

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. März 2008 (27.03.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/034473 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
C12P 5/02 (2006.01) *B01D 53/14* (2006.01)
C07C 7/11 (2006.01)

(74) Anwalt: TRAGSDORF, Bodo; Heinrich-Heine Strasse 3,
06844 Dessau (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/002410

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

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. März 2007 (19.03.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 044 192.3
20. September 2006 (20.09.2006) DE

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): GÜNTHER ENGINEERING GMBH [DE/DE];
Hufelandsstrasse 33, 06886 Wittenberg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GÜNTHER, Lothar
[DE/DE]; Tattenlpfener Strasse 25, 82538 Geretsried (DE).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SEPARATING METHANE AND CARBON DIOXIDE FROM BIOGAS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR TRENNUNG VON METHAN UND KOHLENDIOXID AUS
BIOGAS

(57) Abstract: The invention relates to a method of separating methane and carbon dioxide from biogas and to a device for carrying out the method. These are intended for purifying biogas, wherein carbon dioxide is separated off from the biogas. Starting from the disadvantages of the known prior art, a method is intended to be provided which is distinguished by an energetically favourable mode of operation. For this the solution proposed is that the biogas is passed under atmospheric pressure and standard temperature into the absorption column, wherein while the biogas ascends through the packed bed, which preferably has a surface area of 600 to 1200 m²/m³ and at a space velocity of 5 to 40 Nm³/m³ h, carbon dioxide present in the biogas is bound in the wash liquid by chemisorption. The purified methane gas is taken off at the top of the absorption column at a defined flow velocity. Carbon dioxide bound in the wash liquid is removed by desorption at a relatively high pressure of 2 to 30 bar and a temperature of at least 120°C. Biogas may be separated particularly economically into methane and CO₂ by the suggested procedure.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Trennung von Methan und Kohlendioxid aus Biogas und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Diese sind zur Reinigung von Biogas bestimmt, wobei aus dem Biogas Kohlendioxid abgeschieden wird. Ausgehend von den Nachteilen des bekannten Standes der Technik soll ein Verfahren geschaffen werden, das sich durch eine energetisch günstige Betriebsweise auszeichnet. Hierzu wird als Lösung vorgeschlagen, dass das Biogas unter Normaldruck und Normaltemperatur in die Absorptionskolonne geleitet wird, wobei während des Aufsteigens des Biogases durch die Füllkörperschüttung, die vorzugsweise eine Oberfläche von 600 bis 1200 m²/m³ und einer Raumbelastung von 5 bis 40 Nm³/m³ h aufweist, im Biogas enthaltenes Kohlendioxid durch Chemosorption in der Waschflüssigkeit gebunden wird. Das gereinigte Methangas wird am Kopf der Absorptionskolonne mit einer definierten Strömungsgeschwindigkeit abgezogen. In der Waschflüssigkeit gebundenes Kohlendioxid wird unter höherem Druck von 2 bis 30 bar und einer Temperatur von mindestens 120 °C mittels Desorption entfernt. Biogas lässt sich nach der vorgeschlagenen Verfahrensweise besonders wirtschaftlich in Methan und CO₂ trennen.

WO 2008/034473 A1

Verfahren und Vorrichtung zur Trennung von Methan und Kohlendioxid aus Biogas

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Trennung von Methan und Kohlendioxid aus Biogas und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Diese sind zur Reinigung von Biogas bestimmt, wobei aus dem Biogas Kohlendioxid abgeschieden wird.

Die bekannten Biogase haben folgende Zusammensetzungen:

Methan	40 bis 70 Vol.-%
Wasserstoff	bis 2 Vol.-%
CO ₂	bis 60 Vol.-%
Stickstoff	bis 5 Vol.-%
Sauerstoff	bis 2 Vol.-%
H ₂ O	2 bis 4 Vol.-%
H ₂ S	0,01 bis 0,6 Vol.-%

