



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 042 702 A1** 2008.04.03

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 042 702.8**

(22) Anmeldetag: **07.09.2007**

(43) Offenlegungstag: **03.04.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B01D 53/14** (2006.01)

**B01D 53/62** (2006.01)

**B01D 53/52** (2006.01)

(66) Innere Priorität:

**10 2006 044 192.3 20.09.2006**

(74) Vertreter:

**Tragsdorf, B., Dipl.-Ing. Pat.-Ing., Pat.-Anw., 06844 Dessau**

(71) Anmelder:

**DGE Dr.-Ing. Günther Engineering GmbH, 06886 Lutherstadt Wittenberg, DE**

(72) Erfinder:

**Günther, Lothar, Dr.-Ing., 82538 Geretsried, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Trennung von Methan und Kohlendioxid aus Biogas**

(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 Aufstiegs des Biogases durch die Füllkörperschüttung, die vorzugsweise eine Oberfläche von 600 bis 1200 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> und eine Raumbelastung von 5 bis 40 Nm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>h aufweist, im Biogas enthaltenes Kohlendioxid durch Chemosorption in der Waschflüssigkeit gebunden wird. Das gereinigte Methanogas 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 CO<sub>2</sub> trennen.

**Beschreibung**

**[0001]** 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.

**[0002]** Die bekannten Biogase haben folgende Zusammensetzungen:

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

**[0003]** 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, H<sub>2</sub>O, 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.

**[0004]** Je nach verwendetem Waschmittel ist es auch möglich, neben dem Kohlendioxid gleichzeitig H<sub>2</sub>O, COS (organische Schwefelverbindungen) oder SO<sub>2</sub> abzuscheiden. Diese Komponenten sind dann im abgeschiedenen Kohlendioxid enthalten.

**[0005]** 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.

**[0006]** Zur Trennung von Methan und CO<sub>2</sub> 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.

**[0007]** Bei einer physikalischen Wäsche unter Druck treten Druckverluste auf und hohe Biomethankonzentrationen führen zu Methangasverlusten. Außerdem wird keine vollständige Abtrennung von CO<sub>2</sub> erreicht. Bei der Auslegung und Herstellung der Adsorptionskolonne sind spezielle sicherheitstechnische Anforderungen zu berücksichtigen, die zu einem höheren Aufwand und zusätzlichen Kosten führen.

**[0008]** 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.

**[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Trennung von Methan und CO<sub>2</sub> aus Biogas zu schaffen, das sich durch eine energetisch günstige Betriebsweise auszeichnet. Ferner soll eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung geschaffen werden.

**[0010]** 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.

**[0011]** 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 CO<sub>2</sub> 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 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Die Raumbelastung sollte 5 bis 40 Nm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>h 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.

**[0012]** 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.

**[0013]** Die Einstellung der Kontaktzeit erfolgt durch eine geregelte Biomethanabsaugung aus dem Wäscher über einen Verdichter, in Abhängigkeit von dem beabsichtigten Reingaswert für CO<sub>2</sub>, der gemessen wird.

**[0014]** Biogas lässt sich nach der vorgeschlagenen Verfahrensweise besonders wirtschaftlich in Methan und CO<sub>2</sub> trennen. Es treten keine Methanverluste auf und CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> bereits nahezu vollständig abgetrennt ist und die zu verdichtende Gasmenge somit deutlich geringer ist.

**[0015]** Die Strömungsgeschwindigkeit des Biogases wird beim Eintritt in die Absorptionskolonne bezogen auf den freien Kolonnenquerschnitt auf 0,01 bis 0,1 m/s eingestellt.

**[0016]** 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.

**[0017]** 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.

**[0018]** 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<sub>3</sub>, COS (organische Schwefelverbindungen), H<sub>2</sub>S und SO<sub>2</sub> zu entfernen.

**[0019]** 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.

**[0020]** Für eine, gegebenenfalls erforderliche, Verdichtung des Biomethans können Verdichter aus Normalstahl verwendet werden.

**[0021]** 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<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> besitzt und einen Raumbelastungsfaktor von 5 bis 40 Nm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>h, vorzugsweise 20 Nm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>h. Die einzelnen Füllkörper sollten einen mittleren Durchmesser von 5 bis 8 mm haben. Eine Raumbelastung bzw. ein Raumbelastungsfaktor von 5 bis 40 Nm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>h bedeutet, dass für eine der Absorptionskolonne zugeführte Menge von 5 bis 40 Nm<sup>3</sup>/h Biogas mindestens 1 m<sup>3</sup> Reaktionsvolumen notwendig ist. Das Reaktionsvolumen wird durch die eingesetzten Füllkörper bestimmt, die vergleichsweise eine extrem große Oberfläche besitzen. Derart kleine Füllkörper, die eine große Kontaktfläche ergeben, sind für den Einsatz im Rahmen einer Druckwäsche vollkommen ungeeignet.

**[0022]** Ausgehend von der erforderlichen großen Oberfläche der Füllkörperschüttung (600 bis 1200 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>) lassen sich über eine geregelte Methanabsaugung 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 CO<sub>2</sub> zu gewährleisten. Erforderlichenfalls kann auch ein gewünschter Restgehalt an CO<sub>2</sub> im Methangas eingestellt werden.

**[0023]** 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.

**[0024]** Die vorgeschlagene Absorptionskolonne zur Entfernung von CO<sub>2</sub> entspricht in ihrem Grundaufbau einem Wäscher. Aufgrund der speziellen Ausführung der Füllkörperschüttung entspricht die Prozessführung des Biogases innerhalb der Kolonne, zur Ab-

trennung von CO<sub>2</sub> durch Chemosorption, der Funktionsweise eines Reaktors.

