document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>* Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the prior art state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"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</p> <p>"Δ" document member of the same patent family</p>
<p>* Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the prior art state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"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</p> <p>"Δ" document member of the same patent family</p>			
IV. CERTIFICATION				
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report			
6 March 1991(06.03.91)	11 April 1991(11.04.91)			
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer			
European Patent Office				

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

EP 9002088
SA 42430

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 03/04/91. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

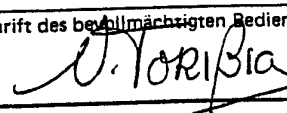
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A- 3613151	22-10-87	None	
FR-A- 2269993	05-12-75	GB-A- 1488834 AU-A- 7992475 BE-A- 828226 CH-A- 604859 DE-A- 2518878 JP-A- 50152978 NL-A- 7504514 SE-A- 7505238	12-10-77 14-10-76 22-10-75 15-09-78 20-11-75 09-12-75 11-11-75 10-11-75

EPO FORM P0479

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen **PCT/EP 90/02088**

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Cl. ⁵ B 01 J 19/30, B 01 D 47/14, B 01 D 53/14, F 28 C 3/16		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Cl. ⁵	B 01 D, B 01 J, F 28 C	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	DE, A, 3613151 (VEREINIGTE ALUMINIUM-WERKE AG) 22. Oktober 1987 siehe Auszug; Seite 2, Zeilen 33-35, 60-66; Seite 3, Zeilen 40-68; Figuren 1-3 in der Anmeldung erwähnt ---	1
A	FR, A, 22699:3 (I.C.I.) 5. Dezember 1975 siehe Seite 1, Zeilen 1-3, 28-37; Seite 2, Zeilen 24-27; Seite 4, Zeile 12 - Seite 5, Zeile 10; Figur -----	1
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
6. März 1991	11. 04. 91	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
Europäisches Patentamt	 NURIA TORIBIO	

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 9002088
 SA 42430

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 03/04/91
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A- 3613151	22-10-87	Keine	
FR-A- 2269993	05-12-75	GB-A- 1488834	12-10-77
		AU-A- 7992475	14-10-76
		BE-A- 828226	22-10-75
		CH-A- 604859	15-09-78
		DE-A- 2518878	20-11-75
		JP-A- 50152978	09-12-75
		NL-A- 7504514	11-11-75
		SE-A- 7505238	10-11-75

EPO FORM P0473

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82