



Schäden und Gefährdungspotential von Biogasanlagen

Immer wieder gehen Berichte über Unglücke auf Biogasanlagen durch die Medien. Für die Schadensvermeidung sind die Ausbildung der Betreiber, die regelmäßige Wartung der Anlage und die Unterweisung der zuständigen Rettungskräfte ausschlaggebend.

Biogasanlagen lassen sich in die landwirtschaftlichen Anlagen, die in erster Linie Gülle, Mist und nachwachsende Rohstoffe wie Silage, Zuckerrüben und Getreide vergären, und die Abfallvergärungsanlagen, welche Industrieabfälle, Bioabfall, Schlachtereiabfälle und Speisereste vergären, einteilen. Den bei Weitem größeren Anteil der Biogasanlagen machen die landwirtschaftlichen Anlagen aus, daher wird in diesem Artikel wie auch in den Artikeln im Schadensprisma 4/2005, 1/2012 und 3/2012 auf diese das größere Augenmerk gelegt.

Wobei hier deutlich gesagt werden muss: **„Landwirtschaftliche Biogasanlagen“ sind nicht allgemeingültig definiert!** Im folgenden Text sind somit Biogasanlagen gemeint, die von landwirtschaftlichen Betrieben und mit nachwachsenden Rohstoffen als Inputmaterial bewirtschaftet werden.

Grundlagen

In allen Biogasanlagen entsteht wie im Magen nicht nur von Wiederkäuern unter Luftabschluss Biogas, wobei dieser Vergleich hinkt, denn Biogasanlagen (BGA) haben im Gegensatz zu z. B. Kühen keinen Säurepuffer (hier: Speichel). Beim Biogas handelt es sich um ein Gemisch aus den Leitgasen Methan und Kohlendioxid. Weitere zu erwähnende Inhaltstoffe können Schwefelwasserstoff, Wasserstoff und Ammoniak sein. Durch das Zusammentreffen eiweißreicher Substrate kann es zur schlagartigen Freisetzung von Schwefel-

wasserstoff (H_2S) kommen. Ammoniak (NH_3) hat einen stechenden Geruch und kann im Biogas vorhanden sein, wenn als Inputstoff, z. B. Hühnertrockenkot (HTK), eingesetzt wird.

Das Gärsubstrat wird über Feststoff- und Flüssigeinträge und/oder Vorgruben in den Fermenter eingebracht, wo die enthaltene Trockensubstanz unter Luftabschluss von Bakterien zu Biogas umgewandelt wird. Dazu wird der Fermenterinhalt auf ca. $40^\circ C$ erwärmt und durch Rührwerke durchmischt. Das entstehende Biogas steigt auf und sammelt sich oberhalb des Substrates im Gasspeicherraum, welcher durch eine feste Betondecke oder eine flexible Gasspeicherfolie nach oben hin abgeschlossen ist. Zur Lagerung des entstehenden Gärrestes nach der Fermentation benötigt die Biogasanlage ein oder mehrere Gärrestelager, um die Gärrestausrückführung den gesetzlichen Vorschriften und dem Pflanzenbedarf anpassen zu können.

Zur Förderung des Substrates zwischen den v. g. Behältern ist ein Pumpenraum gebaut. Die Nutzung des Biogases erfolgt in den meisten Fällen in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) oder einer Gasaufbereitungsanlage zur Gaseinspeisung in das Erdgasnetz. Im BHKW wird das Biogas in einem Motor in elektrische und thermische Energie umgewandelt. Steht das BHKW nicht zur Verfügung, weil es z. B. gewartet wird oder das Netz des Energieversorgers keine Energie aufnehmen kann, muss das

Biogas in einer sog. Notfackel oder einem Heizkessel verbrannt werden, damit kein Methan unverbrannt an die Atmosphäre abgegeben wird. Methan ist 25 Mal so klimaschädlich wie Kohlendioxid.

Gefahren

Explosion

In der BGA (Behälter/Gasspeicher) ist das Biogas nicht brennbar, da der Methangehalt weit über der oberen Explosionsgrenze von 17 Vol.-% und zusätzlich der Sauerstoffgehalt weit unter den nötigen 11,6 Vol.-% liegt. Da die Gassysteme im Normalbetrieb mit leichtem Überdruck betrieben werden (ca. 3–5 mbar \bar{u} , entspricht 3–5 cm Wassersäule), kann keine Luft von außen eindringen und ein brennbares Gasgemisch erzeugen. Wichtig ist hierbei vor dem Gasverdichter, welcher in der Lage ist, Unterdruck zu erzeugen, einen sog. Unterdruckwächter (PZA-) mit entsprechenden Folgehandlungen zu installieren, der den Verdichter vor dem Entstehen von Unterdruck sicher abschaltet und eine automatische Schnellschlussarmatur sicher schließt.

Wenn Biogas durch Undichtigkeiten oder das Ansprechen einer Überdrucksicherung austritt (sog. Störung und Abweichung vom Normalbetrieb nach BetrSichV und TRBS 2152), kann sich außerhalb des Gassystems ein brennbares bzw. „explosionsfähiges“ Biogas-Luft-Gemisch bilden. Überdrucksicherungen sind daher so anzuordnen, dass austretendes Biogas gut ab-

Zusammensetzung von üblichem Biogas

Methan	(CH ₄)	50 – 70 Vol.-%, Dichte 0,72 kg/m ³ , geruch- und farblos, ungiftig, brennbar, bildet mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bei Konzentrationen zwischen 4,4 und 17 Vol.-%
Kohlendioxid	(CO ₂)	30 – 50 Vol.-%, Dichte 1,98 kg/m ³ , sammelt sich in Senken und Schächten, geruch- und farblos, nicht brennbar, ab 1 Vol.-% erste Beeinträchtigungen, Arbeitsplatzgrenzwert: 5.000 ppm
Schwefelwasserstoff	(H ₂ S)	Bis 1 Vol.-%, Dichte 1,54 kg/m ³ , farblos, stechender Geruch nach faulen Eiern, brennbar, bei Konzentrationen ab 100 ppm setzt der Geruchssinn aus, kurzfristig tödlich ab 500 ppm, Arbeitsplatzgrenzwert: 5 ppm
Sauerstoff	(O ₂)	Bis 2 Vol.-%, Dichte 1,43 kg/m ³ , farb- und geruchlos, brandfördernd, Verminderung der Leistungsfähigkeit < 17 Vol.-%, Erstickung bei 6 – 8 Vol.-%
Ammoniak	(NH ₃)	Abhängig von den Inputstoffen bis 1 Vol.-%, Dichte 0,77 kg/m ³ , farblos, stechender Geruch, brennbar nur unter besonderen Randbedingungen, giftig, Arbeitsplatzgrenzwert: 20 ppm
Wasserstoff	(H ₂)	Bei Anlagen mit Vorversäuerungsstufe bis 2 Vol.-%, Dichte 0,09 kg/m ³ , farb- und geruchlos, ungiftig, brennbar, bildet mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bei Konzentrationen zwischen 4 und 77 Vol.-%

dende Mittel erfolgen. Mit Kameras, Methan-Laser etc. kann man hingegen nur einzelne Leckagen nachweisen. Diese Leckagemessungen werden oft mit Dichtigkeitsnachweisen verwechselt. Ein genaueres Bild erhält der Anwender durch den Einsatz von empfindlichen Messgeräten, die bereits Konzentrationen im ppm-Bereich (ppm – parts per million) anzeigen (Bild 1).

Weiter ist die regelmäßige Begehung und Wartung der Biogasanlage durch den Betreiber wichtig. Biogasaustritte durch eine nicht gasdichte Rührwerksdurchführung sind nicht übermäßig groß (d. h. die Konzentration und Menge sind gering), jedoch ist der Aufwand, diese Undichtigkeiten zu vermeiden, sehr gering.

Wird in sog. Vorgruben das frische Substrat mit bereits vergorenem Substrat (sog. Rezirkulat) vermischt, kann es dort bereits zur Bildung von Biogas kommen und ein zündfähiges Gemisch entstehen. Durch Messungen mit einem Gaswarngerät sollte dies überprüft werden (Bild 2). Beim Antreffen erhöhter Methankonzentrationen sind die Schutzmaßnahmen zur Vermeidung einer Zündung, die im Explosionschutzdokument beschrieben sind, streng einzuhalten.

Bei Wartungen, wie z. B. an Rührwerken, kann es erforderlich sein, den Fermenter/Gasraum zu öffnen. Hier kommt es dann zwangsläufig zum Entstehen von lokalen explosionsfähigen Biogas-Luft-Gemischen. Diese Betriebssituation „Wartung“ ist für das arbeitende Personal gefährlich, da oft mit Werkzeugen (potenzielle Zündquelle) oder mit Geräten wie Flex oder Schweißgerät (potenzielle Zündquelle) gearbeitet werden muss. Bei den notwendigen Unterweisungen nach BetrSichV und GefStoffV werden die notwendigen Abwehrmaßnahmen wie Freimessen, Lüften etc. oft vergessen. Daher muss bei solchen Arbeiten besonderer Wert auf die Minimierung der zündfähigen Gemische, z. B. ▶



gelüftet wird und sich dort keine Zündquellen befinden. Im Freien erfolgt dies selbstständig durch die immer stattfindenden Luftbewegungen in Abhängigkeit der austretenden Gasmenge. Eigene Versuche haben gezeigt, dass selbst beim Austritt von 650 m³/h Biogas aus einer Überdrucksicherung über einen längeren Zeitraum bei Windstille nach 1,0 m zur Ausblasöffnung noch 100 % der unteren Explosionsgrenze und mehr anzutreffen waren. Nach 3,0 m konnte das Methan selbst in ppm nicht mehr nachgewiesen werden. Selbst wenn die Gefahr durch diese Austritte nicht übermäßig ist, so sind es doch Immissionen, die das Klima und insbesondere den Geldbeutel des Betreibers schädigen. Auch kann es durch den Geruch zu Belästigungen der Nachbarschaft kommen. Daher sollte die Biogasanlage regelmäßig auf Gasdichtigkeit kontrolliert werden. Dies kann im kleinen Maßstab durch schaumbil-

Bild 1 | Dichtigkeitskontrolle mit einem Messgerät, das bereits zuverlässig Methanaustritte im ppm-Bereich anzeigt: undichte Wanddurchführung einer Gasrohrleitung, Quelle: DAS – IB GmbH

Bild 2 | Messung der Luft in einer Vorgrube – es ist ein explosionsfähiges Gasgemisch vorhanden, Quelle: DAS – IB GmbH



durch Lüften und die Vermeidung ihrer Zündung gelegt werden. Weiter ist dabei zu beachten, dass es bei Arbeiten im Gasbereich durch CO_2 zu Vergiftung oder durch Sauerstoffmangel zu Erstickungen kommen kann. Daher muss bei solchen Arbeiten die Umgebungsluft mit einem Gasmessgerät (geprüftes Gaswarngerät als persönliche Schutzausrüstung) kontrolliert werden. Dazu sollten nur Messgeräte genutzt werden, die auf der „Liste funktionsgeprüfter Gaswarngeräte“ (<http://www.das-ib.de/Links.html#G>) verzeichnet sind. Arbeiten am Gasspeicher oder gasführenden Leitungen sollten im Explosions-

schutzdokument gesondert betrachtet werden, da es hierbei immer wieder zur Zündung eines Biogasluftgemisches kommen kann und die BGA sich nicht im Normalbetrieb befindet.

In geschlossenen Räumen wird es bei Undichtigkeiten zu brennbaren bzw. explosionsfähigen Methankonzentrationen in diesen Gasräumen kommen. Daher sind alle Gasräume mit Gasinstallationen entweder auf den Methangehalt hin zu überwachen oder auf Dauer dicht zu bauen und zu prüfen oder/und unter die UEG (Untere Explosionsgrenze d. h. $\ll 4,4 \text{ Vol.-% CH}_4$) zu lüften. Diese Schutzmaßnahmen in geschlossenen Räumen sind notwendig, da hier durch die Entstehung von Explosionsdruck bis zu 6 bar die entsprechenden Folgen an Sachgütern und Personen besonders tragisch sein können (Bild 4).

Umweltschäden

Sickersäfte aus den Silos und Gärreste sind sehr nährstoffreich und dürfen daher nicht in Gewässer oder ins Grundwasser

gelangen. Bei neueren Biogasanlagen wurden/werden daher in der Genehmigungsphase ein Schutzwall gefordert, der im Havariefall das Abfließen des Gärsubstrates verhindert (Bild 5). Regenwasser, welches auf Wegen und Siloplatzen durch Silage verunreinigt wurde, muss aufgefangen und landwirtschaftlich ausgebracht werden. Gelangen trotzdem Gärsubstrat oder Silagesickersäfte in ein Gewässer, wird dieses biologisch regelrecht „auf null“ gesetzt.

