

Arbeiten an Rohbiogasanlagen

Gefährliche Mischung

Bei *Arbeiten an Rohbiogasanlagen* bestehen besondere Gefährdungen. Diese müssen durch die Auswahl geeigneter Maßnahmen vermieden werden.

Im Zuge der Energiewende werden zunehmend auch Gase aus fermentativen Prozessen, zum Beispiel Biogas aus der Landwirtschaft, zur Deckung des Energiebedarfs eingesetzt. Aufgrund ihrer stofflichen Zusammensetzung können sie besondere Gefahren verursachen, die spezielle Schutzmaßnahmen bei Arbeiten an Rohbiogasleitungen zur Folge haben. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die wesentlichen Gefährdungen sowie Beispiele für mögliche Schutzmaßnahmen.

Gefährdungsbeurteilung

Für Arbeiten an Rohbiogasleitungen muss eine Gefährdungsbeurteilung erstellt werden,

aus der sich Maßnahmen für den Arbeitsschutz ergeben. Zu diesen Arbeiten zählen zum Beispiel

- das Molchen von Leitungen,
- Absperrern oder Einbinden in vorhandene Leitungsnetze oder
- Maßnahmen zur Störungsbeseitigung an Gasleitungen.

Rechtliche Grundlagen zur Gefährdungsbeurteilung sind unter anderem

- § 5 Arbeitsschutzgesetz,
 - § 3 Betriebssicherheitsordnung und
 - § 6 Gefahrstoffverordnung
- mit den dazugehörigen technischen Regeln.

Verantwortlich für das Erstellen der Gefährdungsbeurteilung ist der Unternehmer. Neben den Gefährdungen sind auch die daraus resultierenden Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu dokumentieren.

Eigenschaften von Rohbiogas

Rohbiogas ist ein Gemisch aus Methan, Kohlendioxid und Spurengasen. Die Zusammensetzung kann schwanken. **Tabelle 1** zeigt beispielhaft die Zusammensetzung und die Hauptbestandteile von Rohbiogas. Erläuterungen:

- Methan (CH₄) kann im Gemisch mit Luft explosionsfähige Atmosphären bilden.
- Schwefelwasserstoff (H₂S) ist ein giftiges Gas. Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW-Wert) beträgt 5 ppm. Es ist ein nach faulen Eiern riechendes Gas. Der typische Geruch kann nur bei geringer Konzentration wahrgenommen werden, durch eine Betäubung der Geruchsrezeptoren geht der Geruchssinn ab etwa 200 ppm verloren.
- Kohlendioxid (CO₂) ist ein geruchloses Gas und schwerer als Luft. Der AGW-Wert liegt bei 5.000 ppm. Ab etwa 1 Prozent treten erste Gesundheitsbeschwerden auf (Reizung der Schleimhäute, Atembeschleunigung).
- Ammoniak (NH₃) ist ein stechend riechendes Gas. Es wirkt beim Einatmen stark ätzend auf die Schleimhäute. Der AGW-Wert liegt bei 20 ppm.

Tabelle 1: Zusammensetzung von Rohbiogas

Gasbestandteile	Konzentrationsbereich
Methan	45 – 70 Vol.-%
Kohlendioxid	22 – 55 Vol.-%
Wasserdampf	0 – 10 Vol.-%
Stickstoff	0,01 – 5 Vol.-%
Sauerstoff	0,01 – 2 Vol.-%
Wasserstoff	0 – 1 Vol. %
Ammoniak	0 – 1 Vol. %
Schwefelwasserstoff	0,005 – 0,5 Vol. %

Quelle: BG ETEM

Tabelle 2: Physikalische Eigenschaften von Rohbiogas und Methan

Eigenschaft	Rohbiogas	Methan
Dichte	1,2 kg/m ³	0,72 kg/m ³
Dichteverhältnis zu Luft	0,9	0,55
Zündtemperatur	700 °C	595 °C
Temperaturklasse	T 1	T 1
Explosionsgruppe	II A	II A
Untere Explosionsgrenze	6 Vol.-%	4,4 Vol.-%
Obere Explosionsgrenze	22 Vol.-%	16,5 Vol.-%

Quelle: BG ETEM

Bei einer angenommenen durchschnittlichen Zusammensetzung von 60 Prozent Methan und 35 Prozent Kohlendioxid weist Rohbiogas die in **Tabelle 2** genannten Eigenschaften und sicherheitstechnische Kenngrößen auf.

Bei Arbeiten an Rohbiogasleitungen können Beschäftigte beim Kontakt mit Kondensat durch biologische Arbeitsstoffe gefährdet sein. Die Aufnahme von biologischen Arbeitsstoffen ist einerseits über die Haut möglich (zum Beispiel Schürfwun-



Messung der Rohbiogaszusammensetzung am Fermenter

Tätigkeit besonders unterwiesen sein. Sie ist gegenüber dem unterstellten Personal weisungsbefugt. Die Aufsicht inklusive Weisungsbefugnis muss schriftlich übertragen werden.

Vor Arbeitsbeginn haben der Anlagenbetreiber und der Aufsichtführende ein schriftliches Freigabeverfahren für die Arbeiten durchzuführen (zum Beispiel Erlaubnisschein, schriftliche Anweisung, Arbeitsfreigabe). Soweit Beschäftigte mehrerer Arbeitgeber tätig werden, muss sichergestellt sein, dass die beteiligten Arbeitgeber u. a. auch im Rahmen des Freigabeverfahrens zusammenarbeiten.

Mit den über das Freigabeverfahren erfassten Arbeiten darf erst begonnen werden, nachdem der Aufsichtführende insbesondere festgestellt hat, dass

- die festgelegten Schutzmaßnahmen getroffen worden sind,
- die festgelegten persönlichen Schutzausrüstungen benutzt werden,
- eigenes Personal unterwiesen sowie Beschäftigte von Fremdfirmen unter- und eingewiesen worden sind.

den, Schnittverletzungen und vorgeschädigte Haut), andererseits besteht auch die Möglichkeit der Aufnahme über die Atemwege und den Verdauungstrakt (mangelnde Hygiene bei der Nahrungsaufnahme).

Zudem besteht die Gefahr, dass biologische Arbeitsstoffe über verschmutzte Arbeitskleidung, Persönliche Schutzausrüstung (PSA) und Arbeitsmittel in nicht kontaminierte Bereiche verschleppt werden.

Anforderungen an Personal, Aufsicht und Freigabeverfahren

Arbeiten an Rohbiogasleitungen dürfen nur von geeigneten, zuverlässigen und unterwiesenen Personen durchgeführt werden.

Geeignet: Für die Auswahl des geeigneten Personals ist der betriebliche Vorgesetzte verantwortlich. Erforderlich ist neben der körperlichen auch die fachliche Eignung, die bei einer Ausbildung und zeitnahen Tätigkeit oder durch einschlägige Berufserfahrung erworben werden kann.

Zuverlässig: bezieht sich auf die ordnungsgemäße Durchführung der Arbeiten unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften und Regeln der Technik.

Unterwiesen: bedeutet, dass eine tätigkeitsbezogene Unterweisung mindestens einmal jährlich stattfindet. Dabei sind insbesondere zu berücksichtigen

- die BGV A1 „Grundsätze der Prävention“,
- die BGR 500 Kap. 2.31 „Arbeiten an Gasleitungen“ sowie
- das technische Regelwerk zur Gefahrstoff- und Betriebssicherheitsverordnung.

Arbeiten an Rohbiogasleitungen, bei denen Gesundheits-, Brand- oder Explosionsgefahr besteht, müssen unter Aufsicht durchgeführt werden. Die Aufsichtsperson muss geeignet, zuverlässig und für diese



Biogasaufbereitungsanlage der Stadtwerke Rhede GmbH

Der Aufsichtführende muss dies durch eine Unterschrift im Freigabedokument bestätigen. Soweit mehrere Arbeitgeber tätig werden, müssen die jeweiligen Verantwortlichen der Fremdunternehmen das Freigabedokument gegenzeichnen.

Auch nach Arbeitsunterbrechung (insbesondere Wiederaufnahme der Arbeit am folgenden Tag) hat der Aufsichtführende die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen vor Arbeitsaufnahme festzustellen. Er muss sich vor dem Aufheben der Schutzmaßnahmen vergewissern, dass

- die Arbeiten ordnungsgemäß und vollständig abgeschlossen worden sind,
- der ordnungsgemäße Zustand der Anlage wiederhergestellt worden ist,
- die Beschäftigten den Arbeitsbereich verlassen haben,
- keine Gefährdung mehr für Beschäftigte und Dritte besteht.

Das Aufheben der Schutzmaßnahmen muss der Aufsichtführende im Freigabedokument vermerken.

Persönliche Schutzausrüstung, Schutzkleidung und Hygiene

Die Auswahl und Bereitstellung von körperbedeckender Arbeitskleidung, Schutzkleidung und PSA erfolgt unter Berücksichtigung der in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Schutzmaßnahmen. Eine besondere Gefährdung bei Arbeiten an Rohbiogasleitungen resultiert aus dem kurzzeitigen Kontakt mit einer Flamme (zum Beispiel bei einer Verpuffung). Typische Arbeitsläufe, bei denen hiermit zu rechnen ist, sind:

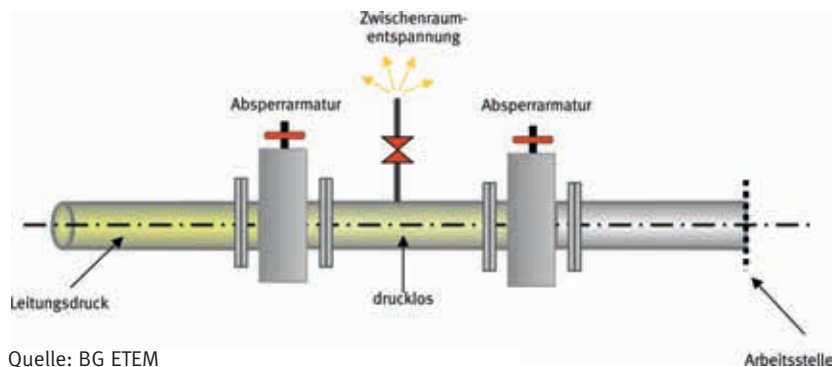
- Entlüftung von Leitungen,
- Arbeiten an Rohbiogasleitungen, zum Beispiel beim Sperren, Anbohren und Trennen.

Deshalb müssen folgende Normen für spezielle Schutzkleidung eingehalten werden:

- DIN EN ISO 11612 „Kleidung zum Schutz gegen Hitze und Flammen“; Code-Buchstabe A (begrenzte Flammenausbreitung) und Code-Buchstabe B (konvektive Hitze).
- EN 1149 „Schutzkleidung; Elektrostatische Eigenschaften“.

Werden von den Mitarbeitern zusätzlich Schweißarbeiten an Stahlleitungen ausgeführt, ist ein Schweißerschutzanzug zu tragen, der die Anforderungen der DIN EN ISO 11611 „Schutzkleidung für Schweißen und verwandte Verfahren“ erfüllt.

Schema einer Sperrstrecke zum gasdichten Sperren einer Gasleitung



Bei Arbeiten an Rohbiogasleitungen können Beschäftigte durch Kontakt mit Kondensat (siehe oben) oder Verunreinigungen in Rohrleitungen und gasführenden Anlagenteilen durch biologische Arbeitsstoffe gefährdet sein. Da die Aufnahme von biologischen Arbeitsstoffen primär über die Haut erfolgt (zum Beispiel bei Schürfwunden, Schnittverletzungen, vorgeschädigter Haut), muss der Hautkontakt verhindert werden:

- durch Tragen von Handschutz (DIN EN 347 Teil 1-5 „Schutzhandschuhe gegen Chemikalien und Mikroorganismen“),
- durch Tragen einer Schutzbrille (Bügel- oder Korbbbrille).
- Beim Austritt größerer Kondensatmengen kann das Tragen von Gummischürze und -stiefel erforderlich werden.

Um ein Verschleppen von biologischen Arbeitsstoffen in nicht kontaminierte Bereiche zu vermeiden, können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Reinigung und bedarfsweiser Wechsel von verschmutzter Arbeitskleidung, Schutzkleidung und PSA.
- Kontaminierte Schutzkleidung muss nach Beendigung der Arbeiten abgelegt, gereinigt oder dicht verpackt werden und in geeigneter Weise gereinigt werden.
- Schwarz-Weiß-Trennung von Privatkleidung sowie Arbeits-/Schutzkleidung und PSA (mindestens über Doppelspindlösung).

Bei Arbeiten zur Störungsbehebung (Gasaustritt im Freien oder im Gebäude) sowie unter Umständen auch bei regulären Instandhaltungsarbeiten an Biogasleitungen, bei denen mit der Freisetzung von Biogas zu rechnen ist, muss Atemschutz getragen werden. Aufgrund der eventuell beste-

henden hohen Schwefelwasserstoffkonzentrationen und der möglichen Sauerstoffverdrängung müssen Isoliergeräte verwendet werden.

Besondere Schutzmaßnahmen

Bei Arbeiten an Gasleitungen im Freien und in Räumen ist der Arbeitsbereich mit einem tragbaren Gaswarngerät auf unzulässige Gaskonzentrationen zu überwachen (fest installierte Gaswarngeräte können die Arbeitsplatzüberwachung nicht ersetzen). Für die Arbeitsplatzüberwachung wird empfohlen, folgende Gasinhaltsstoffe messtechnisch zu erfassen: Methan, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff.

Bei der Auswahl eines geeigneten Messgerätes ist die jeweilige Rohbiogaszusammensetzung maßgebend. Auskunftspflichtig dazu ist der jeweilige Anlagenbetreiber.

Beim Entspannen von Leitungsabschnitten muss besonders auf das gefahrlose Abführen des Gases geachtet werden. Es muss sichergestellt sein, dass sich in Vertiefungen und Gruben keine Gasansammlungen bilden können.

Eine Möglichkeit zum gefahrlosen Abführen stellt das Abbrennen des Gases über eine Fackel dar. Mit einer Zündflamme ist sicherzustellen, dass ein brennbares Gemisch sofort abgebrannt wird.

Nach Abschluss der Arbeiten müssen Rohbiogasleitungen auf Dichtheit überprüft werden. Für den Nachweis geeignet sind zum Beispiel:

- schaubildende Benetzungsmittel nach DIN 30 657 oder
- Gaskonzentrationsmessgeräte.

Auch beim Be- und Entgasen von Leitungen ist auf das gefahrlose Abströmen des Ga-

ses zu achten. Die ordnungsgemäße Begasung der Leitung muss durch Messungen überprüft werden. Sofern die genaue Methan-Konzentration im Rohbiogas nicht bekannt ist, kann der Sauerstoffanteil im Gas für die Kontrolle der ordnungsgemäßen Begasung herangezogen werden. Eine ausreichende Begasung liegt vor, wenn die Sauerstoffkonzentration weniger als drei Prozent beträgt.

Bei längeren Abständen zum Absperrorgan sowie aus abgehenden Leitungssträngen können Gasreste in den Arbeitsbereich gelangen. Um ein Austreten dieser Reste an der Arbeitsstelle zu vermeiden, sind im Vorfeld geeignete Maßnahmen zu ergreifen (zum Beispiel Setzen einer zusätzlichen provisorischen Absperrvorrichtung, abschnittsweises Freispülen). Ist bei provisorisch gesperrten Leitungen dennoch mit dem Auftreten von Gasresten zu rechnen, können diese im Arbeitsbereich mit einem Absauggebläse gefahrlos beseitigt werden.

Der Zeitraum, in dem die provisorisch gesperrte Gasleitung offen steht, sollte möglichst kurz sein (die Trennstelle kann für diesen Zeitraum zum Beispiel mit einem Presskolben verschlossen werden). Bei längerer Arbeitsunterbrechung oder Verlassen der Arbeitsstelle ist die Trennstelle gasdicht zu verschließen.

Nicht in Betrieb befindliche Gasleitungen, die mit der gasführenden Leitung mithilfe einer Absperrarmatur verbunden sind, müssen gegen unkontrollierte Gasausströmung gasdicht verschlossen sein. Dies wird durch gasdichte und kraftschlüssig gesicherte Verbindungen erreicht, zum Beispiel

- Blindflansche,
- Steckscheiben,
- verschweißte Deckelverschlüsse,
- Gewindestopfen,
- Verschlusskappen.

Geschlossene Absperrarmaturen gelten nicht als gasdichte Verschlüsse. Sind bei den Arbeiten Gefährdungen durch andere Anlagen, Einrichtungen oder Stoffe vorhanden (zum Beispiel Gasleitungen, Stromkabel, benachbarte Bauwerke, kontaminiertes Erdreich), muss der Unternehmer nach Abstimmung mit dem Betreiber oder Eigentümer die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen festlegen und umsetzen. Diese Maßnahmen sind im Rahmen des Freigabeverfahrens zu dokumentieren.

Fluchtwege

Die Beschäftigten müssen in der Lage sein, die Arbeitsplätze schnell und gefahrlos zu verlassen. Um im Brandfall aus dem Gefahrenbereich zu entkommen, müssen sichere Fluchtwege aus der Baugrube vorgesehen werden (zum Beispiel zwei Leitern). Die Leitern müssen mindestens einen Meter über den Rand der Grube überstehen.

Maßnahmen gegen Brände

Ist mit Brandgefahr zu rechnen, müssen Maßnahmen für eine eventuell notwendige Brandbekämpfung ergriffen werden. Dabei steht der Personenschutz an erster Stelle. Dafür sind geeignete Brandbekämpfungsmittel bereitzustellen (zum Beispiel zwei PG 12-Feuerlöscher). Der Umgang mit Feuerlöschern bei Gasbränden sollte im Rahmen von Löschübungen trainiert werden.

Sperren der Gasleitungen

Bei Arbeiten an Rohbiogasleitungen im Freien sind die Arbeitsverfahren so auszuwählen, dass im Arbeitsbereich möglichst kein Gas freigesetzt wird. Dies kann erreicht werden, indem im Leitungsabschnitt der gasfreie Zustand hergestellt wird. Dies ist möglich durch

1. Gasdichtes Absperrern zum Beispiel mittels
 - Blindflansch oder Steckscheibe oder
 - Absperrarmaturen mit zwischenliegender Entlüftung (Zwischenraum ist drucklos zu halten)
 und Entgasen der Gasleitung durch Spülen mit
 - Inertgas, zum Beispiel Stickstoff,
 - Luft unter bestimmten Bedingungen, siehe zum Beispiel auch DVGW G 465-2 und G 466-1,

oder

2. Absperrern mit einfacher Absperrarmatur und Entgasen der Gasleitungen durch Spülen mit Inertgas oder Luft und fortgesetztes Spülen, wodurch verhindert wird, dass Gas in gefährlicher Konzentration an die Arbeitsstelle gelangt,

oder

3. Absperrern mit einer einfachen Absperrarmatur, deren Gasdichtheit unmittelbar an der Dichtfläche überprüft wird (zum Beispiel bei Einbindearbeiten). Werden Arbeiten an Gasleitungen in gasfreiem Zustand durchgeführt, muss dieser Zustand für die Dauer der Arbeiten sichergestellt werden.

Für die Sicherstellung des gasfreien Zustandes muss die Gaskonzentration im Ar-

beitsbereich vor Beginn und während der Arbeiten mithilfe geeigneter Messgeräte überwacht werden. Stellt sich dabei heraus, dass die zulässigen Grenzwerte überschritten worden sind, müssen die Absperr- und Spülmaßnahmen kontrolliert und gegebenenfalls verbessert werden. Toträume und die Möglichkeit einer Ausgasung aus dem Kondensat müssen dabei berücksichtigt werden.

Die Gaskonzentrationsmessung muss mit geeigneten Geräten erfolgen. Bei der Anwendung provisorischer Sperrsysteme ist sicherzustellen, dass die Werkstoffe eine ausreichende Beständigkeit gegenüber den Gasbestandteilen und dem Kondensat aufweisen. Bei Absperrsystemen und Absperrblasen kann der Hersteller hierüber entsprechende Auskünfte erteilen. Bei den im Arbeitsbereich auftretenden Schleichgasmengen ist eine Gefährdung durch mitgeführten Schwefelwasserstoff zu berücksichtigen (unter Umständen müssen die Arbeiten dann unter Atemschutz ausgeführt werden), sofern dieser im Rohbiogas vorhanden ist.

Aufgrund von Kondensat oder anhaftenden Biofilmen im Inneren der Gasleitung kann bei höheren Sperrdrücken ein Rutschen der Absperrblasen auftreten. Der Sperrdruck ist in diesen Fällen zu reduzieren, zum Beispiel maximal 100 mbar.

Geplante Arbeiten an Rohbiogasleitungen dürfen aufgrund der besonderen Gefährdung nicht unter kontrollierter Gasausströmung erfolgen. Beim Setzen von Steckschieben oder Molchen der Rohbiogasleitung ist mit der Freisetzung von Rohbiogas im Arbeitsbereich zu rechnen, hierfür sind entsprechende Schutzmaßnahmen festzulegen (zum Beispiel bei diesen Arbeiten Atemschutz tragen).

Zusammenfassung

Aufgrund der Zusammensetzung von Rohbiogas und mitgeführter flüssiger Gasgleitstoffe bestehen bei Arbeiten an in Betrieb befindlichen Rohbiogasleitungen besondere Gefährdungen. Diesen Gefährdungen muss durch die Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen (technisch, organisatorisch und persönlich) Rechnung getragen werden. Derzeit wird bei der BG ETEM eine BG-Information erarbeitet, die weitergehende und ausführliche Hinweise zur dargestellten Problematik beschreibt.

*Dr. Albert Seemann, Michael Piskorz,
Dirk Pachurka*