(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 518544 A4 2017-11-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50387/2016
(22) Anmeldetag: 29.04.2016
(43) Veröffentlicht am: 15.11.2017

(51) Int. Cl.: ***C25B 3/02*** (2006.01)
C25B 3/04 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2009138368 A1
DE 19944990 A1
US 7488409 B1
GB 1113497 A

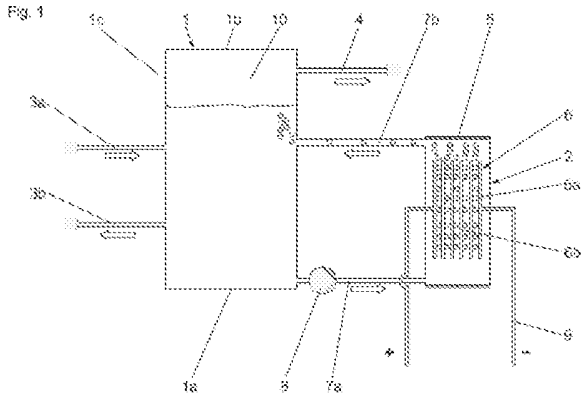
(71) Patentanmelder:
pro aqua Diamantelektroden Produktion GmbH & Co KG
8712 Niklasdorf (AT)

(74) Vertreter:
Redl Gerda Dipl.Ing. Dr.
1220 Wien (AT)

AT 518544 A4 2017-11-15

(54) **Verfahren zur elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen und Verwendung einer einkammrigen als Durchflusszelle konzipierten Elektrolysezelle zur elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen in einen gasförmigen Brennstoff**

(57) Verfahren zur elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen, wobei die Reststoffe in einer Elektrolytlösung gelöst, suspendiert oder emulgiert sind oder werden und die Elektrolytlösung alkalisch ist oder alkalisch eingestellt wird, wobei die Elektrolytlösung in zumindest einer einkammrigen als Durchflusszelle (2) konzipierten Elektrolysezelle, welche ein Elektrodenpaket (6) aus zumindest zwei an eine Spannungsquelle (9) angeschlossenen Kontaktelektroden (6a) aufweist, kontinuierlich ein- und ausgeleitet wird, wobei sie das Elektrodenpaket (6) durchströmt, und wobei in der Elektrolysezelle durch Einstellen von Prozessparametern aus zumindest einer der organischen Verbindungen ein gasförmiger Brennstoff gebildet wird, welcher aus der Elektrolysezelle ausgetragen und abgeleitet wird.



Zusammenfassung

Verfahren zur elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen,
wobei die Reststoffe in einer Elektrolytlösung gelöst, suspendiert oder emulgiert sind oder werden und die Elektrolytlösung alkalisch ist oder alkalisch eingestellt wird,
wobei die Elektrolytlösung in zumindest einer einkammrigen als Durchflusszelle (2) konzipierten Elektrolysezelle, welche ein Elektrodenpaket (6) aus zumindest zwei an eine Spannungsquelle (9) angeschlossenen Kontaktelektroden (6a) aufweist, kontinuierlich ein- und ausgeleitet wird, wobei sie das Elektrodenpaket (6) durchströmt,
und wobei in der Elektrolysezelle durch Einstellen von Prozessparametern aus zumindest einer der organischen Verbindungen ein gasförmiger Brennstoff gebildet wird, welcher aus der Elektrolysezelle ausgetragen und abgeleitet wird.

pro aqua Diamantelektroden Produktion GmbH & Co KG **PA 8589 AT**

Beschreibung

Verfahren zur elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen und Verwendung einer einkammrigen als Durchflusszelle konzipierten Elektrolysezelle zur elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen in einen gasförmigen Brennstoff

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen.

Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung einer einkammrigen als Durchflusszelle konzipierten Elektrolysezelle zur elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen in einen gasförmigen Brennstoff.

Es ist üblich bei Industrieprozessen anfallende Reststoffe, wie beispielsweise die bei der Herstellung von Zellulose als Nebenprodukt anfallende ligninhaltige Schwarzlauge, zu verbrennen. Durch die Schwarzlaugenverbrennung wird ein erheblicher Teil des Energiebedarfs für die Zelluloseherstellung gedeckt. Ferner ist es bekannt, aus Schwarzlaugen in Biogasanlagen Biogas zu erzeugen, dessen Hauptkomponenten Methan und Kohlenstoffdioxid sind.

Aus der EP 2 276 877 B1 ist ein Verfahren zur elektrochemischen Spaltung von Lignin bekannt, bei welchem eine wässrigen Lösung oder eine Suspension des Lignins in einer Elektrolysezelle elektrolysiert wird. Die Elektrolysezelle weist als Anode beispielsweise eine Diamantelektrode auf, als Kathodenmaterial kann beispielsweise Platin, Nickel oder Molybdän verwendet werden. Die wässrige Lösung bzw. Suspension weist einen pH-Wert von höchstens 11 auf, wobei das Verfahren vorzugsweise in einer sauren Lösung mit einem

pH-Wert ≤ 3 durchgeführt wird. Bei der elektrochemischen Spaltung des Lignins werden flüssige Hydroxybenzaldehydderivate und/oder Phenolderivate gebildet, welche dem Reaktionsprodukt über eine Destillation oder eine Extraktion entzogen werden können. Zu den durch die elektrochemische Spaltung gebildeten Derivaten gehören insbesondere Guajakol, Vanillin und Acetovanillon.

Eine Rückgewinnung oder eine zielgerichtete Aufarbeitung von in Reststoffen enthaltenen bzw. als solche anfallenden organischen Verbindungen ist mit den bekannten Verfahren nicht vorgesehen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, bei industriellen Produktions- oder Verwertungsprozessen in Reststoffen enthaltene oder als Reststoffe anfallende organische Verbindungen auf Umwelt schonende Weise einer alternativen Verwertung mit hohem Wirkungsgrad und hoher Ausbeute zuzuführen.

Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein
Verfahren zur elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen,
wobei die Reststoffe in einer Elektrolytlösung gelöst, suspendiert oder emulgiert sind oder werden und die Elektrolytlösung alkalisch ist oder alkalisch eingestellt wird,
wobei die Elektrolytlösung in zumindest einer einkammrigen als Durchflusszelle konzipierten Elektrolysezelle, welche ein Elektrodenpaket aus zumindest zwei an eine Spannungsquelle angeschlossenen Kontaktelektroden aufweist, kontinuierlich ein- und ausgeleitet wird, wobei sie das Elektrodenpaket durchströmt,
und wobei in der Elektrolysezelle durch Einstellen von einem oder mehreren Prozessparameter(n) aus zumindest einer der organischen Verbindungen ein gasförmiger Brennstoff gebildet wird, welcher aus der Elektrolysezelle ausgetragen und abgeleitet wird.

Die gestellte Aufgabe wird ferner gelöst durch die
Verwendung einer einkammrigen als Durchflusszelle konzipierten Elektrolysezelle, welche ein Elektrodenpaket aus zumindest zwei an eine Spannungsquelle angeschlossenen Kontaktelektroden aufweist, zur elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen

enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen in einen gasförmigen Brennstoff,
wobei die Reststoffe in einer alkalischen Elektrolytlösung gelöst, suspendiert oder emulgiert sind,
wobei die Elektrolytlösung die Elektrolysezelle und damit das Elektrodenpaket kontinuierlich durchströmt,
und wobei in der Elektrolysezelle aus zumindest einer der organischen Verbindungen ein gasförmiger Brennstoff gebildet wird, welches aus der Elektrolysezelle ausgetragen und abgeleitet wird.