**[0025]** 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.

**[0026]** Mit der drucklosen Biomethanherzeugung, bei der ca. 50 % an Verdichterleistung eingespart werden, können kostengünstige Werkstoffe verwendet werden. Dies ist bei einer Druckwäsche oder einem anderen Druckreinigungsverfahren nicht möglich.

**[0027]** Die Erfindung wird nachstehend an zwei Beispielen erläutert.

#### Beispiel 1:

**[0028]** Zur Trennung von Methan und CO<sub>2</sub> 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 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> besteht. Die Füllkörper bestehen aus Kunststoff, vorzugsweise Polypropylen.

**[0029]** Die oberhalb des Sumpfes angeordnete Füllkörperschüttung weist eine Kolonnenschütthöhe von 8 m auf. Das Kolonnenvolumen der Füllkörperschüttung beträgt somit 19,23 m<sup>3</sup>.

**[0030]** Ausgehend von der Auslegung der Kolonne mit einem L/D-Verhältnis von 4,57 stellt sich bei einer Zuführung von 500 Nm<sup>3</sup>/h (N = Normzustand) Biogas am Kolonneneintritt eine Strömungsgeschwindigkeit des zu reinigenden Biogases, bezogen auf den freien Kolonnenquerschnitt, von 0,062 m/s ein.

**[0031]** Unter vorgenannten Bedingungen ergibt sich ein Raumbelastungsfaktor von 26,3.

**[0032]** Unterhalb des Bodens der Kolonne werden in diese 500 Nm<sup>3</sup>/h Biogas mit einer Temperatur von 25 °C und einem Druck von 1015 mbar eingetragen. Das zugeführte, vorgereinigte Biogas besitzt folgende Zusammensetzung:

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

**[0033]** 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 eingespritzt, in einer Menge von 15 m<sup>3</sup>/h.

**[0034]** Die Waschlösung wird im Kreislauf gefahren und nach erfolgter Regenerierung, insbesondere der Abtrennung von Resten an CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>S, wieder eingesetzt.

**[0035]** 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 CO<sub>2</sub> und Schwefelverbindungen beträgt 138 s. Dabei werden CO<sub>2</sub> und Schwefelverbindungen in der Waschlösung chemisch gebunden.

**[0036]** Das am Kopf der Waschkolonne gebildete Methangas wird mittels einem nachgeschalteten Verdichters abgezogen. Gleichzeitig wird im Methangas die CO<sub>2</sub>-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.

**[0037]** Das am Kolonnenaustritt abgetrennte Methan wird mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,033 m/s abgezogen und hat folgende Zusammensetzung:

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

#### Beispiel 2

**[0038]** Zur Trennung von Methan und CO<sub>2</sub> 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 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> besteht. Die Füllkörper bestehen aus Kunststoff, vorzugsweise aus Polyethylen.

**[0039]** Die oberhalb des Sumpfes angeordnete Füllkörperschüttung weist eine Kolonnenschütthöhe von 8 m auf. Das Kolonnenvolumen der Füllkörperschüttung beträgt somit 1,27 m<sup>3</sup>. Ausgehend von der Auslegung der Kolonne mit einem L/D-Verhältnis von 17,8 stellt sich bei einer Zuführung von 25 Nm<sup>3</sup>/h (N = Normzustand) Biogas am Kolonneneintritt eine Strömungsgeschwindigkeit des zu reinigenden Biogases, bezogen auf den freien Kolonnenquerschnitt,

von 0,043 m/s ein.

**[0040]** Unter vorgenannten Bedingungen ergibt sich ein Raumbelastungsfaktor von 19,7.

**[0041]** Unterhalb des Bodens der Kolonne werden in diese 25Nm<sup>3</sup>/h Biogas mit einer Temperatur von 28°C und einem Druck von 1015 mbar eingetragen. Das zugeführte Biogas besitzt folgende Zusammensetzung:

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

**[0042]** 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 m<sup>3</sup>/h.

**[0043]** Die Waschlösung wird im Kreislauf gefahren und nach erfolgter Regenerierung, insbesondere der Abtrennung von Resten an CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>S, wieder eingesetzt.

**[0044]** Im Gegenstromverfahren durchströmt das drucklos zugeführte Biogas die Füllkörperschüttung und gelangt dabei mit der Waschlösung in Kontakt. Dabei werden im Biogas enthaltenes CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> 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 <sub>4</sub>	98,4 Vol.-%
CO <sub>2</sub>	0,1 Vol.-%
H <sub>2</sub> O	1,5 Vol.-%
H <sub>2</sub> S	0,1 ppm

**[0045]** Durch eine Entfeuchtung des Methans auf einen Restgehalt von 50 mg/Nm<sup>3</sup> an Wasser wird ein hochreines Methan mit folgender Zusammensetzung erhalten:

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

**[0046]** Im entfeuchteten Methan sind nur noch von 0,08 Vol.-% Wasserstoff und CO<sub>2</sub> enthalten.

**[0047]** 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 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> und einer Raumbelastung von 5 bis 40 Nm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>h 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 CO<sub>2</sub>-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 Aminkonzen-

tration 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 Wärmetauschermittel 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  $\text{NH}_3$ ,  $\text{COS}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  und  $\text{SO}_2$  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  $\text{m}^2/\text{m}^3$  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.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen