



(10) **DE 10 2016 103 554 A1** 2017.08.31

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 103 554.8**

(22) Anmeldetag: **29.02.2016**

(43) Offenlegungstag: **31.08.2017**

(51) Int Cl.: **B01D 53/14** (2006.01)

C10L 3/10 (2006.01)

C10K 1/08 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Karlsruher Institut für Technologie, 76131
Karlsruhe, DE**

(72) Erfinder:

**Zarzalıs, Nikolaos, Prof., 76133 Karlsruhe, DE;
Trimis, Dimosthenis, Prof., 90762 Fürth, DE**

(74) Vertreter:

**Fitzner PartGmbH Rechtsanwalt und
Patentanwälte, 40878 Ratingen, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

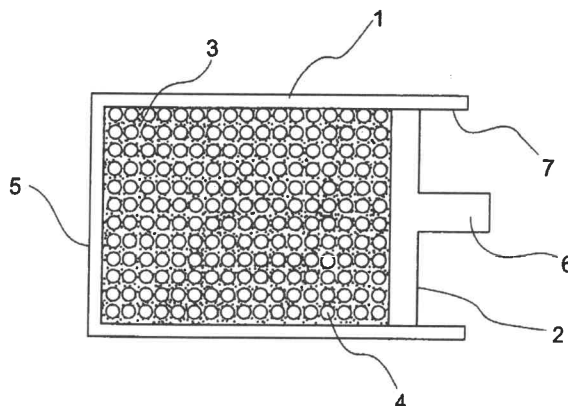
US 2007 / 0 151 528 A1
WO 2014/ 023 961 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Lösen von Gasen in Liquiden sowie Vorrichtung zu dessen Durchführung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur physikalischen Absorption (Lösung) von Gasen in Liquiden, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sowie die Verwendung dieser Vorrichtung.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur physikalischen Absorption (Lösung) von Gasen in Liquiden, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sowie die Verwendung dieser Vorrichtung.

[0002] Nach dem Stand der Technik erfolgt die Absorption von Kohlendioxid in zwei Schritten.

[0003] Im ersten Schritt wird die vollständige Menge Kohlendioxid auf den Enddruck komprimiert. Im zweiten Schritt wird dann das komprimierte Kohlendioxid in das Wasser injiziert. Darüber hinaus gibt es auch Absorber, bei denen das Absorptionsmittel als Spray eingebracht wird (z. B. Druckwasserwäsche). Aber auch in diesem Fall erfolgt die Kompression des gesamten Rohgases nahezu isentrop in einem Verdichter vor Eintritt in den Absorber.

[0004] Aus Markus Reppich u. a., Vergleich verschiedener Aufbereitungsverfahren von Biogas zur Einspeisung in das Erdgasnetz, Chemieingenieurtechnik 2009, 81, S. 211–223 und Manuel Götz u. a., Optimierungspotenzial von Wäschen zur Biogasaufbereitung, Chemieingenieurtechnik 2011, 83, S. 800–866, sind Verfahren zur Reinigung von Biogas bekannt. In einer Alternative wird hierbei die Druckwasserwäsche verwendet. Dabei wird Kohlendioxid bei Drucken bis zu 15 bar in Wasser absorbiert und gleichzeitig kann eine Entschwefelung stattfinden. Die Aufbereitung erfolgt in den vier Verfahrensschritten Filterung, Verdichten, Absorption, Trocknen. Durch Filtern des Rohbiogases werden Wassertropfen und Stäube in Koaleszenzfiltern abgeschieden. Das Verdichten folgt ein- oder zweistufig auf 7–15 bar und das sich hierbei erhaltende Gas wird anschließend gekühlt. Komponenten der Gasaufbereitungsanlage sind ein mehrstufiger Verdichter, eine Absorptionssäule, eine Kohlendioxid-Entspannungssäule, eine CO₂-Tripper-Säule und ein Gastrockner. Dieses Verfahren betrifft somit alleine die Aufreinigung von Biogas, wobei Methan von anderen Bestandteilen gereinigt werden soll. Wie bei allen Verfahren des Standes der Technik wird auch in diesem Fall das gesamte zu absorbierende gasförmige Fluid nahezu isentrop komprimiert.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den energetischen Aufwand (Kompressionsarbeit), der nach dem Stand der Technik bei der physikalischen Absorption von gasförmigen in liquiden Fluiden benötigt wird, drastisch zu reduzieren.

[0006] Im Sinne der Erfindung werden die Begriffe „Lösen/Lösung von Gasen in Liquiden“ und „physikalische Absorption“ gleichwertig verwendet. Beim Lösen von Gasen in Liquiden findet keine chemische

Veränderung und/oder Reaktion des zu lösenden also absorbierenden Gases oder Gase statt.

[0007] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Absorption in Liquiden, bei welchem das zu absorbierende Gas komprimiert wird, das Liquid in Form von Tropfen während der Kompression in das Gas gegeben, wobei der Kompressionsdruck fortwährend bis zum gewünschten Enddruck gesteigert wird.