Nach den bekannten Verfahren zur Abtrennung von Kohlendioxid und Reinigung von Raffineriegas wird dieses über Druckwäsche bei einem Druck von 10 bis 30 bar mittels unterschiedlichen Waschlösungen, wie Aminen, H₂O, Methanol oder Aceton, bei Temperaturen von 10 bis 40 °C in einer Absorptionskolonne behandelt, wobei die im Raffineriegas enthaltenen Anteile von Kohlendioxid in einer Waschlösung gebunden werden. Die verwendete, aus der Absorptionskolonne austretende und mit Kohlendioxid beladene Waschlösung wird anschließend auf einen Druck von 1 bis 5 bar entspannt und einer Desorptionskolonne zugeführt, in der unter Zuführung von Wärme die Austreibung des in der Waschlösung enthaltenen Kohlendioxids erfolgt. Das abgeschiedene Kohlendioxid wird aus der Desorptionskolonne in die Umgebung abgeleitet oder durch nachfolgende Reinigung und Kompression weiter verflüssigt. Dafür sind ebenfalls Verfahren bekannt. Das mit den verwendeten Verfahren gereinigte Gas enthält überwiegend Methan und Wasserstoff, wobei Kohlendioxid bis auf unter 20 ppm abgetrennt werden kann.

Je nach verwendetem Waschmittel ist es auch möglich, neben dem Kohlendioxid gleichzeitig H₂O, COS (organische Schwefelverbindungen) oder SO₂ abzuscheiden. Diese Komponenten sind dann im abgeschiedenen Kohlendioxid enthalten.

Weiterhin ist bekannt, dass nach dem gleichen Prinzip die Reinigung eines Prozessgases bei der Herstellung von Ammoniak mittels Pottasche als Waschmittel erfolgt. Hier wird das abgetrennte Kohlendioxid gasförmig bei einem Druck bis zu 5 bar in die Umgebung abgeleitet.

Zur Trennung von Methan und CO₂ aus Biogas ist bekannt (DE 203 00 663 U1), Biogas in einem Flüssigkeitsringkompressor mit einer Waschflüssigkeit (Polyethylenglykolether) zu vermischen, das Gas/Flüssigkeitsgemisch auf einen Druck von 8 bar zu komprimieren und das verdichtete Gas/Flüssigkeitsgemisch einer Adsorptionskolonne mit einer Schüttung

aus Edelstahlkörpern zuzuführen, in der Polyethylenglykolether als Sperrflüssigkeit versprüht wird. Dabei werden Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff in der Waschflüssigkeit physikalisch gebunden. Die Waschflüssigkeit sammelt sich am Kolonnensumpf an und das komprimierte Methangas wird am Kopf der Kolonne abgezogen. Die abgetrennte Waschflüssigkeit wird entspannt, regenerativ aufbereitet und wieder in die Adsorptionskolonne zurückgeführt.

Bei einer physikalischen Wäsche unter Druck treten Druckverluste auf und hohe Biomethankonzentrationen führen zu Methangasverlusten. Außerdem wird keine vollständige Abtrennung von CO₂ erreicht. Bei der Auslegung und Herstellung der Absorptionskolonne sind spezielle sicherheitstechnische Anforderungen zu berücksichtigen, die zu einem höheren Aufwand und zusätzlichen Kosten führen.

Soll das nach den bekannten Verfahren unter Druck gereinigte Biogas, das Biomethan, in ein Erdgasnetz eingespeist werden, so muss dieses wieder entspannt werden, da im Erdgasnetz ein wesentlich geringerer Druck vorliegt. Diese Verfahrensweise ist energetisch unwirtschaftlich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Trennung von Methan und CO₂ aus Biogas zu schaffen, das sich durch eine energetisch günstige Betriebsweise auszeichnet. Ferner soll eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung geschaffen werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Verfahrensweise sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 13. Eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung ist in Anspruch 14 angegeben. Die Ansprüche 15 bis 17 beziehen sich auf weitere Ausgestaltungen der Vorrichtung.

Das gegebenenfalls vorgereinigte Biogas wird einer Absorptionskolonne zugeführt, in der bei Normaldruck und Normaltemperatur das im Biogas enthaltene Kohlendioxid entfernt wird. Das Biogas ist am Austritt der Absorptionskolonne frei von Kohlendioxid bzw. es wurde ein bestimmter Restgehalt an CO₂ eingestellt. Für eine Absorption unter Normaldruck und Normaltemperatur ist es von Vorteil, wenn die Füllkörper eine möglichst große Oberfläche aufweisen. Vorzugsweise besitzt die Füllkörperschüttung eine Oberfläche von 600 bis 1200 m²/m³. Die Raumbelastung sollte 5 bis 40 Nm³/m³h betragen. Während des Aufsteigens des Biogases durch die Füllkörperschüttung wird im Biogas enthaltenes Kohlendioxid durch Chemosorption in der Waschflüssigkeit gebunden. Die Kontaktzeit zwischen der Waschflüssigkeit und dem Biogas sollte mindestens 40 Sekunden, vorzugsweise 50 bis 400 Sekunden, betragen, um eine hohe Reinheit des Methangases zu erzielen.

Die jeweilige Kontaktzeit ist abhängig von der Kohlendioxidkonzentration im Biogas und der Aminkonzentration in der Waschlösung. Die Temperatur des Biogases und der Waschlösung haben hier im Wesentlichen im Bereich von 10 bis 50 °C keinen Einfluss.

Die Einstellung der Kontaktzeit erfolgt durch eine geregelte Biomethanabsaugung aus dem Wäscher über einen Verdichter, in Abhängigkeit von dem beabsichtigten Reingaswert für CO_2 , der gemessen wird.

Biogas lässt sich nach der vorgeschlagenen Verfahrensweise besonders wirtschaftlich in Methan und CO_2 trennen. Es treten keine Methanverluste auf und CO_2 kann bis auf geringe Mengen im ppm-Bereich vollständig abgetrennt werden. Der energetische Aufwand für eine gegebenenfalls notwendige Verdichtung des Methangases ist im Vergleich zu einer Druckwäsche um ca. 50% geringer, da das CO_2 bereits nahezu vollständig abgetrennt ist und die zu verdichtende Gasmenge somit deutlich geringer ist.

Die Strömungsgeschwindigkeit des Biogases wird beim Eintritt in die Absorptionskolonne bezogen auf den freien Kolonnenquerschnitt auf 0,01 bis 0,1 m/s eingestellt.

Als Waschflüssigkeit wird vorzugsweise eine Aminlösung eingesetzt, die beispielsweise aus in Wasser gelöstem Diethanolamin mit einer Konzentration von 20 Gew.-% besteht. Die eingesetzte Waschlösung besitzt in etwa die gleiche Temperatur wie das zugeführte Biogas. Dies hat den Vorteil, dass der Wasserhaushalt in der Washkolonne konstant gehalten werden kann. Dadurch wird außerdem sichergestellt, dass sich die Aminkonzentration nicht ändert.

Nach der Absorption in der Waschflüssigkeit noch gebundenes Kohlendioxid wird anschließend unter höherem Druck von 2 bis 30 bar und einer Temperatur von mindestens 120 °C mittels Desorption entfernt. Zur Desorption kann als Wärmetauschermedium Dampf oder Thermalöl verwendet werden.

Um Methangas mit einer höheren Reinheit, z.B. von über 99,5% zu erhalten, ist es zweckmäßig, das Biogas vor der Zuführung in die Absorptionskolonne mittels geeigneter Wäsche und/oder Adsorption zu reinigen, um in diesem enthaltene Anteile an NH_3 , COS (organische Schwefelverbindungen), H_2S und SO_2 zu entfernen.

Das aus der Absorptionskolonne drucklos abgeführte Biomethan kann über eine Trocknung sowie Polzeifilter geleitet werden und anschließend entweder in ein Erdgasnetz eingespeist oder einer anderen stofflichen Verwertung zugeführt werden.

Für eine, gegebenenfalls erforderliche, Verdichtung des Biomethans können Verdichter aus Normalstahl verwendet werden.

Eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung sollte so ausgelegt sein, dass die erforderlichen Einbauten in der Absorptionskolonne, die Füllkörperschüttung, eine Oberfläche von 600 bis 1.200 m^2/m^3 besitzt und einen Raumbelastungsfaktor von 5 bis 40 $\text{Nm}^3/\text{m}^3\text{h}$, vorzugsweise 20 $\text{Nm}^3/\text{m}^3\text{h}$. Die einzelnen Füllkörper sollten einen mittleren Durchmesser von 5 bis 8 mm haben. Eine Raumbelastung bzw. ein Raumbelastungsfaktor von 5 bis 40 $\text{Nm}^3/\text{m}^3\text{h}$ bedeutet, dass für eine der Absorptionskolonne zugeführte Menge von 5 bis 40 Nm^3/h Biogas mindestens 1 m^3 Reaktionsvolumen notwendig ist. Das Reaktionsvolumen wird durch die eingesetzten Füllkörper bestimmt, die vergleichsweise eine extrem große Oberfläche besitzen. Derart kleine Füllkörper, die eine große Kontaktoberfläche ergeben, sind für den Einsatz im Rahmen einer Druckwäsche vollkommen ungeeignet.

Ausgehend von der erforderlichen großen Oberfläche der Füllkörperschüttung (600 bis 1200 m²/m³) lassen sich über eine geregelte Methangasabsaugung die Absaug- bzw. Strömungsgeschwindigkeit des Methans und die Verweil- bzw. Kontaktzeiten des Biogases im Wäscher, z.B. von 50 bis 400 Sekunden, einstellen, um eine nahezu vollständige Entfernung des CO₂ zu gewährleisten. Erforderlichenfalls kann auch ein gewünschter Restgehalt an CO₂ im Methangas eingestellt werden.

In Abhängigkeit von der zu reinigenden Biogasmenge und dem erforderlichen Reaktionsvolumen der Füllkörperschüttung sollte die als zylindrischer Behälter ausgeführte Absorptionskolonne ein Länge/Durchmesser-Verhältnis von 4 bis 20 auf, vorzugsweise 10 bis 20 bzw. 14 bis 18 aufweisen. Von Vorteil ist auch, dass im Vergleich zu einer Druckwäsche die Kolonnenhöhe verringert werden kann. Das L/D-Verhältnis der Absorptionskolonne ist im Wesentlichen von der zu behandelnden Biogasmenge abhängig.

Die vorgeschlagene Absorptionskolonne zur Entfernung von CO₂ entspricht in ihrem Grundaufbau einem Wäscher. Aufgrund der speziellen Ausführung der Füllkörperschüttung entspricht die Prozessführung des Biogases innerhalb der Kolonne, zur Abtrennung von CO₂ durch Chemosorption, der Funktionsweise eines Reaktors.

Die aus der Absorptionskolonne mit einer Temperatur von 10 bis 50 °C austretende Waschlösung wird auf einen Druck von 2 bis 30 bar komprimiert, mittels konventioneller Regeneration durch Wärmezuführung auf eine Temperatur von 120 bis 180 °C, vorzugsweise bis 160 °C, erwärmt und einer Desorptionskolonne/Flashentspannung zugeführt. Hier erfolgt die Abtrennung von Kohlendioxid und Wasserdampf. Die gereinigte Waschlösung wird wieder zur drucklosen Waschkolonne zurückgeleitet.

Mit der drucklosen Biomethanerzeugung, bei der ca. 50 % an Verdichterleistung eingespart werden, können kostengünstige Werkstoffe verwendet werden. Dies ist bei einer Druckwäsche oder einem anderen Druckreinigungsverfahren nicht möglich.

Die Erfindung wird nachstehend an zwei Beispielen erläutert.

Beispiel 1:

Zur Trennung von Methan und CO₂ aus Biogas wird eine Absorptions- bzw. Waschkolonne eingesetzt, die eine Länge von 12 m und einen Durchmesser von 1,75 m besitzt. Als Einbauten ist eine Füllkörperschüttung angeordnet, die aus Füllkörpern mit einem mittleren Durchmesser von 5 bis 8 mm und einer spezifischen Oberfläche von 800 m²/m³ besteht. Die Füllkörper bestehen aus Kunststoff, vorzugsweise Polypropylen.

Die oberhalb des Sumpfes angeordnete Füllkörperschüttung weist eine Kolonnenschütthöhe von 8 m auf. Das Kolonnenvolumen der Füllkörperschüttung beträgt somit 19,23 m³.

Ausgehend von der Auslegung der Kolonne mit einem L/D-Verhältnis von 4,57 stellt sich bei einer Zuführung von 500 Nm³/h (N=Normzustand) Biogas am Kolonneneintritt eine Strömungsgeschwindigkeit des zu reinigenden Biogases, bezogen auf den freien Kolonnenquerschnitt, von 0,062 m/s ein.

Unter vorgenannten Bedingungen ergibt sich ein Raumbelastungsfaktor von 26,3.

Unterhalb des Bodens der Kolonne werden in diese 500 Nm³/h Biogas mit einer Temperatur von 25 °C und einem Druck von 1015 mbar eingetragen. Das zugeführte, vorgereinigte Biogas besitzt folgende Zusammensetzung:

CH ₄	53,5 Vol.-%
CO ₂	44,0 Vol.-%
H ₂ O	2,5 Vol.-%
H ₂ S	150 ppm

Am Kopf der Waschkolonne wird als Waschmedium eine aminhaltige Waschlösung, bestehend aus Wasser und Diethanolamin, mit einer Konzentration von 20 Gew.-%, mit einer Temperatur von 25 °C eingesprüht, in einer Menge von 15 m³/h.

Die Waschlösung wird im Kreislauf gefahren und nach erfolgter Regenerierung, insbesondere der Abtrennung von Resten an CO₂ und H₂S, wieder eingesetzt.

Im Gegenstromverfahren durchströmt das drucklos zugeführte Biogas die Füllkörperschüttung und gelangt dabei mit der Waschlösung in Kontakt. Die Kontaktzeit zur nahezu vollständigen Abtrennung von im Biogas enthaltenem CO₂ und Schwefelverbindungen beträgt 138 s. Dabei werden CO₂ und Schwefelverbindungen in der Waschlösung chemisch gebunden.

Das am Kopf der Waschkolonne gebildete Methangas wird mittels einem nachgeschalteten Verdichter abgezogen. Gleichzeitig wird im Methangas die CO₂-Konzentration gemessen und in Abhängigkeit von dem gemessenen Wert die Drehzahl des Verdichters geregelt. Über die Drehzahl des Verdichters wird die Kontaktzeit innerhalb der Waschkolonne eingestellt. Das am Kolonnenaustritt abgetrennte Methan wird mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,033 m/s abgezogen und hat folgende Zusammensetzung:

CH ₄	97,3 Vol.-%
CO ₂	0,2 Vol.-%
H ₂ O	2,5 Vol.-%
H ₂ S	1 ppm

Beispiel 2

Zur Trennung von Methan und CO₂ aus Biogas wird eine Absorptions- bzw. Waschkolonne eingesetzt, die eine Länge von 12 m und einen Durchmesser von 0,45 m besitzt. Als Einbauten ist eine Füllkörperschüttung angeordnet, die aus Füllkörpern mit einem mittleren Durchmesser von 5 bis 8 mm und einer spezifischen Oberfläche von 800 m²/m³ besteht. Die Füllkörper bestehen aus Kunststoff, vorzugsweise aus Polyethylen.

Die oberhalb des Sumpfes angeordnete Füllkörperschüttung weist eine Kolonnenschütthöhe von 8 m auf. Das Kolonnenvolumen der Füllkörperschüttung beträgt somit 1,27 m³. Ausgehend von der Auslegung der Kolonne mit einem L/D-Verhältnis von 17,8 stellt sich bei einer Zuführung von 25 Nm³/h (N=Normzustand) Biogas am Kolonneneintritt eine Strö-

mungsgeschwindigkeit des zu reinigenden Biogases, bezogen auf den freien Kolonnenquerschnitt, von 0,043 m/s ein.

Unter vorgenannten Bedingungen ergibt sich ein Raumbelastungsfaktor von 19,7.

Unterhalb des Bodens der Kolonne werden in diese 25Nm³/h Biogas mit einer Temperatur von 28°C und einem Druck von 1015 mbar eingetragen. Das zugeführte Biogas besitzt folgende Zusammensetzung:

CH ₄	51,1 Vol.-%
CO ₂	46,0 Vol.-%
H ₂ O	2,9-Vol.-%
H ₂ S	80 ppm

Am Kopf der Waschkolonne wird als Waschmedium eine aminhaltige Waschlösung, bestehend aus Wasser und Diethanolamin mit einer Konzentration von 30 Gew.-%, mit einer Temperatur von 15°C eingesprüht, in einer Menge von 0,45 m³/h.

