(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 23 918 T2** 2004.07.15

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 810 041 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 23 918.7**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 107 219.4**
(96) Europäischer Anmeldetag: **30.04.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.12.1997**
(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **06.08.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.07.2004**

(51) Int Cl.[7]: **B09B 3/00**

(30) Unionspriorität:
13256896 01.05.1996 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Ebara Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und Rechtsanwälte, 80538 München

(72) Erfinder:
Nagamatsu, Sadasuke, Yokohama-shi, Kanagawa-ken, JP; Higo, Tsutomu, Chigasaki-shi, Kanagawa-ken, JP; Fukuda, Toshio, Yokohama-shi, Kanagawa-ken, JP

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Umwandlung von organischen Abfällen in Werkstoffe**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Umwandlung organischer Abfälle in wertvolle Ausgangsmaterialien. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf ein Verfahren, durch welches organische Abfälle in fester, schlammförmiger oder flüssiger Form, wie beispielsweise städtische Abfälle, Exkremente, Abwasserschlämme und industrielle Abfälle, in wertvolle Ausgangsstoffe umgewandelt werden können, und zwar durch eine hydrothermische Behandlung.

[0002] Verschiedene in Entwicklung befindliche Verfahren sehen die Umwandlung von Abfällen in wertvolle Ausgangsstoffe vor, und zwar durch eine hydrothermische Behandlung. Gemäß einem Vorschlag wird jedwedes Festmaterial oder Feststoff in dem zu behandelnden Abfall zu Teilchen gemahlen, die nicht größer sind als mehrere Millimeter und es wird eine Speiseaufschlämmung hergestellt, die einen hinreichend hohen Wassergehalt besitzt, um mittels einer Pumpe transportiert zu werden; die Aufschlämmung wird sodann einer hydrothermischen Reaktion ausgesetzt, um eine Kohlenstoffaufschlämmung zu bilden; da die Kohlenstoffaufschlämmung leicht vom Wasser trennbar ist, erfolgt eine Entwässerung und Konzentrierung, um so einen Heizwert von mindestens 4000 bis 5000 kcal/kg zu erreichen; die sich ergebende konzentrierte Kohlenstoffaufschlämmung kann als ein Brennstoff verwendet werden.

[0003] Der hier verwendete Ausdruck „Kohlenstoffaufschlämmung" (carbon slurry) bedeutet eine Mischung aus Wasser und den organischen Inhaltsstoffen oder Gehalt der dehalogenert wurde und deoxygeniert wurde, und zwar in Form von CO_2 zu Carbiden (als „char" bezeichnet), Ölen und wasserlöslichen Komponenten. Die "Öle" sind Substanzen, die mit organischen Lösungsmitteln, wie beispielsweise Dichlormethan, extrahierbar sind. Der Ausdruck „wässrige Phase" bedeutet hier, das Filtrat, was durch Filtern des Restes aus der Extraktion mit organischen Lösungsmitteln erhalten wird. Der Ausdruck „feste Phase", wie er hier verwendet wird, bedeutet den Rest, der sich ergibt aus der Entfernung der Öle und der wässrigen Phase. Der Ausdruck „hydrothermische Behandlung" bedeutet einen Vorgang, bei dem das Speisematerial unter Druck gesetzt wird, und zwar auf ein Niveau höher als der Sättigungsdampfdruck bei der Reaktionstemperatur, und sodann erfolgt eine Erhitzung auf die Reaktionstemperatur, um eine chemische Reaktion zu bewirken. Bei der Behandlung von Abfällen, wie beispielsweise städtischen Abfällen, liegt die Reaktionstemperatur üblicherweise in der Größenordnung von 300 bis 350°C und der Druck beträgt ungefähr 150 Atmosphären.

[0004] Dieses Verfahren hat jedoch die folgenden Probleme. Abhängig von dem zu behandelnden oder zu verarbeitenden Abfall, kann die Speiseaufschlämmung für die hydrothermische Reaktion eine zu niedrige Fließfähigkeit oder zu hohe Viskosität besitzen, und der Wassergehalt der Speiseaufschlämmung muss auf ungefähr 85–90% erhöht werden, wobei dann die Wasserverarbeitungskapazität der Anlage ein Problem wird oder eine unangemessen große Energiebelastung bei den darauffolgenden Erhitzungs- und Kühloperationen erforderlich ist.

[0005] In einer Abfallbehandlungs- oder Verarbeitungsanlage macht die Speisezurückhaltungsanlage normalerweise eine Kapazität erforderlich, die groß genug ist, um Variationen bei der Eingabegröße zu absorbieren, sodass eine gleichförmige Qualität von Abfällen an die Anlage an der darauffolgenden Stufe geliefert werden kann. Beispielsweise gemäß den Richtlinien für den Aufbau von Abfallverarbeitungsanlagen, herausgegeben von dem Gesundheitsministerium von Japan, wird gefordert, dass eine Abfallaufnahme in der Verbrennungsanlage eine Kapazität haben sollte, die mindestens zwei Tagen einer projizierten maximalen täglichen Aufnahme entspricht. In der Tat hält eine Abfallaufnahme große Mengen an Abfällen zurück. Bei einer hydrothermischen Behandlungsanlage wird der Abfall zweckmäßigerweise in eine Speiseaufschlämmung transformiert, und zwar für die hydrothermische Reaktion, und zwar zurückgehalten in dem Tank unter Mischung, um so eine Gleichförmigkeit der Aufschlämmung vorzusehen. Infolge der Zurückhaltung einer großen Menge von Abfällen schreitet tatsächlich das Verfaulen der Aufschlämmung fort, um entweder das COD in der wässrigen Phase zu erhöhen, oder um Geruchs- und hygienische Probleme hervorzurufen.

[0006] Nach der hydrothermischen Reaktion wird die wässrige Phase von der Kohlenstoffaufschlämmung getrennt und die Konzentration des organischen Materials in der getrennten wässrigen Phase wird signifikant kleiner als beim organischen Material, welches in der wässrigen Phase der Speiseaufschlämmung vorhanden ist. Nichtsdestoweniger enthält die getrennte wässrige Phase noch immer organisches Material mit einer Konzentration von 2–3 × 10^4 ppm, und zwar im Normalfall, und muss mit in einer großen Menge von Wasser verdünnt werden, bevor ein Aussetzen gegenüber einer biologischen Behandlung vorgenommen werden kann. Im Falle des Vorhandenseins von Schwermetallen in der wässrigen Phase, ist eine biologische Behandlung praktisch nicht möglich und es muss ein Brennstoff zur Durchführung der Verbrennung verwendet werden, oder aber ein Vorgang muss vorgesehen werden, der Verdampfungs- oder Oxidationsbehandlungen umfasst.

[0007] Um die wässrige Phase aus der Kohlenstoffaufschlämmung, die der hydrothermischen Reaktion ausgesetzt wurde, zu entfernen, wird eine Entwässerung durch Filtration in dem darauffolgenden Konzentrationsschritt ausgeführt. Die Öle in der Aufschlämmung werden entweder an der Filteroberfläche anhaften oder das Filtermedium verstopfen, was ein häufiges Reinigen des Filters erforderlich macht. Da-

her macht die fortgesetzte Operation der hydrothermischen Reaktionsanlage nicht nur eine Hilfsmaschine zur Filtration erforderlich, sondern bewirkt auch eine beträchtliche Betriebslast.

[0008] Trotz des beträchtlichen Fortschritts bei den Studien der hydrothermischen Reaktion an sich bestehen zahlreiche Probleme, die gelöst werden müssen, bevor die Technologie zur Umwandlung von Abfällen in wertvolle Ausgangsstoffe in der Form einer konzentrierten Kohlenstoffaufschlämmung mit hohem Heizwert durch eine hydrothermische Reaktionsbehandlung als kommerzielles Verfahren implementiert werden kann.

[0009] Was den Stand der Technik anlangt, so sei speziell auf EP 0 646 547 A2 hingewiesen, wo ein Verfahren offenbart wird, und zwar zur Umwandlung organischen Abfalls unter Verwendung eines anaerobischen Fermentationsschritts, eines hydrothermischen Schritts, und eines Schritts zur Trennung des wasserlöslichen Materials (hydrolisierte Flüssigkeit) und für eine Rezirkulation der Flüssigkeit in den anaerobischen Fermentationsschritt.

[0010] Ferner offenbart U.S. Patent 4,657,681 A ein Verfahren zur Umwandlung organischer Materialien in brauchbare Produkte und ablagerbaren Abfall, und zwar einschließlich der Schritte des Zerkleinerns des organischen Materials in Teilchen, des Mischens der organischen Teilchen mit Wasser, um eine pumpbare Aufschlämmung zu erhalten, der Erhöhung der Temperatur und des Drucks der Aufschlämmung auf ungefähr 300° bis 500°C und ungefähr 540– 820 atm (8000 bis 12000 psig), und zwar in einem Reaktionsgefäß, um zu bewirken, dass die Aufschlämmung hydropyrolisiert wird, wodurch die Produkte der Hydropyrolyse getrennt werden, um Gase aus den Flüssigkeiten und Feststoffen zu entfernen, ferner die Trennung der Flüssigkeiten und Feststoffe, die Behandlung der gesonderten oder getrennten Gase und Flüssigkeiten, um so Hydrokohlenstoffkomponenten daraus zu extrahieren, und zwar unter Verwendung der Feststoffe direkt als Brennstoff.

