

Biogasreinigung

Zusammenstellung der Aufbereitungs- und Reinigungsverfahren

Verfahren	Komponente	Charakteristik	Vorteile	Nachteile	Bemerkung
Druckwasserwäsche	CO ₂ , H ₂ S, NH ₃	CO ₂ , H ₂ S und NH ₃ werden in Wasser unter Druck angereichert	<ul style="list-style-type: none"> - Relativ viel Erfahrungen mit diesem Verfahren - nur Abwasser, keine Chemikalienentsorgung nötig - keine in situ Vorentschwefelung nötig 	<ul style="list-style-type: none"> - Hoher Wasserverbrauch, Strombedarf relativ hoch - Druckverfahren - Methanverlust - H₂S-Abscheidung außerhalb des Fermenters 	Wird eingesetzt wenn Erdgasqualität gefordert ist
Druckwechseladsorption	CO ₂ , H ₂ S, H ₂ O	Adsorption von CO ₂ , H ₂ S und H ₂ O werden an einem Molekularsieb unter Druck abgeschieden, Regeneration des Beladenen Molekularsiebs durch Druckentspannung	<ul style="list-style-type: none"> - Trockenes Verfahren, daher kein Anfall von Abwasser - Referenzanlagen in Europa vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> - Relativ hoher Stromverbrauch - H₂S-Konzentration darf max. 400mg/m³ betragen - H₂S-Abscheidung außerhalb des Fermenters 	Wird eingesetzt wenn Erdgasqualität gefordert ist
Selexol Verfahren	CO ₂ , H ₂ S, H ₂ O	Gymes (Glycol Dimethyl Ether) werden zur Entfernung von H ₂ S, CO ₂ , H ₂ O eingesetzt. Funktioniert zufrieden stellend nur als Hochdruckverfahren (3 bar zur H ₂ S, 8 bar zur CO ₂ , H ₂ O Entfernung)	<ul style="list-style-type: none"> - Gute Reinigungsleistung - CO₂, H₂S Entfernung und Trocknung in einem Schritt möglich (auch nur zur H₂S Entfernung einsetzbar) 	<ul style="list-style-type: none"> - Betriebsmittel- und Entsorgungskosten relativ hoch - wenig Erfahrungen - H₂S-Abscheidung außerhalb des Fermenters 	Wird eingesetzt wenn Erdgasqualität gefordert ist
Membran Verfahren	CO ₂ , H ₂ S, H ₂ O	Die zu entfernende Komponente werden auf Grund unterschiedlicher Permeationsraten an einer Membran abgetrennt; Trockenes und nasses Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Keine teuren Betriebsmittel notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> - Hoher Energiebedarf und Methanverlust machen das Verfahren teuer - in der Biogasreinigung nicht etabliert - H₂S-Abscheidung außerhalb des Fermenters 	Wird eingesetzt wenn Erdgasqualität gefordert ist
Aminwäsche	CO ₂ , H ₂ S	Bestimmte Amine können zur Entfernung saurer Komponenten eingesetzt werden	<ul style="list-style-type: none"> - Standardverfahren bei der Erdgasreinigung - Viel Erfahrung vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> - Zu teuer für die Biogasreinigung, hohe Betriebsmittel- und Entsorgungskosten - H₂S-Abscheidung außerhalb des Fermenters 	
Gastrocknung mittels Gaskühler / Kondensation	H ₂ O Siloxane (teilw.)	Bei der Abkühlung des Gasstromes bildet sich Kondensat. Je weiter die Temperatur abgesenkt wird desto mehr Kondensat lässt sich ausscheiden.	<ul style="list-style-type: none"> - Standardverfahren bei der Gastrocknung - Ein Teil der Siloxane können mit abgeschieden werden 	<ul style="list-style-type: none"> - Sollen niedrige Taupunkte erreicht werden besteht die Gefahr der Vereisung 	Zur H ₂ S-Abscheidung ungeeignet
Gastrocknung mittels Glykol	H ₂ O	TEG (Triethylenglykol) entzieht dem Rohbiogas Wasser bei Umgebungstemperatur und kann dann unter Abwärmenutzung bei höheren Temperaturen regeneriert werden.	<ul style="list-style-type: none"> - TEG ist relativ stabil und kann über eine große Zeitspanne recycelt werden. - Entsorgung nicht problematisch 	<ul style="list-style-type: none"> - Wärmebedarf zur Regeneration nötig - Kein Standardverfahren 	Zur H ₂ S-Abscheidung ungeeignet

Integrierte biologische Entschwefelung	H ₂ S	H ₂ S wird von Schwefelbakterien im Gasraum des Biogasfermenters in einem aeroben Prozess zu elementarem Schwefel abgebaut	<ul style="list-style-type: none"> - Technisch einfaches Verfahren - Kostengünstiges Verfahren - Entschwefelung erfolgt im Fermenter - elementarer Schwefel kann daher als Dünger genutzt werden 	<ul style="list-style-type: none"> - Die Temperatur im Gasraum ist vor allem im Winter für die Schwefelbakterien zu niedrig, was zu einer schlechteren Reinigungsleistung führt. - Gefahr der Korrosion im Fermenter und Rohrleitung, - empfindliches und stör-anfälliges Verfahren - Explosionsverordnung beachten - Das Biogas wird durch die Luftzugabe verdünnt 	Sinnvoll nur bis H ₂ S-Konzentration im Biogas von < 1000 ppm
Externe biologische Entschwefelung	H ₂ S	Nachgeschalteter Biowäscher (Füllkörperkolonne), Waschlösung (Spülwasser) wird im Gegenstrom zum Biogas geführt. Als Spülwasser kann feststoffreines Ablaufwasser aus dem Faulbehälter bzw. Methanreaktor genutzt werden.	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Reinigungsleistung - Einfaches Verfahren - Standardverfahren 	<ul style="list-style-type: none"> - Biologische Verfahren sind empfindlich bei Konzentrations-schwankungen. - Bei hohen H₂S-Konzentrationen werden mehrere Wäscher benötigt - Reinigungsleistung Temperaturabhängig - Explosionsverordnung beachten - Das Biogas wird durch die Luftzugabe verdünnt - H₂S-Abscheidung außerhalb des Fermenters 	Sinnvoll nur bis H ₂ S-Konzentration im Biogas von < 4000 ppm
Entschwefelung mit Eisenoxiden (FerroSorp S)	H ₂ S	Adsorptionsverfahren H ₂ S wird an Eisen(hydr)-oxidpellets in Eisen-sulfid übergeführt. Bei der Regeneration entsteht elementarer Schwefel. Die Reinigungsleistung ist von der Raumgeschwindigkeit und vom verwendeten Reinigungsprodukt abhängig. Es gibt Kartuschen- und Turmsysteme	<ul style="list-style-type: none"> - Viel Erfahrung mit diesem System - sehr sicheres Verfahren - Standardverfahren bei der Gasreinigung 	<ul style="list-style-type: none"> - Regeneration ist beschränkt da sich der Schwefel an den Poren anlagert und diese somit verstopft. - Die benötigten langen Verweilzeiten erfordern relativ große Türme. - Hohe Investitionskosten - Hohe Betriebskosten und Entsorgungskosten - H₂S-Abscheidung außerhalb des Fermenters 	Sinnvoll nur bis H ₂ S-Konzentration im Biogas von < 4000 ppm
NaOH-Wäsche	H ₂ S	Einstufige NaOH-Wäsche im Gegenstromverfahren THIOPAQ-Verfahren (Kombination aus NaOH-Wäsche und mikrobiologischer Oxidation von Hydrogensulfid)	<ul style="list-style-type: none"> - Gute Reinigungsleistung - Abscheidung von H₂S bis 99 % möglich - Anlagenleistung bis 2500 Nm³/h möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Investitionskosten - Hohe Betriebsmittel und Entsorgungskosten - H₂S-Abscheidung außerhalb des Fermenters 	vgl. Variantenvergleich
Aktivkohle	H ₂ S, COS, Siloxane (teilw.)	H ₂ S wird an imprägnierten Aktivkohlen (meist Jod basierend) katalytisch zu Schwefel oxidiert. Eine Gesamtentschwefelung ist theoretisch möglich, sinnvoll ist nur die Feinreinigung. Eine COS-Entfernung ist nur mit spezieller Aktivkohle möglich	<ul style="list-style-type: none"> - Gute Reinigungsleistung 	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Investitionskosten - Hohe Kosten sowohl für den Einkauf der Aktivkohle als auch für deren Entsorgung - H₂S-Abscheidung außerhalb des Fermenters 	Sinnvoll nur bei geringer H ₂ S-Konzentration im Biogas

Eisensalze	H ₂ S	Flüssige Eisensalze werden in den Fermenter geleitet, hier wird das H ₂ S ausgefällt	<ul style="list-style-type: none"> - Gute Reinigungsleistung - Bei H₂S-Konzentrationen < 2000 ppm betriebssicher - preisgünstiges Verfahren - Standardverfahren - Die Entschwefelung erfolgt intern, somit werden die durch den giftigen Schwefelwasserstoff hervorgerufenen Hemmprozesse der Methanbildung wirkungsvoll beseitigt - Der Schwefel bleibt im Gärmedium enthalten und wird gemeinsam mit diesem anschließend landwirtschaftlich verwertet, wobei der Schwefel als Düngekomponente zur Verfügung steht. 	<ul style="list-style-type: none"> - Wassergefährdender Stoff - Unfallverordnung beachten - Der pH-Wert im Fermenter verschiebt sich ins saure - Kontinuierlicher Einsatz - Aufsalzung 	Sinnvoll nur bis H ₂ S-Konzentration im Biogas von < 2000 ppm
Eisenoxidhydrat FerroSorp DG	H ₂ S	<ul style="list-style-type: none"> - Das Pulverprodukt wird im Fermenter eingesetzt. - Lieferformen - Sachware - Big Bag oder - Siloware 	<ul style="list-style-type: none"> - Bewährtes und betriebssicheres Verfahren - Schwefelwasserstoffgehalte < 100 ppm und niedriger im Reingas können problemlos erreicht werden - Sicheres Verfahren, unabhängig von der entstehenden Schwefelwasserstoffkonzentration im Fermenter - Ungefährliche und nicht wassergefährdende Substanz - Die Entschwefelung erfolgt intern, somit werden die durch giftigen Schwefelwasserstoff hervorgerufenen Hemmprozesse der Methanbildung wirkungsvoll beseitigt - Spurenelemente werden für die Mikroorganismen verfügbar gemacht - Der Schwefel bleibt im Gärmedium enthalten und wird gemeinsam mit diesem anschließend landwirtschaftlich verwertet, wobei der Schwefel als Düngekomponente zur Verfügung steht. - Bei Schwefelwasserstoffgehalten im Fermenter von > 2.000 ppm werden die FerroSorp-Kosten größtenteils durch die Mehrproduktion von Biogas aufgefangen. - Keine bzw. minimale Investitionen in die Dosiertechnik des Produktes - Korrosion in allen Gas berührten Teilen, die durch Schwefelwasserstoff entstehen kann, wird sicher unterbunden. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kontinuierlicher Einsatz eines Verbrauchsproduktes (FerroSorp DG) 	vgl. Vatiantenvergleich

Legende

Komponente : Stoffe die aus dem Biogas abgeschieden werden sollen

CO₂ ≠ Kohlendioxid

H₂S ≠ Schwefelwasserstoff

H₂O ≠ Wasser

NH₄ ≠ Ammonium

SOS ≠ Carboyl-Sulfid

Siloxane ≠ organische Siliciumverbindungen