Vorzugsweise wird bzw. werden als brennbarer Hauptbestandteil bzw. als brennbare Hauptbestandteile des gasförmigen Brennstoffes einer bzw. mehrere aus der Gruppe Wasserstoff und gasförmige Kohlenwasserstoffe, insbesondere Ethan, Propan, Butan, Ethen, Propen und Buten gebildet. Ebenso ist die Verwendung der Elektrolysezelle zur Bildung eines solchen gasförmigen Brennstoffes bevorzugt.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der erfindungsgemäßen Verwendung ist es möglich, als Reststoffe anfallende oder in Reststoffen enthaltene organische Verbindungen elektrochemisch in einen gasförmigen Brennstoff zu konvertieren.

Die Hydroxidionen der alkalischen Elektrolytlösungen polarisieren funktionelle Gruppen der in ihr enthaltenen organischen Verbindungen, wodurch sich beispielsweise aus Carbonsäuren Carbonsäureanionen bilden. Sowohl die polarisierten Verbindungen als auch die etwaigen gebildeten stark polaren Anionen können vorteilhafterweise besonders leicht elektrochemisch konvertiert werden. Idealerweise reagieren die Hydroxidionen auch mit unlöslichen organischen Verbindungen zu löslichen organischen Verbindungen. Beispielsweise werden in Reststoffe enthaltene oder als Reststoffe anfallende wasserunlösliche Fette durch die Reaktion mit Hydroxidionen in wasserlösliche Salze der Fettsäuren und wasserlösliche Alkohole gespalten (Verseifung). Die auf diese Weise in der Elektrolytlösung gelösten organischen Verbindungen können ebenfalls elektrochemisch in einen gasförmigen Brennstoff konvertiert werden.

Der gebildete gasförmige Brennstoff kann vorteilhafter Weise als Sekundärrohstoff eingesetzt werden, insbesondere kann der gasförmige Brennstoff bzw. können Hauptbestandteile des Brennstoffes über eine Dampfreformierung in ein Synthesegas, welches sich ideal zur Herstellung weiterer industriell einsetzbarer organischer Verbindungen eignet, umgewandelt werden. So kann Synthesegas beispielsweise zur Herstellung von Methanol oder für Fischer-Tropsch-Synthesen eingesetzt werden. Ferner kann aus dem gebildeten gasförmigen Brennstoff in einem Blockheizkraftwerk elektrische Energie und Wärme gewonnen werden. Zusätzlich können aus der elektrolysierten alkalischen Lösung, aus welcher der Brennstoff gewonnen wurde, Chemikalien zurückgewonnen werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Elektrolytlösung in einer Elektrolysezelle, deren Elektrodenpaket zwischen den Kontaktelektroden zumindest eine weitere, insbesondere eine bipolare Elektrode aufweist, kontinuierlich ein- und aus dieser ausgeleitet. Durch das Vorsehen weiterer Elektroden, wird die Brennstoffausbeute erhöht.

Besonders bevorzugt ist es, wenn die Elektrolysezelle zwischen den Kontaktelektroden zumindest eine Diamantelektrode, insbesondere eine Diamantpartikelelektrode, aufweist. Diamantelektroden, insbesondere Diamantpartikelelektroden, zeichnen sich durch ihre chemische Stabilität sowie durch ihre hohe Sauerstoffüberspannung aus, durch welche die bei der elektrochemischen Oxidation von organischen Verbindungen konkurrierend auftretende Sauerstoffbildung minimiert werden kann, sodass die Brennstoffausbeute weiter gesteigert wird.

Erfindungsgemäß kann die Elektrolysezelle als Kontaktelektroden und als etwaige vorgesehene weitere Elektrode(n) direkt kontaktierbare Diamantelektroden, insbesondere Diamantpartikelelektroden, platinbeschichtete Titanelektroden, Mischoxidelektroden, insbesondere Ir/Ru-beschichtete Titanelektroden, oder Elektroden aus Glaskohlenstoff, Grafit oder aus Kohle enthalten.

Der bzw. die Prozessparameter, welcher bzw. welche beim erfindungsgemäßen Verfahren eingestellt wird bzw. werden, ist bzw. sind zumindest einer der folgenden Parameter: die

Verweilzeit der Elektrolytlösung in der Elektrolysezelle, die Temperatur der Elektrolytlösung, der pH-Wert der Elektrolytlösung, die Ionenkonzentration der Elektrolytlösung, die Stromstärke und/oder die Spannung der Spannungsquelle. Insbesondere kann durch Einstellen der Stromstärke und der Spannung der Spannungsquelle eine elektrochemische Konversion der organischen Verbindungen in einen gasförmigen Brennstoff besonders komfortabel herbeigeführt werden, wobei durch eine Feinabstimmung dieser Parameter besonders hohe Brennstoffausbeuten erzielt werden können.

Die der Elektrolysezelle zugeführte bzw. die in der Elektrolysezelle zur Elektrolyse verwendete alkalische Elektrolytlösung weist vorzugsweise eine Ionenkonzentration von mindestens 0,1 mol/l auf. Solche Elektrolytlösungen sind der Elektrolyse besonders gut zugänglich. Die maximale Ionenkonzentration der Elektrolytlösung ist für die jeweiligen Ionen durch die Sättigungskonzentration der Ionen festgelegt.

Bei einer möglichen Variante der Erfindung wird der Elektrolytlösung vor dem Einbringen in die Elektrolysezelle zumindest eine Verbindung zur Bildung von Alkalimetallionen, vorzugsweise von Kaliumionen und/oder Natriumionen, zugesetzt bis die Ionenkonzentration mindestens 0,1 mol/l beträgt. Die Elektrolysezelle wird daher zur Elektrolyse einer alkalischen Elektrolytlösung, welche Alkalimetallionen, vorzugsweise Kaliumionen und/oder Natriumionen, enthält, verwendet. Diese Ionen sind wegen ihrer hohen Wasserlöslichkeit besonders geeignet und sind vorteilhafterweise an der elektrochemischen Konversion nicht beteiligt, da ihr Standardelektrodenpotential geringer ist als jenes von Wasserstoff. Ferner bilden Kalium- und Natriumionen mit den organischen Verbindungen wasserlösliche organische Salze und somit elektrochemisch konvertierbare Verbindungen. Kaliumionen sind ferner deshalb besonders geeignet, weil sich die um sie in wässriger Lösung ausbildende Hydrathülle besonders klein ist. Kaliumionen weisen daher einen besonders geringen hydrodynamischen Widerstand auf und sind dementsprechend in wässrigen Lösungen besonders gut beweglich, sodass auch die elektrische Leitfähigkeit einer Kaliumionen enthaltenden Elektrolytlösung besonders hoch ist.