[0008] Gegenstand der Erfindung ist darüber hinaus eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens, bei welchem ein Verdichter zur Verringerung des Gasvolumens und eine Vorrichtung zur Einfuhr von Liquid in Form von Tropfen zwecks Absorption des Gases und Aufnahme der Kompressionswärme verwendet wird.

[0009] Die Grundidee der vorliegenden Erfindung ist die gleichzeitige Absorption und isotherme Kompression von Gas. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird erreicht, dass die während der Kompression entstehende Wärme vom Liquid aufgenommen und das Gas zugleich absorbiert wird. Eine gesonderte Vorrichtung zur Kühlung kann damit eingespart werden. Darüber hinaus wird nicht die gesamte zu absorbierende Stoffmenge des gasförmigen Fluides bis auf den gewünschten Enddruck komprimiert, da während des Prozesses die Absorption erfolgt und somit die Stoffmenge des zu komprimierenden gasförmigen Fluides fortlaufend abnimmt. Beim Erreichen des Enddruckes ist die komplette Gasmenge im Liquid absorbiert.

[0010] Der Enddruck ist abhängig vom Löslichkeitskoeffizient und der Stoffmenge des Gases, das im Liquid gelöst werden soll und kann mit dem Henry-Dalton Gesetz bestimmt werden.

[0011] In einer Ausführung wird ein Liquid ausgewählt aus der Gruppe enthaltend Wasser, organische Lösungsmittel, ionische Flüssigkeiten, Monoethanolamin (MEA) bzw. Amine oder Mischungen davon. In einer Alternative kann als Liquid vorzugsweise Wasser eingesetzt werden. In einer weiteren Alternative wird eine Mischung von MEA und mindestens einer ionischen Flüssigkeit eingesetzt.

[0012] Das Liquid wird erfindungsgemäß in Form von Tropfen, z. B. in Form von Sprays in die Absorptionszone eingedüst. Die Größe der Tropfen liegt zwischen 0,1 und 200 µm, bevorzugt 0,5–150 µm, besonders bevorzugt 1–100 µm.

[0013] In einer Ausführung sind Gase wie CO₂, beispielsweise Methan, Schwefelwasserstoff oder auch Gemische, wie Rohbiogas einsetzbar. In einer Ausführung werden Synthesegase aus der Reformierung eingesetzt enthaltend Wasserstoff und Kohlenmon-

oxidgemisch, sowie gegebenenfalls auch Kohlendioxid, Wasserdampf, Methan und weitere Komponenten. In einer Alternative werden Gasmischungen eingesetzt, bevorzugt Mischungen der oben genannten Gase. Als Gas kommt vorzugsweise Kohlendioxid zum Einsatz.

[0014] Die maximal zu lösende Gasmenge entspricht der Sättigungskonzentration beim Enddruck, die nach dem Henry-Dalton Gesetz berechnet werden kann.

[0015] Das erfindungsgemäße Verfahren wird in einer Vorrichtung durchgeführt, welche einen Verdichter zur Verringerung des Gasvolumens und eine Vorrichtung zur Einfuhr von Liquid in Form von Tropfen zwecks Absorption des Gases aufweist.

[0016] Bevorzugt ist erfindungsgemäß, dass die Vorrichtung einen Druckkessel mit beweglicher Berandung aufweist. Vorzugsweise kann es sich hierbei um einen Kolbenverdichter handeln.

[0017] Erfindungsgemäß wird die gleichzeitige Absorption und isotherme Kompression des Gases realisiert durch das Befüllen eines Druckkessels mit beweglicher Berandung. Bei dieser kann es sich erfindungsgemäß z. B. um einen Zylinder mit Kolben handeln. Dieser Kessel wird mit der zu absorbierenden Gasmenge befüllt. Das als Absorptionsmittel dienende Liquid wird in Form von Tropfen, z. B. durch Einsprayen in den Druckkessel eingedüst. Gleichzeitig wird der Druck im Kessel durch die Bewegung der Berandung, z. B. des Kolbens, erhöht.

[0018] Die bei der Kompression entstehende Wärme wird vom eingesprühten Liquid aufgenommen. Wegen der hohen Wärmekapazität des Liquid bleibt die Temperatur des Zweiphasengemisches praktisch konstant. Im Ergebnis ist der Kompressionsvorgang mithin als isotherm zu bezeichnen. Da während des Kompressionsvorgangs ständig Gas im Liquid gelöst wird und damit die nicht absorbierte Gasmenge permanent abnimmt, ist die Gasmenge, die auf Enddruck komprimiert wird, geringer als die gesamte Gasstoffmenge, die im Liquid gelöst werden soll.