Die Waschlösung wird im Kreislauf gefahren und nach erfolgter Regenerierung, insbesondere der Abtrennung von Resten an CO₂ und H₂S, wieder eingesetzt.

Im Gegenstromverfahren durchströmt das drucklos zugeführte Biogas die Füllkörperschüttung und gelangt dabei mit der Waschlösung in Kontakt. Dabei werden im Biogas enthaltenes CO₂ und Schwefelverbindungen nahezu vollständig abgetrennt und in der Waschlösung gebunden. Das am Kopf der Waschkolonne gebildete Methangas wird mittels einem nachgeschalteten Verdichter abgezogen. Gleichzeitig wird im Methangas die CO₂-Konzentration gemessen und in Abhängigkeit von dem gemessenen Wert die Drehzahl des Verdichters geregelt. Über die Drehzahl des Verdichters wird die Kontaktzeit innerhalb der Waschkolonne eingestellt. Im vorliegenden Beispiel wird zur vollständigen Entfernung von CO₂ über den Verdichter eine Kontaktzeit von 184 s eingestellt. Das am Kolonnenaustritt abgetrennte Methan wird mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,025 m/s abgezogen und hat folgende Zusammensetzung:

CH ₄	98,4 Vol.-%
CO ₂	0,1 Vol.-%
H ₂ O	1,5 Vol.-%
H ₂ S	0,1 ppm

Durch eine Entfeuchtung des Methans auf einen Restgehalt von 50 mg/Nm³ an Wasser wird ein hochreines Methan mit folgender Zusammensetzung erhalten:

CH ₄	99,80 Vol.-%
CO ₂	0,12 Vol.-%
H ₂ O	50 mg/Nm ³
H ₂ S	0,1 ppm

Im entfeuchteten Methan sind nur noch von 0,08 Vol.-% Wasserstoff und CO₂ enthalten.

Das Methangas kann somit ohne weitere Behandlung in ein örtliches Erdgas-Versorgungsnetz eingespeist oder einer anderweitigen Verwendung zugeführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Trennung von Methan und Kohlendioxid aus Biogas mittels Wäsche in einer Absorptionskolonne in der das Biogas im Gegenstrom zu einer zugeführten, Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff bindenden Waschflüssigkeit durch eine Füllkörperschüttung aufsteigt, und nachfolgender Regenerierung der Waschflüssigkeit, dadurch gekennzeichnet, dass das Biogas unter Normaldruck und Normaltemperatur in die Absorptionskolonne geleitet wird, wobei während des Aufsteigens des Biogases durch die Füllkörperschüttung im Biogas enthaltenes Kohlendioxid durch Chemosorption in der Waschflüssigkeit gebunden wird, und das Methangas am Kopf der Absorptionskolonne mit einer definierten Strömungsgeschwindigkeit abgezogen wird, und anschließend in der Waschflüssigkeit noch gebundenes Kohlendioxid unter höherem Druck von 2 bis 30 bar und einer Temperatur von mindestens 120 °C mittels Desorption entfernt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Biogas in der Absorptionskolonne eine Füllkörperschüttung mit einer Oberfläche von 600 bis 1200 m²/m³ und einer Raumbelastung von 5 bis 40 Nm³/m³h durchströmt,
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass für die Wäsche eine Kontaktzeit von mindestens 40 Sekunden, vorzugsweise 50 bis 400 Sekunden, eingestellt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die CO₂-Konzentration im Methangas gemessen wird und in Abhängigkeit von dem ermittelten Wert die Strömungsgeschwindigkeit des abgezogenen Methangases und damit die Kontaktzeit eingestellt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsgeschwindigkeit des Biogases bezogen auf den freien Kolonnenquerschnitt auf 0,01 bis 0,1 m/s eingestellt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Waschflüssigkeit eine Aminlösung eingesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass über die Aminkonzentration der Waschflüssigkeit die Kontaktzeit beeinflusst wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass über die Einstellung der Biogastemperatur und der Temperatur der im Kreislauf gefahrenen Waschflüssigkeit der Wassergehalt der Waschflüssigkeit konstant gehalten wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Biogas und die zugeführte Waschlösung gleiche Temperaturen aufweisen.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Desorption unter einem Druck von 8 bis 20 bar erfolgt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Desorption bei Temperaturen von bis zu 180 °C erfolgt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass als Wärmetauschermedium für die Desorption Dampf oder Thermalöl verwendet wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass im Biogas enthaltene Anteile an NH_3 , COS, H_2S und SO_2 bereits vor der Zuführung des Biogases in die Absorptionskolonne entfernt werden.
14. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche bestehend aus mindestens einer Absorptionskolonne mit einer Füllkörperschüttung, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllkörperschüttung eine Oberfläche von 600 bis 1200 m^2/m^3 und eine Raumbelastung von 5 bis 40 $\text{Nm}^3/\text{m}^3\text{h}$ aufweist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Länge/Durchmesser-Verhältnis des Behälters 4 bis 20, vorzugsweise 10 bis 20, beträgt.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllkörper der Füllkörperschüttung einen mittleren Durchmesser von 5 bis 8 mm aufweisen.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Absorptionskolonne ein Verdichter zur Einstellung der Absauggeschwindigkeit des Methans und der Kontaktzeit des Biogases nachgeschaltet ist.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/002410

