

(19)



österreichisches
patentamt

(10)

AT 503 936 A4 2008-02-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: **A 1497/2006**

(22) Anmeldetag: **07.09.2006**

(43) Veröffentlicht am: **15.02.2008**

(51) Int. Cl.⁸: **B01D 53/86** (2006.01),
B01D 24/02 (2006.01),
B01J 21/06 (2006.01)

(73) Patentanmelder:

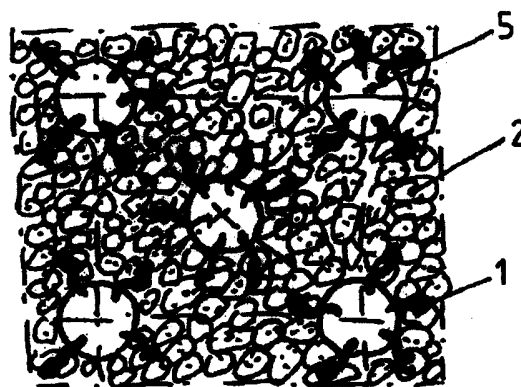
TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ
A-8010 GRAZ (AT)
FORSCHUNGSHOLDING TU GRAZ GMBH
A-8010 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:

PUCHER PETER DIPL.ING.
FRIESACH (AT)
KRAMMER GERNOT DR.
LINZ (AT)

(54) **REINIGUNGSVORRICHTUNG MIT PORÖSEM, PHOTOKATALYTISCH AKTIVEM SCHÜTTGUT**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Reinigen einer Flüssigkeit oder eines Gases durch zumindest teilweises Adsorbieren und Zersetzen eines Schadstoffes, aufweisend eine durchströmbare Zone aus einem zumindest teilweise lichtdurchlässigen Trägermaterial und einem photokatalytisch aktiven Material, welches am Trägermaterial abgeschieden ist. Um die durchströmbare Zone möglichst dick ausbilden zu können und somit eine effektive Reinigung zu erzielen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Trägermaterial porös ist und als Schüttgut vorliegt.



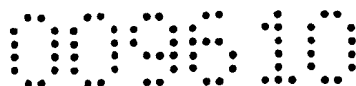
AT 503 936 A4 2008-02-15

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Reinigen einer Flüssigkeit oder eines Gases durch zumindest teilweises Adsorbieren und Zersetzen eines Schadstoffes, aufweisend
5 eine durchströmbare Zone aus einem zumindest teilweise lichtdurchlässigen Trägermaterial und einem photokatalytisch aktiven Material, welches am Trägermaterial abgeschieden ist. Um die durchströmbare Zone möglichst dick ausbilden zu können und somit eine effektive Reinigung zu erzielen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Trägermaterial porös ist und als Schüttgut vorliegt.

10

Fig. 5



Reinigungsvorrichtung mit porösem, photokatalytisch aktivem Schüttgut

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Reinigen einer Flüssigkeit oder eines Gases durch zumindest teilweises Adsorbieren und Zersetzen eines Schadstoffes, aufweisend

- 5 eine durchströmbare Zone aus einem zumindest teilweise lichtdurchlässigen Trägermaterial und einem photokatalytisch aktiven Material, welches am Trägermaterial abgeschieden ist.

Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung von zumindest teilweise lichtdurchlässigem,

- 10 porösem Trägermaterial, auf welchem photokatalytisch aktives Material angelagert ist.

Schließlich betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Reinigen eines flüssigen oder gasförmigen Mediums, wobei das Medium durch einen Bereich bestehend aus einem zumindest teilweise lichtdurchlässigen Trägermaterial und einem darauf abgeschiedenen

- 15 photokatalytisch aktiven Material geleitet und dabei ein Schadstoff des Mediums adsorbiert und unter Einwirkung von Licht zersetzt wird.

Bei vielen Prozessen, insbesondere in der chemischen Verfahrenstechnik, fallen Flüssigkeiten und/oder Gase an, welche durch umweltbelastende Schadstoffe

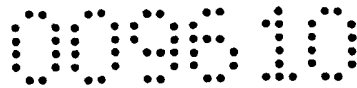
- 20 verunreinigt sind. In Folge eines gestiegenen Umweltbewusstseins besteht ein großes Interesse daran, solche Schadstoffe auf möglichst einfachem Weg nachhaltig zu entfernen.

Ein bekannter Ansatz zur Entfernung einer oder mehrerer Komponenten aus einem Fluid-

- 25 oder Gasstrom besteht im Einsatz eines Adsorptionsmittels, an welchem der Schadstoff gebunden wird. Dabei ist es allerdings notwendig, das Adsorptionsmittel in bestimmten Zeitabständen zu regenerieren, mit dem Nachteil, dass eine Verfahrensführung nur diskontinuierlich möglich ist. Ein anderer Nachteil ist, dass bei Regeneration des Adsorptionsmittels, z.B. durch Temperaturerhöhung und/oder Spülen mit einem
30 Inertgasstrom, der adsorbierte Schadstoff vom Adsorptionsmittel zwar wieder entfernt, jedoch chemisch nicht verändert wird und daher letztlich auf anderem Wege entsorgt werden muss.

Ein anderer Ansatz besteht darin, Photokatalysatoren zur gezielten Oxidation bzw.