[0019] Da in der vorgeschlagenen Erfindung (i) die Kompression isotherm erfolgt und (ii) nicht die gesamte zu lösende Gasstoffmenge auf den Enddruck komprimiert wird, wird der Energieaufwand für die Kompression gegenüber dem Stand der Technik in etwa halbiert, bevorzugt um 40–60%, falls das zu komprimierende Gas komplett gelöst wird. Dies ist insbesondere dann möglich, wenn lediglich ein Gas vorliegt, also keine Gasgemische, das in das Liquid gelöst werden soll und komprimiert wird. Die Energieersparnis bezieht sich auf die isentrope Kompression. Falls Gemische eingesetzt werden, erfolgt zwar eine Kompression aller Komponenten des Gasgemisches,

es werden jedoch nicht alle Gase gelöst oder zu gleichen Anteilen gelöst. Somit ist die Energieersparnis gegenüber der isentropen Kompression geringer, liegt aber dennoch bei mindestens 25% und je nach Anteil der nicht löslichen Gase kann bis zu 45% erhöht werden.

[0020] Die Stoffmenge an Gas, die auf den Enddruck komprimiert wird, ist bei der vorliegenden Erfindung wesentlich kleiner als beim herkömmlichen Stand der Technik. D. h. die erfindungsgemäß besondere gleichzeitige Kompression und Absorption von Gas bietet erhebliche Vorteile gegenüber dem Stand der Technik. Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das in dieser durchgeführte Verfahren werden zum energieeffizienten, kompletten Lösen von Gasen in Liquid eingesetzt. Hier liegt auch die maximale Energieersparnis vor. In einer Alternative erfolgt der Einsatz zur Gastrennung mittels physikalischer Wäsche. Der Einsatz des Verfahrens zur Gastrennung ist für die Abscheidung von Gasen, insbesondere Kohlendioxid geeignet.

[0021] Im Folgenden wird die Erfindung schematisch unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert.

[0022] In Fig. 1 ist schematisch ein Kolbenverdichter 1 dargestellt. Dieser besteht aus einem Druckkessel 5 und einem Kolben 2, 6. Der Kolben 2, 6 ist um die Strecke 7 in den Druckkessel 5 eingeschoben. Der in Fig. 1 dargestellte Druckkessel 5 enthält die Gasphase 3 und die wässrige Phase 4 in Form von Tropfen. Der Druck liegt in der Form gemäß Fig. 1 bei 1 bar, d. h. bei Atmosphärendruck.

[0023] In Fig. 2 ist der Druckkessel 5 mittels des Kolbens 2, 6 komprimiert. Der Kolben 2, 6 ist um die Strecke 8 in den Druckkessel 5 eingeschoben. Während der Kompression wird Wasser fortwährend in Form von Tropfen 4 in das Gas 2 gegeben. In dem in der Fig. 2 dargestellten Stadium haben die Liquidtropfen praktisch vollständig das Gas aufgenommen.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Markus Reppich u. a., Vergleich verschiedener Aufbereitungsverfahren von Biogas zur Einspeisung in das Erdgasnetz, Chemieingenieurtechnik 2009, 81, S. 211–223 [0004]
- Manuel Götz u. a., Optimierungspotenzial von Wäschen zur Biogasaufbereitung, Chemieingenieurtechnik 2011, 83, S. 800–866 [0004]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Absorption von Gasen in Liquiden, bei welchem das zu absorbierende Gas komprimiert wird, das Liquid in Form von Tropfen während der Kompression in das Gas gegeben wird, wobei der Kompressionsdruck fortwährend bis zum gewünschten Enddruck gesteigert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass die durch die Kompression entstehende Wärme vom Liquid aufgenommen und das Gas zugleich absorbiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Enddruck die komplette Gasmenge im Liquid absorbiert ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet**, dass die Größe der Tropfen des Liquides zwischen 0,1 und 200 μm liegen.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet**, dass das Volumenverhältnis von Gas zu Liquid dem Kompressionsverhältnis entspricht und die Gasmenge die Sättigungsgasmenge beim Enddruck nahezu erreicht.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Liquid ausgewählt wird aus der Gruppe enthaltend Wasser, organische Lösungsmittel, ionische Flüssigkeiten, Monoethanolamin (MEA) bzw. Amine oder Mischungen davon.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet**, dass als Liquid Wasser eingesetzt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gas ausgewählt wird aus der Gruppe enthaltend Kohlendioxid, CH_4 , H_2S , Synthesegas aus der Reformierung oder Mischungen davon.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet**, dass Kohlendioxid als Gas eingesetzt wird.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–9 aufweisend einen Verdichter zur Verringerung des Gasvolumens und eine Vorrichtung zur Einfuhr von Liquid in Form von Tropfen zwecks Absorption des Gases und Aufnahme der Kompressionswärme.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10 **dadurch gekennzeichnet**, dass sie einen Druckkessel mit beweglicher Berandung aufweist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11 **dadurch gekennzeichnet**, dass sie als Kolbenverdichter ausgestaltet ist.

13. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–12 zum kompletten Lösen von Gasen in Liquiden, Abscheiden von Gasen und/oder bei der Gastrennung mittels physikalischer Wäsche.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

