

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 1643/2006**

(51) Int. Cl.⁸: **B01D 53/84 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **03.10.2006**

(43) Veröffentlicht am: **15.05.2008**

(73) Patentanmelder:

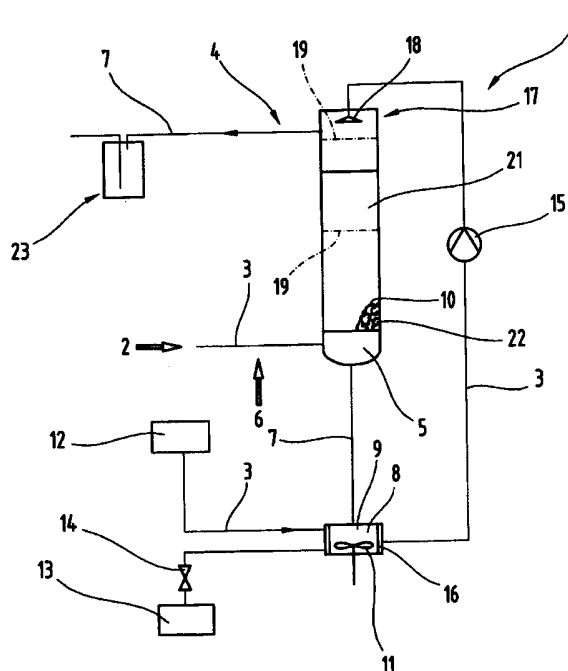
PROFACTOR
PRODUKTIONSFORSCHUNGS GMBH
A-4407 STEYR-GLEINK (AT)

(72) Erfinder:

HABERBAUER MARIANNE DIPL.ING.
STEYREGG (AT)
BERGMAIR JOHANN HEINRICH DIPL.ING.
FELDKIRCHEN (AT)
ACCETTOLA FRANCESCA
LE CHESNAY (FR)

(54) **VERFAHREN ZUR ABTRENnung EINER KOMPONENTE AUS EINEM GASGEMISCH**

(57) Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur zumindest teilweisen Abtrennung zumindest einer Komponente aus einem Gasgemisch, insbesondere aus Biogas (2), wobei in einem Reaktor (4) mit einem Innenraum (21) Mikroorganismen (10) durch eine Prozessflüssigkeit (9), insbesondere eine Wasch- und/oder Nährlösung, versorgt werden. Insbesondere werden siliziumhaltige Verbindungen, wie Siloxane, über aerobe, insbesondere mesophile, Mikroorganismen (10) zumindest teilweise abgetrennt.



Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur zumindest teilweisen Abtrennung zumindest einer Komponente aus einem Gasgemisch, insbesondere aus Biogas (2), wobei in einem Reaktor (4) mit einem Innenraum (21) Mikroorganismen (10) durch eine Prozessflüssigkeit (9), insbesondere eine Wasch- und/oder Nährlösung, versorgt werden. Insbesondere werden siliziumhaltige Verbindungen, wie Siloxane, über aerobe, insbesondere mesophile, Mikroorganismen (10) zumindest teilweise abgetrennt.

(Fig. 1)

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur zumindest teilweisen Abtrennung zumindest einer Komponente aus einem Gasgemisch, insbesondere aus Biogas, wobei in einem Reaktor Mikroorganismen durch eine Prozessflüssigkeit, insbesondere eine Wasch- und/oder Nährlösung, versorgt werden, sowie eine Vorrichtung zur zumindest teilweisen Abtrennung zumindest einer Komponente aus einem Gasgemisch, insbesondere aus Biogas, umfassend einen Reaktor mit Mikroorganismen und zumindest eine Zu- und Abfuhreinrichtung zum Transport des Gasgemisches und zumindest einer Prozessflüssigkeit, insbesondere einer Wasch- und/oder Nährlösung, sowie deren Verwendungen.

Biogase entstehen aus der Vergärung landwirtschaftlicher Reststoffe, aus der Abfallvergärung und industrieller Abwasserreinigung bzw. auch aus deren Kombination. Neben den Hauptkomponenten Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) enthält Biogas auch Schwefelwasserstoff, Ammoniak, halogenierte und nicht halogenierte Kohlenwasserstoffverbindungen sowie verschiedene Siliziumverbindungen unterschiedlicher Kettenlängen, insbesondere höher- und niedermolekulare Siloxane. Biogase sind außerdem mit Wasserdampf gesättigt.

Obwohl Siloxane nicht toxisch sind, ist ihre Anwesenheit in vielen Biogasen unerwünscht. Seit langem werden Biogase in Gasmotoren, insbesondere in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, verbrannt. Diese Nutzung von Biogas bereitet jedoch mit dem in den letzten Jahren zunehmenden Anteil an Siloxanen im Biogas Probleme. Untersuchungen bestätigen, dass die in Biogasen enthaltene Siloxane zu Schädigungen von Verbrennungsmaschinen führen können, da sich während der Verbrennung von Biogasen im Brennraum auf den Metallteilen der Verbrennungsaggregate Siliziumoxid-Beläge bilden können, welche sehr hart sind. Diese können als Stäube im Zylinderraum sowie im Schmieröl wie ein Schleifmittel wirken und sich im Verbrennungsraum als glasartige Schichten anlagern, die

sich gelegentlich ablösen und irreparable Schäden im Motor verursachen. Aber auch in Brennstoffzellen können die in Biogasen enthaltenen Siloxane die Katalysatoren schädigen.

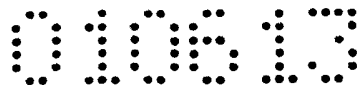
Die Reinigung von Biogasen zur Entfernung von Siliziumverbindungen, insbesondere Siloxanen, spielt daher für die Nutzung von Biogasen eine wesentliche Rolle.

Zurzeit gibt es keine Standardmethode für die Entfernung der Siloxane von Biogasen.

Die bisher eingesetzten Verfahren zur Biogasreinigung sind Adsorption (oft in Verbindung mit einer Kühlung als Vorstufe) sowie die Absorption mit Lösungsmitteln. Durch Adsorption lassen sich prinzipiell Siloxane aus dem Biogas entfernen. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Menge an erforderlicher Aktivkohle oder anderes Adsorbens zur Abscheidung bzw. Adsorption von Verunreinigungen aus dem Biogas oftmals beträchtlich ist. Dementsprechend sind mit der Bereitstellung der Aktivkohle, dem Austausch der Aktivkohle und der Entsorgung der beladenen Aktivkohle verhältnismäßig hohe Kosten verbunden. Durch Abkühlung zum Beispiel auf 4°C werden die Siloxane bereits reduziert. Schadstoffe, die freie Adsorptionsplätze der Aktivkohle belegen, werden anteilig ausgeschleust. Der wesentliche Verfahrensvorteil liegt in der verbesserten Aufnahmefähigkeit der Aktivkohle, da mit gekühltem Gas der Verbrauch an Aktivkohle grundsätzlich geringer ist. Adsorptive Verfahren sind z.B. aus der DE 10 2004 005 626 A1 und aus US 2006/0000352 A1 bekannt.

In DE 10 2004 005 626 A1 wird nur ein Teilstrom vom Faulgas über die Aktivkohle geleitet und der restliche Teil ungereinigt gelassen und danach werden die zwei Teilströme wieder zusammengeführt, dadurch wird eine geringere Menge an Adsorbens (Aktivkohle) benötigt. Durch diese Teilstromführung wird der Verunreinigungsgrad im Gesamtstrom reduziert.

Im Patent US 2006/0000352 A1 werden verschiedene Schichten von Filtermedien verwendet um Siloxane zu entfernen. Die Schichten sind so angeordnet, dass die höher molekularen in den ersten Schichten vorzugsweise entfernt werden. Die Porengröße ist in einem relativ engen Bereich. Beide, anorganische (z.B. modifiziertes Silicagel oder Zeolithe) und

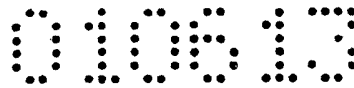


Kohlenstoff-basierende, Adsorptionsmedien sind in einem engen Bereich von der Porengröße. Die Entfernung erfolgt über Adsorption und auch als Molekularsieb.

Eine Kombination aus Adsorption und biologischen Abbau ist aus der Offenlegungsschrift DE 3345944 A1 bekannt. Der Gasstrom, der einen oder mehrere organischen Schadstoffe enthält, wird durch eine oder mehrere biologisch aktive Schüttungen geführt, die dadurch hergestellt werden, dass ein poröses, gegenüber dem Schadstoff adsorptives Trägermaterial mit hoher innerer Oberfläche, ausgewählt aus der Gruppe Aktivkohle, Zeolith und Silicagel mit einer substratlimitierten Suspension einer Bakterienmono- und/oder -mischkultur in Kontakt gebracht wird, und ein Flüssigkeitsstrom während des Betriebes im Gleichstrom – oder Gegenstrom im Kreis fährt. Dieses Verfahren wird v.a zur Entfernung von Geruchsstoffen eingesetzt. Zuerst Adsorption an dem geeigneten Adsorbens und daran anschließend biologischer Abbau.