Bei einer bevorzugten Variante der Erfindung weist die alkalische Elektrolytlösung einen pH-Wert von mindestens 8, insbesondere von mindestens 10, auf oder wird auf einen solchen pH-Wert eingestellt. Die bei diesem pH-Wert vorliegende Konzentration an Hydroxidionen trägt zu einer schnellen und effektiven Polarisation von in den Reststoffen enthaltenen organischen Verbindungen, beispielsweise von Carbonsäuren, bei, was, wie eingangs beschrieben, die elektrochemische Konversion dieser Verbindungen in einen gasförmigen Brennstoff begünstigt. Ferner setzen die Hydroxidionen in der Elektrolytlösung vorliegende wasserunlösliche organische Verbindungen in wasserlösliche organische Verbindungen um, beispielsweise in Seifen. Diese können wie bereits erläutert ebenfalls elektrochemisch in einen gasförmigen Brennstoff konvertiert werden.

Bevorzugter Weise ist die Elektrolytlösung eine wässrige oder eine organische, insbesondere alkoholische oder phenolische, Elektrolytlösung.

Bevorzugt ist eine Verwendung der Elektrolysezelle zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes aus einer beim Sulfatverfahren der Zellstoffindustrie anfallenden ligninhaltigen Schwarzlauge. Bevorzugt wird daher auch eine solche Schwarzlauge im erfindungsgemäßen Verfahren als Reststoff zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes elektrolytisch behandelt.

Ebenfalls bevorzugt ist eine Verwendung der Elektrolysezelle zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes aus Ablaugen, welche bei der alkalischen Hydrolyse von Tierkadavern anfallen. Es ist daher auch bevorzugt, wenn im erfindungsgemäßen Verfahren als Reststoff solche Ablaugen zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes elektrolytisch behandelt werden.

Vorteilhaft ist ferner ist die Verwendung der Elektrolysezelle zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes aus Fette enthaltenden alkalischen Abwässern, welche insbesondere bei der Hygienisierung und Desinfektion anfallen. Im erfindungsgemäßen Verfahren werden somit als Reststoff solche Abwässer zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes elektrolytisch behandelt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführung der Erfindung wird die Elektrolysezelle zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes aus den in Folge einer Alkalibehandlung gelösten und/oder fein suspendierten organischen Stoffen verwendet. Im erfindungsgemäßen Verfahren werden als Reststoffe solche Lösungen elektrolytisch behandelt.

Des Weiteren ist auch eine Verwendung der Elektrolysezelle zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes aus Lösungen von Natrium- oder Kaliumsalzen von Fettsäuren bevorzugt. Im erfindungsgemäßen Verfahren werden als Reststoffe solche Lösungen elektrolytisch behandelt.

Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden nun anhand der einzigen Figur, Fig. 1, welche eine schematische Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Ausführungsform einer Vorrichtung zur elektrochemischen Konvertierung organischer Verbindungen zeigt, näher beschrieben.

Die in der nachfolgenden Beschreibung verwendeten Begriffe wie „oben“, „unten“, „unterhalb“ und dergleichen beziehen sich auf die Darstellung wie sie in Fig.1 gezeigt ist. Der Begriff „flüssiges Medium“ umfasst im Rahmen der gegenständlichen Erfindung Flüssigkeiten, Suspensionen sowie Emulsionen.

Die Vorrichtung zur elektrochemischen Konvertierung weist zumindest eine einkammrige und als Durchflusszelle 2 konzipierte Elektrolysezelle auf. Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung mit einer einzigen Durchflusszelle 2 sowie mit einem geschlossenen Behälter 1. Der beispielsweise quaderförmige oder zylindrische Behälter 1 weist einen Behälterboden 1a, einen vorzugsweise abnehmbaren Behälterdeckel 1b und eine Behälterwand 1c auf. Im Bereich der oberen Hälfte des Behälters 1 mündet in die Behälterwand 1c eine Flüssigkeitszuleitung 3a, über welche flüssige Medien ins Innere des Behälters 1 eingeleitet werden können. Unterhalb der Flüssigkeitszuleitung 3a mündet im Bereich der unteren Hälfte des Behälters 1 in die Behälterwand 1c eine Flüssigkeitsableitung 3b. Im oberen Bereich des Behälters 1 mündet knapp unterhalb des Behälterdeckels 1b eine Gasleitung 4 in diesen ein. Die Gasleitung 4 kann auch am Behälterdeckel 1b angeschlossen sein.

Die Durchflusszelle 2 weist ein in nicht dargestellter Weise mehrteiliges Gehäuse 5 auf, in welchem ein Elektrodenpaket 6 angeordnet ist. Zwischen dem Behälter 1 und der Durchflusszelle 2 verläuft eine Zulaufleitung 7a und eine Rücklaufleitung 7b, wobei die Zulaufleitung 7a knapp oberhalb des Behälterbodens 1a und die Rücklaufleitung 7b oberhalb der Zulaufleitung 7a sowie beim gezeigten Ausführungsbeispiel im Bereich der oberen Hälfte des Behälters 1 in die Behälterwand 1c einmündet. Gegenüber der Durchflusszelle 2 sind die Zulaufleitung 7a und die Rücklaufleitung 7b derart angeordnet, dass das in die Durchflusszelle 2 eintretende Medium das Elektrodenpaket 6 durchströmt und anschließend über die Rücklaufleitung 7b in den Behälter 1 zurückgeleitet wird. Beim gezeigten Ausführungsbeispiel ist im Bereich der Zulaufleitung 7a eine Pumpe 8 vorgesehen, mittels welcher das flüssige Medium in die Durchflusszelle 2 transportiert werden kann. Zwischen der Pumpe 8 und dem Behälter 1 kann ein Wärmetauscher positioniert sein, über welchen das die Zulaufleitung 7a durchströmende flüssige Medium erwärmt oder gekühlt wird.

Sämtliche Leitungen 3a, 3b, 4, 7a, 7b sind über nicht gezeigte Flanschverbindungen flüssigkeits- und gasdicht an den Behälter 1 bzw. an das Gehäuse 5 der Durchflusszelle 2 angeschlossen, wobei auch das Gehäuse 5 und der Behälter 1 selbst, mit Ausnahme der jeweiligen Anschlussstellen, flüssigkeits- und gasdicht sind.

Das Elektrodenpaket 6 der Durchflusszelle 2 ist derart in das Gehäuse 5 eingesetzt, dass es gegen Verschieben gesichert ist. Bei der dargestellten Ausführung weist das Elektrodenpaket 6 randseitig jeweils eine Kontaktelektrode 6a auf, an welche jeweils ein in Fig. 1 nicht gezeigter Abstandshalter aus einem elektrisch isolierenden Material, vorzugsweise aus Kunststoff, anschließt, welcher die jeweilige Kontaktelektrode 6a von einer bipolaren Diamantpartikelelektrode 6b trennt. Vorzugsweise sind mehrere, im gezeigten Ausführungsbeispiel vier, bipolare Diamantpartikelelektroden 6b vorgesehen, die voneinander ebenfalls durch dünne, elektrisch isolierende Abstandhalter getrennt sind. In der einfachsten Ausführung des Elektrodenpaketes 6 sind eine einzige bipolare Diamantpartikelelektrode 6b, zwei Abstandshalter und die beiden Kontaktelektroden 6a vorgesehen. Bei weiteren Ausführungsvarianten kann eine größere Anzahl von bipolaren Diamantpartikelelektroden zwischen den beiden Kontaktelektroden 6a vorgesehen sein und

es können auch noch weitere Kontaktelektroden vorhanden sein, wobei die Diamantpartikelelektroden 6b voneinander und von den Kontaktelektroden jeweils durch einen separaten Abstandshalter getrennt sind. Sämtliche Elektroden und Abstandshalter sind vorzugsweise im Wesentlichen rechteckig ausgeführt. Das Elektrodenpaket 6 wird beispielsweise durch nicht gezeigte Halteklammern von außen zusammengehalten.

