

(19)



(10)

AT 515150 A1 2015-06-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 932/2013
 (22) Anmeldetag: 04.12.2013
 (43) Veröffentlicht am: 15.06.2015

(51) Int. Cl.: **B01D 61/36** (2006.01)
B01D 53/40 (2006.01)
B01D 53/62 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 US 2011229393 A1
 WO 2012042553 A1
 DE 102007042702 A1
 Datenblatt Technikumsversuche zum Vergleich
 von Membrankontaktoren mit strukturierten
 Packungen (TU Dortmund)

(71) Patentanmelder:
 GRUBER-SCHMIDT JOHANN
 1180 WIEN (AT)

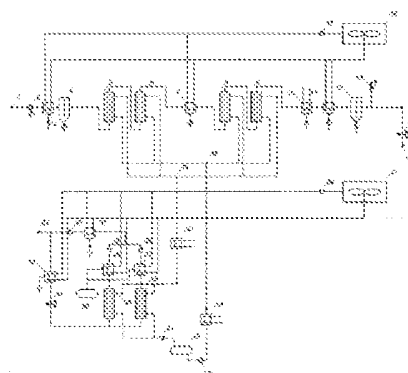
(72) Erfinder:
 Gruber-Schmidt Johann
 1180 Wien (AT)

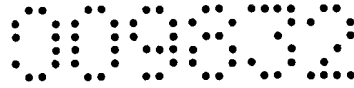
(74) Vertreter:
 CUNOW PATENTANWALTS KG
 WIEN

(54) Verfahren zur Trennung, Aufreinigung und Aufkonzentration von Gasgemischen mit Membrankontaktoren

(57) Die Erfindung umfasst eine spezielle Vorrichtung zur Verschaltung von Membrankontaktoren (5, 6, 8, 9, 25, 26), unter Verwendung einer Waschflüssigkeit, die aus mehreren zu einander abgestimmten Komponenten besteht, bevorzugt Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazine und eines zugehörigen Waschkreislaufes, um ein Gasgemisch(I), getrieben über einen Verdichter (2) zu einem Produktgas (15) aufzureinigen und aufkonzentrieren zu können, bevorzugt wird dabei Kohlendioxid aus dem Gasgemisch abgetrennt. Dabei wird zumindest eine Gaskomponente vom Gasgemisch, bevorzugt Kohlendioxid (33), abgetrennt, das Gasgemisch von Partikel und Störstoffen durch die Filter (4,12) gereinigt, mit dem Trockner (10) von Wasserdampf und dampfförmigen Gemischen durch Kondensation der dampfförmigen Verunreinigungen befreit, und so ein Produktgas (15) hoher Reinheit erhalten. Die Erfindung umfasst zudem die systemische Anwendung der Messtechnik in Form der Messung der Leitfähigkeiten (45, 48, 50, 52), der pH Werte (46,49,51,53), sowie der IR Messung (47), um den optimalen Wert an aufzunehmende Konzentration einer Gaskomponente, bevorzugt Kohlendioxid, in der Waschflüssigkeit, bestehend aus Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazin bestimmen und ausregeln zu können, sowie die Ermittlung der dazu notwendigen Konzentration der Komponenten Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazin der Waschflüssigkeit und die Methode und das Verfahren diese zu bestimmen und zu regeln und den unterschiedlichen Ausgangskonzentrationen im Vergleich zu den Referenzwerten zuordnen zu können, um so immer die optimale und beste Beladung der Waschflüssigkeit mit einer Gaskomponente,

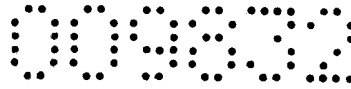
bevorzugt Kohlendioxid zu erreichen, um so auch den Prozess der Aufreinigung auf die sich verändernden Gaskonzentrationen in dem Gasgemisch (1) regelungstechnisch anpassen zu können. Das erfolgt mit dem Dosierbehältern (39, 41, 43) und den zugehörigen geregelten Dosierpumpen (40, 42, 44). Die im Verfahren anfallende Wärme wird über Rückkühlsysteme (16, 37) abgeführt. Die für die Waschflüssigkeit notwendig Wärme wird über die Wärmetauscher (20) zugeführt und (24) abgeführt. Die Regeneration der Waschflüssigkeit erfolgt in einem Lagertank (22).





Zusammenfassung der Erfindung

Die Erfindung umfasst eine spezielle Vorrichtung zur Verschaltung von Membrankontaktoren (5,6,8,9,25,26) , unter Verwendung einer Waschflüssigkeit, die aus mehreren zu einander abgestimmten Komponenten besteht, bevorzugt Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazine und eines zugehörigen Waschkreislaufes , um ein Gasgemisch(1), getrieben über einen Verdichter (2) zu einem Produktgas (15) aufzureinigen und aufkonzentrieren zu können, bevorzugt wird dabei Kohlendioxid aus dem Gasgemisch abgetrennt. Dabei wird zumindest eine Gaskomponente vom Gasgemisch, bevorzugt Kohlendioxid (33), abgetrennt, das Gasgemisch von Partikel und Störstoffen durch die Filter (4,12) gereinigt, mit dem Trockner (10) von Wasserdampf und dampfförmigen Gemischen durch Kondensation der Dampfförmigen Verunreinigungen befreit, und so ein Produktgas (15) hoher Reinheit erhalten. Die Erfindung umfasst zudem die systemische Anwendung der Messtechnik in Form der Messung der Leitfähigkeiten (45,48, 50,52), der ph Werte (46,49,51,53), sowie der IR Messung (47), um den optimalen Wert an aufzunehmende Konzentration einer Gaskomponente, bevorzugt Kohlendioxid, in der Waschflüssigkeit, bestehend aus Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazin bestimmen und ausregeln zu können, sowie die Ermittlung der dazu notwendigen Konzentration der Komponenten Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazin der Waschflüssigkeit und die Methode und das Verfahren diese zu bestimmen und zu regeln und den unterschiedlichen Ausgangskonzentrationen im Vergleich zu den Referenzwerten zuordnen zu können, um so immer die optimale und beste Beladung der Waschflüssigkeit mit einer Gaskomponente, bevorzugt Kohlendioxid zu erreichen, um so auch den Prozess der Aufreinigung auf die sich verändernden Gaskonzentrationen in dem Gasgemisch (1) regelungstechnisch anpassen zu können. Das erfolgt mit dem Dosierbehältern (39,41,43) und den zugehörigen geregelten Dosierpumpen (40,42,44). Die im Verfahren anfallende Wärme wird über Rückkühlsysteme (16,37) abgeführt. Die für die Waschflüssigkeit notwendig Wärme wird über die Wärmetauscher (20) zugeführt und (24) abgeführt. Die Regeneration der Waschflüssigkeit erfolgt in einem Lagertank (22).

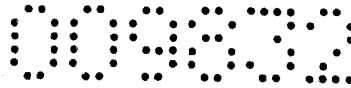


Verfahren zur Trennung, Aufreinigung und Aufkonzentration von Gasen unter Verwendung von Membrankontaktoren

Die Erfindung umfasst eine spezielle Vorrichtung zur Verschaltung von Membrankontaktoren (5,6,8,9,25,26) , unter Verwendung einer Waschflüssigkeit (18,19), die aus mehreren zu einander abgestimmten Komponenten besteht, bevorzugt Wasser, Kaliumkarbonat (K_2CO_3) und Piperazine (PZ) und eines zugehörigen Waschkreislaufes , um ein Gasgemisch(1) zu einem Produktgas (15) aufzureinigen und aufkonzentrieren zu können. Dabei wird zumindest eine Gaskomponente vom Gasgemisch, bevorzugt Kohlendioxid (33), abgetrennt und so ein Produktgas (15) hoher Reinheit erhalten. Die Erfindung umfasst zudem die systemische Anwendung der Messtechnik und Messgeber, um den optimalen Wert an aufzunehmendene Konzentration einer Gaskomponente in der Waschflüssigkeit bestimmen und ausregeln zu können, sowie die Ermittlung der dazu notwendigen Konzentration der Komponenten der Waschflüssigkeit, Wasser, Kaliumkarbonat, Piperazin, und die Methode und das Verfahren die Konzentration bestimmen und regeln zu können, um so immer die optimale und beste Beladung der Waschflüssigkeit mit einer Gaskomponente, bevorzugt Kohlendioxid (33) zu erreichen, um so auch auf die sich verändernden Gaskonzentrationen in dem Gasgemisch(1) reagieren zu können.

Das Abtrennen von Gaskomponenten aus Gasgemischen, das Aufkonzentrieren von Gasen in Gasgemischen ist in Anwendungen der Prozesstechnik, in Anwendungen der Erneuerbaren Energie eine oft gestellte Aufgabe. Von Interesse ist dabei, dass der Aufwand an elektrischer Leistung gering zu halten ist. Zudem ist von Interesse, dass neben der elektrischen Energie zum Antrieb der Maschinen, Verdichter (2), Pumpen (17,36, 21,27,28) auch thermische Energie in Form von Wärme, im speziellen Abwärme, genutzt werden kann.

Zudem ist von Interesse, das man Abwärme aus anderen Prozessen verwerten kann. Unter Abwärme versteht man Warmwasser mit einer maximalen Temperatur in der Größenordnung von 95°C im Vorlauf. Es gibt viele in der Energietechnik eingesetzte Maschinen und Anlagen, deren Kühlwasser mit der Temperaturspreizung 95°C zu 75°C betrieben werden. Als nur ein Beispiel sind die vieler Orts eingesetzten Gasmotoren zu nennen. Die Nutzung von Abwärme im Sinne der Kraft Wärmekoppelung bei Gasmotoren ist bekannt und Stand der Technik. Die Nutzung von Wärme in Form von Warmwasser, also Fernwärme, ist die in den meisten Fällen angewendete Verwertung der anfallenden Wärme, hat den Nachteil, dass jedoch über das ganze Jahr gesehen dies kaum oder gar nicht möglich ist. In sehr vielen Fällen kann man die Wärme aus dem Kühlwasser nicht nutzen und ist gezwungen diese Wärme an die Umgebung abzuführen. Damit definiert sich die weitere Aufgabe Abwärme aus Prozessen im Bereich der Niedertemperatur zu verwerten und so eine nutzbringende Wärmesenke zu bilden.



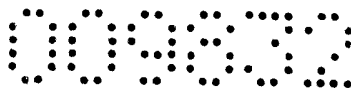
Ein weiteres Interesse besteht darin, jene Stoffe für das Waschfluid zu verwenden, die umweltschonend sind, deren Entnahme aus der Natur bereits umweltschonend ist, und deren Anwendung dem Gedanken der Nachhaltigkeit unterliegt.