Die Absorption ist durch Materialeinsatz teuer. Aufgrund des hohen Flüssigkeitsbedarfes wird das beladene Medium oft in einer Desorptionssäule regeneriert und im Kreislauf geführt. Durch diese Lösungsmittelrückgewinnung ist die Absorption mit einem erheblichen apparativen Aufwand verbunden, aber dennoch sind die teilweise Zufuhr von frischer Lösung und gleichzeitig die Entsorgung von verbrauchter Lösung notwendig.

Sehr wenig ist bekannt über den biologischen Siloxanabbau (A. Dorosz et al. S. 545 – 552). Dass bezüglich dem Abbau, insbesondere dem biologischen Abbau, von Siloxanen in der Vergangenheit nur sehr wenig Forschungsarbeit geleistet worden ist, hat zwei Gründe: Anfangs wurde vermutet, dass Siloxane in der Umwelt nicht abbaubar und somit inert sind. Erst zwischen 1960 und 1970 konnte nachgewiesen werden, dass Siloxane abbaubar sind und somit Schäden verursachen können. Es wird vermutet, dass der biologische Abbau von siliziumorganischen Polymeren durch Kürzung der Polymerkette und Bildung von Silanolgruppen, an der Stelle wo die Polymerkette durchgeschnitten wurde, erfolgt. Tests bezüglich des Abbaus von Polydimethylsiloxanen (PDMS) zeigten, dass PDMS, weder im Abwasser (Lehmann 1996), noch während der Kompostierung (Smith 1998) abgebaut werden können. Biologischer Abbau von nieder- und hochmolekularen Siloxanen wurde unter den Bakterienspezies *Pseudomonas*, *Proteus*, *Escherichia*, *Bacillus* und *Klebsiella* und den Pilzen der Familie *Corticaceae* beobachtet. Rosciszewski (1998) fand heraus, dass



beinahe alle Polysiloxane biologisch abbaubar sind und dass der Abbaugrad abhängig ist von der Struktur der Siloxane und dem eingesetzten Bakterienstamm.

Unter normalen Bedingungen werden Octamethylcyclotetrasiloxan (D4) und sein höhermolekulares Gegenstück Decamethylcyclopentasiloxan (D5) im Boden zu Dimethylsilandiol (DMSD) abgebaut. In fast allen Sickerwässern von Herstellern siliziumhaltiger Materialien konnte DMSD in einer Menge von mg/l gefunden werden.

Grümping (1999) konnte beobachten, dass Octamethylcyclotetrasiloxan (D4) im kompostierten Klärschlamm unter anaeroben Verbindungen abgebaut werden kann; auch hier war das Hauptprodukt des Abbaus DMSD.

Biologische Verfahren sind durch die Offenlegungsschriften DE 199 20 258 A1, US 2004/0137610 A1 oder US 5,413,714 A bekannt.

Die Erfindung DE 199 20 258 A1 betrifft ein anaerobes Naßreinigungsverfahren. Biogas strömt in eine Füllkörperkolonne ein und im Gegenstrom wird mit Deponiesickerwasser beaufschlagt. Innerhalb der Füllkörperkolonne erfolgt dann eine kombinierte biologische, chemische und physikalische Reinigung. Dabei sind ebenfalls in einer Füllkörperkolonne Mikroorganismen auf den Füllkörpern immobilisiert. Durch die Verwendung von Deponiesickerwasser soll erreicht werden, dass der durch den Stoffaustausch im Reaktor im Deponiewasser gelöste Schwefelwasserstoff in Form schwer löslicher Metallsalze durch im Deponiesickerwasser enthaltene Schwermetallionen ausgefällt wird. Gleichzeitig kann über die anaeroben Mikroorganismen ein Abbau von halogenierten Kohlenwasserstoffen und siliziumhaltigen Verbindungen, die aus dem Deponiegas während des Stoffaustausches ebenfalls im Deponiesickerwasser angereichert werden, erfolgen. Um dabei den anaeroben Mikroorganismen optimale Lebensbedingungen zu bieten und effektive Abbauleistungen zu erreichen, kann die Kolonne in einem Temperaturbereich zwischen 20 °C und 70°C betrieben werden. Es wird als Hilfsstoff Deponiesickerwasser verwendet und ein Abscheider für die Schwermetallverbindungen ist nötig.

In der US 2004/0137610 A1 wird einem Biofilter eine Beladungseinheit vorgeschaltet. Diese Beladungseinheit ist so beschaffen, dass ein Lösungsmittel ausgewählt wurde, in dem sich die zu reinigenden VOCs (z.B. Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol, Styrol usw.)

lösen bzw. wenn im Gasstrom keine VOCs sind, diese VOCs in die Gasphase übergehen. Somit ist gewährleistet, dass in der Gasphase immer eine konstante Konzentration an VOCs auf den Biofilter kommt.

Die US 5,413,714 A beschreibt ebenfalls ein Verfahren zur Aufreinigung von Gasgemischen, insbesondere zur Abtrennung von Phenolen. Als neu wird die Verwendung eines abbauresistenten Füllkörpers angeführt, der während eines Lebenszyklus des Substrats nicht biologisch degradiert.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur selektiven Abtrennung zumindest einer Komponente, insbesondere siliziumhaltiger Verbindungen, aus einem Gasgemisch, wie Biogas, zur Verfügung zu stellen.

Die Aufgabe wird jeweils eigenständig durch ein Verfahren gelöst, wobei zumindest eine Komponente, insbesondere siliziumhaltige Verbindungen, wie Siloxane, über aerobe, insbesondere mesophile, Mikroorganismen zumindest teilweise abgetrennt wird/werden und durch eine Vorrichtung, wobei zumindest zur teilweisen Abtrennung zumindest einer Komponente, insbesondere siliziumhaltige Verbindungen, wie Siloxane, aerobe, insbesondere mesophile, Mikroorganismen angeordnet sind. Von Vorteil dabei erweist sich, dass sich durch die Verwendung von aeroben Mikroorganismen ein aerobes Verfahren zur Abtrennung der zumindest einen Komponente aus dem Gasgemisch verwendet werden kann und dadurch beispielsweise die Bildung von geruchsbelästigenden Stoffen vermieden werden kann. Weiters kann durch die Verwendung eines aeroben Verfahrens die Zeitdauer zur Abtrennung siliziumhaltiger Verbindungen aus dem Gasgemisch im Vergleich zu anaeroben Verfahren deutlich reduziert werden.

In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass ein gasförmiges Oxidationsmittel, insbesondere Sauerstoff und/oder aufkonzentrierter Luftsauerstoff, dem Biogas zugeführt wird und ein Biogas-Oxidationsmittelgemisch gebildet wird, wodurch beispielsweise das Biogas nicht durch Stickstoff verdünnt wird und somit das gereinigte Biogas problemlos ins Erdgasnetz eingespeist werden kann.

In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Prozessflüssigkeit im Reaktor mit dem einströmenden Biogas-Oxidationsmittelgemisch vermischt wird und gegebenenfalls in einem

Sammelbehälter transportiert wird, wodurch vor in Kontaktkommen der Mikroorganismen mit dem abzutrennenden Biogas eine Durchmischung der Prozessflüssigkeit des Biogases und des Oxidationsmittels stattfinden kann und somit die Effizienz des Verfahrens, insbesondere durch Steigerung des Metabolisierungsprozesses der Mikroorganismen, erhöht werden kann.

Die Menge des benötigten Oxidationsmittels kann stöchiometrisch bestimmt werden, wodurch optimale Bedingungen für die Abtrennung für die Mikroorganismen bezüglich des Sauerstoffgehalts geschaffen werden können.

Weiters ist vorgesehen, dass die Oxidationsmittelzufuhr in Abhängigkeit des Oxidationsmittelsgehalts der Prozessflüssigkeit oder des Biogas, vorzugsweise in einer Zufuhr- und/oder Abfuhreinrichtung Sammelbehälter und /oder im Reaktor geregelt wird, sodass Einsparungspotentiale in Bezug auf den Oxidationsmittelverbrauch, insbesondere wenn nicht Luftsauerstoff, sondern z.B. Reinsauerstoff bzw. andere Oxidationsmittel verwendet werden, ausgenutzt werden können und damit die Betriebskosten gesenkt werden können.