Weitere Schadensursachen und -ereignisse

Durch den Schwefelwasserstoff und teilweise durch das Ammoniak im Biogas kommt es zu erhöhten Korrosionen an Beton und Stahlteilen (Behälter, Eintragsysteme etc.). Hier muss im Vorfeld eine Beschichtung erfolgen oder die Auswahl korrosionsbeständiger Werkstoffe getroffen werden.

Es waren und sind Schadenauffälligkeiten bei Zündstrahlmotoren (Verbau von eigenen preiswerten Einspritzdüsen, Ölleckagen/Öllappen) und allgemein Motoren zu finden, da die Abstände zu brennbaren Materialien (Holzkonstruktionen am Dach oder Boden) nicht eingehalten worden sind (Bild 6).



Bild 4 | Folgen einer Explosion in einem geschlossenen Gebäude einer BGA, Quelle: DAS – IB GmbH

Heiße Oberflächen	→ T1, Methan > 450 °C
Flammen und heiße Gase	→ (Form, Struktur, Verweilzeit)
Mechanisch erzeugte Funken	→ Reiben, Schlagen, Abtragen
Elektrische Anlagen	→ Funken (Schaltvorgänge, Wackelkontakt, Ausgleichströme), heiße Oberflächen (Bauteil)
Elektrische Ausgleichströme, kathodischer Korrosionsschutz	→ Streu-, Rückströme (Schweißanlagen)
Magnetische Induktion (> I, HF)	→ Körper- oder Erdschluss
Statische Elektrizität	→ Entladung von aufgeladenen, isoliert angeordneten leitfähigen Teilen
	→ aufgeladenen Teilen aus nichtleitfähigen Stoffen (Kunststoffe) – Büschelentladungen, Trennvorgängen
Blitzschlag	→ direkt und indirekt (Induktion)
	→ Magnetfeld
Elektromagnetische Wellen 10.000 Hz – 3.000.000.000.000 Hz (HF)	→ Funksender, Schweißmaschinen
Elektromagnetische Wellen 300.000.000.000 Hz – 3.000.000.000.000.000 Hz	→ Fokussierung, starke Laserstrahlung
Ionisierende Strahlung	→ Röntgen, radioaktive Strahlung
Ultraschall	
Adiabatische Kompression und Stoßwellen	
Exotherme Reaktion (Eisenoxid, AK, Al und Mg) einschließlich Selbstentzündung von Stäuben	→ Schwefelsäure (Kondensat) + org. Stoffe

Tabelle 1 | Alle Zündquellen und nicht nur der überbewertete Blitz, Quelle: DAS – IB GmbH



Bild 5 | Havarierter Fermenter mit ausgelaufenem Substrat einer BGA, Quelle: DAS – IB GmbH

Bild 6 | Brandschaden in BHKW – Räumen, Quelle: DAS – IB GmbH



Bild 7 | Brandschäden in BHKW-Räumen als Folge von Leitungsbränden, Quelle: DAS – IB GmbH

Konstant – jedoch auf relativ niedrigem Niveau – sind Schäden durch Brände aufgrund von falschen (nicht normgerechten) Ausführungen von Elektroinstallationen (d. h. keine fachgerechten Ausführungen):

- Biegeradien von Kabeln
- Absicherungen von Leitungen und Kabeln insb. 1, 5 mm²
- Abstand von Leitungen und Kabeln von heißen Gegenständen (**Bild 7**)

Schäden aus der Nichteinhaltung der Anforderungen an die Betriebsmedien treffen besonders oft die BHKW-Motoren. Biogas ist kein genormtes Gas wie Erdgas. Seine Zusammensetzung ist eine direkte Folge der Inputstoffe und der Betriebsführung. Insbesondere Schwefelverbindungen führen zu erhöhter Korrosionsgefahr im Motor. Als weiteres Betriebsmedium muss das Motorenschmieröl besonders beachtet werden. Zur Aufrechterhaltung der Gewährleistung dürfen nur durch den Hersteller freigegebene Öle eingesetzt werden. Das Schmieröl sollte regelmäßig analysiert werden, um die Ölwechselintervalle nicht zu überschreiten und Veränderungen feststellen zu können. Selbst das Kühlwasser muss auf die Einhaltung der Herstellervor-

gaben hin kontrolliert werden, da dies sonst zu Ablagerungen oder Korrosion im Kühlwassersystem oder zu Schäden an Dichtungen und Kompensatoren führen kann. Ist die Verbrennungsluft zu staub- oder dreckbelastet, führt dies zu verstopften Filtern und am Ende zu Ablagerungen im Abgassystem inkl. Katalysator, Abgaswärmetauscher etc., d. h. der Motor (das BHKW) fällt aus (**Bild 8 und 9**).