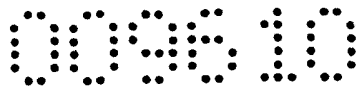
- 35 Reduktion chemischer Schadstoffe in einem Fluid- oder Gasstrom einzusetzen. Auf Grund einer geringen spezifischen Aktivität vieler Photokatalysatoren sind allerdings große,



ausreichend bestrahlbare Photokatalysatoroberflächen notwendig. Dies wird zurzeit vorwiegend über nicht befriedigend funktionierende Trägersysteme und komplexe Lichtleitersysteme realisiert.

- 5 Ein noch weiterer Ansatz mit grundsätzlich großem Potential besteht in einer Kombination von Adsorption und Photokatalyse. In diesem Zusammenhang ist aus EP 0 306 301 A1 eine Vorrichtung bekannt geworden, bei welcher eine durchgängig mit Titandioxidfilm beschichtete, zylindrisch gewickelte Glasfasermatte zum Reinigen einer Flüssigkeit eingesetzt wird. Allerdings weist diese Vorrichtung mit zunehmender Schichtdicke der
- 10 gewickelten Glasfasermatte den Nachteil einer ungenügenden optischen Transparenz auf. Eine Entfernung von Schadstoffen ist daher nur in bzw. bei geringen Schichtdicken und/oder mit Einsatz aufwändiger Bestrahlungstechnik möglich. Eine solche Vorrichtung ist auch in ihrer Herstellung aufwändig und kann daher nicht ohne weiteres in bestehenden chemischen Anlagen eingesetzt werden.
- 15 Von diesem Stand der Technik ausgehend setzt sich die Erfindung das Ziel, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, bei welcher das schadstoffeliminierende Element mit großer Schichtdicke und somit hochwirksam einsetzbar ist und welche mit geringem Aufwand realisierbar ist.
- 20 Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, eine Verwendung von zumindest teilweise lichtdurchlässigem, porösem Trägermaterial, auf welchem photokatalytisch aktives Material angelagert ist, anzugeben.
- 25 Schließlich ist es ein Ziel der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit welchem auf einfache Weise Schadstoffe aus einem flüssigen oder gasförmigen Medium entfernt werden können und welches technologisch breit anwendbar ist.
- 30 Das Ziel der Erfindung, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, bei der das schadstoffeliminierende Element mit hoher Schichtdicke und somit hochwirksam einsetzbar ist, wobei ein apparativer Aufwand hierfür gleichzeitig verringert ist, wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 13.

35



Die mit der Erfindung erzielten Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, dass eine Anordnung des vorgesehenen porösen Trägermaterials in Form von Schüttgut bezogen auf ein Normvolumen zu hoher optischer Transparenz führt und eine durchströmbare Reinigungszone daher mit großer Dicke einsetzbar ist, was einer effektiven Reinigung zu

5 Gute kommt. Da das Trägermaterial als Schüttgut vorliegt, wird zugeführtes Licht teilweise auch an Oberflächen der einzelnen Teile bzw. Teilchen des Schüttgutes gestreut.

Dadurch verteilt es sich äußerst gleichmäßig im gesamten Schüttgut und ruft im gesamten Schüttvolumen photokatalytische Aktivität hervor, selbst wenn nur eine einseitige oder bereichsweise Bestrahlung des Schüttgutes erfolgt. Daneben weist das Schüttgut auf

10 Grund einer porösen Ausgestaltung des Trägermaterials eine sehr hohe Adsorptionswirkung auf, weshalb das Potential einer Kombination von Adsorption und nachfolgender photokatalytischer Zersetzung voll genutzt werden kann.

Photokatalytisch aktive Teilchen können sowohl an einer inneren wie auch einer äußeren
15 Oberfläche des Trägermaterials vorliegen und es wird eine gesamte zur Verfügung stehende Oberfläche desselben für Adsorption und photokatalytische Zersetzung nutzbar gemacht.

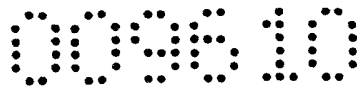
Ein anderer Vorteil ist darin zu sehen, dass auf Grund einer Anordnung loser Teilchen in
20 einem Schüttgut stets auch eine gute Durchströmbbarkeit des Reinigungselementes gegeben ist. Selbst eine teilweise Verstopfung einzelner Bereiche kann nicht eine Blockade des gesamten Systems nach sich ziehen.

Ein Vorteil ist auch in einer einfachen Herstellbarkeit einer erfindungsgemäßen
25 Vorrichtung zu sehen, da das Schüttgut ohne große apparative Anpassungen in bestehenden Vorrichtungen einsetzbar ist.

Wenngleich das Schüttgut in beliebiger geometrischer Form einsetzbar ist, z.B. als Pellets, so ist es doch bevorzugt, wenn das Schüttgut in Form von Körnern vorliegt.

30 Körner weisen in der Regel eine unregelmäßige Oberflächenstruktur auf, was eine Streuung von eingebrachtem Licht und dessen Verteilung im gesamten Schüttgut begünstigt.

Dabei ist es insbesondere von Vorteil, wenn die Körner eine durchschnittliche Korngröße
35 von 2 bis 15 Millimeter, insbesondere 3 bis 7 Millimeter, aufweisen. Sind die Körner kleiner als 2 Millimeter, so können Streueffekte überwiegen, so dass eine gewisse



gewünschte Transparenz unter Umständen nicht mehr erreichbar ist und das Schüttgut opak erscheint. Sind hingegen die Körner größer als 15 Millimeter, so kann zwar eine hohe Transparenz gegeben sein, allerdings ist dann auch die Streuung geringer und somit eine gleichmäßige Verteilung von Licht im Schüttgut erschwert. Ein optimaler

5 Bereich ist bei einer Korngröße von 3 bis 7 Millimeter gegeben.

Eine bevorzugte durchschnittliche Porengröße des Trägermaterials ist größer als 10 Nanometer. Dies ermöglicht es einerseits, photokatalytisch aktives Material auf einfache Weise auch im Inneren des Trägermaterials abzuscheiden und so eine gegebene innere

10 Oberfläche zu nützen. Andererseits kann gleichzeitig eine hohe Adsorptionswirkung erreicht werden.

Insbesondere in Bezug auf eine hohe Adsorptionswirkung ist des Weiteren bevorzugt, dass eine durchschnittliche Porengröße des Trägermaterials kleiner als 100 Nanometer

15 ist. Bei größeren Porendurchmessern nimmt eine Adsorptionswirkung und somit die Möglichkeit, Schadstoffe nachhaltig aus einem Fluid oder Gas zu entfernen, ab.

Auch einer hohen Adsorptionswirkung wegen ist es bevorzugt, wenn eine BET (Brunauer-Emmett-Teller)-Oberfläche des porösen Trägermaterials größer als 100 m²/g ist.

20

Im Rahmen der Erfindung kann Schüttgut mit einer beliebigen Porenstruktur, beispielsweise auch einer dreidimensional regelmäßigen Porenstruktur, eingesetzt werden. Um jedoch eine hohe Turbulenz bzw. eine gleichmäßige Verteilung des zu reinigenden Fluids bzw. Gases über einen gesamten Schüttgutquerschnitt zu erreichen,

25 ist es bevorzugt, wenn das Trägermaterial ein unregelmäßig verzweigtes Porensystem aufweist.

Als Materialien für das Trägermaterial bzw. das Schüttgut werden bevorzugt solche eingesetzt, die eine hohe Temperaturbeständigkeit sowie chemische Resistenz aufweisen

30 und gleichzeitig die erforderliche Porosität sicherstellen. Als besonders geeignete Materialien haben sich diesbezüglich in Versuchen silikathaltige Materialien, insbesondere feste silikatische Gele, etabliert, welche bis zu Temperaturen von zumindest 450° C stabil sind.

Das photokatalytisch aktive Material kann zum einen bereichsweise als Film und zum anderen in Form von diskreten Partikeln vorliegen. Unter diesen zwei Varianten ist jene,

35



bei der das photokatalytisch aktive Material in Form von Partikeln vorliegt, bevorzugt:
Erstens kann mit einem Minimum an photokatalytisch aktivem Material, insbesondere in Form von kugelförmigen Partikeln, ein Maximum an photokatalytisch aktiver Oberfläche zur Verfügung gestellt werden. Zweitens erweist sich eine Verteilung von einzelnen

- 5 Partikeln über eine Oberfläche eines porösen Trägermaterials hinsichtlich dessen Transparenz als vorteilhaft. Im Vergleich mit durchgehenden Filmen eines Photokatalysators wird nämlich eine Transparenz des porösen Trägermaterials durch Belegung mit Partikeln nicht wesentlich herabgesetzt.
- 10 Einer hohen photokatalytischen Aktivität wegen ist es vorteilhaft, wenn die Partikel an einer äußeren und inneren Oberfläche des Trägermaterials abgeschieden sind, damit eine gesamte zur Verfügung stehende Oberfläche zur Oxidation oder Reduktion eines Schadstoffes nutzbar gemacht werden kann.
- 15 Um bei hoher photokatalytischer Aktivität eine Transparenz des Schüttgutes möglichst hoch zu halten, weisen die Partikel bevorzugt einen durchschnittlichen Durchmesser von weniger als 20 Nanometer, vorzugsweise weniger als 10 Nanometer, auf.

Als photokatalytisch aktives Material wird bevorzugt ein Halbleiter, z.B. Titandioxid,
20 eingesetzt.

Das weitere Ziel der Erfindung, eine Verwendung von zumindest teilweise lichtdurchlässigem, porösem Trägermaterial, auf welchem photokatalytisch aktives Material angelagert ist, anzugeben, wird dadurch gelöst, dass dieses als Schüttgut zum
25 Reinigen einer Flüssigkeit oder eines Gases verwendet wird.

Erfindungsgemäß erzielte Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, dass das Schüttgut auf Grund einer losen Struktur aneinander anliegender Teile bzw. Körner ohne aufwändige apparative Anpassungen in bestehenden Reaktoren eingesetzt werden kann.

30 Ein anderer Vorteil ist darin zu sehen, dass das Schüttgut auch bei technologisch relevanten Schüttdicken von mehr als 10 Millimetern eine hohe Transparenz aufweist. Es ist daher für viele Anwendungen ausreichend, das Schüttgut im Einsatz lediglich von einer Seite her zu bestrahlen, da eingestrahktes Licht bis zur gegenüberliegenden Seite des
35 Schüttgutes vordringt und eine Photokatalyse initiiert. Streueffekte sorgen gleichzeitig



dafür, dass eingestrahktes Licht im gesamten Volumen des Schüttgutes gleichmäßig verteilt wird.

Das verfahrensmäßige Ziel der Erfindung wird bei einem Verfahren der eingangs
5 genannten Art dadurch erreicht, dass das Medium durch Schüttgut aus porösem Trägermaterial geleitet wird.

Ein Vorteil eines erfindungsgemäßen Verfahrens ist in seiner einfachen Durchführbarkeit und breiten technologischen Anwendbarkeit zu sehen. Das eingesetzte poröse
10 Trägermaterial kann als Schüttgut ohne besonderen Aufwand in bestehende Reaktoren eingeführt werden und diese bei Bedarf vollständig füllen. Ein anderer Vorteil ist darin zu sehen, dass das eingesetzte poröse Trägermaterial zu dicken, hoch transparenten bzw. gut Licht leitenden Schütttschichten angeordnet werden kann, was eine nachhaltige Reinigung eines flüssigen oder gasförmigen Mediums erlaubt.

15 Das Trägermaterial liegt bevorzugt in Form von Körnern vor, was es erlaubt, praktisch jede Reaktionskammer vollständig mit einem Reinigungsmittel zu befüllen.

Die Körner weisen bevorzugt eine durchschnittliche Korngröße von 2 bis 15 Millimeter, insbesondere 3 bis 7 Millimeter, auf, damit eingestrahktes Licht effektiv durch eine
20 gesamte Schicht des porösen Schüttgutes geleitet wird.

Einer hohen Adsorption von Schadstoffen wegen ist eine durchschnittliche Porengröße des Trägermaterials kleiner als 100 Nanometer. Aus dem gleichen Grund ist eine BET-
25 Oberfläche des porösen Trägermaterials bevorzugt größer als 100 m²/g.

Um bei Durchströmen des Schüttgutes mit einem Medium für möglichst große Turbulenzen zu sorgen und damit gleichzeitig das Schüttgut räumlich möglichst gleichmäßig mit Schadstoffen zu belasten, kann vorgesehen sein, dass das
30 Trägermaterial ein unregelmäßig verzweigtes Porensystem aufweist. Dies ist beispielsweise dann gegeben, wenn das Trägermaterial aus festem silikatischem Gel besteht.

Von Vorteil ist es auch, wenn am Träger abgeschiedenes photokatalytisch aktives
35 Material einerseits eine möglichst große Oberfläche hat, andererseits aber eingestrahktes Licht nur in dem für eine Photokatalyse notwendigem Ausmaß absorbiert. Dies kann

erreicht werden, wenn das am Trägermaterial abgeschiedene Material in Form von Partikeln vorliegt. Dabei sind die Partikel bevorzugt an einer äußeren und inneren Oberfläche des Trägermaterials abgeschieden. Die Partikel, welche aus einem Halbleiter, z.B. Titandioxid, bestehen können, weisen bevorzugt einen durchschnittlichen

- 5 Durchmesser von weniger als 20 Nanometer, vorzugsweise weniger als 10 Nanometer, auf.

Um eine hohe photokatalytische Aktivität zu erreichen, wird das Schüttgut mit Licht einer Wellenlänge kleiner als 450 Nanometer, insbesondere UV-A Licht bestrahlt. In diesem

- 10 Zusammenhang kann auch vorgesehen sein, insbesondere bei Schichtdicken des Schüttgutes von mehr als 20 Millimeter, dass das Schüttgut mit mehreren im Schüttgut verteilten Lichtquellen bestrahlt wird.

Aus praktischen Zwecken ist es bevorzugt, dass Schüttgut mit einer Schichtdicke
15 zwischen 5 und 35 Millimeter, insbesondere 10 und 20 Millimeter, eingesetzt wird. In diesem Fall ist in der Regel eine einzige Lampe zur Bestrahlung des gesamten Volumens des Schüttgutes ausreichend, was sich nicht nur als wirtschaftlicher Vorteil darstellt, sondern auch eine apparative Anpassung bestehender Anlagen an das erfindungsgemäße Verfahren erleichtert.

20

Weitere Vorteile, Wirkungen und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus dem Zusammenhang der Beschreibung und den nachfolgenden Ausführungsbeispielen.

Es zeigen

25

Fig. 1: Einen teilweisen Querschnitt durch ein Schüttgut aus porösen Körnern, welche mit photokatalytisch aktiven Partikeln belegt sind;

Fig. 2: Einen Ausschnitt eines porösen Trägerkorns, welches mit Titandioxid-Partikeln belegt ist;

- 30 **Fig. 3:** Eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 4: Diagramm zu Messergebnissen beim photokatalytischen Abbau Trichlorethylen in einem Medium;

Fig. 5: Einen Ausschnitt aus einem Schüttgut mit mehreren eingebetteten Lichtquellen;

Fig. 6: Einen Ausschnitt aus einem Schüttgut mit mehreren eingebetteten,

- 35 scheibenförmigen Lampen.