Von Vorteil zeigt sich auch, dass im Sammelbehälter, zumindest eine Verteilvorrichtung, wie z.B. ein Rührer, angeordnet ist, die die Prozessflüssigkeit, das Biogas bzw. Oxidationsmittel oder ein Gemisch daraus vermischt, wodurch dafür gesorgt wird, dass die Prozessflüssigkeit, das Biogas und das Oxidationsmittel im Sammelbehälter ständig in Bewegung bleiben und sich somit keine Komponenten absetzen können, sondern die gesamte Zusammensetzung der einzelnen vorab genannten Komponenten oder des Gemisches daraus für den Kreislauf zur Verfügung stehen.

Weiters erweist sich von Vorteil, dass die Prozessflüssigkeit, das Biogas, das Oxidationsmittel und/oder das Gemisch daraus auf eine Temperatur, ausgewählt aus einem Bereich zwischen 20 °C und 45°C, vorzugsweise 28 °C, vorzugsweise im Sammelbehälter erwärmt wird, wodurch die Effizienz der Abbauleistung der Mikroorganismen optimiert wird sowie die optimalen Lebensbedingungen geschaffen werden. Damit die aeroben Mikroorganismen optimale Lebensbedingungen haben und höchste Abbauleistungen erzielen können, ist es vorteilhaft, den Reaktor in einem Temperaturbereich zwischen 20 bis 45 °C, insbesondere 28°C zu betreiben.

Weiters ist vorgesehen, dass durch ein Vorratsgefäß neue Prozessflüssigkeit, vorzugsweise über den Sammelbehälter in den Kreislauf gelangt und durch ein Abfallgefäß verbrauchte Prozessflüssigkeit abtransportiert wird, wodurch gewährleistet werden kann, dass sämtliche Komponenten in der Prozessflüssigkeit über einen definierten Zeitraum in einer vordefinierten Konzentration vorliegen. Beispielsweise können mit dem Ausschleusen von Prozessflüssigkeit Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen, gelöste Salze, etc. aus der im Kreislauf geführten Prozessflüssigkeit entfernt und dadurch z.B. eine Zunahme der Salzkonzentration vermieden werden. Vorteilhaft dabei erweist sich des weiteren, dass die Zufuhr neuer Prozessflüssigkeit über eine Niveausteuerng aus dem Vorratsgefäß reguliert werden kann.

Die Prozessflüssigkeit kann über eine Fördereinrichtung, insbesondere Pumpe, von unten nach oben, insbesondere vom Sammelbehälter in den oberen Bereich des Reaktors, transportiert werden und gegebenenfalls über eine Verteileinrichtung, insbesondere Brausekopf, im Reaktor gleichmäßig versprüht werden, wodurch eine gleichmäßige Aufbringung des Gasgemisches über den gesamten Innenraum des Reaktors und somit über die gesamte Mikroorganismenpopulation ermöglicht wird.

Vorteilhaft erweist sich des weiteren, dass sich durch die Anordnung von Verteilerböden die Prozessflüssigkeit, das Biogas, das Oxidationsmittel und/oder das Gemisch daraus über den gesamten Innenraum des Reaktors gleichmäßig verteilt wird, wodurch vermieden werden kann, dass lediglich in den Randbereichen des Reaktors eine Abtrennung bzw. eine Absonderungen von siliziumhaltigen Verbindungen aus dem Biogas erfolgt, da vor allem bei geraden Flächen eine mehr oder weniger große Neigung der Prozessflüssigkeit und/oder des Biogas/Oxidationsmittels/Gemisches zur Randgängigkeit besteht.

Die aeroben Mikroorganismen können auf einem Träger, insbesondere Füllkörper, wie Kunststofffüllkörper, wie z.B. Polyurethanschäum, Raschigringe, etc. immobilisiert sein, worauf sich die aerobe Mikroorganismen vermehren. Weiters erweist sich dabei von Vorteil, dass die aktive Biomasse nicht im Kreislauf im Gerät und in Nebenanlagen geführt werden muss, sondern auf den Füllkörpern stationär verbleiben kann und somit eine kompakte Bauweise ohne kostspielige Nebenanlagen ermöglicht wird. Dadurch wird der Betrieb der Anlage wesentlich vereinfacht und die Wartung und Überwachung erleichtert. Als

besonders günstig wirkt sich hierbei auch die Tatsache aus, dass als biologischer Rasen ein Füllkörperbett mit sehr großer Oberfläche zur Verfügung steht und dass sich die Flüssigkeitsoberfläche jeweils im direkten Kontakt zu dem biologischen Rasen befindet, sodass die siliziumhaltigen Verbindungen sehr rasch und vollständig zu den Mikroorganismen transportiert werden können. Die Aktivität der Bakterien kann auch dann aufrechterhalten werden, wenn während Stillstandzeiten kein zu reinigendes Biogas anfällt. Es genügt hierbei den Kreislauf der Prozessflüssigkeit aufrecht zu erhalten.

In einer Weiterbildung ist es vorgesehen, dass als Mikroorganismen Misch- oder Reinkulturen aus *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella subtilis*, *Proteobakterium* sp., *Myroides* sp., *Chryseobakterium* sp., *Aquicella siphonis*, *Pigmentiphaga kullae*, etc. und/oder aus Kläranlagen siloxanproduzierender Industrie isolierte Bakterienarten bzw. -stämme und/oder in Kombination mit anderen Bakterienstämmen und -arten verwendet werden, wodurch eine große Vielfalt der zu verwendenden Mikroorganismen eingesetzt werden kann, die unter aeroben Bedingungen in der Lage sind siliziumhaltige Verbindungen und gegebenenfalls andere Komponenten aus Biogas abzutrennen.

In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass insbesondere zu Beginn des Verfahrens die Prozessflüssigkeit mit den befindlichen Mikroorganismen angeimpft wird, wodurch die Anwuchszeit der Mikroorganismen auf den Füllkörpern wesentlich verkürzt werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Verfahren im Gegenstrom betrieben wird, insbesondere, dass das Biogas von unten nach oben und das Nährmedium von oben nach unten strömen, d.h. dass das zu reinigende Gas innerhalb des Reaktors im Wesentlichen entgegen der Strömungsrichtung der Prozessflüssigkeit verläuft. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass das gasförmige Medium und die Flüssigkeit über die gesamte Höhe des Reaktors aneinander entlang gleiten, wodurch sich eine lange Kontaktstrecke ergibt.

In einer alternativen Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Verfahren im Gleichstrom betrieben wird, insbesondere dass das Biogas und das Nährmedium in gleicher Richtung im Kreislauf geführt werden. Diese Ausgestaltung hat sich vor allem für Vorrichtungen, deren Innenraum des Reaktors eine vergleichsweise große Höhe aufweist, als vorteilhaft

erwiesen, da bereits eine Durchmischung des gasförmigen Mediums und der Prozessflüssigkeit vor Eintritt in den Innenraum des Reaktors erfolgen kann.

In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass mehrere Zu- und Abfuhreinrichtungen für das Biogas, das Oxidationsmittel, die Prozessflüssigkeit und/oder Gemisch daraus vorzugsweise auf gleicher Ebene, und/oder in regelmäßigen Abständen verteilt über den gesamten Durchmesser des Innenraums des Reaktors angeordnet sind, wodurch gewährleistet wird, dass eine gleichmäßige Verteilung des Biogas, Oxidationsmittels, der Prozessflüssigkeit und/oder Gemisches daraus über den gesamten Reaktor vorliegt.

Durch die Anordnung einer Einrichtung zur Anreicherung des Biogases mit Oxidationsmittel, wie Luft oder Sauerstoff, außerhalb des Reaktors kann eine höhere Konzentration des Oxidationsmittels im Biogas und in weiterer Folge gegebenenfalls in der Prozessflüssigkeit erreicht werden, sodass eine ausreichende, beispielsweise zumindest stöchiometrische Menge an Oxidationsmittel in Bezug auf die abzutrennende Komponente für die Stoffwechseltätigkeit der Organismen zur Verfügung steht. So kann beispielsweise eine vorbestimmbare Menge an Oxidationsmittel in das Biogas und/oder die Prozessflüssigkeit eingebracht werden, sodass im Innenraum des Reaktors eine Pufferkapazität für den Fall von Betriebsstörungen zur Verfügung steht und damit der Reaktor zumindest über einen Zeitraum kontinuierlich weiterbetrieben werden kann.