[0011] Ein Ziel der Erfindung besteht daher darin, ein Verfahren vorzusehen zur Umwandlung von organischen Abfällen in wertvolle Ausgangsstoffe, wobei dieses Verfahren in der Lage ist, eine effektive hydrothermische Behandlung einer Aufschlämmung mit niedrigem Wassergehalt zu bewirken, was verhindert, dass die Aufschlämmung während der Zurückhaltung oder der Speicherung im Prozess verfault, wobei das Verfahren dennoch in der Lage ist, eine effektive Behandlung der wässrigen Phase der Aufschlämmung nach der hydrothermischen Behandlung auszuführen.

[0012] Das genannte Ziel der Erfindung kann durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 erreicht werden.

[0013] Anspruch 1 betrifft auch das Problem der Einstellung des Wassergehalts der Aufschlämmung in dem Fermentationsschritt und die Wiedereinstellung für den hydrothermischen Schritt, wodurch der Effekt der Giftstoffe hinsichtlich der anaerobischen Kulturen reduziert wird, und zwar durch die Verdünnung mit Wasser, und wodurch überschüssiges Wasser nach dem Fermentationsschritt entfernt wird, und zwar für einen verbesserten hydrothermischen Schritt.

[0014] Vorgesehen ist Folgendes:

ein hydrothermischer Behandlungsschritt, bei dem die Fermentationsaufschlämmung einer hydrothermischen Reaktion ausgesetzt wird, um dadurch eine Kohlenstoffaufschlämmung zu erzeugen; und

ein Konzentrationsschritt, in dem eine wässrige Phase von der Kohlenstoffaufschlämmung getrennt wird, um dadurch eine konzentrierte Kohlenstoftaufschlämmung mit einem hohen Heizwert zu erhalten.

[0015] **Fig.** 1 zeigt schematisch das Verfahren der Erfindung zur Umwandlung von Abfällen in wertvolle Ausgangsstoffe.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren wird nunmehr unter Bezugnahme auf die beigefügte **Fig.** 1 beschrieben.

[0017] **Fig.** 1 ist ein Flussdiagramm, welches schematisch das erfindungsgemäße Verfahren zur Umwandlung von Abfällen in wertvolle Ausgangsstoffe darstellt. Als erstes wird ein Speiseabfall **1** einem vorläufigen Verarbeitungs- oder Behandlungsschritt **2** ausgesetzt, und zwar zur Entfernung von groben Feststoffen und dgl. In diesem Schritt **2** werden die Feststoffe in dem Abfall fein zu Teilchen gemahlen, und zwar von weniger als einige wenige Millimeter und anorganisches Fremdmaterial, wie beispielsweise Glas, Kacheln, Steine und Metalle sollten so viel wie möglich entfernt werden. Wenn der Abfall im Wesentlichen frei von Feststoffen ist oder aber wenn die Feststoffe, die anfangs vorhanden waren, so klein sind wie im Falle einer Aufschlämmung, oder aber Flüssigabfälle, die nicht gemahlen werden müssen, so ist es optional möglich, eine Hindurchleitung durch ein Sieb vorzusehen, um grobe Feststoffe zurückzuweisen, die größer sind als ungefähr 10 mm, wobei diese Zurückweisung als Fremdmaterial oder Fremdstoffe **3** erfolgt. Eine Abfallaufschlämmung kann leicht dadurch erhalten werden, dass man den Abfall in einer Flüssigkeit suspendiert und das Mahlen oder Schleifen und die Trennvorgänge ausführt. Alternativ kann die Abfallaufschlämmung dadurch erhalten werden, dass man als erstes den Abfall mahlt und trennt und sodann den Rest mit einer Flüssigkeit mischt. Eine andere Möglichkeit zur Herstellung der Abfallaufschlämmung besteht darin, dass man Wasser dem Abfall im nächsten Schritt der Methanfermentation hinzufügt.

[0018] Auf den vorläufigen bzw. vorausgehenden Behandlungsschritt **2** folgt ein Methanfermentationsschritt **4**, in dem entweder der Abfall oder die Abfallaufschlämmung, der bzw. die sich aus der vorläufigen Behandlung ergeben, an einen anaerobischen Digester oder Verarbeiter geliefert werden, und zwar von einem Ende des Bodens, wobei eine Zurückhaltung in dem Umsetzer bzw. Digester unter einer anaerobischen Kondition erfolgt, und wobei ein Neutral-

bereich von pH 6–8 aufrechterhalten wird und ferner eine Temperatur von ungefähr 30–60°C beibehalten wird, und wobei ferner die Einstellung derart vorgesehen ist, dass das wasserlösliche organische Material in der Flüssigkeit in der Mitte bis zum oberen Teil des Umsetzers bzw. Digesters hin einen COD-Pegel von ungefähr 5.000 bis 100.000 mg/L besitzt. Diese Einstellung wird erreicht durch Hinzufügung von Zusatzwasser **5**. In dem Digester schwimmen methanogene Zellen, die an den Blasen des Kohlendioxids anhaften und Methangase schweben zur Oberseite der Flüssigkeit, geben die Gase frei und setzen sich am Boden ab, wodurch ein geeignetes Ausmaß an Agitation oder Bewegung im mittleren und oberen Teil des Digesters hervorgerufen wird. Der Digester ist von einer Bauart mit einem geschlossenen Gefäß, wobei der Flüssigkeitspegel im Wesentlichen konstant ist, und methanreiches Fermentationsgas **6** sich oben ansammelt und wiedergewonnen wird.

[0019] Das Zusatzwasser **5** wird dazu verwendet, um den Wassergehalt der Abfallaufschlämmung einzustellen, und zwar auf ein Niveau geeignet für die Methanfermentation. Wenn ein Tauchmahlgerät verwendet wird, wie beispielsweise eine Pulpe-Vorrichtung (Pulper), und zwar zum Mahlen des Abfalls in dem vorläufigen Behandlungsschritt **2**, oder aber, wenn eine schwere Trennvorrichtung oder ein Flüssigkeitszyklon bei der Trennung von Fremdstoffen verwendet werden, so wird eine größere Betriebseffizienz dadurch sichergestellt, dass man den Feststoffgehalt in dem Abfall reduziert. Zu diesem Zweck kann Zusatzwasser **5** im vorläufigen Behandlungsschritt **2** geliefert werden, oder aber alternativ kann dieses dem Abfall **1** in der Zurückhaltungsstufe vor dem vorläufigen Behandlungsschritt **2** hinzugefügt werden. In der Praxis wird der Wassergehalt der Abfallaufschlämmung im vorläufigen Behandlungsschritt **2** auf das gleiche Niveau eingestellt wie der Wassergehalt, der in dem Methanfermentationsschritt **4** vorgesehen werden muss, oder aber alternativ wird die vorläufige Behandlung mit einem höheren Wassergehalt als in dem Methanfermentationsschritt ausgeführt und der Abfall wird nach der vorläufigen Behandlung entwässert, wobei das sich ergebende Wasser zur weiteren Verwendung dem vorläufigen Behandlungsschritt **2** zugeführt wird.

[0020] Anstelle von oder zusammen mit dem Zusatzwasser **5** kann das Zirkulationswasser **9** vom Entwässerungsschritt **8** nach der Methanfermentation oder das Zirkulationswasser **16** vom Konzentrationsschritt **14**, der noch unten beschrieben werden wird, zurückgeführt werden zu dem vorläufigen Behandlungs- oder Verarbeitungsschritt **2** oder dem Methanfermentationsschritt **4**. Dies bewirkt eine Einsparung des Zusatzwassers **5** oder eine Reduzierung des vom System abzugebenden Abflusses **15**.

[0021] Die methanogenen Zellen zirkulieren hauptsächlich von der Mitte zum oberen Teil des Digesters und umgekehrt, und somit fließen diejenigen Zellen, die sich bei der geringeren Geschwindigkeit multiplizieren, aus dem Digester in einer begrenzten Menge heraus, wenn die Fermentationsaufschlämmung **7** vom Boden des Digesters an einem Ende entgegengesetzt zum Versorgungspunkt herausgezogen oder abgesaugt wird. Eine bestimmte Art von Abfällen hat eine geringere spezifische Schwere als die Flüssigkeit im Digester und schwimmt somit an der Oberseite. Wenn die Einführung derartigen Abfalls vorausgesehen wird, so wird empfohlen, einen Mechanismus zu verwenden, der die Oberfläche der Flüssigkeit schwach agitiert oder aufrührt, was bewirkt, dass die methanogene Zelle an den Blasen wächst, um sich am Boden abzusetzen, und wobei dies den schwebenden Abfall entfernt; der somit abgegebene Abfall aus dem Digester kann mit der Fermentationsaufschlämmung, abgezogen vom Boden des Digesters, kombiniert werden. Es sei hier bemerkt, dass der Digester keine toxischen Substanzen mit Konzentrationen enthalten sollte, die hoch genug sind, um die Methanfermentation zu stören; als Leitzahl gilt Folgendes: der Gehalt an ammoniakalem Stickstoff sollte unterhafb 200 mg/L gehalten werden und der Gehalt von Schwefel als Wasserstoffsulfid sollte unterhalb 100 mg/L gehalten werden. Das Halten der Giftstoffe auf praktisch akzeptablen niedrigen Pegeln ist ein weiterer Grund für die Einstellung der Versorgung des Zusatzwassers.

[0022] In der Methanfermentation wird das wasserlösliche organische Material selektiv derart konsumiert, dass die viskosen Substanzen verschwinden, was die Viskosität der Abfallaufschlämmung absenkt, und zwar auf ein Niveau nahe demjenigen von normalem Wasser. Diesbezüglich ist die Methanfermentation in signifikanter Weise effektiv bei der Modifikation von Abfällen, die große Mengen an Stärken, Proteinen und mikrobialen Zellen enthalten. Der Fortschritt der Methanfermentation ist bei den feinen Teilchen des Abfalls nicht substantiell, die sich nicht im Wasser auflösen. Leicht degradierbares organisches Material, wie beispielsweise Müll, erfährt jedoch eine fortlaufende Verfaulung und zerlegt sich während der hydrothermischen bzw. hydrothermalen Behandlung im nächsten Schritt in eine Form, die in der einfachsten Weise als ein Aufschlämmungsschmiermittel funktioniert.

[0023] Die aus dem Digester abgezogene Fermentationsaufschlämmung **7** wird zu dem hydrothermischen Behandlungsschritt **11** geschickt, wobei aber vor diesem Schritt die Aufschlämmung vorzugsweise dem Entwässerungsschritt **8** ausgesetzt wird, um eine Speiseaufschlämmung **10** für die hydrothermische Behandlung herzustellen. Wie bereits erwähnt, kann das aus der Aufschlämmung abgesonderte Wasser als das Fermentationszirkulationswasser **9** in den Digester in dem Methanfermentationsschritt **4** zurückgeführt werden. Wenn der Wassergehalt in der Speiseaufschlämmung **10** durch diesen Entwässerungsschritt minimiert wird, so kann die Größe der Pumpen, der Wärmeaustauscher und die Größe des Reaktionsgefäßes in dem hydrothermischen Be-

handlungssystem reduziert werden und die thermische Last bzw. der thermische Aufwand, erfordert für die Erhitzungs- und Kühloperationen, wird auch reduziert. Es braucht nicht darauf hingewiesen zu werden, dass die Aufschlämmung hinreichend fließfähig gehalten werden muss, um als ein Fluid durch die Pumpe und die Rohrleitungen laufen zu können.

[0024] Der entsprechende Wassergehalt variiert entsprechend der Art des zu behandelnden Abfalls. Wenn die Abfälle reich an Nahrungsmittelabfall sind, so arbeiten die nicht verdauten oder nicht zerlegten Feststoffe als ein Schmiermittel, welches der Aufschlämmung Fließfähigkeit aufprägt, und somit kann die Menge an freiem Wasser auf einen extrem niedrigen Pegel reduziert werden und es ist praktisch möglich, eine Aufschlämmung herzustellen, die einen Wassergehalt von ungefähr 40% besitzt.

[0025] Die entwässerte Speiseaufschlämmung **10** wird dem hydrothermischen Behandlungsschritt **11** ausgesetzt, indem die Aufschlämmung hoher Temperatur bei hohem Druck ausgesetzt ist. In einer hydrothermischen Reaktion ist die Temperatur typischerweise 250–350°C und der Druck ist üblicherweise 50–200 Atmosphären, sollte aber höher sein als der Sättigungsdampfdruck bei einer gegebenen Temperatur. Die Reaktionszeit nimmt mit ansteigender Temperatur ab und liegt typischerweise im Bereich von einigen zehn Minuten bis zu einer oder zwei Stunden. Eine Reaktion, bei der Halogene und Sauerstoff die Verbindungen in der Speiseaufschlämmung verlassen, wird anfangen bei einer Temperatur von ungefähr 250°C aufzutreten. Eine Oxidationsatmosphäre begünstigt diese Reaktion nicht, wobei aber bei Nichtvorhandensein einer beabsichtigten Sauerstoffeinblasung ein starker Reduktionszustand vorherrscht, um den Fortschritt der Deoxygenerierung und Dehalogenierung zu gestatten.

[0026] Als Ergebnis dieser hydrothermischen Behandlung wird die Kettenstruktur des Moleküls aufgebrochen und eine Emission **12** wird abgegeben, wobei diese hauptsächlich aus Folgendem besteht: Kohlendioxidgas mit kleinen Mengen an Wasserstoffsulfid, Merkaptan, Ammoniak usw. Die Kohlenstoffaufschlämmung **13**, die aus dem hydrothermischen Behandlungsschritt **11** austritt, ist eine Mischung aus einer festen Phase mit sprödem Material (Holzkohle, char) von hohem Kohlenstoffgehalt, Ölen und einer wässrigen Phase, die wasserlösliche organische Verbindungen (beispielsweise niedrigere organische Säuren, Alkohole, Aldehyde und Ketone) und Salze darin aufgelöst aufweist. Der Gehalt an Ölen in der Kohlenstoffaufschlämmung **13** ist klein, da die Speiseaufschlämmung **10**, die durch die Methanfermentation erhalten wurde, bereits den Wasserstoffgehalt reduzierte, und zwar infolge der Methanbildung aus dem anfänglichen Abfall. Zudem ist die Menge an organischen Verbindungen in der wässrigen Phase der Kohlenstoffaufschwemmung **13** auch deshalb klein, da die Menge an wasserlöslichem organischem Material in der Speiseaufschlämmung **10** selektiv abgenommen hat, und zwar infolge der Methanfermentation. Die Öle in der Kohlenstoffaufschlämmung **13** sind normalerweise teer- oder pechartig schwere Öle mit üblicher Temperatur und ihr Gießpunkt überschreitet typischerweise 50°C.

[0027] Als ein Ergebnis der De- oder Entoxigenierungsreaktion wird die Viskosität der wässrigen Phase fast gleich derjenigen des Wassers und zudem sind die feste Phase und die Öle stark absetzbar und bilden keine Kolloide; somit kann die Kohlenstoffaufschlämmung **13** in effizienter Weise entwässert werden.

[0028] Die aus dem hydrothermischen Behandlungsschritt **11** austretende Kohlenstoffaufschlämmung **13** wird zum Konzentrationsschritt **14** geliefert, wo sie von der wässrigen Phase befreit wird, um eine konzentrierte Kohlenstoffaufschlämmung **17** zu werden, die einen geringeren Wassergehalt hat und somit einen erhöhten Heizwert. Abhängig von der Art des zu behandelnden Abfalls enthält die in dem Konzentrationsschritt **14** eingespeiste Kohlenstoffaufschlämmung Holzkohle (char) und Öle, die niedrigere spezifische Gewichte besitzen als die wässrige Phase, und daher ist die Entwässerung durch Filtration eine übliche Verfahrensweise im Konzentrationsschritt. Zu diesem Zweck muss die Kohlenstoffaufschlämmung **13** auf die niedrigst mögliche Temperatur unterhalb 50°C abgekühlt werden, um die Öle in eine feste Form umzuwandeln, bevor die Konzentration durch Entwässerung erfolgt. Wenn die Kühlung während des Konzentrationsprozesses erfolgt, derart, dass die Öle sich aus einem flüssigen in einen festen Zustand umwandeln, so werden die Öle an der Konzentrationsvorrichtung (d. h. im Filter) anhaften, um die Leerstellen und die Oberfläche des Filters zu verstopfen und auch das Gleichgewicht des sich schnell bewegenden Rotors zu verletzen. Die in dem Konzentrationsschritt **14** getrennte wässrige Phase besitzt den COD-Pegel oder das COD-Niveau beträchtlich vermindert verglichen mit der Speiseaufschlämmung, die noch der Methanfermentation ausgesetzt werden muss (COD = mehrere Male das Zehnfache von Tausend mg/L); der COD-Pegel dieser wässrigen Phase ist jedoch noch immer hoch. Daher wird sie vorzugsweise als hydrothermisches Reaktionszirkulationswasser **16** zurück zum Umsetzer bzw. Digester geführt, und zwar für die Methanfermentation, um dadurch das Volumen des Zusatzwassers **5** zu reduzieren, das dem Digester zugeführt werden muss und ferner, um den Abfluss **15**, der vom System abgegeben werden muss, zu reduzieren. Es sei jedoch bemerkt, dass die Menge des Zirkulationswassers, welches zum Digester zurückgeführt werden muss, derart gewählt sein muss, dass die Konzentrationen der toxischen Substanzen für die Methanfermentation, wie beispielsweise Ammoniak, Stickstoff und Schwefel als Wasserstoffsulfid nicht hoch genug sind, um die Methanfermentation zu stören.