In der einfachsten, nicht dargestellten Ausführung weist die Elektrolysezelle lediglich zwei Kontaktelektroden auf. Bei einer weiteren Ausführung ist zumindest eine weitere, entweder kontaktierte und mit Spannung versorgte weitere Elektrode zwischen den erwähnten Kontaktelektroden vorgesehen oder eine bipolare Elektrode.

Als Kontaktelektroden 6a bzw. als weitere Elektroden können beispielsweise direkt kontaktierbare Diamantelektroden, insbesondere Diamantpartikelelektroden, ferner platinbeschichtete Titanelektroden, Mischoxidelektroden, wie beispielsweise Ir/Ru-beschichtete Titanelektroden, sowie ferner Elektroden aus Glaskohlenstoff, Grafit oder aus Kohle eingesetzt werden. Die Kontaktelektroden 6a können plattenförmig oder als Gitter ausgeführt sein, welches mit dem Elektrodenmaterial beschichtet ist. Zur Kontaktierung der vorgesehenen Kontaktelektroden 6a sind pro Kontaktelektrode 6a ein bis drei Titanstäbe, welche beispielsweise angeschweißt sind, vorgesehen.

Die Diamantpartikelelektroden 6b sind vorzugsweise gemäß der WO2004/005585 A1 aufgebaut und nach dem dort beschriebenen Verfahren hergestellt. Sie bestehen daher aus dotierten Diamantpartikeln, die einlagig und ohne gegenseitigen Kontakt zueinander in eine Kunststoff-Trägerschicht eingebettet sind. Die Diamantpartikel sind insbesondere in einem Hochdruck-/Hochtemperaturverfahren hergestellte, vorzugsweise mit Bor, oder auch mit Stickstoff, Phosphor, Arsen, Antimon, Niob, Lithium, Schwefel oder Sauerstoff dotierte Industriediamanten (Einkristalle). Ferner weisen die Diamantpartikel Korngrößen von 100 µm bis 2 mm, insbesondere von 160 µm bis 350 µm, auf. Die Partikel innerhalb einer Elektrode sind im Wesentlichen gleich groß oder Partikel eines Korngrößenbereiches. Die Trägerschicht besteht aus einem oder mehreren Polymeren, insbesondere aus Polytetrafluorethylen, Polyvinylidenfluorid, Perfluoralkoxylalkan, fluoriertem Ethylpropylen, Ethylen-Tetrafluorethylen, Polyetherketon, Polyethylen, Polypropylen,

Polyvinylchlorid oder Polyphenylensulfid. Zu beiden Seiten der Trägerschicht sind die Partikel teilweise freigelegt.

Die eingesetzten Diamantpartikelelektroden 6b zeichnen sich durch ihre chemische Stabilität sowie durch ihre hohe Sauerstoffüberspannung aus, durch welche die bei der elektrochemischen Oxidation von organischen Verbindungen konkurrierend auftretende Sauerstoffbildung minimiert werden kann.

Mittels einer Spannungsquelle 9 wird das Elektrodenpaket 6 derart mit elektrischer Gleichspannung versorgt, dass die Stromdichte an der Oberfläche der Elektroden 6a, 6b 10 mA/cm^2 bis 2000 mA/cm^2, insbesondere 100 mA/cm^2 bis 800 mA/cm^2, beträgt.

Wie im Nachfolgenden genauer erläutert wird, wird die Vorrichtung zur elektrochemischen Konvertierung von in einer alkalischen Elektrolytlösung gelösten, suspendierten oder emulgierten organischen Verbindungen eingesetzt (organische Elektrosynthese). Unter einer alkalischen Elektrolytlösung wird dabei eine solche verstanden, welche einen pH-Wert größer 7 aufweist. Bevorzugter Weise weist die alkalische Elektrolytlösung einen pH-Wert von mindestens 8, insbesondere von mindestens 10, auf.

Elektrochemisch konvertierbar sind jene organische Verbindungen, deren Moleküle

- zumindest eine Doppel- oder eine Dreifachbindung enthalten
  und/oder
- ein π-Elektronensystem aufweisen
  und/oder
- zumindest ein Heteroatom und damit zumindest eine polare Atombindung enthalten.

Besonders gut elektrochemisch konvertierbar sind daher organische Verbindungen, deren Moleküle über zumindest eine Doppel- oder Dreifachbindung zwischen einem Kohlenstoffatom und einem Heteroatom verfügen. Bei der elektrochemischen Konvertierung werden die Moleküle vorzugsweise an einer Mehrfachbindung oder einer polaren Atombindung gespalten.

Bei der gegenständlichen Erfindung steht insbesondere die stoffliche Verwertung bzw. die Aufbereitung von in Industrieprozessen anfallenden Reststoffen, welche zumindest eine elektrochemisch konvertierbare biogene organische Verbindung, vorzugsweise mehrere dieser Verbindungen, enthalten, im Vordergrund. Die Moleküle dieser biogenen organischen Verbindungen enthalten üblicherweise zumindest ein Heteroatom, insbesondere ein Stickstoff-, ein Sauerstoff- oder ein Schwefelatom, und damit eine polare Atombindung. Am häufigsten enthalten die Moleküle zumindest ein Sauerstoffatom. Insbesondere weisen die Moleküle biogener organischer Verbindungen ferner zumindest eine Doppelbindung zwischen einem Kohlenstoffatom und einem Heteroatom auf, wobei die Moleküle auch mehrere unterschiedliche Heteroatome aufweisen können.

Mit der Vorrichtung können auch Reststoffe, die nicht biogene organische Verbindungen, beispielsweise hydrolysierbare Kunststoffe, wie Polyester, Polyamide, Polyurethane oder Polycarbonate, enthalten, elektrochemisch konvertiert werden.

Im Rahmen der gegenständlichen Erfindung werden insbesondere die nachfolgend aufgezählten Reststoffe verwertet bzw. aufbereitet:

- beim Sulfatverfahren der Zellstoffindustrie anfallende ligninhaltige Schwarzlaugen;
- Ablaugen, welche bei der alkalischen Hydrolyse von Tierkadavern anfallen;
- Fette enthaltende alkalische Abwässer, welche insbesondere bei der Hygienisierung und Desinfektion, beispielsweise bei der Reinigung von Schlachthäusern, anfallen;
- durch Alkalibehandlung gelöste oder fein suspendierte organische Stoffe;
- Lösungen der Natrium- oder Kaliumsalze der Fettsäuren (Seifenlösungen).

Die Reststoffe und damit die organischen Verbindungen können daher bereits in einer alkalischen Elektrolytlösung gelöst und/oder suspendiert und/oder emulgiert sein, z.B. bei Schwarzlaugen oder bei Seifenlösungen. Weisen diese Elektrolytlösungen eine Ionenkonzentration von mindestens 0,1 mol/l auf, können sie unmittelbar in der Durchflusszelle 2 elektrolysiert werden. Ist die Ionenkonzentration der jeweiligen Elektrolytlösung kleiner als 0,1 mol/l, werden die Elektrolytlösungen derart eingeengt, dass ihre Ionenkonzentration mindestens auf 0,1 mol/l ansteigt. Alternativ oder zusätzlich

können den Elektrolytlösungen zur Erhöhung ihrer Ionenkonzentration entsprechende Verbindungen, beispielsweise Salzen, Säuren oder Basen, zugesetzt werden. Liegen die Reststoffe in keiner Elektrolytlösung vor, werden sie in eine alkalische Elektrolytlösung eingebracht, deren Ionenkonzentration mindestens 0,1 mol/l beträgt oder es werden den Reststoffen entsprechende Verbindungen zur Bildung einer solchen zugesetzt. Vorzugsweise ist die Elektrolytlösung eine wässrige oder eine organische, insbesondere alkoholische oder phenolische, Elektrolytlösung. Die maximale Ionenkonzentration ist für die jeweiligen Ionen durch die Sättigungskonzentrationen der Ionen in der Elektrolytlösung festgelegt.

Ist der pH-Wert der Elektrolytlösung ≤ 7 (neutrale oder saure Elektrolytlösung) werden Basen, vorzugsweise eine wässrige Kaliumhydroxidlösung oder eine wässrige Natriumhydroxidlösung, zur Erhöhung des pH-Wertes zugegeben.

Die Hydroxidionen der alkalischen Elektrolytlösungen polarisieren funktionelle Gruppen der in ihr enthaltenen organischen Verbindungen, wodurch sich beispielsweise aus Carbonsäuren Carbonsäureanionen bilden. Da die gebildeten Anionen stark polar sind, können sie vorteilhafterweise besonders leicht elektrochemisch konvertiert werden. Ferner reagieren die Hydroxidionen mit unlöslichen organischen Verbindungen zu löslichen organischen Verbindungen. Beispielsweise werden wasserunlösliche Fette, d.h. Fettsäureester, durch die Reaktion mit Hydroxidionen in wasserlösliche Salze der Fettsäuren und wasserlösliche Alkohole gespalten (Verseifung). Die derart gelösten organischen Salze werden nachfolgend elektrochemisch konvertiert.

Die in der Elektrolytlösung enthaltenen Kationen sind vorzugsweise Ionen der Alkalimetalle, insbesondere Kaliumionen und/oder Natriumionen. Diese Ionen sind wegen ihrer hohen Wasserlöslichkeit besonders geeignet und sind vorteilhafterweise an der elektrochemischen Konversion nicht beteiligt, da ihr Standardelektrodenpotential geringer ist als jenes von Wasserstoff. Ferner bilden Kalium- und Natriumionen mit den organischen Verbindungen gut wasserlösliche organische Salze und somit elektrochemisch konvertierbare Verbindungen. Kaliumionen sind ferner deshalb besonders geeignet, weil sich die um sie in wässriger Lösung ausbildende Hydrathülle kleiner ist als jene, die sich

um Natriumionen bildet. Kaliumionen weisen daher einen besonders geringen hydrodynamischen Widerstand auf und sind dementsprechend in wässrigen Lösungen besonders beweglich, sodass auch die elektrische Leitfähigkeit einer Kaliumionen enthaltenden Elektrolytlösung besonders hoch ist.

Die hinsichtlich des pH-Wertes und der Ionenkonzentration bereits passende bzw. eingestellte Elektrolytlösung wird über die Flüssigkeitszuleitung 3a in den Behälter 1 und von diesem mittels der Pumpe 8 über die Zulaufleitung 7a in die Durchflusszelle 2 gepumpt. Zähflüssige Elektrolytlösungen werden vorzugsweise vor dem Einleiten in die Durchflusszelle 2 über den bereits erwähnten zwischen der Pumpe 8 und dem Behälter 1 angeordneten Wärmetauscher erwärmt, insbesondere auf eine Temperatur von bis zu 60 °C. Grundsätzlich kann jede Elektrolytlösung auf eine Temperatur, die unterhalb ihres Siedepunktes liegt, erwärmt werden. Besonders bevorzugt sind Temperaturen im Bereich von 70°C bis 90°C. Die elektrochemische Konversion wird insbesondere bei dem in der Vorrichtung vorliegenden bzw. sich einstellenden Druckverhältnissen durchgeführt, kann jedoch auch unter einem gegenüber dem Umgebungsdruck erhöhten Druck erfolgen, welcher vorzugsweise bis zu 10 bar, insbesondere $\leq$ 4 bar, beträgt.

Während des Betriebes werden die Zu- bzw. Ableitung der Elektrolytlösung in den bzw. aus dem Behälter 1 wird derart reguliert, dass der Füllstand des flüssigen Mediums im Behälter 1 die Gasleitung 4 nicht erreicht und das Elektrodenpaket 6 der Durchflusszelle 2 im Betrieb fortlaufend umspült wird.

Die in der Durchflusszelle 2 stattfindenden Reaktionen werden von den Prozessparametern beeinflusst. Zu diesen Prozessparametern zählen insbesondere die Verweilzeit der Elektrolytlösung in der Durchflusszelle 2, die Temperatur und/oder der pH-Wert und/oder die Ionenkonzentration der Elektrolytlösung sowie die Stromstärke und die Spannung der Spannungsquelle 9. Diese Prozessparameter werden vorab derart gewählt bzw. eingestellt, dass die in der Elektrolytlösung jeweils vorliegenden organischen Verbindungen über Redoxreaktionen an den Elektroden 6a, 6b des Elektrodenpaketes 6 in einen gasförmigen Brennstoff konvertiert werden. Im Zuge dieser Konvertierung werden die Moleküle der in der Elektrolytlösung enthaltenen organischen Verbindungen daher fragmentiert und

defunktionalisiert. Insbesondere kann durch Einstellen der Stromstärke und der Spannung der Spannungsquelle 9 eine elektrochemische Konversion der organischen Verbindungen in einen gasförmigen Brennstoff besonders komfortabel herbeigeführt werden, wobei durch eine Feinabstimmung dieser Parameter besonders hohe Brennstoffausbeuten erzielt werden.

Gasförmiger Brennstoff bezeichnet im Rahmen der gegenständlichen Erfindung ein als Brennstoff geeignetes Gasgemisch, dessen brennbare Hauptbestandteile Wasserstoff sowie gasförmige Kohlenwasserstoffe, insbesondere Ethan, Propan, Butan, Ethen, Propen und Buten sind. Als brennbare gasförmige Nebenbestandteile können beispielsweise Schwefelwasserstoff oder Ammoniak gebildet werden. Als weitere Nebenbestandteile können bei den in der Vorrichtung vorherrschenden Temperaturen gasförmig organische Verbindungen, deren Moleküle Heteroatome, insbesondere Sauerstoff, enthalten, gebildet werden. Zu diesen zählen beispielsweise Aldehyde, Alkohole, Ester, Ketone oder Kohlendioxid.

Der gebildete gasförmige Brennstoff wird über die Rücklaufleitung 7b aus der Durchflusszelle 2 ausgetragen und in den Behälter 1 zurücktransportiert, verlässt dort die Elektrolytlösung, sammelt sich in einem oberhalb des Niveaus der Elektrolytlösung im Behälter 1 befindlichen Gasraum 10 und wird über die Gasleitung 4 abtransportiert, insbesondere abgesaugt. Etwaige in der Gasleitung 4 kondensierende Nebenbestandteile des Brennstoffes können von den brennbaren Hauptbestandteilen auf einfache Weise abgetrennt werden.

Der gebildete gasförmige Brennstoff kann thermisch in einem Blockheizkraftwerk verwertet werden, sodass elektrische Energie und/oder Wärme gewonnen wird. Alternativ können die Bestandteile des Brennstoffes mittels einer geeigneten Trennvorrichtung isoliert werden. Anschließend können Bestandteile des Brennstoffes über eine Dampfreformierung in ein Synthesegas umgewandelt werden, wobei im Rahmen der gegenständlichen Erfindung unter einem Synthesegas ein zur Synthese weiterer organischer Verbindungen geeignetes Gasgemisch verstanden wird, welches hauptsächlich aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff besteht. Aus dem gebildeten Synthesegas können in an sich bekannter Weise weitere organische Verbindungen hergestellt werden. Insbesondere kann Synthesegas zur

Fischer-Tropsch Synthese eingesetzt werden. Eine weitere Verwendungsmöglichkeit des Synthesegases besteht beispielsweise in seiner Umsetzung zu Methanol.

Der als Heteroatom in biogenen organischen Verbindungen am häufigsten vorkommende Sauerstoff wird Großteils in Kohlendioxid oder in eine andere unter den vorherrschenden Temperaturen gasförmige organische Verbindung umgewandelt und gemeinsam mit dem gasförmigen Brennstoff über die Gasleitung 4 abtransportiert. Schwefelatome werden beispielsweise zu Sulfat oxidiert und Stickstoffatome insbesondere zu Nitriten, Nitraten, Ammoniak oder Stickstoffmolekülen umgewandelt. Diese Schwefel- und Stickstoffverbindungen verbleiben entweder in der elektrolysierten Lösung oder verlassen diese ebenfalls gemeinsam mit dem gasförmigen Brennstoff über die Gasleitung 4. Ferner enthält die elektrolysierte Lösung anorganische Nebenbestandteile der Reststoffe, wie beispielsweise Kalziumcarbonat, Siliziumverbindungen, Metallsalze, Metalloxide, Sulfate und/oder Nitrate. Aus dieser zurückbleibenden alkalischen elektrolysierten Lösung können Chemikalien, insbesondere Laugen, zurückgewonnen werden.

Die nachfolgenden Gleichungen geben die primär bei der elektrochemischen Reaktion stattfinden Prozesse in allgemeiner Form wieder, wobei A, B, C organische Moleküle bezeichnen:

$A \rightarrow A^{\cdot +} + e^-$ Gleichung (1)

$A + e^- \rightarrow A^{\cdot -}$ Gleichung (2)

$B^- \rightarrow B^{\cdot} + e^-$ Gleichung (3)

$C^+ + e^- \rightarrow C^{\cdot}$ Gleichung (4)

Beim jeweiligen primären Prozess der elektrochemischen Reaktion wird meistens nur ein einziges Elektron zwischen der Elektrode und einem Molekül der organischen Verbindung transferiert, wobei aus neutralen Molekülen Radial-Ionen (Gleichung (1) und (2)), aus Anionen durch Oxidation Radikale (Gleichung (3)) und aus Kationen durch Reduktion Radikale (Gleichung (4)) gebildet werden. Dementsprechend entstehen an den Elektroden durch Elektronenaufnahme bzw. Elektronenabgabe reaktive Zwischenprodukte, die entsprechend weiter reagieren können.

Eine weitere in der Durchflusszelle 2 ablaufende chemische Reaktion kann beispielsweise eine Kolbe-Elektrolyse sein, bei welcher Karbonsäuren oder Salze der Karbonsäuren zu Alkanen und Kohlendioxid umgewandelt werden. Ferner kann beispielsweise eine elektrochemische Oxidation stattfinden, an welcher Hydroxylradikale beteiligt sind.

Weitere im Zuge der elektrochemischen Konversion stattfindende Prozesse sind beispielsweise die Hydrierung der Moleküle der organischen Verbindungen, welche von an den Elektroden frisch gebildetem atomarem Wasserstoff (naszierender Wasserstoff) initiiert wird.

Bei einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung ist die die Gasleitung 4 direkt an der Durchflusszelle 2 oder an der Rücklaufleitung 7b angeschlossen. Ferner kann die Elektrolytlösung auch unmittelbar in die Durchflusszelle 2 ein- und aus dieser abgeleitet, sodass kein Behälter 1 vorgesehen ist. Da die Menge an zuströmender für die Konvertierung vorgesehener Elektrolytlösung schwanken kann, ist vorzugsweise der Behälter 1 vorgesehen, über welchen diese Schwankungen ausgeglichen werden können, sodass die Durchflusszelle 2 besonders zuverlässig fortlaufend von der Elektrolytlösung umspült wird.

Bezugsziffernliste

1 ..... Behälter
1a ..... Behälterboden
1b ..... Behälterdeckel
1c ..... Behälterwand
2 ..... Durchflusszelle
3a ..... Flüssigkeitszuleitung
3b ..... Flüssigkeitsableitung
4 ..... Gasleitung
5 ..... Gehäuse
6 ..... Elektrodenpaket
6a ..... Kontaktelektrode
6b ..... Diamantpartikelelektrode
7a ..... Zulaufleitung
7b ..... Rücklaufleitung
8 ..... Pumpe
9 ..... Spannungsquelle
10 ..... Gasraum

Patentansprüche

1. Verfahren zur elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen,
wobei die Reststoffe in einer Elektrolytlösung gelöst, suspendiert oder emulgiert sind oder werden und die Elektrolytlösung alkalisch ist oder alkalisch eingestellt wird,
wobei die Elektrolytlösung in zumindest einer einkammrigen als Durchflusszelle (2) konzipierten Elektrolysezelle, welche ein Elektrodenpaket (6) aus zumindest zwei an eine Spannungsquelle (9) angeschlossenen Kontaktelektroden (6a) aufweist, kontinuierlich ein- und ausgeleitet wird, wobei sie das Elektrodenpaket (6) durchströmt,
und wobei in der Elektrolysezelle durch Einstellen von einem oder mehreren Prozessparameter(n) aus zumindest einer der organischen Verbindungen ein gasförmiger Brennstoff gebildet wird, welcher aus der Elektrolysezelle ausgetragen und abgeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als brennbarer Hauptbestandteil bzw. als brennbare Hauptbestandteile des gasförmigen Brennstoffes einer bzw. mehrere aus der Gruppe Wasserstoff und gasförmige Kohlenwasserstoffe, insbesondere Ethan, Propan, Butan, Ethen, Propen und Buten gebildet wird bzw. werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytlösung in eine Elektrolysezelle, deren Elektrodenpaket zwischen den

