(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
14. Juni 2007 (14.06.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/065598 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
C12M 1/113 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/011524

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. November 2006 (30.11.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 057 979.5
5. Dezember 2005 (05.12.2005) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **LINDE-KCA-DRESDEN GMBH** [DE/DE]; Bodenbacher Str. 80, 01277 Dresden (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **BÜCHNER, Thomas** [DE/DE]; Talstr. 52a, 01731 Kreischa (DE). **LANGHANS, Gerhard** [DE/DE]; Am Gorbitzbach 1/401, 01159 Dresden (DE).

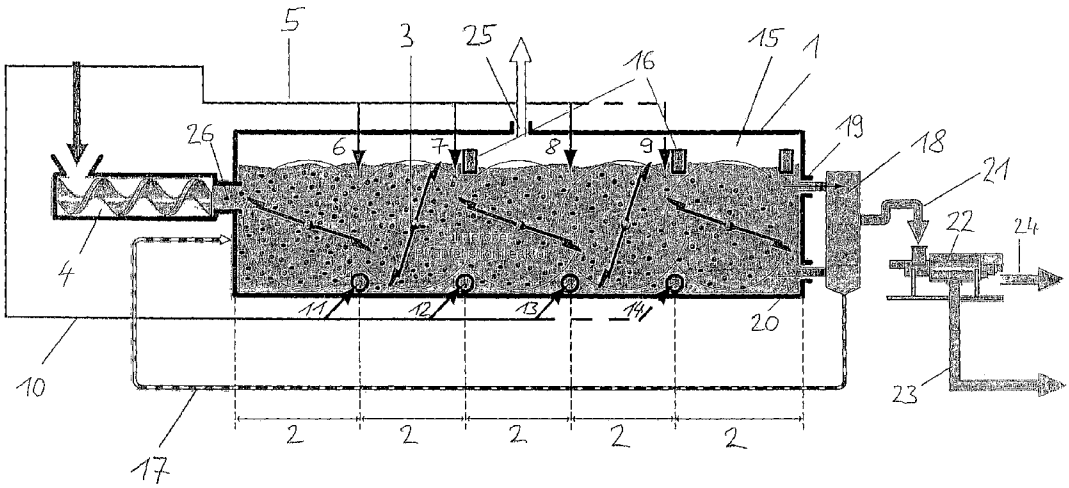
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** FERMENTATION DEVICE AND METHOD FOR RECOVERING BIOGAS

(54) **Bezeichnung:** FERMENTATIONSEINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR GEWINNUNG VON BIOGAS



(57) **Abstract:** The invention relates to a fermentation device and a method for the biological degradation of a substrate containing organic material and for the recovery of the biogas that is produced in the degradation process. The fermentation device has an elongated sealed container (1) with a feed opening (26) for the substrate and removal openings (19, 20) for the degraded products. The container is equipped with several reaction volume cells (2), each of which has at least one individually driven mixing unit (3) for mixing the fermentation product. According to the invention, the substrate is not only fed into the container (1) via the front end of the fermentation device but also at other discrete feed points (6, 7, 8, 9) in the overlap or tangential region of adjacent mixing units, distributing said substrate over the length of the container.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird eine Fermentationseinrichtung und ein Verfahren zum biologischen Abbau von organisches Material enthaltendem Substrat und zur Gewinnung des beim Abbau entstehenden Biogases beschrieben. Die Fermentationseinrichtung weist einen längs erstreckten geschlossenen Behälter (1) mit einer Einbringöffnung (26) für das Substrat und Austragsöffnungen (19, 20) für die Abbauprodukte auf. Im Behälter sind mehrere Reaktionsvolumenzellen (2) vorgesehen, die jeweils mindestens eine individuell angetriebene Rühreinrichtung (3) zum Durchmischen des Fermentationsgutes enthalten. Es wird vorgeschlagen, das Substrat nicht nur über die Stirnseite der Fermentationseinrichtung in

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/065598 A1

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, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, 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*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

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

Beschreibung

Fermentationseinrichtung und Verfahren zur Gewinnung von Biogas

Die Erfindung betrifft eine Fermentationseinrichtung zum biologischen Abbau von organisches Material enthaltendem Substrat und zur Gewinnung des beim Abbau entstehenden Biogases mit einem längserstreckten geschlossenen Behälter mit einer Einbringöffnung für das Substrat und Austragsöffnungen für die Abbauprodukte, wobei der Behälter mehrere Reaktionsvolumenzellen aufweist, die jeweils mindestens eine individuell angetriebene Rühreinrichtung zum Durchmischen des Substrats enthalten, sowie ein Verfahren zum Betreiben der Fermentationseinrichtung.