[0029] Das folgende Beispiel dient zum Zwecke der

Veranschaulichung der vorliegenden Erfindung, soll aber nicht als Einschränkung verstanden werden.

BEISPIEL:

[0030] Städtische Abfälle wurden in eine Aufschlämmung umgewandelt und zwei Experimenten ausgesetzt; in einem Experiment wurde die Abfallaufschlämmung sowohl einer Methanfermentation als auch einer hydrothermischen Reaktion ausgesetzt; in dem anderen Experiment wurde die Aufschlämmung nur einer hydrothermischen Behandlung ausgesetzt.

[0031] Die städtischen Ausgangsabfälle bestanden aus drei Komponenten; 40% Wasser, 52% brennbare Materialien und 8% Asche, wobei die brennbaren Materialien aus 48% C, 8% H, 42% O, 1,0% Cl, 0,6% N und 0,4% S bestanden.

[0032] Die städtischen Abfälle dieser Zusammensetzung wurden soweit wie möglich vom Aschengehalt befreit, und, nach der Zugabe von Wasser wurde der Abfall mit einem Mischer gemahlen, und zwar auf Teilchen nicht größer als einige wenige Millimeter; darauffolgend auf die Zugabe von methanogenischen Zellen ließ man die Aufschlämmung mit einem pH-Wert von 7–8 10 Tage lang bei einer Temperatur von 34–38°C stehen. Methan und Kohlendioxidgase entwickelten sich in den entsprechenden Mengen von 89 g und 105 g pro Kilogramm des Abfalls. Die Konzentration des Methans relativ zur Summe von Methan und Kohlendioxid betrug 70 Volumen-%.

[0033] Die sich ergebende Aufschlämmung wurde gefiltert, und zwar stehend auf einem Filterpapier, und die Analyse zeigte, dass sie aus Folgendem bestand: 54% Wasser, 44% brennbare Materialien und 2% Asche, wobei die brennbaren Materialien aus Folgendem bestanden: 47% C, 5% H, 44% O, 1,5% Cl, 0,9% N und 0,6% S.

[0034] Diese Speiseaufschlämmung, die der Methanfermentation ausgesetzt war und die andere Speiseaufschlämmung, die nicht der Methanfermentation ausgesetzt war, wurden jeweils einer hydrothermischen Behandlung ausgesetzt, und zwar in einem Autoklaven bei einer Temperatur von 325°C für eine Reaktionsdauer von 10 Minuten bei einem Druck von 150 Atmosphären.

[0035] Die Kohlenstoffaufschlämmung, die sich aus der hydrothermischen Behandlung der Speiseaufschlämmung ergab, die nicht der Methanfermentation ausgesetzt war, bestand aus Folgendem: 28% Öle, 13% Gase, 47% feste Phase und 12% lösliches Material in der wässrigen Phase. Im Gegensatz dazu bestand die Kohlenstoffaufschlämmung, die sich aus der hydrothermischen Behandlung der Speiseaufschlämmung ergab, die der Methanfermentation ausgesetzt war, aus Folgendem: 19% Öle, 9% Gase, 68% feste Phase und 4% lösliches Material in der wässrigen Phase.

[0036] Die hydrothermische Behandlungsphase akzeptiert verschiedene Typen oder Arten von organischen Abfällen, und zwar im Bereich von städtischen Abfällen, über Exkremente bis zu industriellen Abfällen; es ist keine strikte Sortierung erforderlich, unabhängig davon, ob der Abfall, der zu behandeln ist, in fester Form, in Schlammform, als Flüssigkeit oder in irgendeiner anderen Form vorliegt, doch können konzentrierte Kohlenstoffaufschlämmungen mit hohen Heizwerten erzeugt werden. Die konzentrierten Kohlenstoffaufschlämmungen können direkt als Brennstoffe verwendet werden, und zwar für Kessel mit fluidisiertem Bett, oder sie können zu CWM umgewandelt werden als Brennstoff in der Verbrennung mit Brennern, oder aber alternativ können sie als ein Ausgangsmaterial für die Synthese von Ammoniak durch den Texaco-Prozess verwendet werden. Somit können die organischen Abfälle in wertvolle Ausgangsmaterialien umgewandelt werden, die einen großen Bereich von Anwendungen besitzen.

[0037] Insbesondere wird die Speiseaufschlämmung zur hydrothermischen Behandlung der Zerlegung oder Dekomposition durch Methanfermentation als vorläufiger oder vorausgehender Schritt ausgesetzt, und dies bietet die folgenden Vorteile:

(1) Methan wird in einer hinreichend hohen Konzentration erhalten, um als ein Brennstoff oder ein chemisches Reaktionsmittel brauchbar zu sein.