Da die Trennung von Gaskomponenten und oder die Aufkonzentration von Gaskomponenten ein unterstützender Prozess ist hat dieses Verfahren zudem kompakt, modular einfach und somit überschaubar zu sein. Die Kompaktheit bedingt eine Schonung des Verbrauches an Raum und Struktur. Die Modularität stellt eine Form der Flexibilität dar, deren Folge in Zusammenwirken mit der Kompaktheit die Einfachheit und Überschaubarkeit der technischen Lösung ist.

Das Aufkonzentrieren von Gasgemischen und das Abtrennen von Kohlendioxid mittels der Aminwäsche oder der Druckwasserwäsche ist bekannt und Stand der Technik. Das in dem Patent DE 10 2007 042 702 A1 beschriebene Verfahren umfasst die Anwendung der Aminwäsche. Das System der Aminwäsche beruht auf der Absorption von Kohlenioxiid aus einem Gasgemisch, das in einem Wäscher mit dem Waschmittel bestehend aus dem Gemisch Wasser und Amine in Kontakt gebracht wird. Das erfolgt in Waschertürmen die mit entweder strukturierter Packung oder unstrukturierter, also zufälliger, Packung gefüllt sind. Das ist bekannt und Stand der Technik. Der Nachteil dieses Verfahrens liegt darin, dass die Wäscher sehr hoch bauen und somit der schonende Umgang mit Raum und Struktur nicht gegeben ist.

Der Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt in der Anwendung von Membrankontaktoren, die bei gleicher Oberfläche wie die strukturierten oder unstrukturierten Packungen in den Wäschern mit der Hohlfaserbauweise die gleiche Oberfläche als Kontaktfläche zwischen dem Gas und dem Waschmittel aufweisen. Ein weiterer Vorteil dieser Erfindung in der Verwendung von Membrankontaktoren liegt in der definierten, also der bestimmten, Oberfläche als Kontaktfläche zwischen dem Gasgemisch und der Waschflüssigkeit, durch die Hohlfasern verbaut in den Membrankontaktoren. Hier wird das Prinzip der Zufälligkeit weitgehend ausgeschlossen, da die Strömung des Gases in den Hohlfasern eine geführte Strömung darstellt. Man spricht daher auch bei diesem Gasübergang von dem Innenraum des Membranmodules über die Hohlfasern zum Gas in den Hohlfasern von einem konvektiven Gasübergang, im Gegensatz zu dem zufälligen Gasübergang bei der bekannten Technologie der eingesetzten Wäscher, bestehend aus unstrukturierter Schüttung oder aus strukturierten Packungen.

Ein weitere Nachteil des in dem Patent DE 10 2007 042 702 A1 beschriebene Verfahrens besteht in der Abtrennung des chemisch gebundenen Kohlendioxid von der Waschflüssigkeit. Bei Waschflüssigkeiten mit Aminverbindungen sind Temperaturen in der Größenordnung von zumindest 130°C, bevorzugt 150°C, notwendig. Das ist ein erheblicher Nachteil des Verfahrens, denn das bedeutet dass man diese Wärmepotenziale erst verfügbar haben muss, indem man wertvollen Brennstoff zu Wärme verwerten muss. In den meisten



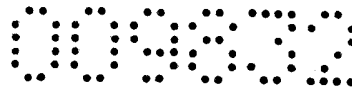
prozesstechnischen Anwendungen und auch in der Anwendung der erneuerbaren Energie hat man jedoch Wärmepotenziale zur Verfügung, die mit einer nur maximalen Temperatur von 95°C verfügbar sind. Daher scheiden diese Wärmepotenziale in der Anwendung der Aminwäsche aus und bleiben ungenutzt.

Ein weiterer Nachteil neben den sehr hohen Temperaturen zum Abtrennen des Kohlendioxides aus dem Gasgemisch bei der Aminwäsche, ist der energetische Aufwand der mit diesem Verfahren verbunden ist. Durch den Umstand, dass man Brennstoff zur Erzeugung der notwendigen Wärme mit den Temperaturen verwenden muss, wird somit der Wirkungsgrad des Verfahrens schlechter.

Ein weiterer Vorteil dieser hier vorliegenden Erfindung besteht in der Nutzung der Niedertemperaturpotenzialen mit Temperaturen in der Größenordnung mit einer maximalen Temperatur von 95°C des vorlaufenden Warmwassers, das in der Prozesstechnik und der erneuerbaren Energie in sehr hoher Masse verfügbar ist. Die Abtrennung des an das Waschmittelgemisch aus Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazin gebundenen Kohlendioxid erfolgt erfindungsgemäß bei einem Unterdruck von in der Größenordnung - 50mbar bis -300mbar zum Atmosphärendruck und einer Temperatur von in der Größenordnung von 65°C bis 85°C. Damit ist bei der Vorrichtung dieser Erfindung zudem der energetische Aufwand geringer als in dem bekannten Verfahren der Aminwäsche.

Ein weiterer Nachteil der in dem Patent DE 10 2007 042 702 A1 verwendeten Waschmittel ist das leichte Verdampfen der Waschflüssigkeit und damit die Verunreinigung des aufzukonzentrierenden Produktgases (15) mit dem Dampf der Waschflüssigkeit. Das bedeutet, dass ein erheblicher weiterer Reinigungsaufwand für das Produktgas (15) notwendig ist. Die in der Erfindung angeführte Waschflüssigkeit weist diese Eigenschaft nicht auf, wodurch eine Verunreinigung des aufzukonzentrierenden Gasgemisches zu einem gewünschten Produktgas (15) nicht stattfindet. Sollte doch ein Verdampfen der Waschflüssigkeit stattfinden und in das Gasgemisch (1) gelangen, dann wird diese Verunreinigung, die in Wasser sehr gut bis gut löslich ist, im Trockner (10) des Produktgases mit dem Kondensat ausgewaschen.

Für einen verbesserten Kontakt zwischen Gasgemisch und Waschflüssigkeit werden erfindungsgemäß Membrankontaktoren (5,6,8,9,25,26) verwendet. Membrankontaktoren bestehen entweder aus Hohlfasermodulen oder Flachmodulen, wobei die Hohlfaser in der Regel einen größeren Durchmesser aufweist und auch die Poren der Hohlfaser größer sind. Der physikalische Grund für die größeren Poren liegt in der Notwendigkeit begründet, eine grosse definierte Kontaktfläche zwischen dem Waschfluid und dem Gasgemisch darzustellen. Das Waschfluid besitzt als Flüssigkeit eine Oberflächenspannung und kann daher über die Mikroporen nicht so einfach in den Innenraum der Hohlfaser eindringen. Erst wenn der Druck auf der Membrankontaktorseite sehr hoch ist und zudem die Oberflächenspannung in dem Waschfluid reduziert wird, kann es zu einem Durchbruch der



Waschflüssigkeit in den Gasgemischraum der Hohlaser kommen, indem es durch die Mikroporen in die Hohlaser eindringt. Ein weiterer Vorteil der Membrankontaktoren, die üblicherweise eingesetzten Werkstoffe wie Polypropylen sind gegen Temperatur bis 110°C strukturstabil, und weisen auch gegenüber Druck eine hohe Stabilität auf. Das Gehäuse der Membrankontaktoren ist aus Edelstahl, der ebenfalls Druck und Temperaturbeständig, sowie korrosionsbeständig ist.

Die Erfindung sieht zum Schutz gegen Durchbruch der Waschflüssigkeit in den Hohlaser der Membrantankontaktoren neben Wärmetauscher (7), die das Waschfluid ableiten, auch einen Trockner (10) und einen Filter für das Produktgas (15) vor. Diese apparatetechnischen und verfahrenstechnischen Sicherungen verhindern, dass bei einem mechanischen Versagen der Membrankontaktoren das Produktgas (15) verunreinigt wird.

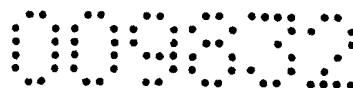
Die Erfindung löst mit dem Einsatz von Membrankontaktoren die Aufgabe der Kompaktheit, Einfachheit im Kontakt zwischen Gasgemisch (1) und Waschfluid, da die Membrankontaktoren durch die Verwendung der Hohlfasern kleiner bauen, und die gleiche Oberfläche aufweisen, wie die bekannte Wäschertechnologie.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Verwendung von Membrankontaktoren liegt darin, dass Membrankontaktoren schon aus der Wassertechnik zum Entgasen von Flüssigkeiten verwendet wird. Die dieser Erfindung zugrunde liegende Verwendung von Membrankontaktoren bedingt die Forderung nach einer Temperaturbeständigkeit bis 95°C. Da die Membrankontaktoren im Mantel und Gehäuse aus nichtrostenden Stahl bestehen, ist diese Anforderung gewährleistet. Da die Hohlfasern aus Polypropylen bestehen, der bis 110°C Temperaturbeständigkeit aufweist, ist auch der Kontaktbereich zwischen dem Gasgemisch und der Waschflüssigkeit thermisch stabil und chemisch beständig.

Die dem erfindungsgemäßen Verfahren zu Grunde gelegte und eingesetzte Waschflüssigkeit besteht aus drei Komponenten, demineralisierten, also entsalztem und entgastem, Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazine. Kaliumkarbonat, auch Pottasche genannt, Bezeichnung K_2CO_3 , ist bei Umgebungsdruck und Umgebungstemperatur fest und als weisses Pulver verfügbar. Es hat sehr gute Lösungseigenschaften in Wasser.

Piperazine (PZ), mit dem chemischen Namen Diethylendiamin, ist in der Medizin bekanntes und eingesetztes Produkt und wird wegen seiner Eigenschaft als starke Base und starke hygroskopische Eigenschaft verwendet. Piperazine ist in Wasser gut löslich, ist nicht toxisch. Piperazin ist bei Umgebungsdruck und Umgebungstemperatur fest, in scheibchenförmigen Blättchen verfügbar, und hat gute Lösungseigenschaften in Wasser.

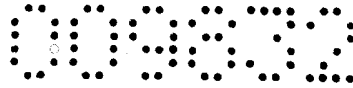
Als Flüssigkeitsträger der Waschflüssigkeit wird demineralisiertes Wasser verwendet. Piperazin (PZ) hat als vorteilhafte Eigenschaft die bevorzugte chemische Bindung von Kohlendioxid. Kaliumkarbonat (K_2CO_3) hat die vorteilhafte Eigenschaft in schwacher Form



Kohlendioxid chemisch zu binden und als Puffer für das im Wasser gelösten Piperazin zu wirken.

Die Löslichkeit von Kaliumkarbonat (K_2CO_3) und Piperazin (PZ) in demineralisiertem Wasser ist jedoch mit der Sättigung beschränkt. Überschreitet man die Sättigungsgrenze, dann fallen beide Produkte in Form von Kristallen in der Flüssigkeit aus. Bei Umgebungsdruck und Umgebungstemperatur kann man in demineralisiertem Wasser ~ 3 molal Kaliumkarbonat und ~ 3 molal Piperazine lösen. Erhöht man die Temperatur der Lösung auf über $45^\circ C$ dann kann man die Sättigungsgrenze auf 5 molal Kaliumkarbonat und 5 molal Piperazine erhöhen. In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird daher als eine Folge der physikalischen und chemischen Eigenschaft der Waschflüssigkeit die Temperatur der Waschflüssigkeit immer über oder gleich einer Temperatur von $50^\circ C$ gehalten. Das erfolgt über die Wärmetauscher (20, 24). Der Wärmetauscher (20) hat die Aufgabe das mit der Gaskomponente Kohlendioxid angereicherte Waschfluid zu erwärmen und auf eine maximale Temperatur von $85^\circ C$ zu heben, der Wärmetauscher (24) hat die Aufgabe das von der Gaskomponente Kohlendioxid reduzierte Waschfluid in der Temperatur auf die $50^\circ C$ zu senken, also Wärme abzuführen. In den Membrankontaktoen (5,6,8,9) wird das Gasgemisch über den Kontakt mit dem Waschfluid bei $50^\circ C$ von Kohlendioxid gereinigt. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass Aufkonzentration zu der gewünschten Konzentration im Produktgas in zwei Schritten erfolgt. Der erste Schritt trennt Kohlendioxid in der Größenordnung von 25% von dem Gasgemisch ab. Das erfolgt in den Membrankontaktoen (5,6). Danach wird das Gasgemisch über den Wärmetauscher (7) getrocknet, indem Wasserdampf als Kondensat abgeschieden wird. In einem zweiten Schritt wird Kohlendioxid in der Größenordnung von weiteren 25% von dem Gasgemisch abgetrennt. Das erfolgt in den Membrankontaktoen (8,9). Erfindungsgemäß wird das so gewonnene Produktgas (15) in den Wärmetauscher (10) getrocknet und mit dem Wärmetauscher (11) auf die gewünschte Temperatur größer als die Trocknungstemperatur gebracht. Unter Trocknung versteht man dabei, dass das Produktgas abgekühlt wird, bevorzugt $-10^\circ C$ bis $0^\circ C$ und sich dabei Wasserdampf in Form von Kondensat abscheidet. Im nachfolgenden Wärmetauscher (11) wird das Produktgas auf eine Temperatur größer $0^\circ C$ erwärmt, bevorzugt ist eine Temperatur in der Größenordnung von $25^\circ C$.

Die mit der Gaskomponente Kohlendioxid (33) angereicherte Waschflüssigkeit (19) wird nun über den Wärmetauscher (20) auf maximale $85^\circ C$ erwärmt und den Membrankontaktoen (25,26) zugeführt. Die Membrankontaktoen (25,26) haben die Aufgabe das angereicherte und chemisch gebundene Kohlendioxid aus dem Waschfluid unter Einsatz von Wärme und unter Verwendung eines Unterdruckes in der Größenordnung von -50mbar bis zu -300 mbar zum Atmosphärendruck zu reduzieren. Als Stripping gas, also jenes Gas das in den Hohlfasern auf der Innenseite der Hohlfasern der Membrankontaktoen strömt, und somit den Partialdruck des Kohlendioxid (33) bestimmt, wird Kohlendioxid (33) verwendet. Dabei bietet sich erfindungsgemäß jenes Kohlendioxid an, das aus den Membrankontaktoen (25,26) gewonnen werden kann. Den Unterdruck in den Membrankontaktoen erzeugen die Vakuumpumpen (29, 30), denen das Offgas aus den Membrankontaktoen (25,26) zugeführt



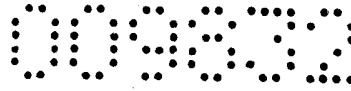
wird. Das Offgas (33) aus den Membrankontaktoren besteht aus Kohlendioxid, aus Wasserdampf und aus verdampften Piperazine und Kaliumkarbonat. In den Membrankontaktoren (25,26) nachgeschalteten Wärmetauscher (27,28) wird das Offgas (33) auf eine mittlere Temperatur von 35°C abgekühlt. Dadurch kondensiert der Wasserdampf und der Piperazindampf und das dampfförmige Kaliumkarbonat. Das flüssige Gemisch aus Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazine wird in dem Tank (38) gesammelt und dem Prozess des Waschfluides nach Aufbereitung über die Dosiereinheiten wieder rückgeführt. Damit löst die Erfindung auch die Aufgabe der Nachhaltigkeit und der umweltschonenden Einsatzes von Komponenten in der Waschflüssigkeit. Kaliumkarbonat ist ein Umweltschonende Komponente, Piperazin wird über die Kondensation in den Wärmetauscher (27,28) als Kondensat aufgefangen und so dem Prozess wieder rückgeführt.

Die Frage nach dem Energieverbrauch löst das erfindungsgemäße Verfahren durch die Verwendung eines Verdichters (2) für das Gasgemisch, der jenen Druck erzeugt um das Gasgemisch über die Wärmetauscher (3,7,11), die Filter (4,12) und die Membrankontaktoren (5,6) und (8,9) fördern zu können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass aus dem Gasgemisch 25Vol% des Kohlendioxides mit Hilfe der Membrankontaktoren (5,6) und zumindest weitere 25Vol% an Kohlendioxid aus dem Gasgemisch nach dem Wärmetauscher (7) entfernt werden, und sich der Volumenstrom des Gasgemisches (1) um die abgetrennte Volumenmenge an Kohlendioxid reduziert und das Produktgas (15) auf die gewünschte Konzentration der gewünschten Gaskomponente aufkonzentriert und so als hochkonzentriertes Produktgas (15) weiterverwertet werden kann. Der Druck und Volumenstrom des hochkonzentrierten Produktgases (15) wird über den Drosseldruckregler (14) eingestellt.

$$e = \frac{P_{ele}(kW)}{V_{GM}(Nm^3/h)}$$

Der spezifische elektrische Energieverbrauch e ((kW)/(Nm³/h)) anderer Gastrennungungsverfahren mit der Gaspermeation über Hohlfasermodule, oder Gastrennungungsverfahren mit kryogenen Prozessen, liegt in der Größenordnung von $e = 0,35$ (kW) / (Nm³/h), bezogen auf den Eingangsvolumenstrom des Gasgemisches (1). Die elektrische Leistung der vorliegenden erfindungsgemäßen Vorrichtung umfasst auf der Gasgemischseite die elektrische Leistung des Verdichters (2), die elektrische Leistung der Rückkühlpumpe (17) und die elektrische Leistung der Rückkühleinheit (16).

$$q = \frac{Q_{th}(kW)}{V_{GM}(Nm^3/h)}$$



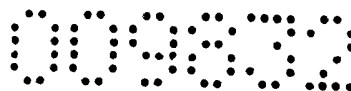
Das erfindungsgemäße in Bild 1 dargestellte Verfahren der Gastrennung weist eine spezifischen elektrischen Energieverbrauch von $e = 0,05 \text{ (kW) / (Nm}^3/\text{h)}$ bis $e = 0,1 \text{ (kW) / (Nm}^3/\text{h)}$ bezogen auf das Gasgemisch (1) auf.

So wie den spezifischen elektrischen Energieverbrauch e_{GAS} kann man auch den spezifischen thermischen Energieverbrauch $q \text{ (kW) / (Nm}^3/\text{h)}$ definieren und die verschiedenen Verfahren miteinander Vergleichen. Das der Erfindung zu grunde liegende Verfahren weist eine spezifischen thermischen Energieverbrauch von zumindest $q = 0,5 \text{ (kW) / (Nm}^3/\text{h)}$ bis $q = 0,7 \text{ (kW) / (Nm}^3/\text{h)}$ auf und löst damit die Aufgabenstellung nach Nutzung von Wärme in Form einer Wärmesenke. Ein Vorteil der Verwendung der der Erfindung zugrunde liegenden Waschflüssigkeit, liegt in der Nutzung von Wärme mit niederen Temperaturen im Bereich von 65°C bis 95°C . Ein weiterer Vorteil des Verfahrens liegt darin, dass für die Lösung des chemisch an das Waschfluid gebundene Kohlendioxid, eine maximale Temperatur von 85°C notwendig ist. Das bedeutet, dass Abwärme aus fast allen Niedertemperaturprozessen ($95^\circ\text{C} / 75^\circ\text{C}$) verwendet werden kann. Das weist auf die Eigenschaft einer sehr hohen Nachhaltigkeit und vielseitigen Anwendungsmöglichkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens hin.

Betrachtet man nun den spezifischen elektrischen Energieverbrauch auf der Offgasseite (33), also jene Gaskomponente Kohlendioxid, die von dem Gasgemisch abgetrennt wird, dann ergibt sich der elektrische Energieverbrauch aus der elektrischen Leistung für die Vakuumpumpen (30,29), der elektrischen Leistung für den Offgasverdichter (32), die elektrische Leistung für die Kühlwasserpumpe (36) und die elektrische Leistung der Rückkühleinheit (37). Der spezifischen Energieverbrauch der Offgasvorrichtungen ergibt somit einen Wert $e_{\text{OFFG}} = 0,05 \text{ (kW) / (Nm}^3/\text{h)}$ bis maximal $e = 0,1 \text{ (kW) / (Nm}^3/\text{h)}$. Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt darin, dass selbst die Summe der beiden spezifischen Energieverbräuche $e = e_{\text{GAS}} + e_{\text{OFFG}}$ einen Wert von $e = 0,1 \text{ (kW) / (Nm}^3/\text{h)}$ bis maximal $e = 0,2 \text{ (kW) / (Nm}^3/\text{h)}$ ergibt und somit deutlich unter dem Wert $e = 0,35 \text{ (kW) / (Nm}^3/\text{h)}$ anderer vergleichbarer Verfahren liegt.

Die Erfindung löst die Aufgabe der flexiblen auf die Zusammensetzung des Gasgemisches (1) optimierten Aufnahme und Abgabe einer Gaskomponenten aus dem Gasgemisch (1) bevorzugt an Kohlendioxid, über die Waschflüssigkeit mit einer dieser Erfindung zu Grunde liegenden Messsystematik. Um die Konzentration an Kaliumkarbonat und Piperazin in der Waschflüssigkeit dem jeweiligen Anwendungsfall und der jeweiligen Zusammensetzung des Gasgemisches anpassen zu können, sind eine Dosiereinheit wie in Abbildung 2 und eine Messgebersystematik wie in Abbildung 3 notwendig.

In Abbildung 2 sind die für die Waschflüssigkeit bestehend aus demineralisiertem Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazine notwendige Dosiereinheiten dargestellt. Die Dosiereinheiten besteht aus einer Dosiereinheit für demineralisiertes Wasser in Form des Dosierbehälter (39) und der Dosierpumpe (40), Dosiereinheit für das definierte Gasgemisch aus Wasser und



Kaliumkarbonat in Form des Dosierbehälters (41) und der zugehörigen Dosierpumpe (42) und der Dosiereinheit für das definierte Gemisch aus Wasser und Piperazine in Form des Dosierbehälters (43) und der zugehörigen Dosierpumpe (44). Die Pumpen (40,42,44) sind von einander unabhängig und fördern je nach Bedarf eine bestimmte Konzentration einer Komponente an Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazin in den Regenerationstank (22) der umlaufenden Waschflüssigkeit.

Die der Erfindung zu grunde gelegte Waschflüssigkeit, die eine Mischung aus demineralisiertem Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazin ist, unterliegt in dem Verfahren einer zyklischen Belastung in Form einer Beladung der Waschflüssigkeit mit Kohlendioxid mittels chemischer Bindung und einer Entladung der Waschflüssigkeit von Kohlendioxid durch das Lösen der chemischen Bindung von Kohlendioxid an die Waschflüssigkeit. Das Lösen des chemisch gebundenen Kohlendioxid an die Waschflüssigkeit erfolgt mit Vakuum und Temperatur. Durch das Vakuum erzeugt von Vakuumpumpen (30,29) in den Membrankontakoren (25,26) und der Temperatur der Waschflüssigkeit in der Größenordnung von 85°C, ergibt sich erfindungsgemäß der Vorteil, dass die chemische Bindung von Kohlendioxid an die Waschflüssigkeit leicht gelöst werden kann, also eine sehr hohe Menge an Kohlendioxid (33) aus der Waschflüssigkeit abgetrennt werden kann.

Um die optimale Beladung der Waschflüssigkeit mit Kohlendioxid zu erreichen, ist die Regelung der Konzentration an Kaliumkarbonat und Piperazine in der Waschflüssigkeit notwendig. Daher werden im Vorlauf der Waschflüssigkeit (18) zu den Membrankontakoren (5,6, 8,9) die Leitfähigkeit (52) und mit Hilfe der Titration der Waschflüssigkeit (53), der zweifache Ph-Umschlag und somit die Konzentration an Kaliumkarbonat und Piperazine gemessen. Nach den Membrankontakoren (5,6,8,9) wird bei der mit Kohlendioxid beladenen Waschflüssigkeit (19) die Leitfähigkeit (45) und mit Hilfe der Titration der Waschflüssigkeit (46), der zweifache Ph-Umschlag und somit die Konzentration an Kaliumkarbonat und Piperazine gemessen.

Im Zuge der Abtrennung von Kohlendioxid aus der Waschflüssigkeit in den Membrankontakoren wird nicht nur Kohlendioxid, sondern auch Wasser in Form von Wasserdampf und Piperazine in Form von Piperazindampf abgeschieden. Zur Messung und Bestimmung der Konzentration an Kohlendioxid im Offgas (33) wird das Verfahren der Infrarotmessung (47) verwendet. Über die Wärmetauscher (28,29) wird Wasser und Piperazine als Kondensat aus dem Offgas (33) ausgeschieden. Um die Konzentration an Piperazin zu bestimmen wird die Messung der Leitfähigkeit (48) und die Messung der Konzentration an Kaliumkarbonat und Piperazine mit Hilfe der Titration (49) des Kondensates (38). Das ist somit jene Stoffmenge an Piperazine und Kaliumkarbonat, die im Zuge der Abtrennung des Kohlendioxides aus der Waschflüssigkeit in den Membrankontakoren (25, 26) verloren geht.

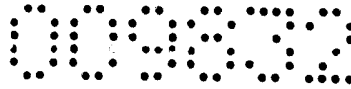


Um das System an Messungen umfassend zu schließen wird auch bei der aus den Membrankontaktoren (25,26) austretenden Waschflüssigkeit die Leitfähigkeit (50) und mit Hilfe des bekannten Verfahrens der Titration (51) der Waschflüssigkeit, der zweifache Ph Umschlag und somit die Konzentration an Kaliumkarbonat und Piperazin gemessen. Das Verfahren der Titration ist in der Chemie bekannt und Stand der Technik. Mit Hilfe der Zugabe von Säuren und oder Laugen kann man den ph Wert einer Probe der zu prüfenden und messenden Flüssigkeit verändern. Der ph Wert in einem Flüssigkeitsgemisch ändert sich so lange, bis der in dem Gemisch enthaltene Stoff durch die Säure und oder Lauge aufgebraucht ist. Diese Eigenschaft der indirekten Bestimmung der Konzentration eines Stoffes in der Flüssigkeit über die Messung des ph Wertes wird auch bei der Bestimmung der Konzentration an Kaliumkarbonat und Piperazine in der Waschflüssigkeit angewendet.

Die Messung der Leitfähigkeit bei der Waschflüssigkeit ist als eine globale Grösse zu sehen. Durch das Mehrfachkomponentensystem bestehend aus Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazine, sowie die Beladung mit Kohlendioxid, ergibt sich ein Messwert, der als verschmierter Wert sich aus der Summe der Einzelleitfähigkeiten von Wasser, Kaliumkarbonat, Piperazin und Kohlendioxid ergibt. Man stellt mit dieser Messung nur fest, dass sich die Leitfähigkeit in der mit Kohlendioxid beladenen Waschflüssigkeit geändert hat, nicht aber welche Komponenten sich in der Konzentration verändert hat. Die alleinigen Messungen der Leitfähigkeiten (45, 48,50,52) der Waschflüssigkeit an definierten Punkten des Verfahrensprozesses schließen das Gleichungssystem zu Bestimmung der Größenordnungen der Konzentrationen an Wasser, Piperazin, Kohlendioxid und Kaliumkarbonat nicht. In der Folge muss man die einzelnen Konzentrationen der Komponenten des Waschfluides bestimmen. Das Erfolgt mit der Methode der Titration. Durch das Messverfahren der Titration (46,49,51,53) kann man die Konzentration von Kaliumkarbonat und Piperazine in der Waschflüssigkeit an definierten Messpunkten des verfahrensprozesses ermitteln. Die Messungen der Leitfähigkeit der Waschflüssigkeit in Verbindung mit den Messungen der ph Werte der Waschflüssigkeit ermöglicht so die Bestimmung des in der Waschflüssigkeit enthaltenen Kohlendioxidanteiles, der Konzentration an Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazin.

$$\sigma^0 = \sigma_{H_2O}^0(x_{H_2O}^0) + \sigma_{K_2CO_3}^0(x_{K_2CO_3}^0) + \sigma_{PZ}^0(x_{PZ}^0)$$
$$ph^0 = ph_{H_2O}^0(x_{H_2O}^0) + ph_{K_2CO_3}^0(x_{K_2CO_3}^0) + ph_{PZ}^0(x_{PZ}^0)$$

Die Erfindung löst die Aufgabe der zu bestimmenden Gasbeladung an Kohlendioxid in der Waschflüssigkeit bezogen auf einen Referrenzzustand, indem die Leitfähigkeit der einzelnen Konzentrationen, wie die des Wassers (55), die der definierten Konzentration an Kaliumkarbonat und Wasser (57) und die der definierten Konzentration an Piperazine und Wasser (59) bei den Dosiereinheiten gemessen werden. Damit sind die Dosierbehälter (39,41,43) nicht nur für die Dosierung der Verluste an Waschflüssigkeit, bzw. an Komponenten der Waschflüssigkeit, Kaliumkarbonat und Piperazin, in Verwendung, sondern



sind auch die Basis der Referenzmessungen für den Ph - Wert (54,56,58) und der Leitfähigkeit (55,57,59). Durch die Messungen der Leitfähigkeit und ph Werte bei den Stoffströmen der einzelnen Dosiereinheiten kann nun die mit der Titration ermittelte Konzentration der Stoffkomponenten der umlaufenden Waschflüssigkeit in Relation zu den Referenzwerten gesetzt werden. Somit ermöglicht die in der Erfindung dargestellte Messsystematik eine vollständige Bestimmung aller Konzentrationen und Massen auf der Offgasseite, der Produktgasseite, der Komponenten der Waschflüssigkeit bezogen auf die in den Dosiereinheiten definierten Ausgangswerte an Konzentrationen der einzelnen Komponenten. Durch den Bezug auf die Referenzwerte ist die Abweichung und somit die Veränderung der Komponenten in der umlaufenden Waschflüssigkeit bestimmbar.

$$\begin{aligned}x_{H_2O} &= x_{H_2O}^0 + dx_{H_2O} & x &= x(\sigma, ph) \\x_{K_2CO_3} &= x_{K_2CO_3}^0 + dx_{K_2CO_3} & x &= x(\sigma, ph) \\x_{PZ} &= x_{PZ}^0 + dx_{PZ} & x &= x(\sigma, ph) \\x_{CO_2} &= x_{CO_2}^0 (= 0) + dx_{CO_2} & x &= x(\sigma, ph)\end{aligned}$$

Damit ergeben sich folgende Massenerhaltungen:

- die Massenerhaltung von Wasser, bestehend aus dem Wasser der Waschflüssigkeit und dem Kondensat im Tank (38) und dem Wasserdampf im Offgas (33) gemessen und bestimmt über die Infrarotmessung (47).

$$0 = dx_{H_2O}^{VOR} - dx_{H_2O}^{RÜCK} - dx_{H_2O}^{Tank}$$

- die Massenerhaltung an Offgas, vornehmlich Kohlendioxid, gemessen im Offgas (33) durch die Messung (47), gemessen im Rücklauf der Waschflüssigkeit (19) , gemessen im Vorlauf der Waschflüssigkeit (19).

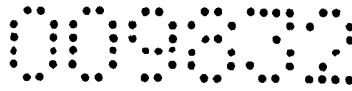
$$0 = dx_{CO_2}^{VOR} - dx_{CO_2}^{RÜCK} - dx_{CO_2}^{OFFG}$$

- die Massenerhaltung an Kaliumkarbonat gemessen im Vorlauf der Waschflüssigkeit (18), gemessen im Rücklauf der Waschflüssigkeit (19), gemessen im Kondensattank (38).

$$0 = dx_{K_2CO_3}^{VOR} - dx_{K_2CO_3}^{RÜCK} - dx_{K_2CO_3}^{Tank}$$

- die Massenerhaltung an Piperazine gemessen im Vorlauf der Waschflüssigkeit (18), gemessen im Rücklauf der Waschflüssigkeit (19), gemessen im Kondensattank (38).

$$0 = dx_{PZ}^{VOR} - dx_{PZ}^{RÜCK} - dx_{PZ}^{Tank}$$

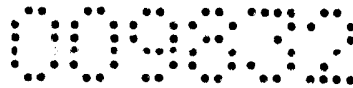


Damit ist die Erhaltung der Masse an Kaliumkarbonat, Erhaltung der Masse an Offgas (33), Kohlendioxid, Erhaltung der Masse an Piperazin, und die Erhaltung der Masse an Wasser mit Hilfe der Messwerte rechnerisch in der Steuerungstechnik und Prozesstechnik umsetzbar, es handelt sich somit um ein geschlossenes Gleichungssystem, das eindeutig lösbar ist. Die Ausgangswerte x^0 , die Referenzwerte für die Konzentrationen der Stoffkomponenten sind, werden in den Dosiereinheiten bestimmt. Als Dosiereinheiten sind vorhanden, die Dosiereinheit für demineralisiertes Wasser (39,40) mit den Messungen des pH Wertes (54) und dem Leitwert (55), die Dosiereinheit für demineralisiertes Wasser und gelöstes Kaliumkarbonat (41,42) mit den Messungen des pH Wertes (56) und dem Leitwert (57), die Dosiereinheit für demineralisiertes Wasser und gelöstem Piperazine (43,44) mit den Messungen des pH Wertes (58) und dem Leitwert (59). Im Prozess verändern sich die Konzentrationen an gebundenen Offgas (33), vornehmlich Kohlendioxid, an Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazine. Die Änderungen dx_i der einzelnen Komponenten ergeben sich aus den Messungen im Vorlauf der Waschflüssigkeit (18) und im Rücklauf der Waschflüssigkeit (19), sowie im Zulauf zum Regenerationstank (22), sowie im abgeschiedenen Kondensat (38) aus dem Offgas (33).

Die Anwendung der Erfindung der Trennung von Gasgemischen, der Aufkonzentration von Gasgemischen ist in den Bereichen der Prozesstechnik und der Erneuerbaren Energietechnik möglich. Oftmals werden in der erneuerbaren Energietechnik Gasmotoren eingesetzt, die je nach elektrischer Leistung ein nicht unerhebliches Abwärmepotenzial haben. Das Abwärmepotenzial wird üblicherweise dazu benutzt, um kommunale und private Haushalte mit Wärme zu versorgen, bekannt als der KWK Betrieb von Gasmotoren. Wenn die Abwärme nicht anderwertig benötigt wird, stellt dieses in der Erfindung dargestellte Verfahren eine Möglichkeit der Nutzung der anfallenden Abwärme dar. Dies umso mehr als die Abwärme aus den Gasmotoren einen Temperaturbereich von maximal 95°C und minimal 75°C aufweist und sich aus der Abwärme des Ölkühlsystemes und des Abgases zusammensetzt.

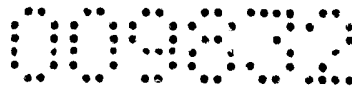
Ein typischer Anwendungsfall aus der Erneuerbaren Energie in der Biogastechnologie für das der Erfindung zu Grunde liegende Verfahren ist die Aufkonzentration von Biogas (50% CH₄, 50% CO₂) zu Biomethan (98% CH₄, 2% CO₂) und der Abtrennung von Kohlendioxid aus dem Biogas. Die Nutzung von Biomethan als Ersatz für fossiles Erdgas ist bekannt. Biogas selbst besteht aus einem Gasgemisch an Methan und Kohlendioxid üblicherweise in der Größenordnung von 45Vol% bis 55Vol% an Methan. Mit dem Verfahren der Aufkonzentration durch Nutzung der Abwärme zu Biomethan kann mit dieser Erfindung eine Produktgasreinheit 99,5Vol% erreicht werden.

Ein anderer Anwendungsfall aus der Prozesstechnik in der Brennstoffzellentechnik ist die Aufkonzentration des Gasgemisches Kohlendioxid und Wasserstoff zu einem Wasserstoffreichem Gas unter der Abtrennung von Kohlendioxid aus dem Gasgemisch. Auch in dieser Anwendung kann mit der vorliegenden Erfindung eine technische Produktgasreinheit von 99,5Vol% für Wasserstoff erreicht werden.



Auflistung der Bezeichnungen

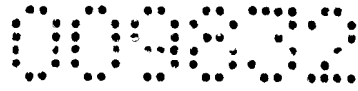
- 1 angesaugtes Gasgemisch
- 2 Verdichter Gasgemisch
- 3 Wärmetauscher Gasgemisch
- 4 Filter Gasgemisch
- 5 Membrankontaktor
- 6 Membrankontaktor
- 7 Wärmetauscher Gasgemisch
- 8 Membrankontaktor
- 9 Membrankontaktor
- 10 Trockner Produktgas
- 11 Wärmetauscher Produktgas
- 12 Filter Produktgas
- 13 Sicherheitsventil
- 14 Drosselregler Produktgas
- 15 Produktgas
- 16 Rückkühler
- 17 Kühlwasserpumpe
- 18 Vorlauf Waschfluid
- 19 Rücklauf Waschfluid
- 20 Wärmetauscher Waschfluid Rücklauf
- 21 Pumpe Waschfluid
- 22 Tank Waschfluid
- 23 Pumpe Waschfluid
- 24 Wärmetauscher Waschfluid
- 25 Membrankontaktor
- 26 Membrankontaktor
- 27 Wärmetauscher Offgas
- 28 Wärmetauscher Offgas
- 29 Vakuumpumpe Offgas
- 30 Vakuumpumpe Offgas
- 31 Wärmetauscher Offgas
- 32 Verdichter Offgas
- 33 Offgas
- 34 Drosselregler Offgas
- 35 Wärmetauscher Offgas
- 36 Pumpe Kühlwasser
- 37 Rückkühler
- 38 Tank Wasser Waschfluid gemisch
- 39 Dosiertank demineralisiertes Wasser
- 40 Dosierpumpe demineralisiertes Wasser



- 41 Dosiertank Wasser mit Kaliumkarbonat
- 42 Dosierpumpe Wasser mit Kaliumkarbobatgemisch
- 43 Dosiertank Wasser mit Piperazine
- 44 Dosierpumpe Wasser mit Piperazine
- 45 Leitfähigkeitsmessung Waschfluid Rücklauf
- 46 Titrationsmessug Waschfluid Rücklauf
- 47 Infrarotmessung Gaskomponente Offgas
- 48 Leitfähigkeitsmessung Wasser Waschfluidgemisch
- 49 Titrationsmessung Wasser Waschfluid als Kondensat des Offgases
- 50 Leitfähigkeitsmessung Waschfluid
- 51 Titrationsmessung Waschfluid
- 52 Leitfähigkeitsmessung Waschfluid Vorlauf
- 53 Titrationsmessung Waschfluid
- 54 ph Messung demineralisiertes Wasser
- 55 Leitfähigkeit demineralisiertes Wasser
- 56 ph Messung Wasser Kaliumkarbonatgemisch
- 57 Leitfähigkeit Wasser Kaliumkarbonatgemisch
- 58 ph Messung Wasser Piperazinegemisch
- 59 Leitfähigkeit Wasser Piperazinegemisch
- 60 Prozessregelung (- regler) Waschfluid

Auflistung der Symbole

e	=	spezifischer Energieverbrauch (kW)/(Nm ³ /h)	
e_{GAS}	=	spezifischer Energieverbrauch Gasgemisch(kW)/(Nm ³ /h)	
e_{OFFG}	=	spezifischer Energieverbrauch Offgas (kW)/(Nm ³ /h)	
q	=	spezifischer Wärmeverbrauch (kW)/(Nm ³ /h)	
σ^0	=	Leitfähigkeit der Waschflüssigkeit als Referenzwert	
σ^i	=	Leitfähigkeit der Komponenten i=H ₂ O, K ₂ CO ₃ ,PZ	
x_i	=	Konzentration der Komponenten i=H ₂ O, K ₂ CO ₃ ,PZ	
dx_i	=	Änderung der Konzentration der Komponenten i = CO ₂ , PZ	H ₂ O, K ₂ CO ₃ ,
PZ	=	Piperazine	
K ₂ CO ₃	=	Kaliumkarbonat	
H ₂ O	=	Wasser	

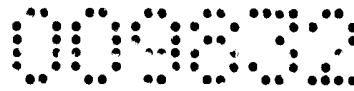


Auflistung der Bilder

Bild 1: Darstellung des Verfahrens zur Aufkonzentration von Gasgemischen mit Waschkreislauf und Kühlkreislauf

Bild 2: Darstellung der Dosiereinheiten

Bild 3: Darstellung der Messeinheiten für den Waschkreislauf nach Abbildung 1



Beschreibung der Bilder

Bild 1: Die in der Abbildung 1 dargestellte Verschaltung wurde verwendet. Das Gasgemisch (1) wird mit einem Verdichter (2) angesaugt und auf jenen Druck verdichtet, um das Gasgemisch durch die Membrankontaktoren (5,6,8,9), die Gasfilter (4,12) und die Wärmetauscher (3,7,10,11) zu befördern. Das Drosselregelventil (14) hat die Aufgabe die aufkonzentrierte Gas als Produktgas (15) im Druck und Volumenstrom zu regeln. Um den Druck gegen die Umgebung abzusichern wird ein Sicherheitsventil (13) verwendet. Die Membrankontaktoren (5,6,8,9) werden mit einer an Gas ungesättigten Waschflüssigkeit im Vorlauf (18) versorgt und die mit einem Gas gesättigte Waschflüssigkeit im Rücklauf (19) aus den Membrankontaktoren abgeführt. Die gesättigte Waschflüssigkeit wird mit dem Wärmetauscher (20) auf eine höhere Temperatur gebracht und dann den Membrankontaktoren (25,26) zugeführt. In den Membrankontaktoren (25,26) erfolgt der Gasübertritt von der Waschflüssigkeit in das umlaufende stripping gas. Das erfolgt dabei bei einem Unterdruck von - 100mbar bis -300mbar gegenüber dem Atmosphärendruck. Das so gewonnene Gas wird in den Wärmetauschern (27,28) abgekühlt und von den Vakuumpumpen (29,30) angesaugt. Das verdichtete erwärmte Gas wird über den Wärmetauscher (31) rückgekühlt und mit dem Verdichter (32) als offgas (33) weitergefördert. Der Verdichter (32) hat auch die Aufgabe einen Teil des angesaugten und über die Membrankontaktoren gewonnene Gas über das Drosselregelventil (34) wieder als stripping gas den Membrankontaktoren zuzuführen. Das aus den Membrankontaktoren mit einem Gas ungesättigte Waschfluid wird über die Pumpe (21) in einen Tank (22) befördert. Der Tank (22) dient dazu, damit sich die Waschflüssigkeit regenerieren kann. Zudem wird der Tank mit einer Dosiereinheit ausgestattet, die die Konzentrationen des Komponenten der Waschflüssigkeit auf den durch die Regelung ermittelten optimalen Punkt hält. Die Waschflüssigkeit wird über die Pumpe (23) aus dem Tank (22) angesaugt und mit dem Wärmetauscher (24) abgekühlt und als ungesättigte Waschflüssigkeit (18) im Vorlauf den Membrankontaktoren (5,6,8,9) zugeführt zu werden. In den Membrankontaktoren (5,6) und (8,9) erfolgt der Kontakt zwischen der ungesättigten Waschflüssigkeit und dem Gasgemisch, das aufkonzentriert werden soll. Das Gasgemisch wird in den Wärmetauschern (3,7) rückgekühlt. Der Wärmetauscher (10) dient zur Trocknung des aufkonzentrierten Gases, in dem es abgekühlt wird, und so der Wasserdampf aus dem Gas in Form eines Kondensates entfernt wird. Das so gewonnene Gas wird mit der warmen Kühlwasser aus dem Kühlwasserkreislauf erwärmt. Der Wärmetauscher (12) dient dazu, das Gas auf eine definierte Gastemperatur zu erwärmen und so dem Filter (12) zuzuführen. Der Kühlkreislauf ist ein geschlossener Kreislauf bestehend aus den Wärmetauchern (3,7,12) und den Rückkühlern (16) die die Wärme an die Umgebung abgeben. Der zweite Kühlkreislauf umfasst die Rückkühlung des Offgases über die Wärmetauscher (27,28,31) und ist ebenfalls als geschlossener Kreislauf mit einer Pumpe () und einem Rückkühler () ausgeführt. Die Waschflüssigkeit die in einem geschlossenen Kreislauf bei einem definierten statischen Druck befördert wird wird über den Wärmetauscher (20) aufgeheizt und den Wärmetauscher (24) rückgekühlt.

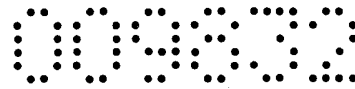
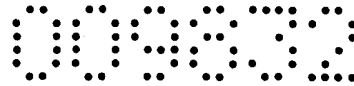


Bild 2: die in der Abbildung 2 dargestellte Verschaltung wird verwendet. Die Waschflüssigkeit besteht aus drei Komponenten, dem Trägerfluid Wasser, der ersten Waschsubstanz Kaliumkarbonat (K_2CO_3) und der zweiten Waschsubstanz Piperazin (PZ). Um die Konzentration an Kaliumkarbonat und Piperazin konstant zu halten und so für eine gleichbleibende Aufnahmefähigkeit der Waschflüssigkeit gegenüber einem Gas zu sorgen werden die Dosiereinheiten (35,37,39) mit den Dosierpumpen (36,38,40) eingesetzt. In dem Dosierbehälter (35) befindet sich demineralisiertes Wasser, in dem Dosierbehälter (37) befindet sich demineralisiertes Wasser mit einer bestimmten Konzentration an Kaliumkarbonat (K_2CO_3), in dem Behälter (39) befindet sich demineralisiertes Wasser mit einer bestimmten Konzentration an Piperazine (PZ). Die einzelnen Dosierpumpen befördern die benötigte Menge an demineralisiertem Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazin in den Tank (22), wo die Waschflüssigkeit regeneriert wird.

Bild 3: die in der Abbildung 3 dargestellte Verschaltung wird verwendet. Die Waschflüssigkeit besteht aus den Komponenten demineralisiertes Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazine. Um die Konzentration der einzelnen Komponenten auf einen optimalen Punkt zu halten, der es erlaubt eine sehr hohe Menge eines gewünschten Gases aufzunehmen, und wieder abzugeben und sich im Tank (22) zu regenerieren sind Messungen im Vorlauf (18) und Rücklauf (19) der Waschflüssigkeit notwendig. Im Vorlauf der Waschflüssigkeit (18) werden gemessen, die Leitfähigkeit (52) und mit der Methode der Titration (53) die Konzentration an Kaliumkarbonat (K_2CO_3) und Piperazin (PZ). Im Rücklauf der Waschflüssigkeit (19) werden gemessen, die Leitfähigkeit (45), und mit der Methode der Titration (46) die Konzentration an Kaliumkarbonat (K_2CO_3) und Piperazin (PZ). Bei den Dosiereinheiten werden gemessen: Im Dosierbehälter (39) für demineralisiertes Wasser, die Leitfähigkeit (55) und der pH Wert (54). Im Dosierbehälter (41) für das Gemisch aus Wasser und Kaliumkarbonat, die Leitfähigkeit (57) und der pH Wert (56) und im Dosierbehälter (43) für das Gemisch aus Wasser und Piperazin die Leitfähigkeit (59) und der pH Wert (52). Der Konzentrationsgehalt einer Gaskomponente in dem Gasvolumenstrom der aus den Membrankontaktoren (25,26) mit den Vakuumpumpen abgesaugt wird, wird mittels der Methode der Infrarotstrahlung (47) bestimmt. Die so erhaltenen Messsignale werden im Prozessrechner (60) verwertet und damit der optimale Gehalt der Konzentrationen im Waschfluid aufrecht gehalten.



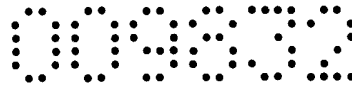
Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Trennung und Aufkonzentration von Gasgemischen umfassend die Membrankontaktoren (5,6, 8,9,25,26) , zumindest einen Verdichter (2), zumindest einen Gasfilter (3, 9), ein Rückkühlsystem (16,17) zur Kühlung des Gasgemisches (1) und des Produktgases (15), einem Trockner (10), einem Rückkühlsystem (36,37) zur Kühlung des Offgases (33) , die Dosiertanks (39,41,43), die Dosierpumpen (40,42,44) und den Zugehörigen Messungen der Leitfähigkeit (55,57,59) und der ph Werte (54,56,58), den Regenerationstank (22), zumindest einer Pumpe (21,23) für die Waschflüssigkeit, zumindest einer Vakuumpumpe, bevorzugt zwei Vakuumpumpen (28, 29), den Messungen der Leitfähigkeit (45,48,50,52) , den Messungen der Konzentrationen (46,49,51,53) in der Waschflüssigkeit, der Messung der Konzentration der Gaskomponente im Offgas (47) bestehend aus

den Membrankontaktoren (5,6) als erste Stufe der Aufkonzentration des Gasgemisches (1) , den Membrankontaktoren (8,9) als zweite Stufe der Aufkonzentration des Gasgemisches (1), der Membrankontaktoren (25,26) als Trennstufe für das Offgas, einer Waschflüssigkeit die im Vorlauf (18) mit einer geringen Gasbeladung in die Membrankontaktoren (5,6,8,9) geleitet wird, und über den Wärmetauscher (24) rückgekühlt wird, einer Waschflüssigkeit die mit einer Gaskomponente beladen im Rücklauf (19) über einen Wärmetauscher (20) erwärmt wird und das Offgas in den Membrankontaktoren (25,26) mit Hilfe der Vakuumpumpen (30,29) abgetrennt wird, ein Teil des Offgases (33) als Stripping gas für die Abtrennung in den Membrankontaktoren (25,26) verwendet wird, einem Regenerationstank (22) in dem die Waschflüssigkeit in der Konzentration der einzelnen Komponenten Wasser, Kaliumkarbonat, und Piperazine angepasst wird und einer Mess und Regeleinheit (60)

gekennzeichnet dadurch, dass

- der Gasgemischstrom (1) zweistufig über Membrankontaktoren (5,6), (8,9) zu einem Produktgas (15) aufkonzentriert wird, besonders bevorzugt in der ersten Stufe um 25%, bevorzugt in einem Bereich von 15% bis 35% und in der zweiten Stufe um weitere besonders bevorzugt 25%, bevorzugt in einem Bereich von 15% bis 35%, um so hohe Produktgasreinheiten erreichen zu können
- das Offgas Kohlendioxid (33) einstufig über Membrankontaktoren (25,26) von der Waschflüssigkeit abgetrennt wird
- die Aufnahme und Abtrennung der Gaskomponente Kohlendioxid mit einer Waschflüssigkeit aus dem Gemisch Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazin, besonders bevorzugt in der Konzentration von 2,5 molal für Kaliumkarbonat, bevorzugt in einem Bereich von 0,5 molal bis 5 molal, besonders bevorzugt in der Konzentration für Piperazin von 2,5 molal, bevorzugt in einem Bereich von 0,5 molal bis 5 molal, erfolgt
- das Gasgemisch vor der Aufkonzentration von den Störstoffen H₂S, NH₃ und Feststoffpartikel geringt wird, sodass die Konzentration besonders bevorzugt bei H₂S in



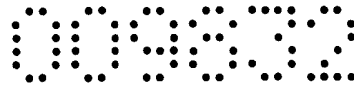
einem Bereich von 1 ppm bis 3ppm liegt, die Konzentration von NH_3 besonders bevorzugt in einem Bereich von 1 ppm bis 3 ppm liegt,

- das Produktgas getrocknet wird, sodass ein Taupunkt von bevorzugt kleiner -8°C erreicht wird, besonders bevorzugt kleiner -77°C .
- die Waschflüssigkeit im Vorlauf (18) mit dem Wärmetauscher (24) auf eine Temperatur der Größenordnung besonders bevorzugt von 50°C , bevorzugt in einem Bereich von 45°C bis 55°C gehalten wird
- die Waschflüssigkeit im Rücklauf (19) mit einem Wärmetauscher (20) auf einer Temperatur der Größenordnung von besonders bevorzugt 75°C , bevorzugt in einem Bereich von 60°C bis 85°C erhöht wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Mess und Regeleinheit (60), in Kombination mit der Messung der Leitfähigkeit (52) und der Messung der Konzentrationen an Kaliumkarbonat und Piperazin in der Waschflüssigkeit (53) im Vorlauf (18) der Waschflüssigkeit, mit der Messung der Leitfähigkeit (45) und der Messung der Konzentrationen an Kaliumkarbonat und Piperazin in der Waschflüssigkeit (46) im Rücklauf (19) der Waschflüssigkeit, mit der Messung der Leitfähigkeit (50) und der Messung der Konzentrationen an Kaliumkarbonat und Piperazin in der Waschflüssigkeit (51) im Zulauf der Waschflüssigkeit in den Regenerationstank (22), mit der Messung der Leitfähigkeit (48) und der Messung der Konzentrationen an Kaliumkarbonat und Piperazin in der Waschflüssigkeit (49) im Kondensat des Offgases (33), mit der Messung der Gaskonzentration (47) im Offgas (33).

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Mess und Regeleinheit (60) mit einer Dosiereinheit aus einem Tank für Deminwasser (39), einer Dosierpumpe (40) für demineralisiertes Wasser, einer Messung des pH Wertes (54) und der Messung der Leitfähigkeit (55) des demineralisierten Wassers, mit einer Dosiereinheit aus einem Tank für Deminwasser und gelöstem Kaliumkarbonat (41), einer Dosierpumpe (42), einer Messung des pH Wertes (56) und der Messung der Leitfähigkeit (57) des Gemisches aus demineralisiertem Wasser und Kaliumkarbonat, mit einer Dosiereinheit aus einem Tank für Deminwasser und gelöstem Piperazin (43), einer Dosierpumpe (44), einer Messung des pH Wertes (58) und der Messung der Leitfähigkeit (59) des Gemisches aus demineralisiertem Wasser und Kaliumkarbonat, zur Ermittlung von Referenzwerten in den Konzentrationen an Kaliumkarbonat und Piperazin und zur Einstellung und Regelung unterschiedlicher Konzentrationen an Wasser, Kaliumkarbonat und Piperazin in der Waschflüssigkeit.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Nutzung eines Teiles des Offgases (33), das rückgekühlt wird über den Wärmetauscher (35) als Stripping gas in den Membrankontaktoren (25,26) zur Verbesserung des Gasübertrittes von der Waschflüssigkeit auf die Gasseite.



5. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Nutzung eines Teiles der Abwärme aus dem Rückkühlsystem (17,16) für das Gasgemisch, zum Aufwärmen des Produktgases über einen Wärmetauscher (11)

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass es einen Rückkühlkreislauf für das Produktgas (15) gibt, bestehend aus der Pumpe (17) der Rückkühlung (16), den Wärmetauschern (3,7) und der Rückerwärmung in Form des Wärmetauschers (11) vorhanden ist

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass es einen Rückkühlkreislauf für das Offgas (33) gibt, bestehend aus der Pumpe (36) der Rückkühlung (37), den Wärmetauschern (27,28,31,34) vorhanden ist.

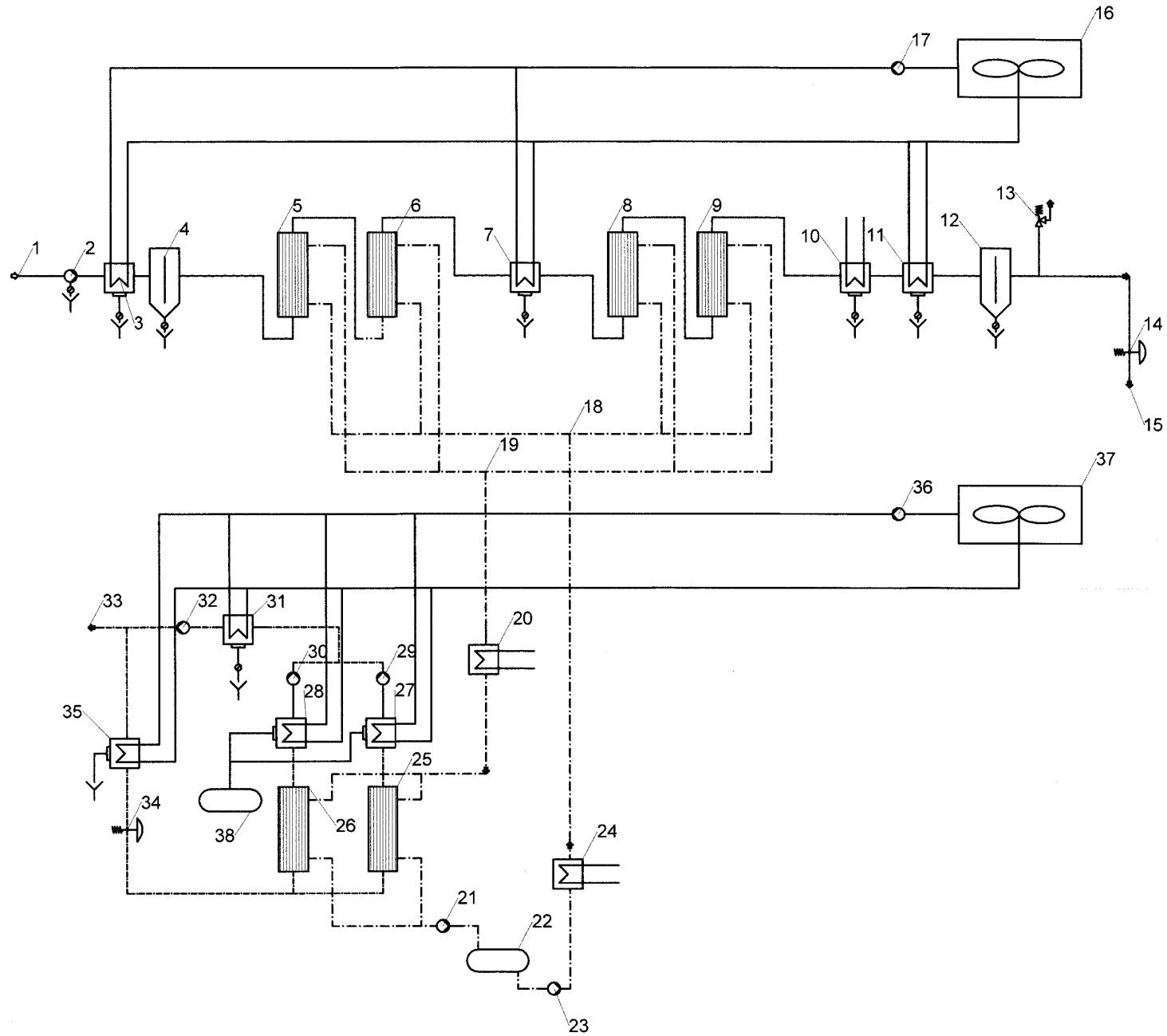
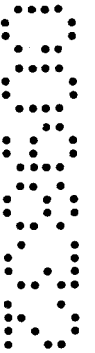


Bild 1



009830

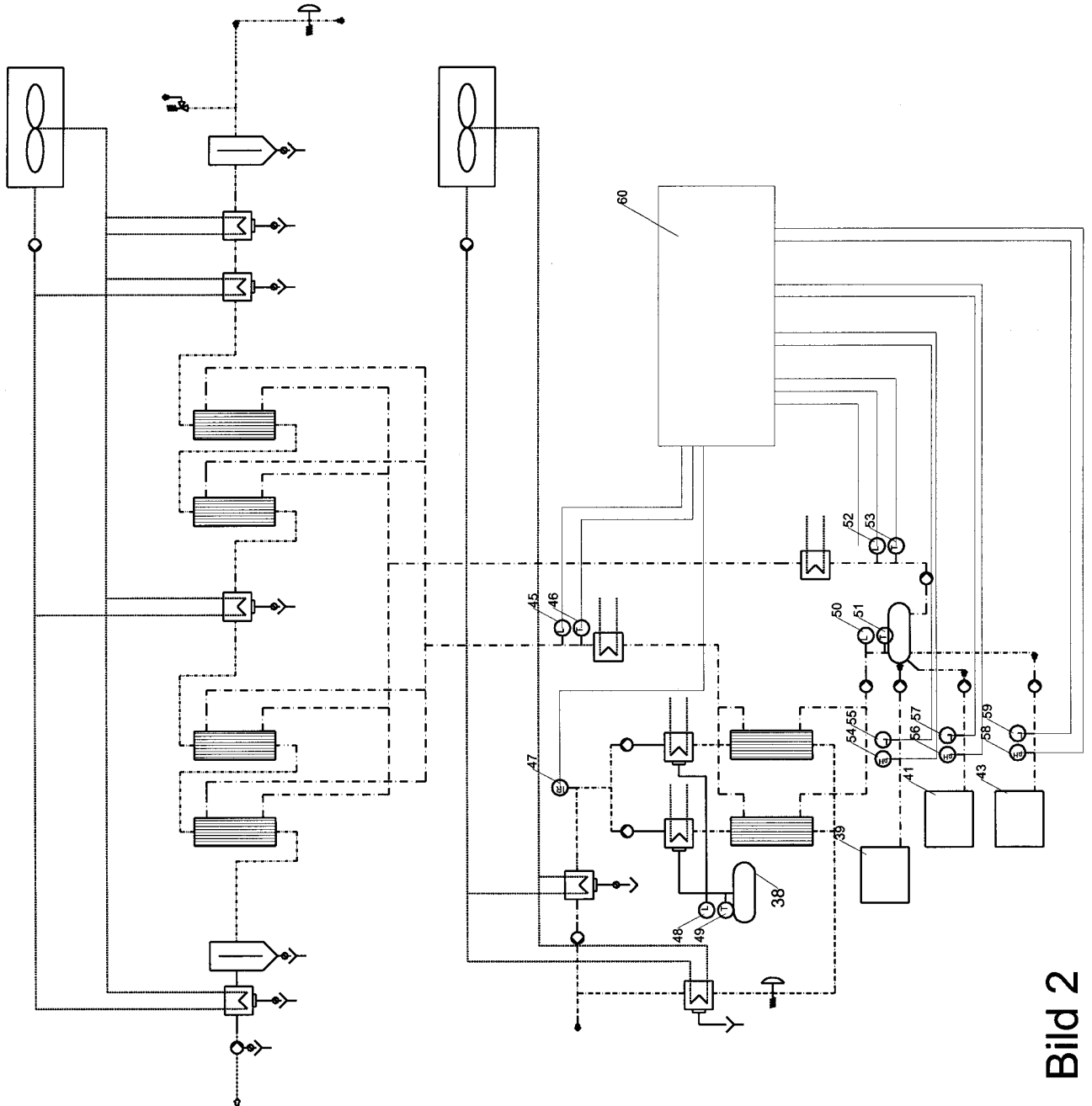


Bild 2

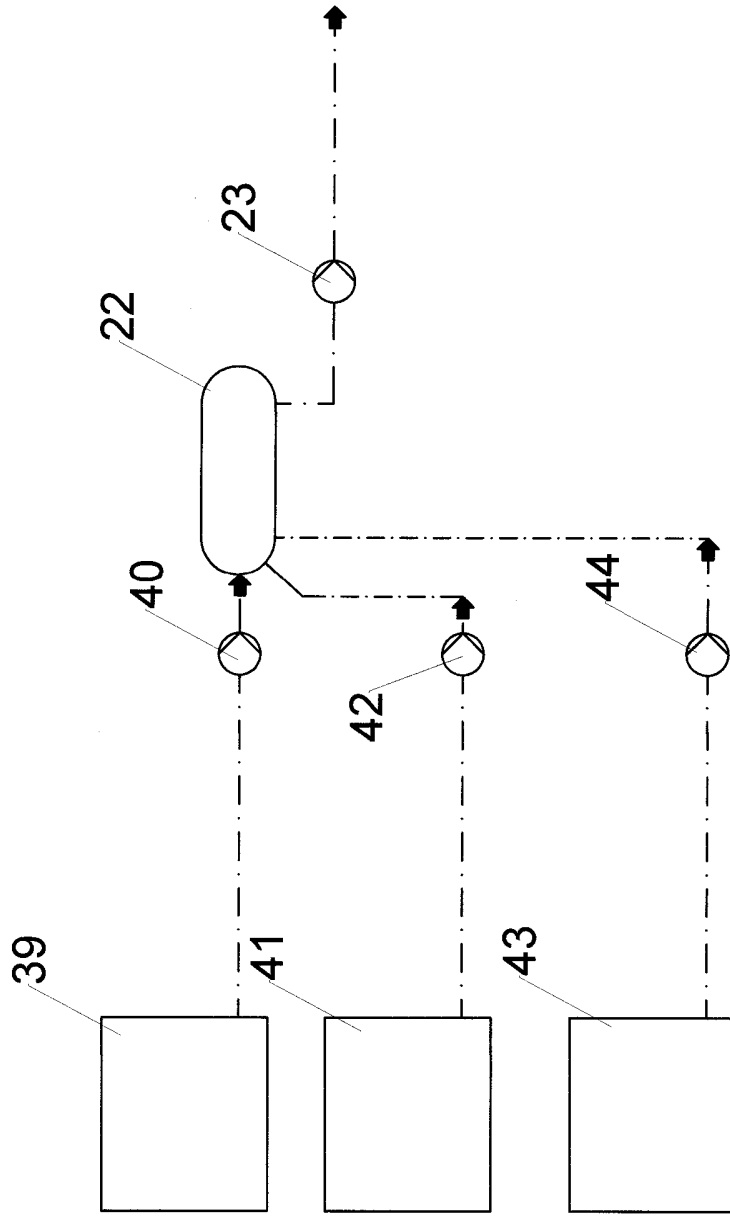


Bild 3

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
B01D 61/36 (2006.01); **B01D 53/40** (2006.01); **B01D 53/62** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
B01D 61/362B01D 53/40B01D 53/62

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
B01D

Konsultierte Online-Datenbank:
WPI, EPODOC, PAJ, TXTG, Espacenet, Internet

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **04.12.2013** eingereichten Ansprüchen **1-7** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	US 2011229393 A1 (HU LIANG) 22. September 2011 (22.09.2011) ganzes Dokument	1-7
A	WO 2012042553 A1 (UNIV DEGLI STUDI GENOVA) 05. April 2012 (05.04.2012) Anspruch 1, Figur 8, Zusammenfassung	1-7
A	DE 102007042702 A1 (DGE DR ING GUENTHER ENGINEERING GMBH) 03. April 2008 (03.04.2008) Anspruch 1, Zusammenfassung	1-7
A	Datenblatt Technikumsversuche zum Vergleich von Membrankontaktoren mit strukturierten Packungen (TU Dortmund) www.uni-due.de/imperia/md/content/verfahrenstechnik/fc (online); erhalten aus Internet; erhalten am 19.05.2014	1-7

Datum der Beendigung der Recherche:
19.05.2014

Seite 1 von 1

Prüfer(in):
STEPANOVSKY Martin

^{*)} **Kategorien** der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmel-
gegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf
erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht
als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die
Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen
dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für
einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach
dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem
ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch
nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage
stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Trennung und Aufkonzentration von Gasgemischen, gekennzeichnet dadurch, dass es aus Membrankontaktoren (5,6, 8,9,25,26) , zumindest einen Verdichter (2), zumindest einen Gasfilter (3, 9), ein Rückkühlsystem (16,17) zur Kühlung des Gasgemisches (1) und des Produktgases (15), einem Trockner (10), einem Rückkühlsystem (36,37) zur Kühlung des Offgases (33) , die Dosiertanks (39,41,43), die Dosierpumpen (40,42,44) und den Zugehörigen Messungen der Leitfähigkeit (55,57,59) und der ph Werte (54,56,58), den Regenerationstank (22), zumindest einer Pumpe (21,23) für die Waschflüssigkeit, zumindest einer Vakuumpumpe, bevorzugt zwei Vakuumpumpen (28, 29), den Messungen der Leitfähigkeit (45,48,50,52) , den Messungen der Konzentrationen (46,49,51,53) in der Waschflüssigkeit, der Messung der Konzentration der Gaskomponente im Offgas (47) besteht.

2. Vorrichtung zur Trennung und Aufkonzentration von Gasgemischen, gekennzeichnet dadurch, dass die Membrankontaktoren (5,6) als erste Stufe der Aufkonzentration des Gasgemisches (1) , die Membrankontaktoren (8,9) als zweite Stufe der Aufkonzentration des Gasgemisches (1), der Membrankontaktoren (25,26) als Trennstufe für das Offgas, einer Waschflüssigkeit die im Vorlauf (18) mit einer geringen Gasbeladung in die Membrankontaktoren (5,6,8,9) geleitet wird, und über den Wärmetauscher (24) rückgekühlt wird, einer Waschflüssigkeit die mit einer Gaskomponente beladen im Rücklauf (19) über einen Wärmetauscher (20) erwärmt wird und das Offgas in den Membrankontaktoren (25,26) mit Hilfe der Vakuumpumpen (30,29) abgetrennt wird, ein Teil des Offgases (33) als Stripping gas für die Abtrennung in den Membrankontaktoren (25,26) verwendet wird, einem Regenerationstank (22) in dem die Waschflüssigkeit in der Konzentration der einzelnen Komponenten Wasser (H₂O), Kaliumkarbonat (K₂CO₃), und Piperazine (PZ) angepasst wird und einer Mess und Regeleinheit (60) verwendet wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 , gekennzeichnet durch eine Mess und Regeleinheit (60), in Kombination mit der Messung der Leitfähigkeit (52) und der Messung der Konzentrationen an Kaliumkarbonat (K₂CO₃) und Piperazin in der Waschflüssigkeit (53) im Vorlauf (18) der Waschflüssigkeit, mit der Messung der Leitfähigkeit (45) und der Messung der Konzentrationen an Kaliumkarbonat (K₂CO₃) und Piperazin in der Waschflüssigkeit (46) im Rücklauf (19) der Waschflüssigkeit, mit der Messung der Leitfähigkeit (50) und der Messung der Konzentrationen an Kaliumkarbonat (K₂CO₃) und Piperazin in der Waschflüssigkeit (51) im Zulauf der Waschflüssigkeit in den Regenerationstank (22), mit der Messung der Leitfähigkeit (48) und der Messung der Konzentrationen an Kaliumkarbonat (K₂CO₃) und Piperazin in der Waschflüssigkeit (49) im Kondensat des Offgases (33) , mit der Messung der Gaskonzentration (47) im Offgas (33).

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Mess und Regeleinheit (60) mit einer Dosiereinheit aus einem Tank für demineralisiertes Wasser (H₂O) (39), einer Dosierpumpe (40) für demineralisiertes Wasser (H₂O), einer Messung des pH Wertes (54) und der Messung der Leitfähigkeit (55) des demineralisierten Wassers (H₂O), mit einer Dosiereinheit aus einem Tank für DeminWasser (H₂O) und gelöstem Kaliumkarbonat (K₂CO₃) (41), einer Dosierpumpe (42), einer Messung des pH Wertes (56) und der Messung der Leitfähigkeit (57) des Gemisches aus demineralisierten Wasser (H₂O) und Kaliumkarbonat (K₂CO₃), mit einer Dosiereinheit aus einem Tank für demineralisiertem Wasser (H₂O) und gelöstem Piperazine (PZ) (43), einer Dosierpumpe (44), einer Messung des pH Wertes (58) und der Messung der Leitfähigkeit (59) des Gemisches aus demineralisierten Wasser (H₂O) und Kaliumkarbonat (K₂CO₃), zur Ermittlung von Referenzwerten in den Konzentrationen an Kaliumkarbonat (K₂CO₃) und Piperazin und zur Einstellung und Regelung unterschiedlicher Konzentrationen an Wasser (H₂O), Kaliumkarbonat (K₂CO₃) und Piperazin in der Waschflüssigkeit.

5. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Nutzung eines Teiles des Offgases (33), das rückgekühlt wird über den Wärmetauscher (35) als Stripping gas in den Membrankontaktoren (25,26) zur Verbesserung des Gasübertrittes von der Waschflüssigkeit auf die Gasseite.

6. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Nutzung eines Teiles der Abwärme aus dem Rückkühlsystem (17,16) für das Gasgemisch, zum Aufwärmen des Produktgases über einen Wärmetauscher (11)

7. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass es einen Rückkühlkreislauf für das Produktgas (15) gibt, bestehend aus der Pumpe (17) der Rückkühlung (16), den Wärmetauschern (3,7) und der Rückerwärmung in Form des Wärmetauschers (11) vorhanden ist

8. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass es einen Rückkühlkreislauf für das Offgas (33) gibt, bestehend aus der Pumpe (36) der Rückkühlung (37), den Wärmetauschern (27,28,31,34) vorhanden ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, dass der Gasgemischstrom (1) zweistufig über Membrankontaktoren (5,6), (8,9) zu einem Produktgas (15) aufkonzentriert wird, besonders bevorzugt in der ersten Stufe um 25%, bevorzugt in einem Bereich von 15% bis 35% und in der zweiten Stufe um weitere besonders bevorzugt 25%, bevorzugt in einem Bereich von 15% bis 35%, um so hohe Produktgasreinheiten erreichen zu können.

10. Vorrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, dass das Offgas Kohlendioxid (CO₂) (33) einstufig über Membrankontaktoren (25,26) von der Waschflüssigkeit abgetrennt wird.

11. Vorrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, dass die Aufnahme und Abtrennung der Gaskomponente Kohlendioxid (CO_2) mit einer Waschflüssigkeit aus dem Gemisch Wasser (H_2O), Kaliumkarbonat (K_2CO_3) und Piperazin, besonders bevorzugt in der Konzentration von 2,5 molal für Kaliumkarbonat (K_2CO_3), bevorzugt in einem Bereich von 0,5 molal bis 5 molal, besonders bevorzugt in der Konzentration für Piperazin von 2,5 molal, bevorzugt in einem Bereich von 0,5 molal bis 5 molal, erfolgt.
12. Vorrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, dass das Gasgemisch vor der Aufkonzentration von den Störstoffen (Schwefelwasserstoff) H_2S , (Ammoniak) NH_3 und Feststoffpartikel geringt wird, sodass die Konzentration besonders bevorzugt bei (Schwefelwasserstoff) H_2S in einem Bereich von 1 ppm bis 3 ppm liegt, die Konzentration von NH_3 besonders bevorzugt in einem Bereich von 1 ppm bis 3 ppm liegt.
13. Vorrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, dass das Produktgas getrocknet wird, sodass ein Taupunkt von bevorzugt kleiner -8°C erreicht wird, besonders bevorzugt kleiner -77°C .
14. Vorrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, dass die Waschflüssigkeit im Vorlauf (18) mit dem Wärmetauscher (24) auf eine Temperatur der Größenordnung besonders bevorzugt von 50°C , bevorzugt in einem Bereich von 45°C bis 55°C gehalten wird.
15. Vorrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, dass die Waschflüssigkeit im Rücklauf (19) mit einem Wärmetauscher (20) auf einer Temperatur der Größenordnung von besonders bevorzugt 75°C , bevorzugt in einem Bereich von 60°C bis 85°C erhöht wird.