Bei der Fermentation von organisches Material enthaltendem Substrat, z.B. von Bioabfällen, Rückständen aus der Nahrungsmittelproduktion oder nachwachsenden Rohstoffen, unterscheidet man zwischen der sog. Naßvergärung und der sog. Trockenvergärung. Während bei der Nassvergärung eine fließfähige Suspension aus dem Substrat hergestellt wird, die in einem z.B. als Schlaufenreaktor mit innenliegender Schlaufenströmung ausgebildeten Biogasreaktor behandelt wird, wird das Substrat bei der Trockenvergärung z.B. an einem Ende in einen liegenden geschlossenen Behälter eingebracht, darin mittels einer Rühreinrichtung unter Bildung von Biogas umgewälzt und das behandelte Substrat am anderen Ende aus dem Behälter abgezogen. Die Verfahren der Trockenvergärung werden insbesondere dann als Alternative zu denen der Nassvergärung eingesetzt, wenn das zu behandelnde Substrat sehr feststoffreich ist und deshalb die notwendige Verdünnung bis in den Betriebsbereich der Nassvergärung bei Feststoffkonzentrationen von unter ca. 15% unwirtschaftlich ist, bzw. wenn die notwendige aber kostenaufwendige Störstoffentfrachtung bei der Nassvergärung aus sonstigen prozesstechnischen Gründen nicht erforderlich ist. Trockenvergärungen werden bevorzugt bei Feststoffgehalten bis ca. 35% im Fermentereintritt gefahren und können als stehende oder liegende Reaktoren ausgebildet sein. In der Regel werden sie als Pfropfenstromreaktoren betrieben, wobei das zudosierte Substrat am Fermenteranfang nur wenig verdünnt oder völlig unverdünnt in seiner Eingangskonzentration vorliegt. Der vorhandene Anteil an biologisch abbaubarer Organik wird über die Reaktorlänge bis zur Entnahme durch eine mikrobielle Biozynose anaerob-biochemisch bevorzugt in Biogas umgesetzt.

Eine spezielle Ausführungsform des Pfropfenstromreaktors ist in der EP 0 961 762 A1 und der EP 0 617 120 B1 beschrieben. Bei diesem Reaktor ist der Pfropfenstrom in hydraulisch verbundene, nacheinander geschaltete Reaktionsvolumenzellen mit separaten Rührwerken aufgeteilt, wobei die Rührwerke separat ansteuerbar sind und damit innerhalb des Pfropfenstromzonen individuell optimierbarer Stoffumsatzleistung geschaffen werden.

Die aus der Nassvergärung im volldurchmischten Reaktor definierten Prozessparameter, wie mittlere hydraulische Verweilzeit und organische Raumbelastung werden auch für die Charakterisierung des Pfropfenstrom-Trockenfermenters übernommen. Dabei ist ihre verfahrenstechnische Gültigkeit jedoch begrenzt, da ihre Definition darauf beruht, Eingangsparameter auf den gesamten Reaktionsraum zu beziehen. Beim Pfropfenstromfermenter der Trockenvergärung wird das in den Reaktor gegebene Substrat jedoch nicht sofort auf das gesamte Reaktionsvolumen verdünnt, sondern liegt im Eingangsbereich des Reaktionsraumes unverdünnt in seiner Anfangskonzentration vor. Über den Transportweg durch den Reaktor laufen die biochemischen Prozesse ab mit entsprechend fortschreitender qualitativer Veränderung des Eingangssubstrats. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um einen Abbau der organischen Stoffe. Nach der definierten mittleren Verweilzeit verlässt das über die Reaktorlänge abgebaute Endprodukt schließlich den Reaktionsraum.

Trockenfermenter wurden hauptsächlich zur Behandlung von feststoffreichen Bioabfällen und Siebfraktionen aus Restmüll entwickelt. Bei diesen Stoffströmen bestehen zwischen 1/3 und 2/3 der eingetragenen Trockensubstanz aus organischem Material, definiert durch den Glühverlust des Feststoffes. Damit wird die zugeführte organische (Glühverlust)- Fracht bezogen auf den Gärraum, zur Definition der organischen Raumbelastung des Trockenfermenters verwendet. Mikrobiologisch relevant ist jedoch nur der bakteriell verwertbare Anteil des Glühverlustes. Nicht oder nur sehr schwer abbaubare Komponenten wie Kunststoff, lignifiziertes Holz und Fasern, aber auch mehr oder weniger durch Lignine oder Kieselsäureverbindungen geschützte Zellulosebestandteile bedeuten für die anaeroben Bakterien keine tatsächliche organische Belastung, da sie nicht oder nur sehr langsam hydrolysiert werden und damit nicht milieu- und populationsrelevant Einfluss auf den anaeroben Metabolismus nehmen. Entsprechend liegen die Trockensubstanzabbaugrade

zwischen Fermentereintritt und –austritt bei 40 bis 60%, gemessen als Veränderung des Glühverlustes in der Probe.

Andere Verhältnisse sind bei der Vergärung von z.B. organikreichen Abprodukten der Nahrungsgüterindustrie und bei Einsatz nachwachsender Rohstoffe als Substrat gegeben. Hier liegt der Anteil organischer Substanz an der gesamten Trockenmasse in der Regel zwischen 85 und 98%. Abbaugrade dieser Organik werden zwischen 75 und 90% erwartet. Somit kommt eine hohe biologische Relevanz dieser dem Fermenter zugeführten Organikfracht zum Ausdruck.

Es ist auch schon ein liegender Propfenstromreaktor mit längsangeordneter zentraler Rührerwelle vorgeschlagen worden, bei dem an radialen Stegen befestigte Rührbalken an der zylindrischen Reaktorinnenwand entlang geführt werden. Alternativ ist eine Gaseinpressung über Bodendüsen möglich, die durch ihre Schwallbildung, Mischung und Schwimmdeckenzerstörung bewirken soll. Dabei ist auch vorgesehen, über die Reaktorlänge an verschiedenen Stellen Substrat zu dosieren, ohne verfahrenstechnisch definierte Verteilung der Dosierpunkte. Dieses beschriebene Vergärungsverfahren hat beim Einsatz der oben spezifizierten Gärsubstrate mit hoher OTS-Konzentration und hohem erreichbaren Abbau eine Reihe verfahrenstechnischer und hydraulischer Nachteile. Über die Länge des Pfropfenstromreaktors entsteht durch den hohen Abbau an suspendierter Organik ein großes Feststoff-Konzentrationsgefälle zwischen den Eingangstrockensubstanzkonzentrationen von über 30% und den Ablaufwerten von unter 10%. Ohne hydraulisch genau definierte Strömungsführung im Reaktor besteht deshalb unter diesen substratspezifischen Bedingungen das Problem eines unkontrollierten Konzentrationsausgleichs über die Reaktorlänge. Feststoffe aus dem Eingangsbereich werden distributiert über die Reaktorlänge und damit ungenügend abgebaut aus dem Reaktor wieder entnommen, da die Pfropfenstromcharakteristik durch Längs- und Quervermischungseffekte in dem durch Abbau zunehmend wässriger werdenden Gärmedium überlagert wird (sinkende Viskosität). Unterstützt wird dieser negative Effekt durch die beschriebene Substrateindüsung und Begasung im Reaktionsraum infolge der dreidimensionalen Mediendissipation. Mit zunehmend verringerter Medienviskosität neigt frischdosiertes Material außerdem dazu, sich nach dem Dichteunterschied in Schwimm- und Sinkschichten zu separieren und infolge des gehemmten Stofftransports im Bereich der

weitgehend ruhenden Partikelansammlungen einem verzögerten mikrobiellen Abbau zu unterliegen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Fermentationseinrichtung sowie ein Verfahren zum Betrieb der Fermentationseinrichtung der eingangs genannten Art so auszugestalten, dass eine Überlastung der anaeroben Biozönose im Eingangsbereich der Fermentationseinrichtung vermieden und die Prozessstabilität als Pfropfenstrom bei der Vergärung von Substraten mit leicht abbaubaren hohen Trockensubstanzgehalten gewährleistet wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei der Fermentationseinrichtung dadurch gelöst, dass in Längserstreckung des Behälters verteilt mindestens zwei Eintragsöffnungen für das Substrat vorgesehen sind, wobei die Eintragsöffnungen im Überlappungs- oder Tangierbereich benachbarter Rühreinrichtungen angeordnet sind.

Aufbauend auf dem apparativen Grundkonzept des Trockenfermenters gemäß der EP 0 617 120 B1 mit separat ansteuerbaren, quer liegenden Rührwerkseinheiten wurde eine Verfahrensführung einschließlich zugehöriger Vorrichtungselemente entwickelt, die eine effiziente anaerobe Verwertung der oben genannten energiereichen Organikfraktionen ermöglichen.

Bei Untersuchungen an ausgeführten Pfropfenstromreaktoren nach dem patentierten Rührzellenprinzip mit mehreren Reaktionsvolumenzellen mit individuellen Rühreinrichtungen (Rührzellen) ist für die Vergärung von Bioabfall und Restmüllfraktionen überraschenderweise festgestellt worden, dass 60 bis 70% der über den gesamten Reaktor umgesetzten Organik schon im Bereich der ersten und zweiten Rührzelle des Reaktionsraumes hydrolysiert und auch schon simultan methanisiert werden. Im restlichen Reaktionsraum erfolgt dann nur ein sehr langsamer Abbau der verbliebenen, bakteriell nur noch schwer verwertbaren Organikbestandteile. Für konventionelle Bioabfälle ist diese Prozesscharakteristik gewollt, um einen möglichst hohen Umsatz auch bei abbauresistenten organischen Verbindungen zu erreichen. Unterstützt wird dieses Anliegen durch die Betriebscharakteristik des Pfropfenstromprinzips.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es für die leichtabbaubaren Inhaltsstoffe bei Nahrungsgüterrückständen und nachwachsenden Rohstoffen (überwiegend Stärke, Zucker, Eiweiße) erforderlich ist, den weitgehenden Umsatz im Eingangsbereich des Fermenters durch geeignete Maßnahmen zu reduzieren und statt dessen ein annähernd ausgeglichenes Verwertungsprofil über den gesamten Reaktionsraum zu erreichen. Dabei darf die Pfropfenströmung jedoch nicht gestört werden und frisches Material ist vom Austritt fernzuhalten. Dazu muss der Reaktionsraum auch über den gesamten Reaktorquerschnitt gleichmäßig für die biologische Aktivität genutzt werden und Schwimm- und Sinkschichtenbildung ist zu minimieren. Damit werden sowohl Millieustörungen bei der Biozönose als auch prozessbeeinträchtigende Folgereaktionen wie starke Schaumbildung mit Flotationserscheinungen weitgehend vermieden.

Der wesentliche Erfindungsgedanke besteht darin, statt der herkömmlichen intervallweisen Substratdosierung ausschließlich über die Stirnseite des Gärreaktors die einzutragende Substratmenge an mehreren Eintragspunkten über der Reaktorlänge verteilt zu dosieren. Hierzu wird vorzugsweise die einzutragende Substratmenge aufgeteilt und portionsweise außer an der Stirnseite auch an weiteren Eintragspunkten in den Reaktor eingebracht. Zu diesem Zweck stehen die Eintragsöffnungen über Leitungen mit einer gemeinsamen Zuführung für das Substrat in Verbindung.

Vorzugsweise ist jeder Eintragsöffnung eine eigene Dosiereinrichtung zugeordnet, so dass ein ausgeglichenes Verwertungsprofil über die gesamte Reaktorlänge eingestellt werden kann. Zur Steuerung der Dosierung stehen die Dosiereinrichtungen zweckmäßigerweise mit einer zentralen Steuereinheit in Wirkverbindung.

Gemäß einer Weiterbildung des Erfindungsgedankens sind im Überlappungs- oder Tangierbereich der Rühreinrichtung strömungsbrechende Elemente quer zur Längserstreckung des Behälters vorgesehen. Dadurch wird ein Abtreiben von Flotatanreicherungen an der Flüssigkeitsoberfläche zum Fermenterende verhindert. Zu solchen Flotatanreicherungen kann es in Abhängigkeit der Konsistenz des dosierten Substrats im Bereich der Substratdosierung durch lokales Aufrahmen des frischen Dosierguts kommen. Die strömungsbrechenden Elemente gewährleisten ein

Einmischen und Verarbeiten dieser Flotatanreicherungen in der jeweiligen Reaktionsvolumenzelle.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum biologischen Abbau von organisches Material enthaltendem Substrat und zur Gewinnung des beim Abbau entstehenden Biogases, wobei das Substrat in einen längserstreckten geschlossenen Behälter eingebracht wird, im Behälter mehrere Reaktionszonen durchströmt, in denen es mittels jeweils individuell angetriebener Rühreinrichtungen umgewälzt wird und Abbauprodukte aus dem Behälter abgezogen werden.

Verfahrensseitig wird die gestellte Aufgabe dadurch gelöst, dass das Substrat an mindestens zwei über die Längserstreckung des Behälters verteilten Stellen jeweils im Überlappungs- oder Tangierbereich benachbarter Rühreinrichtungen in den Behälter eingebracht wird.

Bevorzugt wird das Substrat im Gegensatz zur herkömmlichen intervallweisen Dosierung ausschließlich über die Stirnseite des Gärreaktors aufgeteilt und portionsweise außer an der Stirnseite auch an weiteren diskreten Eintragsstellen über der Reaktorlänge verteilt zudosiert. Diese Dosierungen können zyklisch geschaltet nacheinander erfolgen, aber auch gleichzeitig, je nach den substratabhängigen Optimierungsergebnissen im Anlagenbetrieb.

Vorzugsweise wird die Dosierung an den Eintragstellen so gesteuert, dass über das gesamte Behältervolumen ein ausgeglichenes Verwertungsprofil erreicht wird.

Die Erfindung eignet sich insbesondere für Fermentationseinrichtungen, die für eine Biogasgewinnung durch anaeroben Abbau von leichtabbaubare Inhaltsstoffe enthaltenden Nahrungsgüterrückständen oder nachwachsenden Rohstoffen vorgesehen sind.

Im Folgenden soll die Erfindung anhand eines in der Figur schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden:

Die Figur zeigt einen Pfropfenstromfermenter mit mehreren Reaktionsvolumenzellen, die jeweils individuell angetriebene Rühreinrichtungen enthalten.

Das vorliegende Ausführungsbeispiel betrifft einen liegenden Pfropfenstromfermenter zur Erzeugung von Biogas, welches über eine Abzugsöffnung 25 abgeführt wird. Der Fermenter weist einen länglichen Behälter 1 mit mehreren in Reihe geschalteten Reaktionsvolumenzellen (Rührzellen) 2 auf, die jeweils mit langsam laufenden Balkenrührwerken 3 an Achsen senkrecht zur Durchströmungsrichtung des Fermenters ausgestattet sind. Jedes von einem Rührwerk 3 beaufschlagte Volumenelement bildet eine Reaktionsvolumenzelle 2 mit annähernd gleichen Prozessbedingungen. Durch konstruktive Wahl der Rührwerksabstände werden die Rührbalken benachbarter Rührwerke 3 etwa tangierend oder mit einer prozesstechnisch relevanten Überdeckung vorgesehen, wobei eine Anpassung an die am Anlagenstandort erwarteten Eigenschaften des Gärmediums erfolgt. Eine Längsströmung im Fermenter induzieren die Rührwerke 3 nicht. Diese entsteht bevorzugt durch das Zusammenwirken von Substratdosierung und Faulgutentnahme in Form des schon beschriebenen Pfropfenstromes. Da andererseits der hauptsächliche Organikabfall bei der Bioabfallvergärung etwa im Volumenbereich des ersten und zweiten Rührwerkes 3 beobachtet wird, sind diese Reaktionsvolumenzellen 3 geeignete Kenngrößen für die Festlegung der Dosierverteilung längs des Fermenters. Neben der Stirnseitendosierung über eine Schneckenfördereinrichtung 4 und eine Einbringöffnung 26 vor dem ersten Rührwerk 3 erfolgen Nachdosierungen weiterer Substratzugaben jeweils in der Tangier- bzw. Kämmzone zwischen zwei benachbarten Rührwerken 3. Die Nachdosierungen können über eine Leitung 5 und Dosiereinrichtungen 6, 7, 8 und 9 über Kopf erfolgen oder alternativ als bodennahe Dosierung über Leitung 10 und Dosiereinrichtung 11, 12, 13 und 14. Dabei kann es sich substratsspezifisch als vorteilhaft erweisen, nicht in jedem Fall nach jedem Rührwerk 3, sondern gegebenenfalls erst nach jedem zweiten einen Substratstrom zu dosieren. Diese Festlegung hängt von dem jeweils sich ausbildenden Abbauprofil der Organik im Fermenter ab.

Im Entnahmebereich nach der letzten Reaktionsvolumenzelle 2 wird nicht mehr dosiert, wobei eine Dosierung zwischen den letzten beiden Reaktionsvolumenzellen auch nur unter speziellen Prozessbedingungen erfolgt. In der Regel werden die beiden letzten Reaktionsvolumenzellen zum Substratabbau auf die gewünschte Entnahmekonzentration genutzt. Außerdem wird durch ein spezielles Zusammenwirken von Rühr- und Ruhezeiten in diesem Fermenterbereich eine

Entkopplung von Feststoff- und Flüssigkeitsverweilzeit erreicht, wodurch besonders hohe Organikumsatzraten ermöglicht werden.

Entscheidendes Wirkprinzip der Aufteilung der Substratdosierung ist die Reduzierung der auf die Bakterien wirkenden lokalen organischen Raumbelastung. Während die auf den gesamten Reaktionsraum gerechnete mittlere Raumbelastung unverändert bleibt, zeigen sich drastisch reduzierte lokale Belastungswerte. Bei ausschließlicher Dosierung an der Reaktorstirnseite erfolgt der Hauptumsatz überraschenderweise im Bereich der ersten Reaktionsvolumenzelle. Hier wirkt demnach voll die Raumbelastung aus der organischen Substratfracht, bezogen auf das diskrete Rührvolumenelement. Für einen Reaktortyp mit z.B. fünf Rührwerken bedeutet das eine fünffach höhere tatsächliche Raumbelastung in dem relevanten Bereich im Vergleich zu der über das gesamte Reaktorvolumen gemittelten.

Verteilt man gemäß der Erfindung die Substratdosierung auf verschiedene Reaktionsvolumenzellen, so verringert sich die lokale Raumbelastung und nähert sich der über das Gesamtvolumen gemittelten an. Damit wird die Biozönose stark entlastet und die Prozessstabilität bei der Vergärung organikreicher Substrate wesentlich verbessert.

Die erforderliche Steuerung der Substratverteilung in der jeweiligen Reaktionsvolumenzelle sowie die Minimierung eines Konzentrationsausgleichs über die Reaktorlänge aufgrund des abbaubedingten Feststoffkonzentrationsgefälles wird durch die Substratzuführungen an den genau definierten Eintragspunkten 6, 7, 8 und 9 beziehungsweise 11, 12, 13 und 14 in Verbindung mit einer auf die Dosierung abgestimmten Steuerung der Rührwerke 3 erreicht. Dazu arbeiten die dem Dosiereintritt benachbarten Rührwerke 3 mit entgegengesetzten Drehrichtungen, um entweder Dosiergut von oben in ihren Kämmbereich einzutragen oder Bodenmaterial anzuheben. Die Hauptdrehrichtung außerhalb der Dosierintervalle wird in Abhängigkeit der dominanten organikhaltigen Sediment- oder Flotatausbildung so gewählt, dass die jeweilige Fraktion vom Reaktorende wegbewegt und angehoben beziehungsweise untergemischt wird. Ungewollte Längsströmungen, wie sie durch den bekannten Golfstrom-Effekt bei Flüssigkeitsfreistrahlen oder Gaseinpressung in den Reaktionsraum eintreten, werden durch die beschriebene Kombination von Verfahrenführung und Vorrichtung stark reduziert.

In Abhängigkeit der Konsistenz und Benetzbarkeit der dosierten Substrate kann es im Bereich der Substratdosierungen 6, 7, 8 und 9 über den Gasraum 15 zu einem lokalen Aufrahmen des frischen Inputs kommen. Um ein Abtreiben dieser Flotatanreicherungen an der Flüssigkeitsoberfläche zum Fermenterende zu verhindern und das Einmischen und Verarbeiten in der jeweiligen Reaktionsvolumenzelle zu gewährleisten, ist die Einbringung von strömungsbrechenden Elementen 16 quer zur Fließrichtung im Kämmbereich der Rührwerke 3 vorgesehen.

In Ergänzung zur beschriebenen Dosieraufteilung ist auch eine gezielte hydraulische Beeinflussung des Pfropfenstromprofils im Reaktor wünschenswert. Dazu wird bedarfsweise Gärmedium vom Ende des Reaktors über eine Rücklaufleitung 17 zum Eingang zurückgeführt. In dieser Weise ist die Längsverteilung des Konzentrationsprofils im Reaktor beeinflussbar. Bedarfsweise lässt sich zur Beherrschung spezieller Prozesszustände eine Dosiercharge durch erhöhten Durchfluss auf zwei oder mehr Reaktionsvolumenzellen 2 verteilen und das Konzentrationsprofil auseinander ziehen, was zu einer weiteren lokalen Konzentrationsminderung führt. Über die Rücklaufleitung 17 erfolgt darüber hinaus eine Rückbeimpfung des Fermentereingangsbereichs mit zusätzlichen Anaerob-Bakterien, wodurch die biomassebezogene Schlammbelastung reduziert ist. Zudem wird in Bereichen des Reaktors, wo durch starke hydrolytische Produktion von kurzkettigen organischen Säuren als Stoffwechselzwischenprodukte ein hemmender Abfall des pH-Wertes auftreten kann, durch den alkalisch gepufferten Fermenterablauf eine pH-Stabilisierung erreicht. Bei hohen Rückführraten nähert sich das hydraulische Gesamtsystem Fermenter/Rückführung als Grenzfall der Charakteristik eines volldurchmischten Reaktors mit dem Fermentervolumen als Strömungsrohr. Diese Flexibilität in der Prozesscharakteristik ermöglicht eine optimierte verfahrenstechnische Anpassung des Systems an die jeweiligen Betriebsbedingungen. Begrenzt wird die einstellbare Rückführrate über die Rückführleitung 17 durch die zunehmende Substratkonzentration am Fermenterauslauf bei Übergang von der Pfropfenströmungs- zur Rührkesselcharakteristik mit der daraus resultierenden Umsatzminderung durch Ausschleusung noch nicht metabolisierter organischer Verbindungen.

Durch einen speziell gestalteten Fermenteraustrag 18 wird dieser Effekt minimiert, indem noch nicht hydrolisierte partikuläre Feststoffe vom Austrag ferngehalten werden,

was zu der beschriebenen Rückkopplung der Feststoff- und Flüssigkeitsverweilzeiten im Reaktionsraum führt. Dazu werden am Reaktorende installierte Entnahmestutzen 19 und 20 genutzt, die in verschiedenen Höhen am Reaktorende vorgesehen sind. Über den Entnahmestutzen 19 wird feststoffarme Flüssigkeit aus dem Behälter 1 abgezogen und in einen Sammelbehälter 18 eingeleitet. Die mit Trockensubstanz und Sedimenten angereicherte Bodenfraktion wird über den Entnahmestutzen 20 in den unteren Teil des Sammelbehälters 18 eingebracht. Über eine Leitung 21 wird das Gärgut entnommen und einer Entwässerungseinrichtung 22 zugeführt. Dabei entsteht Presswasser, das zum Beispiel als Flüssigdünger über Leitung 23 abgeführt wird. Abgeschiedene Gärreststoffe werden über Leitung 24 abgezogen. Am unteren Ende des Sammelbehälters 18 wird Faulgut und Presswasser abgeführt und über die Rücklaufleitung 17 zum Eingangbereich des Reaktors zurückgeführt.

Entstehen langzeitlich signifikante Mengen inerter Bodensedimente, so lassen sich diese durch Drehrichtung des letzten Rührwerks 3 entgegen dem Uhrzeigersinn in den Bereich des bodennahen Entnahmestutzens 20 verlagern und gezielt aus dem Reaktor entnehmen.

Erfolgt die Gärgutentnahme am Ende einer Stillstandsphase des letzten Rührwerks 3, sedimentieren die verbliebenen unabgebauten Feststoffe in dem wässriger gewordenen Gärmedium, so dass sich über die Flüssigkeitshöhe ein Konzentrationsprofil ausbildet mit einer Verarmung an suspendierten Partikeln in Richtung Flüssigkeitsoberfläche. Wird jetzt Gärmedium über den im oberen Drittel der Fermenterhöhe angeordneten Entnahmestutzen entnommen, handelt es sich dabei um Medium mit der relativ zur sonstigen Konzentration geringeren partikulären Feststoffkonzentration. Nach dem jeweiligen Entnahmezyklus wird mittels Rührwerksbewegung das suspendierte Material wieder aufgelockert und im Volumen verteilt, um die Stoffübergangsbedingungen für die weitere Hydrolyse zu intensivieren.

Im Bodenbereich werden Sedimente innerhalb der Reaktionsvolumenzellen durch die Rührwerksbalken weiter transportiert. Begrenzte lokale Sedimentanreicherungen können in der bodennahen Kämmzone der Rührwerke 3 auftreten. Dieser Effekt lässt sich verringern, indem neben der Überkopfdosierung über Leitung 5 eine Dosierung insbesondere pumpfähig angemischter Substratchargen in Bodennähe über Leitung 10 in die Kämmzonen der Rührwerke 3 erfolgt. Dabei werden Sedimente durch eine

aufgrund des eingetragenen Substrats erfolgten Freistrahlströmung aufgewirbelt und in Längsrichtung wieder in den Wirkbereich der Rührwerksbalken transportiert. Gleichzeitig kann die Einmischung und Verteilung des frischen Substrats in der Reaktionsvolumenzelle verbessert werden.

5

Patentansprüche

1. Fermentationseinrichtung zum biologischen Abbau von organisches Material enthaltendem Substrat und zur Gewinnung des beim Abbau entstehenden Biogases mit einem längserstreckten geschlossenen Behälter (1) mit einer Einbringöffnung (26) für das Substrat und Austragsöffnungen (19, 20) für die Abbauprodukte, wobei der Behälter (1) mehrere Reaktionsvolumenzellen (2) aufweist, die jeweils mindestens eine Rühreinrichtung (3) zum Durchmischen des Substrats enthalten, dadurch gekennzeichnet, dass in Längserstreckung des Behälters (1) verteilt mindestens zwei Eintragsöffnungen (6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) für das Substrat vorgesehen sind, wobei die Eintragsöffnungen ((6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) im Überlappungs- oder Tangierbereich benachbarter Rühreinrichtungen angeordnet sind.

2. Fermentationseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Eintragsöffnungen (6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) über Leitungen (5, 10) mit einer gemeinsamen Zuführung für das Substrat in Verbindung stehen.

3. Fermentationseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Eintragsöffnung (6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) eine eigene Dosiereinrichtung zugeordnet ist.

4. Fermentationseinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Dosiereinrichtungen mit einer zentralen Steuereinheit in Wirkverbindung stehen.

5. Fermentationseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass im Übertragungs- oder Tangierbereich der Rühreinrichtungen (3) strömungsbrechende Elemente (16) quer zur Längserstreckung des Behälters (1) vorgesehen sind.

6. Verfahren zum biologischen Abbau von organisches Material enthaltendem Substrat und zur Gewinnung des beim Abbau entstehenden Biogases, wobei das Substrat in einen längserstreckten geschlossenen Behälter (1) eingebracht wird, im Behälter (1) mehrere Reaktionszonen (2) durchströmt, in denen es mittels separater Rühreinrichtungen (3) umgewälzt wird und Abbauprodukte aus dem

Behälter (1) abgezogen werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat an mindestens zwei über die Längserstreckung des Behälters verteilten Stellen (6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) jeweils im Überlappungs- oder Tangierbereich benachbarter Rühreinrichtungen in den Behälter (1) eingebracht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die in den Behälter (1) einzutragende Substratmenge aufgeteilt wird und außer an der Stirnseite des Behälters (1) auch an weiteren diskreten Eintragsstellen (6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) über die Behälterlänge verteilt in den Behälter (1) dosiert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Dosierungen zyklisch oder nacheinander geschaltet werden.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Dosierungen an den Eintragsstellen (6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) so gesteuert werden, dass über das gesamte Behältervolumen ein ausgeglichenes Verwertungsprofil erreicht wird.

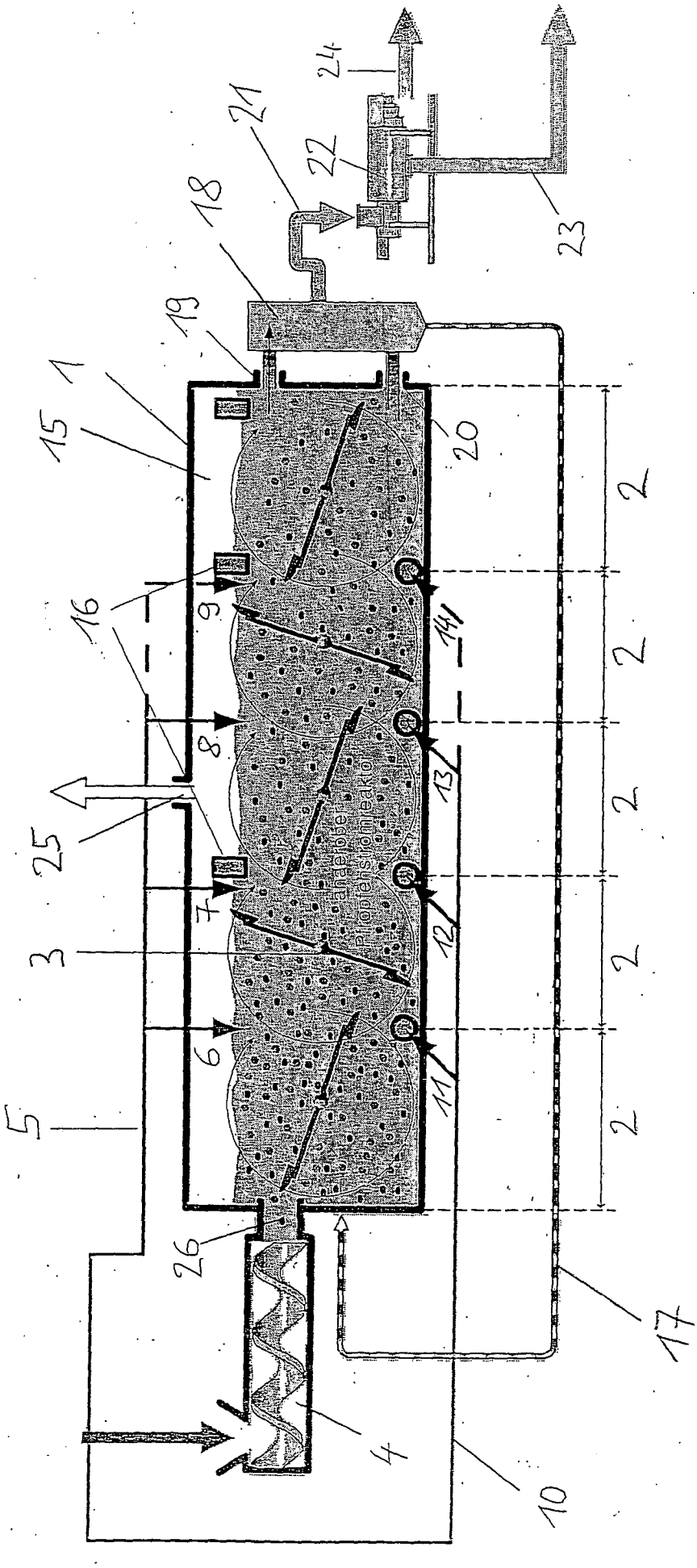

anaerobe
Tropfenströmreaktor
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

Fig.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/011524

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C12M1/113

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)
C12M

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 32 39 304 A1 (MAACK H F WAGENFAB [DE]) 3 May 1984 (1984-05-03) page 7 page 11 - page 14 figures 1,5	1-9
A	US 5 773 526 A (VAN DIJK MEINE [NL] ET AL) 30 June 1998 (1998-06-30) column 3, line 9 - column 4, line 29; figure	1-9
A	EP 0 617 120 A2 (RINDELAUB FRANK ALEX ERICH [CH]; SCHMUTZ URS [CH] LINDE BRV BIOWASTE T) 28 September 1994 (1994-09-28) cited in the application claims 1-7; figure 1	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
30 March 2007	05/04/2007

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
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	Cubas Alcaraz, Jose

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2006/011524

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
DE 3239304 A1	03-05-1984	NONE		
US 5773526 A	30-06-1998	AU	3232095 A	27-03-1996
		BR	9508893 A	18-11-1997
		CN	1158635 A	03-09-1997
		DE	69510679 D1	12-08-1999
		DE	69510679 T2	23-03-2000
		EP	0779920 A1	25-06-1997
		JP	10504967 T	19-05-1998
		NL	9401454 A	01-04-1996
		WO	9607726 A1	14-03-1996
EP 0617120 A2	28-09-1994	AT	193549 T	15-06-2000
		CA	2116379 A1	26-08-1994
		CH	687526 A5	31-12-1996
		DE	59409379 D1	06-07-2000
		DK	617120 T3	05-02-2001
		ES	2150976 T3	16-12-2000
		FI	940865 A	26-08-1994
		NO	940644 A	26-08-1994
		PT	617120 T	30-11-2000
		US	5521092 A	28-05-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/011524

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. C12M1/113

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
C12M

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 32 39 304 A1 (MAACK H F WAGENFAB [DE]) 3. Mai 1984 (1984-05-03) Seite 7 Seite 11 - Seite 14 Abbildungen 1,5	1-9
A	US 5 773 526 A (VAN DIJK MEINE [NL] ET AL) 30. Juni 1998 (1998-06-30) Spalte 3, Zeile 9 - Spalte 4, Zeile 29; Abbildung	1-9
A	EP 0 617 120 A2 (RINDELAUB FRANK ALEX ERICH [CH]; SCHMUTZ URS [CH] LINDE BRV BIOWASTE T) 28. September 1994 (1994-09-28) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche 1-7; Abbildung 1	1-9

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

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

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
30. März 2007	05/04/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
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	Cubas Alcaraz, Jose

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/011524

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3239304 A1	03-05-1984	KEINE	
US 5773526 A	30-06-1998	AU 3232095 A	27-03-1996
		BR 9508893 A	18-11-1997
		CN 1158635 A	03-09-1997
		DE 69510679 D1	12-08-1999
		DE 69510679 T2	23-03-2000
		EP 0779920 A1	25-06-1997
		JP 10504967 T	19-05-1998
		NL 9401454 A	01-04-1996
		WO 9607726 A1	14-03-1996
EP 0617120 A2	28-09-1994	AT 193549 T	15-06-2000
		CA 2116379 A1	26-08-1994
		CH 687526 A5	31-12-1996
		DE 59409379 D1	06-07-2000
		DK 617120 T3	05-02-2001
		ES 2150976 T3	16-12-2000
		FI 940865 A	26-08-1994
		NO 940644 A	26-08-1994
		PT 617120 T	30-11-2000
		US 5521092 A	28-05-1996