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C12P5/02 C07C7/11 B01D53/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C12M C12P B01D C07C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	BISHNUPADA MANDAL ET. AL.: "Simultaneous Absorption of CO ₂ and H ₂ S Into Aqueous Blends of N-Methyldiethanolamine and Diethanolamine" ENVIRON. SCI. TECHNOL., vol. 40, no. 19, 19 August 2006 (2006-08-19), pages 6076-6084, XP002444694 page 6079 - page 6081	1,3-13
A	DE 203 00 663 U1 (FARMATIC BIOTECH ENERGY AG [DE]) 12 August 2004 (2004-08-12) cited in the application the whole document	1-17
A	US 4 409 102 A (TANNER MILTON R [US]) 11 October 1983 (1983-10-11) the whole document	1-17
	----- -/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 July 2007

Date of mailing of the international search report

08/08/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Cubas Alcaraz, Jose

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/002410

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	DE 10 2005 051952 B3 (DGE DR ING GUENTHER ENGINEERIN [DE]) 21 December 2006 (2006-12-21) paragraph [0003] - paragraph [0006] paragraph [0009] - paragraph [0010] -----	1,6, 11-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/002410

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 20300663	U1	12-08-2004	NONE	
US 4409102	A	11-10-1983	NONE	
DE 102005051952 B3		21-12-2006	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. C12P5/02 C07C7/11 B01D53/14

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 C12M C12P B01D C07C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	BISHNUPADA MANDAL ET. AL.: "Simultaneous Absorption of CO ₂ and H ₂ S Into Aqueous Blends of N-Methyldiethanolamine and Diethanolamine" ENVIRON. SCI. TECHNOL., Bd. 40, Nr. 19, 19. August 2006 (2006-08-19), Seiten 6076-6084, XP002444694 Seite 6079 - Seite 6081	1,3-13
A	DE 203 00 663 U1 (FARMATIC BIOTECH ENERGY AG [DE]) 12. August 2004 (2004-08-12) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-17
A	US 4 409 102 A (TANNER MILTON R [US]) 11. Oktober 1983 (1983-10-11) das ganze Dokument	1-17
	----- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. Juli 2007

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/08/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Cubas Alcaraz, Jose

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	DE 10 2005 051952 B3 (DGE DR ING GUENTHER ENGINEERIN [DE]) 21. Dezember 2006 (2006-12-21) Absatz [0003] - Absatz [0006] Absatz [0009] - Absatz [0010] -----	1,6, 11-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/002410

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 20300663 U1	12-08-2004	KEINE	
US 4409102 A	11-10-1983	KEINE	
DE 102005051952 B3	21-12-2006	KEINE	