Die Endkonzentration des Sauerstoff im gereinigten Biogas beträgt einen Maximalwert ausgewählt aus einem Bereich mit einer oberen Grenze von 2 %, vorzugsweise 1,5 %, insbesondere 1 %, und einer unteren Grenze von 0,1 %, vorzugsweise 0,3 %, insbesondere 0,5 %, wodurch es ermöglicht wird, dass das gereinigte Biogas direkt in das Erdgasnetz eingespeist wird und damit die ÖVGW-Richtlinie erfüllt wird (Sauerstoff maximal 0,5 %).

Weiters ist vorgesehen, dass im Kreislauf zumindest eine Messvorrichtung, insbesondere zur Messung des Oxidationsmittels, der Salzkonzentration, pH-Werts, etc. angeordnet ist, wodurch sich die Effizienz der Vorrichtung, insbesondere im Hinblick auf die Betriebsmittelkosten, steigert.

Die Prozessflüssigkeit, insbesondere das Nährmedium, kann einen Pflanzendünger, vorzugsweise flüssigen Pflanzendünger, beinhalten, wodurch die für das Bakterienwachstum

notwendigen und optimierten Nährstoffe den Mikroorganismen zur Verfügung gestellt werden.

Von Vorteil erweist sich dabei die Auswahl eines Pflanzendüngers gemäß handelsüblicher Pflanzendünger, weil dadurch ein kostengünstiges ohne Herstellungsaufwand und dennoch optimiertes Nährstoffangebot für die Mikroorganismen geboten werden kann. Besonders vorteilhaft erweist sich ein Nährmedium enthaltend Stickstoff, Phosphor, Kalium, insbesondere im Verhältnis 3:1:3, und Spurennährstoffe, wie 0,01 % Mangan, jeweils 0,002% bis 0,005 % Zink und/oder Kupfer und gegebenenfalls Spuren von Bor und/oder Eisen.

Der Pflanzendünger wird in einer Verdünnung 1:50 bis 1:200, vorzugsweise 1:100 der ursprünglichen Konzentration in der Prozessflüssigkeit eingesetzt, wodurch weder eine Über- noch eine Unterversorgung mit Nährstoffen der Mikroorganismen entstehen.

Der pH-Wert der Prozessflüssigkeit ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 5, insbesondere 5,5 vorzugsweise 6, und einer oberen Grenze von 7,5, insbesondere 7, vorzugsweise 6,5 ausgewählt, wodurch keine Zudosierung weder einer Lauge noch einer Säure nötig ist, da die Prozessflüssigkeit, gegebenenfalls mit den Abbauprodukten der siliziumhaltigen Verbindungen, als Puffer dient.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann die Prozessflüssigkeit ein Lösungsmittel umfassen, dessen Polarität zwischen jener von Wasser und Siloxanen liegt, wodurch die Wasserlöslichkeit von Siloxanen erhöht werden kann.

Dies kann aber auch dadurch erreicht werden, dass als Lösungsmittel zumindest ein Tensid in einer Menge ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 %, vorzugsweise 0,3 %, insbesondere 0,5 % und einer oberen Grenze von 5 %, vorzugsweise 3 %, insbesondere 1 % in der Prozessflüssigkeit enthalten ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung können Verteilerböden im Innenraum des Reaktors angeordnet sein, wodurch eine bessere Verteilung zwischen der Gas- und der Flüssigphase erzielt wird.

Die Verteilerböden sind vorzugsweise in Form einer Lochplatte ausgebildet um das vorab erwähnte positive Resultat zu erzielen.

Um die Wirkung der Verteilerböden zu optimieren, können diese in regelmäßigen Abständen entlang der Längserstreckung des Reaktors angeordnet sein.

Weiters kann ein Sammelbehälter zur Zu- und/oder Abfuhr von Prozessflüssigkeit, Biogas, Oxidationsmittel, Stoffwechselprodukten der Mikroorganismen, etc. angeordnet sein, in welchem gegebenenfalls eine Verteileinrichtung, wie Rührer, angeordnet ist, wodurch die Flüssigkeit ständig in Bewegung bleibt und für eine kontinuierliche Durchmischung gesorgt wird. Wird das Biogas bzw. das Biogasoxidationsmittelgemisch ebenfalls über den Sammelbehälter transportiert, so erfolgt eine kontinuierliche Durchmischung sowohl der Prozessflüssigkeit als auch des Biogases und des Oxidationsmittels.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann im und/oder am Sammelbehälter eine Heizeinrichtung, insbesondere ein Heizmantel, angeordnet sein, wodurch die Wirkungskraft der Vorrichtung durch Optimierung der Reaktionsbedingungen, insbesondere der Lebensbedingungen für die Mikroorganismen, verbessert werden kann.

Weiters kann im Strömungsverlauf der Prozessflüssigkeit, des Biogas, des Oxidationsmittels und/oder des Gemisches daraus nach dem Reaktor ein Tropfenabscheider angeordnet sein, wodurch die Qualität des die Vorrichtung verlassenden Gasgemisches verbessert werden kann und gleichzeitig eine Rückgewinnung an Prozessflüssigkeit möglich ist.

Vorteilhaft bei der vorliegenden Erfindung erweist sich, dass ein Wirkungsgrad von 80 % bis 90 % erzielt werden kann, wodurch eine deutlich verbesserte, wie aus dem Stand der Technik bekannte, Abtrennung von siliziumhaltigen Verbindungen aus Biogas geschaffen werden kann.

Die Erfindung umfasst weiters die Verwendung der Vorrichtung nach den dargestellten Ausführungsvarianten zur Vorreinigung und/oder Reinigung, insbesondere Entfernung von siliziumhaltigen Verbindungen aus Biogas bzw. bei der Verstromung von Biogas in Kraft-Wärme-Kopplungssystemen, insbesondere Brennstoffzellen.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der vorliegenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 das Anlagenschema einer Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 in Draufsicht eine Ausführungsvariante eines Verteilerbodens.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Biogas 2 entsteht aus organischer Substanz, z.B. aus Pflanzenabfällen bzw. anderen Bioabfällen in einem mehrstufigen anaeroben Prozess durch verschiedenste Bakterien. Es ist ein Gasgemisch, das unter anderem Methan, Kohlendioxid, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, siliziumhältige Verbindungen, etc. enthält. Erfindungsgemäß können aus diesem Gasgemisch in der Folge siliziumhältige Verbindungen in einem aeroben Prozess durch biologische Oxidation und von Zuhilfenahme von Mikroorganismen 10 entfernt werden.

Fig. 1 beschreibt eine Vorrichtung 1 zur zumindest teilweisen Entfernung zumindest einer Komponente aus einem Gasgemisch, insbesondere Biogas 2. Das Biogas 2 wird über eine Zufuhreinrichtung 3 zum Reaktor 4 transportiert. Am unteren Ende des Reaktors 4 befindet sich der Reaktorsumpf 5. Der Reaktor 4 ist vorzugsweise als Rieselfbettreaktor ausgeführt.

Bei der erfindungsgemäßen Ausführungsform wird das Oxidationsmittel 6 dem Biogas 2 bereits in der Zufuhreinrichtung 3 zudosiert. Das Oxidationsmittel 6 wird von den aeroben Mikroorganismen 10 für die Oxidation benötigt. Dieses wird bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 nach Fig. 1 im Biogas 2 in Form von Sauerstoff bzw. Luftsauerstoff 6 angereichert. Erfindungsgemäß wird ein gasförmiges Oxidationsmittel 6 verwendet, wobei allerdings erwähnt sei, dass mit der Vorrichtung 1 nach der Erfindung auch flüssige Oxida-

tionsmittel 6 verarbeitet werden können. Von der Zufuhreinrichtung 3 gelangen das Biogas 2 und das Oxidationsmittel 6 in den Reaktorsumpf 5 und steigen im Innenraum 21 des Reaktors 4 auf. In der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 sind vorzugsweise mehrere Zu- und Abfuhreinrichtungen 3,7 für das Gasgemisch angeordnet, um eine bessere Verteilung zwischen Gas und Flüssigphase zu erzielen.

Über die gezielte Zufuhr des Oxidationsmittels 6 zum Biogas 2 kann die genaue Konzentration des Oxidationsmittelsgehalts im Biogas bestimmt werden. Erfolgt eine weitere Verdünnung im Sammelbehälter 8 durch die Zufuhr von Prozessflüssigkeit 9, so kann abermals genau berechnet werden, in welcher Konzentration Oxidationsmittel 6 zugeführt werden muss, um letztendlich im Innenraum 21 des Reaktors 4 optimale Bedingungen für die Vermehrung der Mikroorganismen 10 bzw. der Abtrennung siliziumhaltiger Verbindungen durch die Mikroorganismen 10 zu erzielen.

Neben der Funktion als Waschflüssigkeit zur Auswaschung der Reaktionsprodukte aus dem Reaktor 4, insbesondere der Füllkörper 22, kann die Prozessflüssigkeit 9 auch die Funktion der Nährstoffzufuhr für die Mikroorganismen 10 übernehmen. Die Nährstoffe können z.B. Spurenelemente, wie Phosphor sein, wobei sich die genaue Zusammensetzung an Nährstoffen nach der jeweiligen Bakterienkultur richtet. Die Zudosierung der Nährstoffe kann ebenfalls über den Sammelbehälter 8 für frische Prozessflüssigkeit 9 erfolgen.

Die Prozessflüssigkeit 9 kann also sowohl eine Nähr- als auch eine Waschlösung sein. Sie wird vorzugsweise im Kreislauf geführt. Vorzugsweise umfasst die Prozessflüssigkeit 9 einen flüssigen Pflanzendünger und wird einer vordefinierten Verdünnung eingesetzt.

Um den Mikroorganismen 10 entsprechende Lebensbedingungen zu ermöglichen, kann in der Vorrichtung 1 weiters eine pH-Wert-Messung und/oder -regelung kontinuierlich vorgesehen sein.

Der pH-Wert für die biologische Oxidation von siliziumhaltigen Verbindungen ist vorzugsweise in einem Bereich zwischen pH 5 und pH 7,5, insbesondere zwischen pH 5,5 und pH 6,5, eingestellt.

Zur weiteren Steigerung der Effizienz der Vorrichtung 1 kann die Prozessflüssigkeit 9 vorgewärmt werden, beispielsweise auf eine Temperatur im Bereich zwischen 20° und 45° C,

vorzugsweise 28° C. Es wird damit einerseits die Stoffwechseltätigkeit der Mikroorganismen 10 beschleunigt und andererseits kann damit auch eine höhere Konzentration an Oxidationsmittel 6 in der Prozessflüssigkeit 9 erreicht werden. Zur Erwärmung der Prozessflüssigkeit 9 kann im Prozessflüssigkeitskreislauf eine Heizeinrichtung angeordnet sein, z.B. als Heizmantel um den Sammelbehälter 8. Alternativ bzw. zusätzlich dazu kann der Reaktor 4 selbst zumindest teilweise beheizt werden. Eine Temperaturregelung ist selbstverständlich möglich.

Vom Reaktorsumpf 5 zeigt eine Abfuhreinrichtung 7 zu einem Sammelbehälter 8. Über diese Abfuhreinrichtung 7 werden beispielsweise verbrauchte Prozessflüssigkeit 9 und Metaboliten der Mikroorganismen 10 zum Sammelbehälter 8 transportiert. Im Sammelbehälter 8 kann eine Verteilvorrichtung 11, insbesondere ein Rührer angeordnet sein, um eine Durchmischung der Prozessflüssigkeit 9 zu gewährleisten. Mit Hilfe der Verteilvorrichtung 11, insbesondere Rührer, ist dabei sowohl eine Homogenisierung der Nährstoffe in der Prozessflüssigkeit 9, als auch eine Durchmischung, beispielsweise zur Regulierung des pH-Werts möglich.

Zum bzw. vom Sammelbehälter 8 können Zu- oder Abfuhreinrichtungen 3,7 zur weiteren Behältnissen angeordnet sein. Eines dieser Behältnisse kann beispielsweise ein Vorratsgefäß 12 sein, in welchem neue, unverbrauchte Prozessflüssigkeit 9 vorliegt. In ein weiteres Sammelgefäß 13 kann verbrauchte Prozessflüssigkeit 9 transportiert werden. Der Transport erfolgt über die Zu- oder Abfuhreinrichtungen 3,7, in welchen sich zumindest ein Ventil 14 und/oder auch zumindest eine Fördereinrichtung, wie Pumpe 15 befinden können.

Zur Erwärmung der Prozessflüssigkeit 9 kann der Sammelbehälter 8 beheizt werden. Dies kann beispielsweise durch einen Heizmantel 16, welcher sich rings um den Sammelbehälter 8 befindet, erzielt werden.

Die Prozessflüssigkeit 9 kann vom Sammelbehälter 8 über eine weitere Zufuhreinrichtung 3 und gegebenenfalls dazwischen geschaltete Ventile 14 und Pumpen 15 zum Reaktor 4 transportiert werden. Neben der Prozessflüssigkeit 9 können auch geringe Mengen an Biogas 2, Oxidationsmittel 6 bzw. einem Gemisch daraus enthalten sein.

In einer alternativen Ausführungsform kann die Prozessflüssigkeit 9 von einem Vorratsgefäß 12 auch direkt in den Reaktor 4 transportiert werden und von dort über eine Fördereinrichtung 15, insbesondere Pumpe, zum oberen Ende 17 des Reaktors 4 geleitet werden.

Um eine gleichmäßige Verteilung der Prozessflüssigkeit 9 im oberen Ende 17 des Reaktors 4 zu erzielen, kann eine Verteilereinrichtung 18, wie beispielsweise eine Brause, angeordnet sein.

Um die Verteilung der Prozessflüssigkeit 9, des Biogas 2, bzw. Oxidationsmittels 6 über die gesamte Höhe des Reaktors 4 annähernd gleichmäßig über den Verfahrensprozess zu halten, kann in regelmäßigen Abständen zumindest ein Verteilerboden 19, angeordnet sein. Um die Effizienz bzw. die Durchmischung zu verbessern, können auch mehrere Verteilerböden 19 in regelmäßigen Abständen angeordnet sein.

Eine Ausführungsform eines Verteilerbodens 19 ist in Fig. 2 dargestellt. Hier ist der Verteilerboden 19 in Form einer Lochplatte ausgebildet, wobei nur im Zentrum des Verteilerbodens 19 Durchbrüche 20, wie Löcher angeordnet sind.

In einer alternativen nicht dargestellten Ausführungsform können die Durchbrüche 20 auch in anderen geometrischen Figuren, wie beispielsweise viereckig, wie z.B. rechteckig oder quadratisch, polygonal, oval, etc. angeordnet sein. Selbstverständlich können die Durchbrüche 20 auch über den gesamten Durchmesser des Verteilerbodens 19 angeordnet sein.

Im Innenraum 21 des Reaktors 4 befinden sich die Füllkörper 22, auf welchen Mikroorganismen 10 immobilisiert sind. Dadurch muss die aktive Biomasse nicht im Kreislauf und durch Nebenanlagen geführt werden und wird eine kompakte Bauweise ohne kostspielige Nebenanlagen ermöglicht. Durch den Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 kann die Wartung und die Überwachung erleichtert werden. Das Material der Füllkörper 22 muss normalerweise nicht ausgetauscht werden, wodurch die Wartungskosten weiter gesenkt werden. Die Füllkörper 22 können z.B. in Form von Raschigringen ausgebildet sein und aus unterschiedlichsten Materialien, beispielsweise Glas, Kunststoff, etc. bestehen. Weiters ist die Verwendung von Bruchglas möglich, aber auch andere Füllkörper 22, wie z.B. Aktivkohle, können eingesetzt werden. Selbstverständlich ist auch eine Mischung unterschiedlichster Materialien der Füllkörper 22 denkbar. Das Material der Füllkörper 22

sollte jedenfalls so beschaffen sein, dass sich auf diesem aerobe Mikroorganismen 10 ansiedeln können und so ausgewählt werden, dass es durch die Mikroorganismen 10 nicht abgebaut wird. Verwendbar als Füllkörper-Material sind auch diverse Kunststoffschäume, z.B. Polyurethanschaum, wobei dieser sowohl offen-zellig als auch geschlossen-zellig ausgebildet sein kann.

Die Mikroorganismen 10, insbesondere Bakterienarten bzw. -stämme *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella subtilis*, *Proteobakterium* sp., *Myroides* sp., *Chryseobakterium* sp., *Aquicella siphonis*, *Pigmentiphaga kullae*, etc. und/oder aus Kläranlagen siloxanproduzierender Industrie isolierte Bakterienarten bzw. -stämme sind aktive Organismen, die Siloxane abbauen können. Auch eine Kombination der vorab genannten Bakterienarten bzw. -stämme in Kombination mit anderen Bakterienstämmen und -arten können einen Abbau von Siloxanen ermöglichen.

Im Strömungsverlauf des Gasgemisches, insbesondere gereinigten Biogas 2, kann anschließend an den Reaktor 4 noch ein Tropfenabscheider 23 angeordnet sein, sodass gegebenenfalls im Gasgemisch enthaltene Prozessflüssigkeitströpfchen abgeschieden werden können und damit ein trockeneres, gereinigtes Produkt zur weiteren Verwendung zur Verfügung steht. Der Tropfenabscheider 23 kann über eine weitere Abfuhreinrichtung 7 mit dem Innenraum 21 des Reaktors 4 verbunden sein.

Durch die Zufuhr des Oxidationsmittels 6, insbesondere Sauerstoff bzw. Luftsauerstoff, wird es ermöglicht, dass sich im Innenraum 21 des Reaktors 4 Mikroorganismen 10 ansiedeln, welche vorzugsweise obligat aerob bzw. fakultativ aerob überleben bzw. sich vermehren können und eine Abtrennung der siliziumhaltigen Verbindungen aus dem Biogas 2 ermöglichen. Dadurch kann erzielt werden, dass beispielsweise Biogas 2, welches weiter verwendet wird, annähernd frei bzw. einen drastisch reduzierten Anteil an siliziumhaltigen Verbindungen enthält und somit Schäden, welche beispielsweise durch diese verursacht werden könnten, vermieden werden. Die Mikroorganismen 10 sind in der Lage unter Sauerstoffverbrauch siliziumhaltige Verbindungen zu oxidieren. Die Reaktionsmechanismen sind hinlänglich bekannt, sodass an dieser Stelle diesbezüglich auf diverse Fachliteratur

verwiesen sei bzw. können diese auch aus den Eingangs erwähnten Dokumenten zum Stand der Technik ersehen werden.

Selbstverständlich ist es möglich, den Reaktor 4 sowohl im Gleich- als auch im Gegenstrom zu betreiben. Wird der Reaktor 4 im Gegenstrom betrieben, so gelangt über den Reaktorsumpf 5 das Biogas 2 und das Oxidationsmittel 6 bzw. das Gemisch daraus in den Reaktor 4 und über eine Verteileinrichtung 18, welches am oberen Ende 17 des Reaktors 4 angeordnet ist, gelangt die Prozessflüssigkeit 9 in den Reaktor 4.

Es ist auch möglich, die Vorrichtung 1 im Gleichstrom zu betreiben, wobei beispielsweise sowohl das Biogas 2, Oxidationsmittel 6 bzw. das Gemisch daraus als auch die Prozessflüssigkeit 9 über die Verteileinrichtung 18 am oberen Ende 17 in den Innenraum 21 des Reaktors 4 gebracht werden.

In einer nicht dargestellten Ausführungsform ist es selbstverständlich auch möglich, dass die Verteileinrichtung 18 nicht nur am oberen Ende 17 des Reaktors 4 angeordnet ist, sondern dass mehrere Verteileinrichtungen 18 in regelmäßigen Abständen verteilt über die Höhe des Reaktors 4 vorliegen und dadurch eine gleichmäßige Verteilung des Biogas 2, Oxidationsmittel 6 bzw. des Gemisches daraus als auch der Prozessflüssigkeit 9 erzielt werden kann.

Da sich die bei der Reaktion im Reaktor 4 gebildeten Produkte in der Prozessflüssigkeit 9 anreichern, ist es vorteilhaft, beispielsweise den Salzgehalt der Prozessflüssigkeit 9 zu überwachen und gegebenenfalls einzustellen. Die Überwachung kann dabei entweder diskontinuierlich, manuell erfolgen, andererseits ist es aber auch möglich, mittels entsprechender Messeinrichtung im Prozessflüssigkeitskreislauf diese kontinuierlich vorzunehmen. Messeinrichtungen zur Bestimmung des Salzgehalts in einer Flüssigkeit sind aus dem Stand der Technik bekannt. In weiterer Folge besteht selbstverständlich auch die Möglichkeit, andere Produkte, beispielsweise durch Fällung aus der Prozessflüssigkeit 9 zu entfernen.

Die Prozessflüssigkeit 9 kann ein Lösungsmittel umfassen, dessen Polarität zwischen jener von Wasser und Siloxanen liegt, bzw. ein Tensid in einer Menge ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 %, vorzugsweise 0,3 %, insbesondere 0,5 % und

einer oberen Grenze von 5 %, vorzugsweise 3 %, insbesondere 1 % umfassen, wodurch die Wasserlöslichkeit von siliziumhaltigen Verbindungen erhöht werden kann.

Die im Innenraum 21 des Reaktors 4 entstandenen Reaktionsprodukte werden mit Hilfe der Prozessflüssigkeit 9 vom Innenraum 21 in den Reaktorsumpf 5 ausgewaschen, wodurch ein kontinuierlicher Betrieb des Reaktors 4 hier ermöglicht wird. In der Folge wird die Prozessflüssigkeit 9 mit dem darin enthaltenen Reaktionsprodukten aus dem Reaktorsumpf 5 über eine Abfuhreinrichtung 7 aus dem Reaktor 4 entfernt.

Das derart gereinigte Gasgemisch wird dem Reaktor 4, vorzugsweise oberhalb eines gegebenenfalls vorhandenen Niveaus an Prozessflüssigkeit 9, über eine Abfuhrleitung 7 entzogen.

Während kurzer Stillstandzeiten ist es von Vorteil, die Aktivität der Mikroorganismen 10 aufrecht zu erhalten, auch wenn kein zu reinigendes Biogas 2 anfällt. Damit kann eine erneute Anlaufphase des Reaktors 4 vermieden werden.

Um die Anlaufphase der Vorrichtung 1, insbesondere des Reaktors 4 zu verkürzen, ist es möglich, die Prozessflüssigkeit 9 mit den jeweiligen Mikroorganismen 10 anzupfen.

Als Variante der Prozessflüssigkeitseinbringung kann – wie nicht dargestellt – das Material der Füllkörper 22 in mehrere Stufen unterteilt werden, welche mit seitlich geneigten Trennböden, z.B. Glockenböden begrenzt sind, die das seitliche Abfließen der Prozessflüssigkeit 9 der jeweils darüber liegenden Stufe in einem gesonderten Kanal ermöglichen. In jeder Stufe wird über zumindest je eine Verteileinrichtungen 18, insbesondere Brause, die Prozessflüssigkeit 9 eingebracht. Die Anzahl der Stufen ergibt sich aus der erwarteten Konzentration der abzutrennenden Komponente im Gasgemisch. Diese Variante der Prozessflüssigkeitseinbringung bewirkt eine ausreichende Versorgung der Mikroorganismen 10 mit Oxidationsmittel 6.

Wie bereits erwähnt, kann die Vorrichtung 1 zur Abtrennung bzw. teilweisen Abtrennung von siliziumhaltigen Verbindungen aus Biogas 2 verwendet werden, wobei das derart gereinigte Biogas 2 einerseits thermisch verwertet werden kann und andererseits ist es auch möglich, dieses Biogas 2 zur Verstromung in Kraft-Wärme-Kopplungssystemen, insbesondere Brennstoffzellen, einzusetzen.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mitumfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereich beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten der Vorrichtung 1, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt. Es sind also auch sämtliche denkbaren Ausführungsvarianten, die durch Kombinationen einzelner Details der dargestellten und beschriebenen Ausführungsvariante möglich sind, vom Schutzzumfang mit umfasst.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Vorrichtung 1 diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrunde liegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

Bezugszeichenaufstellung

- 1 Vorrichtung
- 2 Biogas
- 3 Zufuhreinrichtung
- 4 Reaktor
- 5 Reaktorsumpf

- 6 Oxidationsmittel
- 7 Abfuhreinrichtung
- 8 Sammelbehälter
- 9 Prozessflüssigkeit
- 10 Mikroorganismen

- 11 Verteilvorrichtung
- 12 Vorratsgefäß
- 13 Sammelgefäß
- 14 Ventil
- 15 Fördereinrichtung

- 16 Heizmantel
- 17 obere Ende
- 18 Verteileinrichtung
- 19 Verteilerboden
- 20 Durchbruch

- 21 Innenraum
- 22 Füllkörper
- 23 Tropenabscheider

Patentansprüche

1. Verfahren zur zumindest teilweisen Abtrennung zumindest einer Komponente aus einem Gasgemisch, insbesondere aus Biogas (2), wobei in einem Reaktor (4) mit einem Innenraum (21) Mikroorganismen (10) durch eine Prozessflüssigkeit (9), insbesondere eine Wasch- und/oder Nährlösung, versorgt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Komponente, insbesondere siliziumhaltige Verbindungen, wie Siloxane, über aerobe, insbesondere mesophile, Mikroorganismen (10) zumindest teilweise abgetrennt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein gasförmiges Oxidationsmittel (6), insbesondere Sauerstoff und/oder Luft dem Biogas (2) zugeführt wird und ein Biogas-Oxidationsmittelgemisch gebildet wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessflüssigkeit (9) im Reaktor (4) mit dem einströmenden Biogas (2), Oxidationsmittel (6) und/oder dem Gemisch daraus vermischt wird und gegebenenfalls in einen Sammelbehälter (8) transportiert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des benötigten Oxidationsmittels (6) stöchiometrisch bestimmt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Oxidationsmittelzufuhr in Abhängigkeit des Oxidationsmittelgehalts der Prozessflüssigkeit (9) und/oder des Biogas (2) in einer Zufuhr- oder Abfuhreinrichtung (3,7), im Sammelbehälter (8) und/oder im Reaktor (4), geregelt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Sammelbehälter (8) durch eine Verteilvorrichtung (11), insbesondere Rührer, die Prozessflüssigkeit (9), das Biogas (2) bzw. Oxidationsmittel (6) oder das Gemisch daraus gemischt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessflüssigkeit (9), das Biogas (2), das Oxidationsmittel (6) und/oder das Gemisch daraus auf eine Temperatur ausgewählt aus einem Bereich zwischen 20°C und 45°C, vorzugsweise 28°C, vorzugsweise im Sammelbehälter (8), erwärmt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass durch ein Vorratsgefäß (12) neue Prozessflüssigkeit (9), vorzugsweise über den Sammelbehälter (8), in den Kreislauf, gegebenenfalls über eine Niveausteuerng reguliert, gelangt und durch ein Sammelgefäß (13) verbrauchte Prozessflüssigkeit (9) abtransportiert wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessflüssigkeit (9) über eine Fördereinrichtung (15), insbesondere Pumpe, von unten nach oben, insbesondere vom Sammelbehälter (8) in einen oberen Bereich des Innenraums (21) des Reaktors (4) transportiert wird und gegebenenfalls über zumindest ein Verteileinrichtung (18), insbesondere Brausekopf, im Reaktor (4) gleichmäßig versprüht wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Anordnung zumindest eines Verteilerbodens (19) die Prozessflüssigkeit (9), das Biogas (2), das Oxidationsmittel (6) und/oder das Gemisch daraus über den Innenraum (21) des Reaktors (4) gleichmäßig verteilt werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die aeroben Mikroorganismen (10) auf einem Träger, insbesondere Füllkörper

(22), wie Blähton, Kunststofffüllkörper, wie z.B. Polyurethanschaum, Raschigringe, etc. immobilisiert sind.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass als Mikroorganismen (10) Misch- oder Reinkulturen aus *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella subtilis*, *Proteobakterium* sp., *Myroides* sp., *Chryseobakterium* sp., *Aquicella siphonis*, *Pigmentiphaga kullae*, etc. und/oder aus Kläranlagen siloxanproduzierender Industrie isolierte Bakterienarten bzw. -stämme und/oder in Kombination mit anderen Bakterienstämmen und -arten verwendet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass insbesondere zu Beginn des Verfahrens die Prozessflüssigkeit (9) gegebenenfalls mit den gleichen wie auf den Füllkörpern (22) befindlichen Mikroorganismen (10) angeimpft wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren im Gegenstrom betrieben wird, insbesondere dass das Biogas (2) von unten nach oben und dass die Prozessflüssigkeit (9) von oben nach unten strömen.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren im Gleichstrom betrieben wird, insbesondere dass das Biogas (2) und die Prozessflüssigkeit (9) in gleicher Richtung im Kreislauf geführt werden.

16. Vorrichtung (1) zur zumindest teilweisen Abtrennung zumindest einer Komponente aus einem Gasgemisch, insbesondere aus Biogas (2), umfassend einen Reaktor (4) mit Mikroorganismen (10) und zumindest eine Zu- und Abfuhreinrichtung (3,7) zum Transport des Gasgemisches und zumindest einer Prozessflüssigkeit (9), insbesondere einer Wasch- und/oder Nährlösung, dadurch gekennzeichnet, dass zur zumindest teilweisen Abtrennung der zumindest einen Komponente, insbesondere siliziumhaltige Verbindungen

dungen, wie Siloxane, aerobe, insbesondere mesophile, Mikroorganismen (10) angeordnet sind.

17. Vorrichtung (1) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Zu- und Abfuhreinrichtungen (3,7) für das Biogas (2), das Oxidationsmittel (6), die Prozessflüssigkeit (9) und/oder Gemisch daraus, vorzugsweise auf gleicher Ebene und/oder in regelmäßigen Abständen verteilt über den gesamten Durchmesser des Reaktors (4), angeordnet sind.

18. Vorrichtung (1) nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einrichtung zur Anreicherung des Biogases mit dem Oxidationsmittel, wie Luft oder Sauerstoff, außerhalb des Reaktors angeordnet ist.

19. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Endkonzentration an Sauerstoff des gereinigten Biogas (2) einen Maximalwert ausgewählt aus einem Bereich mit einer oberen Grenze von 2 %, vorzugsweise 1,5 %, insbesondere 1 % und einer unteren Grenze von 0,1 %, vorzugsweise 0,3 %, insbesondere 0,5 % beträgt.

20. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass im Kreislauf zumindest eine Messvorrichtung, insbesondere zur Messung des Oxidationsmittels (6), der Salzkonzentration, pH-Werts, etc. angeordnet ist.

21. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessflüssigkeit (9), insbesondere das Nährmedium, einen Pflanzendünger, vorzugsweise einen flüssigen Pflanzendünger, beinhaltet.

22. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Nährmedium Stickstoff, Phosphor, Kalium, insbesondere im Verhältnis 3:1:3, und Spurennährstoffe, wie 0,01 % Mangan, jeweils 0,002% bis 0,005 % Zink und/oder Kupfer und gegebenenfalls Spuren von Bor und/oder Eisen umfasst.

23. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Pflanzendünger in einer Verdünnung 1:50 bis 1:200, insbesondere in einer Verdünnung 1:100, der ursprünglichen Konzentration in der Prozessflüssigkeit (9) enthalten ist.
24. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der pH-Wert der Prozessflüssigkeit (9) aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 5, insbesondere 5,5, vorzugsweise 6, und einer oberen Grenze von 7,5, insbesondere 7, vorzugsweise 6,5, ausgewählt ist.
25. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessflüssigkeit (9) ein Lösungsmittel umfasst, dessen Polarität zwischen jener von Wasser und Siloxanen liegt.
26. Vorrichtung (9) nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass als Lösungsmittel zumindest ein Tensid in einer Menge ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 %, vorzugsweise 0,3 %, insbesondere 0,5 % und einer oberen Grenze von 5 %, vorzugsweise 3 %, insbesondere 1 %, in der Prozessflüssigkeit (9) enthalten ist.
27. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Verteilerboden (19) im Reaktor (4) angeordnet ist.
28. Vorrichtung (1) nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Verteilerboden (19) in Form einer Lochplatte ausgebildet ist.
29. Vorrichtung (1) nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Verteilerböden (19) in regelmäßigen Abständen entlang des Innenraums (21) des Reaktors (4) angeordnet sind.

30. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sammelbehälter (8) zur Zu- und/oder Abfuhr der Prozessflüssigkeit (9), Stoffwechselprodukten von Mikroorganismen, etc. angeordnet ist, in welchem gegebenenfalls eine Verteileinrichtung (11), wie Rührer, angeordnet ist.

31. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass am Sammelbehälter (8) eine Heizeinrichtung, insbesondere ein Heizmantel (16), angeordnet ist.

32. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass im Strömungsverlauf der Prozessflüssigkeit (9), des Biogas (2), des Oxidationsmittels (6) und/oder des Gemisches daraus nach dem Reaktor (4) ein Tropfenabscheider (23) angeordnet ist.

33. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Wirkungsgrad von 80 % bis 90 % aufweist.

34. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 33 zur Vorreinigung und/oder Reinigung, insbesondere zur Entfernung von Siloxanen, aus Biogas (2).

35. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 33 bei der Verstromung von Biogas (2) in Kraft-Wärme-Kopplungssystemen, insbesondere Brennstoffzellen.

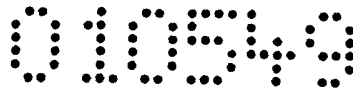
PROFACTOR Produktionsforschungs GmbH

durch


(Dr. Omer)

(Neue) Patentansprüche

1. Verfahren zur zumindest teilweisen Abtrennung zumindest einer Komponente aus einem Gasgemisch, insbesondere aus Biogas (2), wobei in einem Reaktor (4) mit einem Innenraum (21) Mikroorganismen (10) durch eine Prozessflüssigkeit (9), insbesondere eine Wasch- und/oder Nährlösung, versorgt werden, dadurch gekennzeichnet, dass siliziumhaltige Verbindungen, wie Siloxane, über aerobe, insbesondere mesophile, Mikroorganismen (10) zumindest teilweise abgetrennt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein gasförmiges Oxidationsmittel (6), insbesondere Sauerstoff und/oder Luft dem Biogas (2) zugeführt wird und ein Biogas-Oxidationsmittelgemisch gebildet wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessflüssigkeit (9) im Reaktor (4) mit dem einströmenden Biogas (2), Oxidationsmittel (6) und/oder dem Gemisch daraus vermischt wird und gegebenenfalls in einen Sammelbehälter (8) transportiert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des benötigten Oxidationsmittels (6) stöchiometrisch bestimmt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Oxidationsmittelzufuhr in Abhängigkeit des Oxidationsmittelgehalts der Prozessflüssigkeit (9) und/oder des Biogases (2) in einer Zufuhr- oder Abfuhreinrichtung (3,7), im Sammelbehälter (8) und/oder im Reaktor (4), geregelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Sammelbehälter (8) durch eine Verteilvorrichtung (11), insbesondere Rührer,



die Prozessflüssigkeit (9), das Biogas (2) bzw. Oxidationsmittel (6) oder das Gemisch daraus gemischt werden.

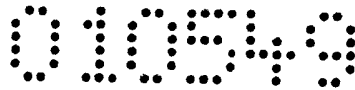
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessflüssigkeit (9), das Biogas (2), das Oxidationsmittel (6) und/oder das Gemisch daraus auf eine Temperatur ausgewählt aus einem Bereich zwischen 20°C und 45°C, vorzugsweise 28°C, vorzugsweise im Sammelbehälter (8), erwärmt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass durch ein Vorratsgefäß (12) neue Prozessflüssigkeit (9), vorzugsweise über den Sammelbehälter (8), in den Kreislauf, gegebenenfalls über eine Niveausteuerng reguliert, gelangt und durch ein Sammelgefäß (13) verbrauchte Prozessflüssigkeit (9) abtransportiert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessflüssigkeit (9) über eine Fördereinrichtung (15), insbesondere Pumpe, von unten nach oben, insbesondere vom Sammelbehälter (8) in einen oberen Bereich des Innenraums (21) des Reaktors (4) transportiert wird und gegebenenfalls über zumindest ein Verteileinrichtung (18), insbesondere Brausekopf, im Reaktor (4) gleichmäßig versprüht wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Anordnung zumindest eines Verteilerbodens (19) die Prozessflüssigkeit (9), das Biogas (2), das Oxidationsmittel (6) und/oder das Gemisch daraus über den Innenraum (21) des Reaktors (4) gleichmäßig verteilt werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die aeroben Mikroorganismen (10) auf einem Träger, insbesondere Füllkörper (22), wie Blähton, Kunststofffüllkörper, wie z.B. Polyurethanschäum, Raschigringe, etc. immobilisiert sind.



12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass als Mikroorganismen (10) Misch- oder Reinkulturen aus *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella subtilis*, *Proteobakterium* sp., *Myroides* sp., *Chryseobakterium* sp., *Aquicella siphonis*, *Pigmentiphaga kullae*, etc. und/oder aus Kläranlagen siloxanproduzierender Industrie isolierte Bakterienarten bzw. -stämme und/oder in Kombination mit anderen Bakterienstämmen und -arten verwendet werden.

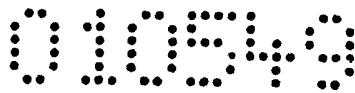
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass insbesondere zu Beginn des Verfahrens die Prozessflüssigkeit (9) gegebenenfalls mit den gleichen wie auf den Füllkörpern (22) befindlichen Mikroorganismen (10) angeimpft wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren im Gegenstrom betrieben wird, insbesondere dass das Biogas (2) von unten nach oben und dass die Prozessflüssigkeit (9) von oben nach unten strömt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren im Gleichstrom betrieben wird, insbesondere dass das Biogas (2) und die Prozessflüssigkeit (9) in gleicher Richtung im Kreislauf geführt werden.

16. Vorrichtung (1) zur zumindest teilweisen Abtrennung zumindest einer Komponente aus einem Gasgemisch, insbesondere aus Biogas (2), umfassend einen Reaktor (4) mit Mikroorganismen (10) und zumindest eine Zu- und Abfuhreinrichtung (3,7) zum Transport des Gasgemisches und zumindest einer Prozessflüssigkeit (9), insbesondere einer Wasch- und/oder Nährlösung, dadurch gekennzeichnet, dass zur zumindest teilweisen Abtrennung siliziumhaltiger Verbindungen, wie Siloxane, aerobe, insbesondere mesophile, Mikroorganismen (10) angeordnet sind.

17. Vorrichtung (1) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Zu- und Abfuhreinrichtungen (3,7) für das Biogas (2), das Oxidationsmittel (6),



die Prozessflüssigkeit (9) und/oder Gemisch daraus, vorzugsweise auf gleicher Ebene und/oder in regelmäßigen Abständen verteilt über den gesamten Durchmesser des Reaktors (4), angeordnet sind.

18. Vorrichtung (1) nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einrichtung zur Anreicherung des Biogases mit dem Oxidationsmittel, wie Luft oder Sauerstoff, außerhalb des Reaktors angeordnet ist.

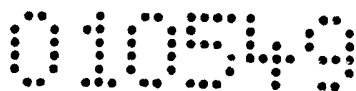
19. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Endkonzentration an Sauerstoff des gereinigten Biogas (2) einen Maximalwert ausgewählt aus einem Bereich mit einer oberen Grenze von 2 %, vorzugsweise 1,5 %, insbesondere 1 % und einer unteren Grenze von 0,1 %, vorzugsweise 0,3 %, insbesondere 0,5 % beträgt.

20. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass im Kreislauf zumindest eine Messvorrichtung, insbesondere zur Messung des Oxidationsmittels (6), der Salzkonzentration, pH-Werts, etc. angeordnet ist.

21. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessflüssigkeit (9), insbesondere das Nährmedium, einen Pflanzendünger, vorzugsweise einen flüssigen Pflanzendünger, beinhaltet.

22. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Nährmedium Stickstoff, Phosphor, Kalium, insbesondere im Verhältnis 3:1:3, und Spurennährstoffe, wie 0,01 % Mangan, jeweils 0,002% bis 0,005 % Zink und/oder Kupfer und gegebenenfalls Spuren von Bor und/oder Eisen umfasst.

23. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Pflanzendünger in einer Verdünnung 1:50 bis 1:200, insbesondere in einer Verdünnung 1:100, der ursprünglichen Konzentration in der Prozessflüssigkeit (9) enthalten ist.



24. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der pH-Wert der Prozessflüssigkeit (9) aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 5, insbesondere 5,5, vorzugsweise 6, und einer oberen Grenze von 7,5, insbesondere 7, vorzugsweise 6,5, ausgewählt ist.
25. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessflüssigkeit (9) ein Lösungsmittel umfasst, dessen Polarität zwischen jener von Wasser und Siloxanen liegt.
26. Vorrichtung (9) nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass als Lösungsmittel zumindest ein Tensid in einer Menge ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 %, vorzugsweise 0,3 %, insbesondere 0,5 % und einer oberen Grenze von 5 %, vorzugsweise 3 %, insbesondere 1 %, in der Prozessflüssigkeit (9) enthalten ist.
27. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Verteilerboden (19) im Reaktor (4) angeordnet ist.
28. Vorrichtung (1) nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Verteilerboden (19) in Form einer Lochplatte ausgebildet ist.
29. Vorrichtung (1) nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Verteilerböden (19) in regelmäßigen Abständen entlang des Innenraums (21) des Reaktors (4) angeordnet sind.
30. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sammelbehälter (8) zur Zu- und/oder Abfuhr der Prozessflüssigkeit (9), Stoffwechselprodukten von Mikroorganismen, etc. angeordnet ist, in welchem gegebenenfalls eine Verteileinrichtung (11), wie Rührer, angeordnet ist.

31. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass am Sammelbehälter (8) eine Heizeinrichtung, insbesondere ein Heizmantel (16), angeordnet ist.
32. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass im Strömungsverlauf der Prozessflüssigkeit (9), des Biogas (2), des Oxidationsmittels (6) und/oder des Gemisches daraus nach dem Reaktor (4) ein Tropfenabscheider (23) angeordnet ist.
33. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 32 zur Vorreinigung und/oder Reinigung, insbesondere zur Entfernung von Siloxanen, aus Biogas (2).
34. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 32 bei der Verstromung von Biogas (2) in Kraft-Wärme-Kopplungssystemen, insbesondere Brennstoffzellen.

PROFACTOR Produktionsforschungs GmbH

durch


Dr. Clemens Ofner

WACHSREICHT