(2) Die Viskosität und der Wassergehalt der Speiseaufschlämmung kann hinreichend reduziert werden, um die Verwendung kompakter Gerätschaften in der hydrothermischen Behandlung und der Trennung der wässrigen Phase vom hydrothermischen Reaktionsprodukt zu gestatten, wodurch eine signifikante Verringerung des Investments und der Betriebskosten auftritt;

(3) in einer Abfallbehandlungs- oder Verarbeitungsanlage der durch die Erfindung ins Auge gefassten Art sind die Zurückhaltung des erhaltenen Abfalls und seine Homogenisierung zwei wesentliche Schritte und dieses Erfordernis wird durch den anaerobischen Digester erfüllt, der als ein Methanfermentierer in der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

(4) der Gehalt an organischem Material in der wässrigen Phase, die von der Kohlenstoffaufschlämmung nach der hydrothermischen Behandlung getrennt wird, ist so stark reduziert, dass die darauffolgende Behandlung des Abflusses leicht durchgeführt werden kann;

(5) Die in der Aufschlämmung erzeugten Öle, und zwar durch die hydrothermische Reaktion, werden an den Leerräumen in einem Filter anhaften, oder diese verstopfen, wobei der Filter zur Entwässerung der Aufschlämmung verwendet wird, um eine konzentrierte Kohlenstoffaufschlämmung zu erzeugen, von der die wässrige Phase getrennt ist; erfindungsgemäß wird der Gehalt derartiger Öle durch die Zerlegung oder die Dekomposition durch Methanfermentation reduziert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Umwandlung von organischen Abfällen in verwertbare Stoffe, d. h. ein Methan enthaltendes Gas und eine Kohlenstoftaufschlämmung die eine Mischung ist aus einer festen Phase die hauptsächlich aus Holzkohle (char); Ölen und einer wässrigen Phase besteht, wobei das Verfahren folgendes vorsieht:
einen Methanfermentationsschritt (**4**) in dem eine Aufschlämmung organischen Abfalls in einem anaerobischen Umsetzer gehalten ist, um dadurch ein Methan enthaltendes Gas und eine Fermentationsaufschlämmung zu erhalten, wobei Wasser dem organischen Abfall in dem erwähnten Methanfermentationsschritt **4** zugeführt wird, um dadurch eine Aufschlämmung des erwähnten Abfalls zu bilden, die Bedingungen für die Fermentation aufrecht zu erhalten, und um die Giftstoffe auf annehmbar niedrigen Niveaus zu halten;
ein Entwässerungsschritt (**8**) um den Wassergehalt der Fermentationsaufschlämmung zu reduzieren, bevor diese einer hydrothermischen Reaktion ausgesetzt wird;
ein hydrothermischer Behandlungsschritt (**11**) in dem die entwässerte Fermentationsaufschlämmung einer hydrothermischen Reaktion unterworfen wird, um dadurch eine Kohlenstoffaufschlämmung zu erzeugen, wobei in dem hydrothermischen Behandlungsschritt die Fermentationsaufschlämmung auf einer hohen Temperatur von ungefähr 250°C bis ungefähr 350°C gehalten wird, ferner auf einem hohen Druck von ungefähr 50 bis ungefähr 200 Atmosphären, wobei dieser Druck höher ist als ein Sättigungsdruck bei der hohen Temperatur, und zwar für 10 Minuten bis 2 Stunden, um eine hydrothermische Reaktion durchzuführen, und zwar zur Erzeugung einer Kohlenstoffaufschlämmung die eine feste Phase enthält, welche aus Holzkohle (char9 mit einem hohen Kohlenstoffgehalt, Ölen und einer wässrigen Phase besteht, und zwar einschließlich wasserlöslicher organischer Verbindungen; und ein Konzentrationsschritt (**14**) in dem eine wässrige Phase von der Kohlenstoffaufschlämmung getrennt wird, um dadurch eine konzentrierte Kohlenstoffaufschlämmung mit einem hohen Heizwert zu erhalten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Aufschlämmung organischen Abfalls von grobem festen Material vor der Aussetzung gegenüber dem erwähnten Methanfermentationsschritt **4** befreit wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die in dem Entwässerungsschritt (**8**) abgetrennte Flüssigkeit zur dem anaerobischen Aufbereiter bzw. Digestor zurückgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die in dem Konzentrationsschritt abgetrennte wässrige Phase zu dem anaerobischen Aufbereiter bzw. Digestor zurückgeführt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