Bild 8 | Schäden im Kühlkreislauf durch Verwendung falscher Kühlmedien, Quelle: DAS – IB GmbH

Bild 9 | Schaden an einem BHKW-Motor: zerstörte Lagerschalen in Folge einer zu hohen Schwefelfracht im Rohgas und schlechter Schmierölqualität, Quelle: DAS – IB GmbH

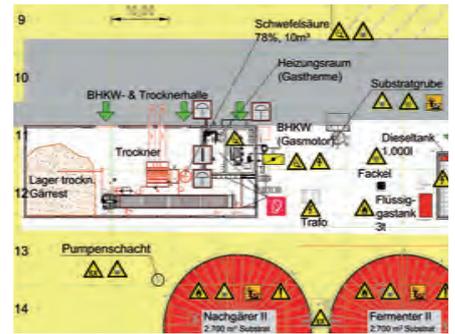


Bild 10 | Ausschnitt aus einem Feuerwehrplan, Quelle: DAS – IB GmbH

Biogasanlagen aus Sicht der Feuerwehr

Damit die zuständige Feuerwehr sich auf mögliche Einsatzszenarien einstellen kann, muss diese über Biogas im Allgemeinen und die Betriebsweise der Anlagen in ihrem Ausrückebereich im Besonderen gut informiert sein – die entsprechende Unterweisung ist nach BetrSichV und GefStoffV für den Arbeitgeber (i. d. R. der Besitzer) der BGA Pflicht. So ist z. B. die Betriebsweise der Vorgroble und daraus mögliche resultierende gefährliche Gasbestandteile bis hin zu zündfähigen Atmosphären (geA) zu erklären. Neben der Löschwasserversorgung muss der Feuerwehr auch der Löschwasserrückhalt bzw. der Rückhalt von Gärsubstrat bei Havarien bekannt sein. Auch Absperrarmaturen in Gas- und Substratleitungen muss die Feuerwehr kennen. Diese sollten entsprechend beschriftet sein. All diese Punkte sowie die Ansprechpartner des Betreibers mit Telefonnummer sind im Feuerwehrplan darzustellen. Dieser sollte bei regelmäßigen Begehungen mit der Feuerwehr auf den aktuellen Stand kontrolliert werden (**Bild 10**).

Quellennachweise:

Biogas – und Deponiegashandbuch, Stand IV 2012, Herausgeber: DAS – IB GmbH, ISBN – Nr.: 978-3-938775-19-6

Eigene Schadensbearbeitungen für div. Versicherungen/Assecuranzen, Versicherungsmakler, Assecuradeure und Gerichte

Div. eigene Untersuchungen und Begutachtungen Internationale Bio- und Deponiegastagung, Fachtagung/Tagungsbuch am 9./10.4.2013 in Magdeburg „Typische Schäden an (Gas)motoren und Nebeneinrichtungen“ sowie „Brandschutzordnung, Feuerwehrplan für Biogasanlagen“

Wolfgang H. Stachowitz, Nina Pingel
DAS – IB GmbH, Kiel, www.das-ib.de

FAZIT

Um die Schäden an Biogasanlagen so gering wie möglich zu halten, müssen diese regelmäßig gewartet und instand gesetzt werden. Dazu zählen, neben täglichen Kontrollgängen durch den Betreiber, die Einhaltung der Wartungspläne/Erhaltungsstufen der Hersteller auch die dreijährige Prüfung gemäß Betriebssicherheitsverordnung durch eine befähigte Person mit dem sogenannten E-Check sowie regelmäßige Dichtigkeitsprüfungen. Weiter muss das Betreiberpersonal regelmäßig durch Fortbildungen auf die Gefahren im Umgang mit Biogas geschult werden. Auch Fremdpersonal und Rettungskräfte müssen grundsätzlich auf die Gefahren auf einer Biogasanlage eingewiesen werden. ■