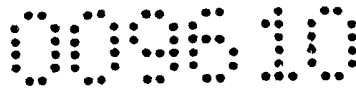


Fig. 1 zeigt einen teilweisen Querschnitt durch ein Schüttgut 1, wie es bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung eingesetzt wird. Das Schüttgut 1 besteht aus einer Vielzahl von einzelnen, aneinander anliegenden Körnern 2, welche mit unregelmäßiger Oberfläche ausgebildet sind. Die Körner 2 sind porös und weisen idealerweise eine BET-Oberfläche von mehr als 100 m²/g, vorzugsweise mehr als 300 m²/g, auf. Insbesondere an der inneren Oberfläche der Körner 2 bzw. in deren unregelmäßig verzweigtem Porensystem sind nanoskopische Partikel aus Titandioxid (durchschnittlicher Partikeldurchmesser: 7 nm) angelagert. In Einsatz wird das Schüttgut 1 normal zur Blattebene durchströmt und das Schüttgut 1 gleichzeitig mit Licht 3 einer Wellenlänge von kleiner 450 Nanometer, bevorzugt UV-A Licht, beaufschlagt. Wenngleich, wie in Fig. 1 dargestellt, eine Beaufschlagung mit Licht 3 nur von einer Seite des Schüttgutes 1 aus betrachtet erfolgt, ist dennoch sichergestellt, dass auch an der gegenüberliegenden Seite genügend Licht für eine Photokatalyse vorhanden ist, da die Körner 2 eine ausreichende optische Transparenz aufweisen. Gleichzeitig sorgt eine unregelmäßige Oberfläche der Körner 2 dafür, dass das Licht 3 seine Richtung mehrfach ändert, wodurch im gesamten Volumen des Schüttgutes 1 eine etwa gleich hohe Lichtstärke gegeben ist. Eine hohe Transparenz des Schüttgutes 1 erlaubt es, Schichtdicken mit größer als 10 Millimeter zu realisieren, was im Hinblick auf eine hohe Reinigungswirkung von Vorteil ist.

In Fig. 2 ist ein Ausschnitt eines Korns 2 im Querschnitt schematisch näher dargestellt. Wie ersichtlich, sind an einer inneren Oberfläche 21 des Korns 2 eine Vielzahl von individuellen Titandioxid-Partikeln 4 abgeschieden. Eine Menge bzw. Masse der Titandioxid-Partikel 4 in Relation zu einer Menge des Trägermaterials 2 ist so bemessen, dass das Schüttgut 1 eine möglichst hohe Transmission aufweist, jedoch gleichzeitig eine ausreichende photokatalytische Aktivität im Einsatz gegeben ist.

Im Einsatz lagern sich in dem in Fig. 2 teilweise gezeigten Porensystem Schadstoffe an, werden also adsorbiert. Diese adsorbierten Schadstoffe können auf Grund der vorhandenen Titandioxid-Partikel und einer gegebenen Lichteinstrahlung sodann durch Oxidation oder Reduktion photokatalytisch zersetzt werden, wodurch sich das Schüttgut zumindest bei geringen Schadstoffanteilen im Fluid/Gas quasi selbst regeneriert.

Eine technologische Anwendung des erfindungsgemäßen Konzeptes erweist sich als äußerst einfach, da bestehende Anlagen benützt werden können, indem Schüttgut in diese eingebracht wird. Wie in Fig. 3 skizziert ist dann zum Reinigen eines strömenden Fluids oder Gases lediglich noch das Schüttgut mit Licht zu beaufschlagen.

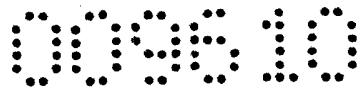


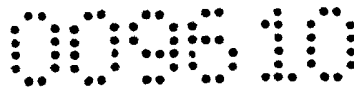
Fig. 4 zeigt exemplarische Messergebnisse einer Anlage zum photokatalytischen Abbau von Trichlorethylen (TCE), welche nach dem in Fig. 3 skizzierten Schema betrieben wurde. Es ist der transiente Verlauf der TCE-Konzentration (in ppm) beim Austritt des Reaktors für unterschiedliche Versuchsbedingungen dargestellt. Die Anlage wurde dabei dreimal vom Bypass-Betrieb auf den Betrieb mit einem Reaktor gemäß Fig. 3 umgestellt. Zeiten der Bestrahlung mit UV-A Licht sind durch Balken mit der Markierung „UV“ gekennzeichnet. Bei den mit „S“ bezeichneten Punkten wurde eine Konzentration von TCE im Eintrittsstrom von etwa 278 ppm auf 0 ppm reduziert. Ein Gesamtstrom (1 l/min) blieb dabei aufrecht.

Anhand von Fig. 4 kann nachvollzogen werden, dass beim Übergang vom Bypass-Betrieb zum Betrieb mit Schüttgut eine TCE-Konzentration zuerst stark abfällt, da TCE im Schüttgut adsorbiert wird. Im Anschluss, mit zunehmender Belegung des Schüttgutes durch TCE, steigt eine TCE-Konzentration wieder an, da das Schüttgut kein weiteres TCE aufnehmen kann. Wird jedoch mit UV-Licht bestrahlt, so kann eine TCE-Konzentration rasch gesenkt werden, was eine photokatalytische Aktivität des Schüttgutes belegt. Dies manifestiert sich auch darin, dass beim dritten Zyklus, bei welchem gleichzeitig mit dem Übergang vom Bypass-Betrieb zum Schüttgut-Betrieb mit UV-Licht bestrahlt wird, eine TCE-Konzentration zu wesentlich niedrigeren Werten ansteigt als beim ersten Zyklus ohne UV-Bestrahlung.

Durch Vergleich der Zyklen 1 und 3 in Fig. 4 ist auch ersichtlich, dass eine vollständige Regeneration des Schüttgutes unter UV-Bestrahlung und damit gegebener photokatalytischer Aktivität wesentlich rascher verläuft als ohne Bestrahlung durch UV-Licht.

In Fig. 5 ist eine Anordnung mehrerer Lichtquellen im Schüttgut 1 gezeigt. Eine solche Anordnung empfiehlt sich, wenn Schüttgut 1 mit einer Schüttdicke von mehr als 20 Millimeter eingesetzt werden soll. Durch die gleichmäßige Verteilung von Lichtquellen im Raum des Schüttgutes 1 kann somit sichergestellt werden, dass alle Körner 2 im Wesentlichen gleichmäßig bestrahlt werden.

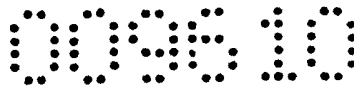
Möglich ist es auch, anstelle punktförmiger Lichtquellen 5, wie sie in Fig. 5 gezeigt sind, flächige Bestrahlungselemente 6 zur Bestrahlung einzelner Schichten 11 des Schüttgutes 1 einzusetzen.



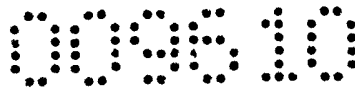
Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Reinigen einer Flüssigkeit oder eines Gases durch zumindest teilweises Adsorbieren und Zersetzen eines Schadstoffes, aufweisend eine
5 durchströmbare Zone aus einem zumindest teilweise lichtdurchlässigen Trägermaterial und einem photokatalytisch aktiven Material, welches am Trägermaterial abgeschieden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägermaterial porös ist und als Schüttgut vorliegt.
- 10 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut in Form von Körnern vorliegt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Körner eine durchschnittliche Korngröße von 2 bis 15 Millimeter, insbesondere 3 bis 7 Millimeter,
15 aufweisen.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine durchschnittliche Porengröße des Trägermaterials größer als 10 Nanometer ist.
- 20 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine durchschnittliche Porengröße des Trägermaterials kleiner als 100 Nanometer ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine BET-Oberfläche des porösen Trägermaterials größer als 100 m²/g ist.
25
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägermaterial ein unregelmäßig verzweigtes Porensystem aufweist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das
30 Trägermaterial aus silikathältigem Material, insbesondere festem silikatischem Gel, besteht.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photokatalytisch aktive Material in Form von Partikeln vorliegt.

35



10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikeln an einer äußeren und inneren Oberfläche des Trägermaterials abgeschieden sind.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikeln
5 einen durchschnittlichen Durchmesser von weniger als 20 Nanometer, vorzugsweise weniger als 10 Nanometer, aufweisen.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photokatalytisch aktive Material ein Halbleiter ist.
- 10 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photokatalytisch aktive Material aus Titanoxid besteht.
14. Verwendung von zumindest teilweise lichtdurchlässigem, porösem Trägermaterial, auf
15 welchem photokatalytisch aktives Material angelagert ist, als Schüttgut zum Reinigen einer Flüssigkeit oder eines Gases.
15. Verfahren zum Reinigen eines flüssigen oder gasförmigen Mediums, wobei das Medium durch einen Bereich bestehend aus einem zumindest teilweise lichtdurchlässigen
20 Trägermaterial und einem darauf abgeschiedenen photokatalytisch aktiven Material geleitet und dabei ein Schadstoff des Mediums adsorbiert und unter Einwirkung von Licht zersetzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Medium durch Schüttgut aus porösem Trägermaterial geleitet wird.
- 25 16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägermaterial in Form von Körnern vorliegt.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Körner eine durchschnittliche Korngröße von 2 bis 15 Millimeter, insbesondere 3 bis 7 Millimeter,
30 aufweisen.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine durchschnittliche Porengröße des Trägermaterials kleiner als 100 Nanometer ist.
- 35 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine BET-Oberfläche des porösen Trägermaterials größer als 100 m²/g ist.



20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägermaterial ein unregelmäßig verzweigtes Porensystem aufweist.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägermaterial aus silikathaltigem Material, insbesondere festem, silikatischem Gel, besteht.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass das am Trägermaterial abgeschiedene photokatalytisch aktive Material in Form von Partikeln vorliegt.

23. Verfahren nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikeln an einer äußeren und inneren Oberfläche des Trägermaterials abgeschieden sind.

24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikeln einen durchschnittlichen Durchmesser von weniger als 20 Nanometer, vorzugsweise weniger als 10 Nanometer, aufweisen.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass das am Trägermaterial abgeschiedene photokatalytisch aktive Material ein Halbleiter ist.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass das abgeschiedene photokatalytisch aktive Material aus Titanoxid besteht.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut mit Licht einer Wellenlänge kleiner als 450 Nanometer, insbesondere UV-A Licht, bestrahlt wird.

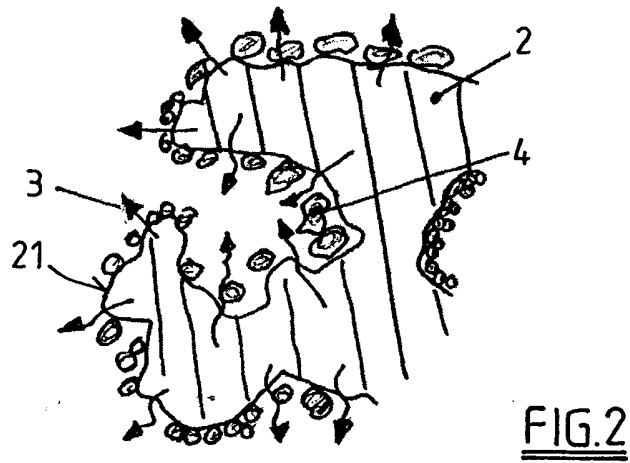
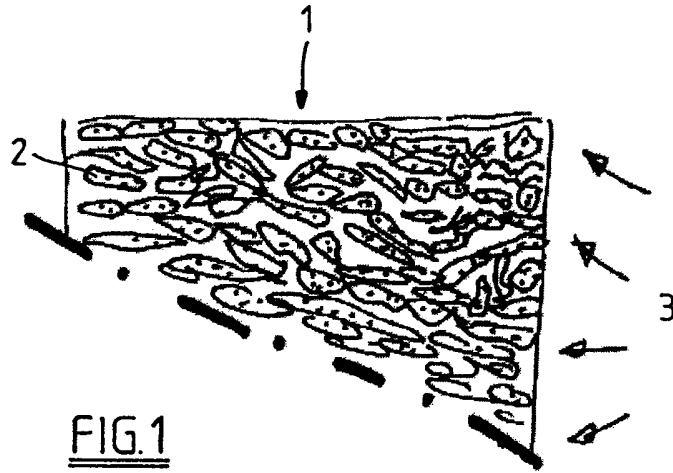
28. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut mit mehreren im Schüttgut verteilten Lichtquellen bestrahlt wird.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut mit einer Schichtdicke zwischen 5 und 35 Millimeter, insbesondere 10 und 20 Millimeter, eingesetzt wird.

Leoben, am 6. September 2006

Technische Universität Graz und Forschungsholding TU Graz GmbH
vertreten durch:


PATENTANWALT
Dipl.-Ing. Dr. G. WIRNSBERGER
8700 Leoben, Mühlgasse 3



009510

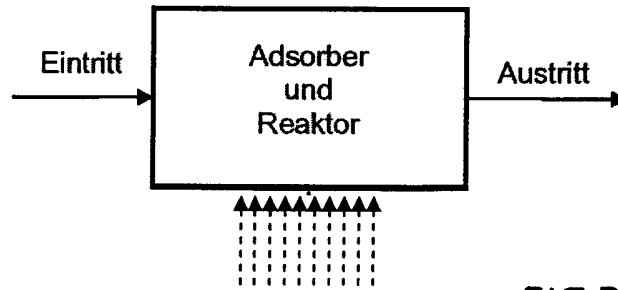


FIG.3

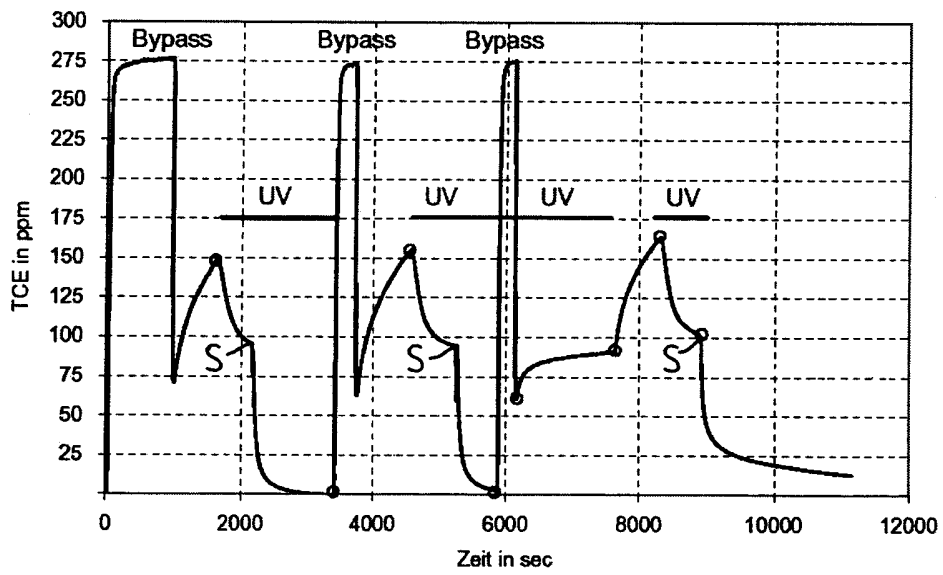


FIG.4

009510

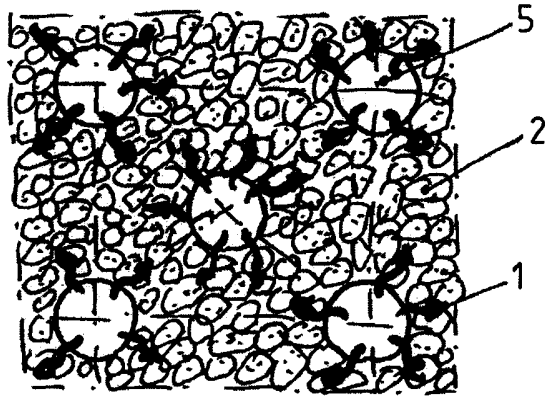


FIG. 5

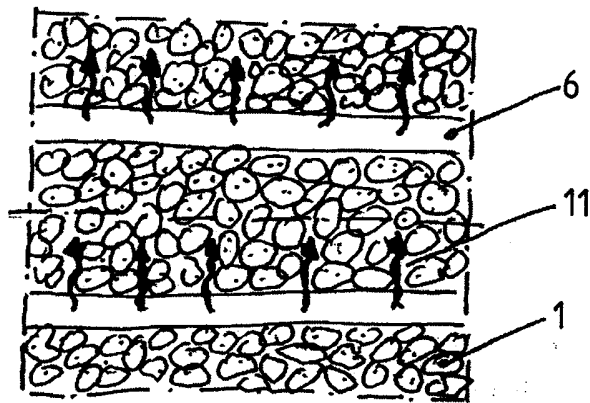
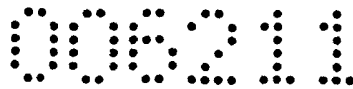


FIG. 6

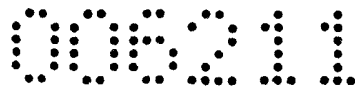


Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Reinigen einer Flüssigkeit oder eines Gases durch zumindest
teilweises Adsorbieren und Zersetzen eines Schadstoffes, aufweisend eine
5 durchströmbare Zone aus einem zumindest teilweise lichtdurchlässigen Trägermaterial
und einem photokatalytisch aktiven Material, welches am Trägermaterial abgeschieden
ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägermaterial porös ist und als Schüttgut (1)
vorliegt.
- 10 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut (1) in
Form von Körnern (2) vorliegt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Körner (2) eine
durchschnittliche Korngröße von 2 bis 15 Millimeter, insbesondere 3 bis 7 Millimeter,
15 aufweisen.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine
durchschnittliche Porengröße des Trägermaterials größer als 10 Nanometer ist.
- 20 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine
durchschnittliche Porengröße des Trägermaterials kleiner als 100 Nanometer ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine
BET-Oberfläche des porösen Trägermaterials größer als 100 m²/g ist.
25
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das
Trägermaterial ein unregelmäßig verzweigtes Porensystem aufweist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das
30 Trägermaterial aus silikathaltigem Material, insbesondere festem silikatischem Gel,
besteht.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das
photokatalytisch aktive Material in Form von Partikeln vorliegt.

35

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikeln an einer äußeren und inneren Oberfläche des Trägermaterials abgeschieden sind.
- 5 11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikeln einen durchschnittlichen Durchmesser von weniger als 20 Nanometer, vorzugsweise weniger als 10 Nanometer, aufweisen.
- 10 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photokatalytisch aktive Material ein Halbleiter ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photokatalytisch aktive Material aus Titanoxid besteht.
- 15 14. Verwendung von zumindest teilweise lichtdurchlässigem, porösem Trägermaterial, auf welchem photokatalytisch aktives Material angelagert ist, als Schüttgut (1) zum Reinigen einer Flüssigkeit oder eines Gases.
- 20 15. Verfahren zum Reinigen eines flüssigen oder gasförmigen Mediums, wobei das Medium durch einen Bereich bestehend aus einem zumindest teilweise lichtdurchlässigen Trägermaterial und einem darauf abgeschiedenen photokatalytisch aktiven Material geleitet und dabei ein Schadstoff des Mediums adsorbiert und unter Einwirkung von Licht zersetzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Medium durch Schüttgut (1) aus porösem Trägermaterial geleitet wird.
- 25 16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägermaterial in Form von Körnern (2) vorliegt.
- 30 17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Körner (2) eine durchschnittliche Korngröße von 2 bis 15 Millimeter, insbesondere 3 bis 7 Millimeter, aufweisen.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine durchschnittliche Porengröße des Trägermaterials kleiner als 100 Nanometer ist.
- 35 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine BET-Oberfläche des porösen Trägermaterials größer als 100 m²/g ist.



20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägermaterial ein unregelmäßig verzweigtes Porensystem aufweist.
- 5 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägermaterial aus silikathältigem Material, insbesondere festem, silikatischem Gel, besteht.
- 10 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass das am Trägermaterial abgeschiedene photokatalytisch aktive Material in Form von Partikeln vorliegt.
23. Verfahren nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikeln an einer äußeren und inneren Oberfläche des Trägermaterials abgeschieden sind.
- 15 24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikeln einen durchschnittlichen Durchmesser von weniger als 20 Nanometer, vorzugsweise weniger als 10 Nanometer, aufweisen.
- 20 25. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass das am Trägermaterial abgeschiedene photokatalytisch aktive Material ein Halbleiter ist.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass das abgeschiedene photokatalytisch aktive Material aus Titanoxid besteht.
- 25 27. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut (1) mit Licht einer Wellenlänge kleiner als 450 Nanometer, insbesondere UV-A Licht, bestrahlt wird.
- 30 28. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut (1) mit mehreren im Schüttgut (1) verteilten Lichtquellen (5) bestrahlt wird.
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schüttgut (1) mit einer Schichtdicke zwischen 5 und 35 Millimeter, insbesondere 10 und 20 Millimeter, eingesetzt wird.