Kontaktelektroden (6a) zumindest eine weitere, insbesondere eine bipolare Elektrode aufweist, kontinuierlich ein- und aus dieser ausgeleitet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytlösung in eine Elektrolysezelle, deren Elektrodenpaket zwischen den Kontaktelektroden (6a) zumindest eine Diamantelektrode, insbesondere eine Diamantpartikelelektrode, aufweist, kontinuierlich ein- und aus dieser ausgeleitet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolysezelle als Kontaktelektroden (6a) und als etwaige vorgesehene weitere Elektrode(n) direkt kontaktierbare Diamantelektroden, insbesondere Diamantpartikelelektroden, platinbeschichtete Titanelektroden, Mischoxidelektroden, insbesondere Ir/Ru-beschichtete Titanelektroden, oder Elektroden aus Glaskohlenstoff, Grafit oder aus Kohle enthält.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der bzw. die Prozessparameter, welcher bzw. welche eingestellt wird bzw. werden, die Verweilzeit der Elektrolytlösung in der Elektrolysezelle, die Temperatur der Elektrolytlösung, der pH-Wert der Elektrolytlösung, die Ionenkonzentration der Elektrolytlösung, die Stromstärke und die Spannung der Spannungsquelle (9) ist bzw. sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die der Elektrolysezelle zugeführte alkalische Elektrolytlösung eine Ionenkonzentration von mindestens 0,1 mol/l aufweist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolytlösung vor dem Einbringen in die Elektrolysezelle zumindest eine Verbindung zur Bildung von Alkalimetallionen, vorzugsweise von Kaliumionen und/oder Natriumionen, zugesetzt wird bis die Ionenkonzentration mindestens 0,1 mol/l beträgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die alkalische Elektrolytlösung einen pH-Wert von mindestens 8, insbesondere von mindestens 10, aufweist oder auf einen solchen pH-Wert eingestellt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass als alkalische Elektrolytlösung eine wässrige oder eine organische, insbesondere eine alkoholische oder phenolische, Elektrolytlösung verwendet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Reststoff eine beim Sulfatverfahren der Zellstoffindustrie anfallende ligninhaltige Schwarzlauge verwendet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Reststoff Ablaugen, welche bei der alkalischen Hydrolyse von Tierkadavern anfallen, verwendet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Reststoff Fette enthaltende alkalische Abwässer, welche insbesondere bei der Hygienisierung und Desinfektion anfallen, verwendet werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Reststoffe bei einer Alkalibehandlung gelöste und/oder fein suspendierte organische Stoffe verwendet werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Reststoffe Lösungen von Natrium- oder Kaliumsalzen von Fettsäuren verwendet werden.

16. Verwendung einer einkammrigen als Durchflusszelle (2) konzipierten Elektrolysezelle, welche ein Elektrodenpaket (6) aus zumindest zwei an eine Spannungsquelle (9) angeschlossenen Kontaktelektroden (6a) aufweist, zur

elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen in einen gasförmigen Brennstoff,
wobei die Reststoffe in einer alkalischen Elektrolytlösung gelöst, suspendiert oder emulgiert sind,
wobei die Elektrolytlösung die Elektrolysezelle und damit das Elektrodenpaket (6) kontinuierlich durchströmt,
und wobei in der Elektrolysezelle aus zumindest einer der organischen Verbindungen ein gasförmiger Brennstoff gebildet wird, welcher aus der Elektrolysezelle ausgetragen und abgeleitet wird.

17. Verwendung einer Elektrolysezelle nach Anspruch 16 zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes, dessen brennbarer Hauptbestandteil bzw. brennbare Hauptbestandteile aus der Gruppe Wasserstoff und gasförmige Kohlenwasserstoffe, insbesondere Ethan, Propan, Butan, Ethen, Propen und Buten, ist bzw. sind.

18. Verwendung einer Elektrolysezelle nach Anspruch 16 oder 17, deren Elektrodenpaket zwischen den Kontaktelektroden (6a) zumindest eine weitere Elektrode, insbesondre eine bipolare Elektrode, aufweist.

19. Verwendung einer Elektrolysezelle nach Anspruch 18, deren Elektrodenpaket zwischen den Kontaktelektroden (6a) zumindest eine Diamantelektrode, insbesondere eine Diamantpartikelelektrode, aufweist.

20. Verwendung einer Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 16 bis 19, welche als Kontaktelektroden (6a) und als etwaig vorgesehene weitere Elektrode(n) direkt kontaktierbare Diamantelektroden, insbesondere Diamantpartikelelektroden, platinbeschichtete Titanelektroden, Mischoxidelektroden, insbesondere Ir/Ru-beschichtete Titanelektroden, oder Elektroden aus Glaskohlenstoff, Grafit oder aus Kohle enthält.

21. Verwendung einer Elektrolysezelle nach Anspruch 16, zur Elektrolyse einer alkalischen Elektrolytlösung mit einer Ionenkonzentration von mindestens 0,1 mol/l.

22. Verwendung einer Elektrolysezelle nach Anspruch 16 oder 21, zur Elektrolyse einer alkalischen Elektrolytlösung , welche Alkalimetallionen, vorzugsweise Kaliumionen und/oder Natriumionen, enthält.

23. Verwendung einer Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 16, 21 oder 22, zur Elektrolyse einer alkalischen Elektrolytlösung, welche einen pH-Wert von mindestens 8, insbesondere von mindestens 10, aufweist.

24. Verwendung einer Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 16 oder 21 bis 23, zur Elektrolyse einer wässrigen oder einer organischen, insbesondere alkoholischen oder phenolischen, Elektrolytlösung.

25. Verwendung einer Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 16 bis 24 zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes aus einer beim Sulfatverfahren der Zellstoffindustrie anfallenden ligninhaltigen Schwarzlauge.

26. Verwendung einer Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 16 bis 24 zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes aus Ablaugen, welche bei der alkalischen Hydrolyse von Tierkadavern anfallen.

27. Verwendung einer Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 16 bis 24 zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes aus Fette enthaltenden alkalischen Abwässern, welche insbesondere bei der Hygienisierung und Desinfektion anfallen.

28. Verwendung einer Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 16 bis 24 zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes aus bei einer Alkalibehandlung gelösten und/oder fein suspendierten organischen Stoffen.

29. Verwendung einer Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 16 bis 24 zur Bildung eines gasförmigen Brennstoffes aus Lösungen von Natrium- oder Kaliumsalzen von Fettsäuren.

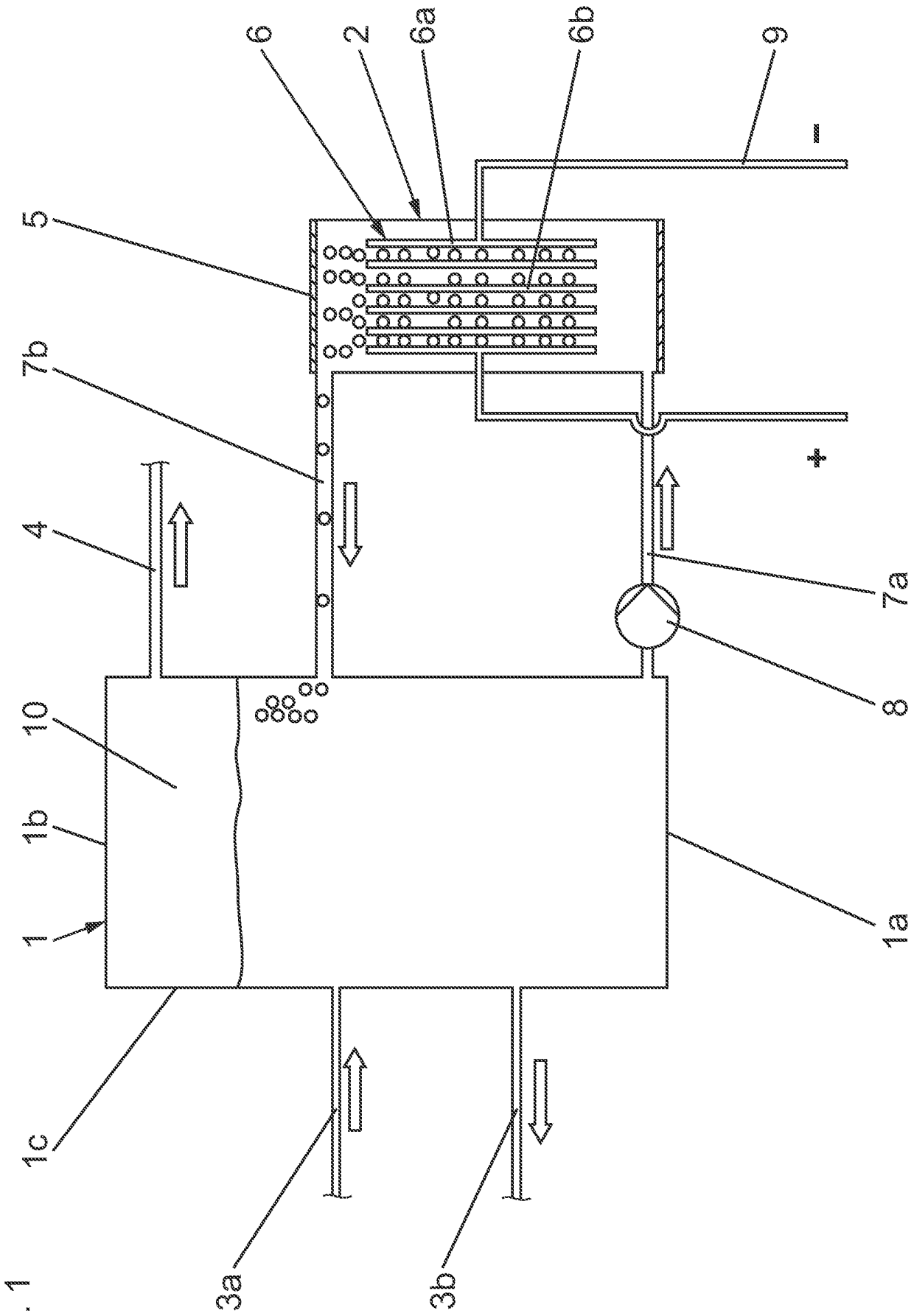


Fig. 1

A 50387/2016
10.01.2017

PA 8589 AT

Neue Patentansprüche

1. Verfahren zur elektrochemischen Konvertierung von in Reststoffen enthaltenen oder als Reststoffe anfallenden organischen Verbindungen,
wobei die Reststoffe in einer Elektrolytlösung gelöst, suspendiert oder emulgiert sind oder werden und die Elektrolytlösung alkalisch ist oder alkalisch eingestellt wird,
wobei die Elektrolytlösung in zumindest einer einkammrigen als Durchflusszelle (2) konzipierten Elektrolysezelle, welche ein Elektrodenpaket (6) aus zumindest zwei an eine Spannungsquelle (9) angeschlossenen Kontaktelektroden (6a) aufweist, kontinuierlich ein- und ausgeleitet wird, wobei sie das Elektrodenpaket (6) durchströmt,
und wobei in der Elektrolysezelle durch Einstellen von einem oder mehreren Prozessparameter(n) aus zumindest einer der organischen Verbindungen ein gasförmiger Brennstoff gebildet wird, welcher aus der Elektrolysezelle ausgetragen und abgeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als brennbarer Hauptbestandteil bzw. als brennbare Hauptbestandteile des gasförmigen Brennstoffes einer bzw. mehrere aus der Gruppe Wasserstoff und gasförmige Kohlenwasserstoffe, insbesondere Ethan, Propan, Butan, Ethen, Propen und Buten gebildet wird bzw. werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der bzw. die Prozessparameter, welcher bzw. welche eingestellt wird bzw. werden, die Verweilzeit der Elektrolytlösung in der Elektrolysezelle, die Temperatur der

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

Elektrolytlösung, der pH-Wert der Elektrolytlösung, die Ionenkonzentration der Elektrolytlösung, die Stromstärke und die Spannung der Spannungsquelle (9) ist bzw. sind.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die der Elektrolysezelle zugeführte alkalische Elektrolytlösung eine Ionenkonzentration von mindestens 0,1 mol/l aufweist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolytlösung vor dem Einbringen in die Elektrolysezelle zumindest eine Verbindung zur Bildung von Alkalimetallionen, vorzugsweise von Kaliumionen und/oder Natriumionen, zugesetzt wird bis die Ionenkonzentration mindestens 0,1 mol/l beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die alkalische Elektrolytlösung einen pH-Wert von mindestens 8, insbesondere von mindestens 10, aufweist oder auf einen solchen pH-Wert eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass als alkalische Elektrolytlösung eine wässrige oder eine organische, insbesondere eine alkoholische oder phenolische, Elektrolytlösung verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Reststoff eine beim Sulfatverfahren der Zellstoffindustrie anfallende ligninhaltige Schwarzlauge verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Reststoff Ablaugen, welche bei der alkalischen Hydrolyse von Tierkadavern anfallen, verwendet werden.

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Reststoff Fette enthaltende alkalische Abwässer, welche insbesondere bei der Hygienisierung und Desinfektion anfallen, verwendet werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Reststoffe bei einer Alkalibehandlung gelöste und/oder fein suspendierte organische Stoffe verwendet werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Reststoffe Lösungen von Natrium- oder Kaliumsalzen von Fettsäuren verwendet werden.

13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 mit einer Elektrolysezelle, welche ein Elektrodenpaket (6) mit Kontaktelektroden (6a) und zumindest einer weiteren zwischen den Kontaktelektroden (6a) angeordneten, insbesondere bipolaren, Elektrode aufweist.

14. Vorrichtung Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die weitere(n) Elektrode(n) des Elektrodenpaketes (6) der Elektrolysezelle eine Diamantelektrode, insbesondere eine Diamantpartikelelektrode, ist bzw. Diamantelektroden, insbesondere Diamantpartikelelektroden, sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolysezelle als Kontaktelektroden (6a) und als etwaige vorgesehene weitere Elektrode(n) direkt kontaktierbare Diamantelektroden, insbesondere Diamantpartikelelektroden, platinbeschichtete Titanelektroden, Mischoxidelektroden, insbesondere Ir/Ru-beschichtete Titanelektroden, oder Elektroden aus Glaskohlenstoff, Grafit oder aus Kohle enthält.

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE