

Sicherheitstechnische Beurteilung von Gasbehältern mit Beispielen von Unfällen

Roland Stehle, Heilbronn

- 1 EINLEITUNG**
- 2 BETRIEBSSICHERHEITSVERORDNUNG**
- 3 MERKBLATT DWA-M 376**
- 4 DURCHFÜHRUNG UND AUSSAGEKRAFT VON WIEDERKEHRENDEN PRÜFUNGEN**
- 5 BEISPIELE VON UNFÄLLEN MIT GASEXPLOSIONEN**

1 EINLEITUNG

Ausgehend von den Bestimmungen der Betriebssicherheitsverordnung möchte ich hier die sicherheitstechnischen Unterschiede der verschiedenen Arten von Gasbehältern erläutern.

Hieraus ergibt sich eine differenzierte Zoneneinteilung abhängig von der funktionellen Art eines Gasbehälters, die Sie in dem neuen Merkblatt DWA-M 376 finden.

Für den sicheren Betrieb eines Gasbehälters von entscheidender Bedeutung ist die Durchführung aussagekräftiger wiederkehrender Prüfungen. Es ist keineswegs selbstverständlich, dass jeder Gasbehälter die Möglichkeit hierzu bietet. In Deutschland werden tatsächlich eine große Anzahl von Gasbehältern betrieben, die hinsichtlich dieses Aspekts sehr kritisch zu beurteilen sind.

Exemplarisch zeigen drei Unfälle das Risiko und das zerstörerische Potential von Gasexplosionen.

2 BETRIEBSSICHERHEITSVERORDNUNG

Jeder Verantwortliche für den betrieblichen Arbeitsschutz einer Anlage muss sich der Aufgabe stellen für alle verwendeten Arbeitsmittel eine sicherheitstechnischen Beurteilung zu erarbeiten.

§ 3

Gefährdungsbeurteilung

(1) Der Arbeitgeber hat bei der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes unter Berücksichtigung der Anhänge 1 bis 5, des § 16 der Gefahrstoffverordnung und der allgemeinen Grundsätze des § 4 des Arbeitsschutzgesetzes die notwendigen Maßnahmen für die sichere Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel zu ermitteln. Dabei hat er insbesondere die Gefährdungen zu berücksichtigen, die mit der Benutzung des Arbeitsmittels selbst verbunden sind und die am Arbeitsplatz durch Wechselwirkungen der Arbeitsmittel untereinander oder mit Arbeitsstoffen oder der Arbeitsumgebung hervorgerufen werden.

(2) Kann nach den Bestimmungen des § 16 der Gefahrstoffverordnung die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären nicht sicher verhindert werden, hat der Arbeitgeber zu beurteilen

1. die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären,
2. die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins, der Aktivierung und des Wirksamwerdens von Zündquellen einschließlich elektrostatischer Entladungen und
3. das Ausmaß der zu erwartenden Auswirkungen von Explosionen.

(3) Für Arbeitsmittel sind insbesondere Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen zu ermitteln. Ferner hat der Arbeitgeber die notwendigen Voraussetzungen zu ermitteln und festzulegen, welche die Personen erfüllen müssen, die von ihm mit der Prüfung oder Erprobung von Arbeitsmitteln zu beauftragen sind.

Die Betriebssicherheitsverordnung als Grundlage des betrieblichen Arbeitsschutzes fordert in § 3 dass der Arbeitgeber die Gefährdung der Beschäftigten durch die verwendeten Arbeitsmittel beurteilt.

Ein Gasbehälter ist im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung ein Arbeitsmittel.

Der Arbeitgeber muss Art, Umfang und Fristen der erforderlichen Prüfungen ermitteln sowie die Qualifikation der prüfenden Personen festlegen.

§ 5

Explosionsgefährdete Bereiche

(1) Der Arbeitgeber hat explosionsgefährdete Bereiche im Sinne von § 2 Abs. 10 entsprechend Anhang 3 unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung gemäß § 3 in Zonen einzuteilen.

(2) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass die Mindestvorschriften des Anhangs 4 angewendet werden.

Er muss nach § 5 explosionsgefährdete Bereiche in Zonen einteilen.

§ 6

Explosionsschutzdokument

(1) Der Arbeitgeber hat unabhängig von der Zahl der Beschäftigten im Rahmen seiner Pflichten nach § 3 sicherzustellen, dass ein Dokument (Explosionsschutzdokument) erstellt und auf dem letzten Stand gehalten wird.

(2) Aus dem Explosionsschutzdokument muss insbesondere hervorgehen,

1. dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und einer Bewertung unterzogen worden sind,
2. dass angemessene Vorkehrungen getroffen werden, um die Ziele des Explosionsschutzes zu erreichen,
3. welche Bereiche entsprechend Anhang 3 in Zonen eingeteilt wurden und
4. für welche Bereiche die Mindestvorschriften gemäß Anhang 4 gelten.

(3) Das Explosionsschutzdokument ist vor Aufnahme der Arbeit zu erstellen. Es ist zu überarbeiten, wenn Veränderungen, Erweiterungen oder Umgestaltungen der Arbeitsmittel oder des Arbeitsablaufes vorgenommen werden.

(4) Unbeschadet der Einzelverantwortung jedes Arbeitgebers nach dem Arbeitsschutzgesetz und § 16 der Gefahrstoffverordnung koordiniert der Arbeitgeber, der die Verantwortung für die Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel trägt, die Durchführung aller die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten betreffenden Maßnahmen und macht in seinem Explosionsschutzdokument genauere Angaben über das Ziel, die Maßnahmen und die Bedingungen der Durchführung dieser Koordinierung.

(5) Bei der Erfüllung der Verpflichtungen nach Absatz 1 können auch vorhandene Gefährdungsbeurteilungen, Dokumente oder andere gleichwertige Berichte verwendet werden, die auf Grund von Verpflichtungen nach anderen Rechtsvorschriften erstellt worden sind.

Und er muss nach § 6 ein Explosionsschutzdokument erstellen.

Dass diese an den Arbeitgeber gestellten Aufgaben nicht von jedem damit Beauftragten in gleicher Weise gelöst werden, möchte ich anhand dieses Beispiels einer Zoneneinteilung durch ein Fachplanungsbüro für Kläranlagen zeigen.

Besondere sicherheitstechnische Anforderungen während der Außerbetriebnahme des Gasbehälters aufgrund der Unterbrechung der Arbeiten

Der Faulturm wird weiter betrieben.

Das bei Normalbetrieb in dem geschlossenen Faulbehälter erzeugte Faulgas wird im Faulbehälterkopf gesammelt und abgeleitet bzw. gespeichert, verwertet bzw. abgefackelt.

Das Faulgas entweicht derzeit infolge der Außerbetriebnahme des Gasbehälters über eine geöffnete Gasdomplatte. Der Inhalt des Faulturmes muss aus betrieblichen Gründen mindestens auf 33 °C beheizt werden.

Das Abfackeln des Gases ist bei Außerbetriebnahme des Gasbehälters nur im Handbetrieb möglich. In der Praxis kann der Handbetrieb über mehrere Tage nicht sichergestellt werden.

Es bestehen erhöhte Sicherheitsanforderungen im Bereich der geöffneten Gasdomplatte für das Betriebspersonal aufgrund des möglichen Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung.

Faulturm: Gasdomplatte während des Betriebes stets geschlossen (Normalbetrieb)

Zone 0: im Inneren des Faulturmes über dem Schlamm Spiegel

Zone 1: 1 m um Austrittsöffnung in der Umgebung, Öffnung unmittelbar ins Freie
Schutzmaßnahmen: natürliche Belüftung

Zone 2: 3 m um Austrittsöffnung in der Umgebung, Öffnung unmittelbar ins Freie
Schutzmaßnahmen: natürliche Belüftung

Faulturm: Gasdomplatte während des Betriebes dauerhaft geöffnet (Sonderfall)

Zone 0: im Inneren des Faulturmes über dem Schlamm Spiegel

Zone 1: 1 m um Austrittsöffnung in der Umgebung, Öffnung unmittelbar ins Freie
Schutzmaßnahmen: natürliche Belüftung

Zone 2: 6 m um Austrittsöffnung in der Umgebung, Öffnung unmittelbar ins Freie
Schutzmaßnahmen: natürliche Belüftung

Freistehender Membrangasbehälter für Faulgas: Normalbetrieb

Zone 0: im Inneren

Zone 1: oberhalb der Membran

Zone 2: 6 m um den Behälter

Der Fachplaner hat für den Sonderfall eines zur Atmosphäre geöffneten Faulraums das Innere des Faulraums mit einer nachvollziehbaren Begründung in Zone 0 eingeteilt.

Diese Einteilung hat er jedoch auch für den im Normalbetrieb geschlossenen Faulraum beibehalten, in dem der ungehinderte Luftzutritt unterbunden ist.

Völlig unverständlich ist dieselbe Zoneneinteilung für das Innere des Niederdruckgasbehälters im Normalbetrieb.

Man mag sich auf die Position stellen, dass durch diese Zoneneinteilung die Sicherheit ja nicht beeinträchtigt wird.

Die Sicherheit einer Anlage wird jedoch nicht durch die Einteilung in eine Zone bewerkstelligt, sondern durch die Schutzmaßnahmen die für die jeweilige Zone erforderlich sind.

Eine Einteilung in Zonen, ohne die erforderlichen Schutzmaßnahmen vorzunehmen, ist kein Explosionsschutz!

Durch die Schutzmaßnahmen entstehen Kosten sowohl für Investitionen als auch für den Betrieb und die Wartung der Schutzsysteme.

Zone	Kosten der Schutzmaßnahmen
keine	keine
2	gering
1	mittel
0	hoch

Die Einteilung in Zonen muss also mit äußerstem Bedacht vorgenommen werden und es ist davon abzuraten aus Unsicherheit eine höhere Zone zu wählen.

3 MERKBLATT DWA-M 376

Die Zoneneinteilung eines Gasbehälters ist tatsächlich komplexer als in den bisher bekannten Regelwerken dargestellt ist. Diese bisher bekannten Regelwerke sind die:

- **BGR 104 „Explosionsschutzregeln“**
- **GUV-I 8594 „Beispielsammlung Explosionsschutzmaßnahmen bei der Arbeit im Bereich von abwassertechnischen Anlagen“**

Eine vollständig neu bearbeitete Beispielsammlung ist in dem Merkblatt DWA-M 376 „Sicherheitsregeln für Biogasbehälter mit Membrandichtung“ enthalten.

DWA-
Regelwerk

Merkblatt DWA-M 376
Sicherheitsregeln für Biogasbehälter
mit Membrandichtung

Oktober 2006



Die Beispielsammlung in diesem Merkblatt enthält eine bisher nicht vorgenommene Unterscheidung nach der funktionellen Art des Gasbehälters, wodurch die Zoneneinteilung entscheidend beeinflusst wird.

Beispiel:	Biogasbehälter mit gewichtsbelasteter Membran
Merkmale:	Biogasbehälter mit Stahlummantelung und gewichtsbelasteter Membran. Stahlummantelung im oberen Behälterbereich (oberhalb der Membran) mit Druckausgleichsöffnungen versehen. Die Stahlummantelung ist auf Dauer technisch dicht und im Bereich der Membran technisch dicht. Die Membran ist geerdet. Ihr Oberflächenwiderstand beträgt $< 10^7$ Ohm oder bei einem Oberflächenwiderstand $> 10^7$ Ohm beträgt ihre Dicke < 2 mm und sie ist auf der Innenseite vollständig feucht.
Anmerkung:	Eine Prüfung der technischen Dichtigkeit kann aufgrund der Bauart solcher Behälter durchgeführt werden.
Schutzmaßnahmen:	E1: Natürliche Lüftung (E 1.3.4.1) Die natürliche Lüftung ist auch bei vollständiger Füllung durch geeignete Maßnahmen sichergestellt (z. B. Führungsgasent oder Anordnung der Membran). E2: Zone 2: Luftraum zwischen Membran und Stahlummantelung sowie 1 m um Ausblöföffnungen. Anmerkung: Im Gasraum des Behälters ist keine Zone vorhanden.

Ein Niederdruckgasbehälter mit einer Gewichtsbelastung zur Druckerzeugung verhindert sicher das Eindringen von Luft gegen den Systemdruck.

Im Gasraum des Behälters ist keine Zone.

Auf die Begründung der Zoneneinteilung der anderen Räume möchte ich im weiteren nicht eingehen.

Beispiel:	Biogasbehälter mit druckbeaufschlagter Membran
Merkmale:	Biogasbehälter mit druckbeaufschlagter Membran (Gegendruckbehälter). Die Membran ist geerdet. Ihr Oberflächenwiderstand beträgt $< 10^7$ Ohm oder bei einem Oberflächenwiderstand $> 10^7$ Ohm beträgt ihre Dicke < 2 mm und sie ist auf der Innenseite vollständig feucht.
Anmerkung:	Eine Prüfung der technischen Dichtigkeit kann in der Regel aufgrund der Bauart solcher Behälter nicht durchgeführt werden.
Schutzmaßnahmen:	E1: Keine Maßnahmen. E2: Zone 1: Gasraum und Zwischenraum zwischen Innenmembran und Ummantelung sowie 1 m um Ausblöföffnung der Stützluft. Zone 2: Weitere 2 m um die Ummantelung und Ausblöföffnung der Stützluft.
Alternativ:	E1: Maßnahmen zur Überwachung der Bildung einer g. n. A. (E 1.4) im Gasraum und an der Ausblöföffnung der Stützluft. E2: Die verteilende Zoneneinteilung ist nach Beurteilung der Zuverlässigkeit und Wirksamkeit der primären Schutzmaßnahmen vorzunehmen.

Wird der Systemdruck durch den Druck eines Luftpolsters erzeugt, kann diese Luft durch eine Leckstelle der Membran in das Gassystem gedrückt werden.

Im Gasraum des Behälters ist Zone 1.

Beispiel: Biogasbehälter mit geringem Überdruck	
Merkmal:	Behälter mit geringem Überdruck („Drucklose Biogasbehälter“). Die Membran ist geperlt. Ihr Oberflächenwiderstand beträgt $< 10^6$ Ohm oder bei einem Oberflächenwiderstand $> 10^6$ Ohm beträgt ihre Dicke < 2 mm und sie ist auf der Innenseite vollständig feucht.
Anmerkung:	Eine Prüfung der technischen Dichtigkeit kann in der Regel aufgrund der Bauart solcher Behälter nicht durchgeführt werden.
Schutzmaßnahmen:	E1: Natürliche Lüftung (E.1.3.4.1) Die natürliche Lüftung ist auch bei vollständiger Füllung durch geeignete Maßnahmen sichergestellt (z. B. Führungseinstiege oder Anordnung der Membran). E2: Zone 1: Zwischenraum zwischen Membran und Ummantelung sowie 1 m um Austrittsöffnungen. Zone 2: Weibere 2 m um die Ummantelung sowie um Austrittsöffnungen. Zone 1: im Gasraum, wenn das Eindringen von Luft möglich ist, z. B. beim Ansprechen von Unterdrucksicherungen und Leckagen der Membran.

Einem drucklosen Gasbehälter wird das Gas durch einen ansaugenden Verdichter entnommen. Auch hier kann Luft durch eine Leckstelle angesaugt werden. Im Gasraum des Behälters ist gleichfalls Zone 1.

Das dem Gasbehälter entnommene Gas wird in das gesamte Gassystem geleitet und somit auch die Zone dessen Gasraums.

Konsequenz dieser Überlegung ist, dass die Funktionsart des Gasbehälters die Zone im gesamten Gassystem der Kläranlage bestimmt und so die erforderlichen Schutzmaßnahmen auch an weit entfernter Stelle.

Die bereits im Planungsstadium einer Anlage getroffene Entscheidung für einen Gasbehälter einer bestimmten Funktionsart bestimmt die Kosten der notwendigen Schutzmaßnahmen im gesamten Gassystem, auch weit entfernt vom Gasbehälter!

In dem Merkblatt sind natürlich auch weitere hilfreiche Hinweise zu den anderen vom Arbeitgeber zu lösenden Aufgaben enthalten.

DWA-M 376		DWA-M 376	
<p>6 Betriebliche und organisatorische Anforderungen</p> <p>Der Betreiber muss die Einhaltung der Sicherheitsregeln für Biogasbehälter mit Membranzündung über die Betriebsdauer des Biogasbehälters überwachen.</p> <p>Die durchgeführten Prüfungen sind zu dokumentieren. Die Dokumente sind den Betriebsanforderungen des Biogasbehälters hinzuzufügen. Anhang A) enthält ein Beispiel für ein Formblatt zur Dokumentation der Prüfungen.</p> <p>6.1 Technische Dokumentation</p> <p>Der Invertentrieger eines Biogasbehälters hat dem Betreiber die zum sicheren Betrieb des Biogasbehälters erforderliche technische Dokumentation spätestens zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme zu übergeben. Die Dokumentation umfasst mindestens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Technische Zeichnungen des Behälters, • Funktionsbeschreibung des Biogasbehälters und der Sicherheitsvorrichtungen • Relevante Auslegungswerte, z. B. Betriebsdruck, Verschleißrate der hydraulischen Überdrucksicherung, Zulastmengen der Spannflossigkeit, • Angaben zu erforderlichen Wartungsarbeiten, Anleitungen zur In- und Ausbetriebsnahme und Prüfungen, • Ertragsbezeichnung mit Dokumentation der Prüfung vor Inbetriebnahme, • Elektrotechnische Dokumentation, • Dokumentation zum Explosionschutz (z. B. Korrosionsentwicklung, Baumaterialprüfung, Prüfung für Gestein- und Schutzsysteme zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen). <p>Der Betreiber eines Biogasbehälters hat die Dokumentation jederzeit zur Einsicht vorzuhalten.</p>	<p>6.2 Prüfung vor Inbetriebnahme</p> <p>Die Inbetriebnahme im Sinne der Sicherheitsregeln für Biogasbehälter mit Membranzündung ist die erstmalige Befüllung des Biogasbehälters mit Gas, sowie die erstmalige Befüllung nach wesentlichen Reparaturarbeiten oder Änderungen.</p> <p>Der Umfang der Prüfung vor Inbetriebnahme beinhaltet die erstmalige Prüfung der technischen Dichtigkeit gemäß Anhang A.2 oder einem anderen, nachgewiesenen gleichwertigen Verfahren. Die Wartezeit sind alle im Abschnitt 6.3 aufgeführten wiederkehrenden Prüfungen sowie die vom Hersteller für sein Produkt vor Inbetriebnahme festgelegten Prüfungen durchzuführen.</p> <p>Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sind vor ihrer Inbetriebnahme nach Befreiung von einer befähigten Person oder einer zugelassenen Überwachungsstelle zu prüfen.</p> <p>6.3 Wiederkehrende Prüfungen</p> <p>Neben den durch den Hersteller des Biogasbehälters aufgrund dessen Konstruktion festgelegten Prüfungen und Wartungsarbeiten sind nachfolgende Prüfungen, soweit auf die Bauart anwendbar, durchzuführen:</p> <p>Wöchentlich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sichtkontrolle des Zustandes der Schutzzone, • Kontrolle der Schutzzone auf Gasbruch, • Sichtkontrolle des Betriebszustandes und dessen Fundament auf Beschädigungen und Veränderungen, • Sichtkontrolle der außerhalb des Behälters angebrachten Sicherheitsvorrichtungen auf Beschädigungen und Veränderungen, • Sichtkontrolle der Füllstände von Flüssigkeitsvorräten, • Sichtkontrolle der Armaturen und sonstiger Installationen in den Gasraumbereichen, • Sichtkontrolle der Erleuchtungsanordnungen, • Kontrolle auf außergewöhnliche Geräuschentwicklung. <p>Monatlich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betätigung aller Absperrarmaturen, • Funktionskontrolle der Füllstandmessung. 	<p>1-jährlich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funktionsprüfung des Biogasbehälters über eine vollständige Füllbevölkerung, • Funktionsprüfung der Füllstandmessvorrichtung, • Funktionsprüfung der Sicherheitsvorrichtungen und deren Führung, • Sichtprüfung der Membrane im Biogasbehälterraum, • Sichtprüfung sonstiger Einrichtungen im Biogasbehälterraum, • Funktionsprüfung der Erleuchtungsanordnungen, • Sichtprüfung des Korrosionsschutzes im Biogasbehälterraum und der Behälteraußenflächen, • Messung des Erdungswiderstands. <p>2-jährlich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sichtprüfung des Korrosionsschutzes im Gasraum, • Sichtprüfung der Membrane im Gasraum, • Sichtprüfung der im Gasraum befindlichen Teile der Führung der Belastungseinrichtung. <p>• Prüfung der Dichtigkeit mit schaumbläsendem Mittel (Schwammform nach DIN EN 12001 Absatz G 400 3.1), stichprobierend.</p> <p>Bei Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen im Sinne des § 1 Absatz 2 Satz 1 Nr. 3 Betriebsstättensicherheitsverordnung müssen Prüfungen im Bereich mindestens alle drei Jahre durchgeführt werden (§ 15 Abs. 15 der Betriebsstättensicherheitsverordnung).</p> <p>In Abhängigkeit des Prüfungsergebnisses kann das Prüfintervall für die innere Prüfung im Gasraum auf maximal vier Jahre verlängert werden.</p>	<p>10-jährlich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wiederholung der Prüfung der technischen Dichtigkeit (siehe Anhang A.2). <p>Der Umfang der zeitlich übergeordneten Prüfungen umfasst jeweils auch den Umfang aller zeitlich untergeordneten Prüfungen.</p> <p>Die in jährlichen und in mehrjährigem Abstand durchzuführenden Prüfungen erfordern erweiterte Sachkenntnis über Biogasbehälter und die erforderliche Ausbildung zur Prüfung (z. B. Geräte zur fachgerechten Entgasung).</p> <p>Diese Prüfungen sind durch eine befähigte Person nach den Technischen Regeln der Betriebsstättensicherheitsverordnung (TRBS 1203) durchzuführen.</p> <p>Befähigte Personen im Sinne der Sicherheitsvorschriften für Biogasbehälter mit Membranzündung müssen neben einer technischen Berufsausbildung mindestens ein Jahr Berufserfahrung mit Bau oder Betrieb von Biogasbehältern haben sowie Kenntnisse des Explosionsrisikos und der relevanten technischen Regeln. Die Befähigung ist bei Personen, die vor Inkrafttreten der TRBS 1203 bereits nachweislich Biogasbehälter geprüft haben, vorausgesetzt. Andere Personen können den Nachweis einer ausreichenden Berufserfahrung durch Prüfungen unter Anleitung und Aufsicht einer befähigten Person erbringen. Als befähigte Personen kommen insbesondere in Frage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschäftigte eines Herstellers von Biogasbehältern mit Membranzündung, die aufgrund ihrer Berufsausbildung Prüfungen durchführen können, • Sonstige Personen, die aufgrund ihrer Tätigkeit erfahren im Umgang mit Biogasbehältern mit Membranzündung sind und Prüfungen durchführen können.
	<p>Oktober 2006 15</p>	<p>16 Oktober 2006</p>	

In Kapitel 6 des Merkblatts werden detaillierte Angaben über Art, Umfang und Fristen der wiederkehrenden Prüfungen gemacht, sowie über die Qualifikation der zur Prüfung befähigten Personen.

Mit Hilfe dieses Merkblatts kann der Arbeitgeber also einen erheblichen Teil der von der Betriebssicherheitsverordnung gestellten Anforderungen erfüllen, sofern er zuvor sicher gestellt hat auch einen Gasbehälter zu betreiben der dem Merkblatt der DWA entsprechend wiederkehrend geprüft werden kann.

4 DURCHFÜHRUNG UND AUSSAGEKRAFT VON WIEDERKEHRENDEN PRÜFUNGEN

Ich möchte Ihnen nun anhand einiger Beispiele zeigen, dass diese Eigenschaft nicht immer gegeben ist und Gasbehälter hergestellt und betrieben werden, an denen eine Prüfung nur in sehr eingeschränktem Umfang durchgeführt werden kann, mit fraglicher Aussagekraft der Prüfung.



Dies hier ist ein druckloser Gasbehälter mit 2000 cbm Inhalt.

Die Bauhöhe des Behälters beträgt insgesamt ca. 8 m, von denen sich 7 m unter der Erde befinden.

Der Zugang in den Luftraum oberhalb der Membran erfolgt durch diese Öffnung im Dach. Eine Einstieghilfe ist nicht vorhanden.

Zum Gasraum gibt es keinen Zugang.

Eine Möglichkeit zum Anschluss einer Entgasungseinrichtung besteht nur an dieser Anschlussleitung der Sicherheitseinrichtung mit Nennweite DN 50.

Neben der Sicherheitseinrichtung befindet sich der Einstieg in den Installationsschacht.



Der Schacht selbst besteht aus Betonringelementen mit einer Tiefe von ca. 8 m und ist im unteren Bereich mit Wasser gefüllt.

Von seiner Art her erweckt der Schacht eher das Interesse eines Höhlentauchers, als dass er geeignet ist zur Prüfung der eingebauten Installationen.



Ganz unten im Schacht befindet sich die Entwässerungseinrichtung des Gasbehälters.

Der gasdichte Anschluss der Kondensatleitung in den Gasraum lässt sich bei dem äußerlich erkennbaren Aufbau nur erahnen.

Hier gilt das Motto: „Im Zweifel für den Angeklagten“.

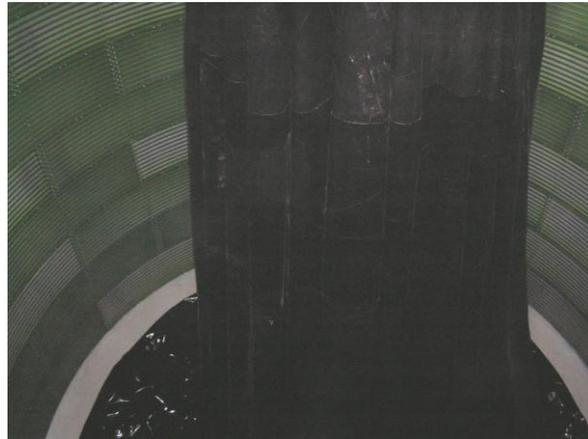
Der Versuch einer wiederkehrenden Prüfung an diesem Behälter wurde mit dem Ergebnis abgeschlossen, dass die Aussagekraft der Prüfung in wesentlichen Punkten Mängel aufweisen wird und die Prüfung daher nicht die Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung erfüllen kann.



Dies hier ist ein druckloser Gasbehälter mit 500 cbm Inhalt. Das Gehäuse besitzt eine Zugangstür durch die der Luftraum begangen werden kann. Zum Gasraum gibt es keinen Zugang.

Eine Entgasungseinrichtung kann angeschlossen werden.

Die Installationen sind in einem begehbaren Schacht und in diesem Schutzgehäuse untergebracht.



Der Membransack hängt im Inneren des ca. 8 m hohen Gehäuses und kann aufgrund seiner Größe und Einbauart nur mit sehr hohem Aufwand vollständig besichtigt werden.

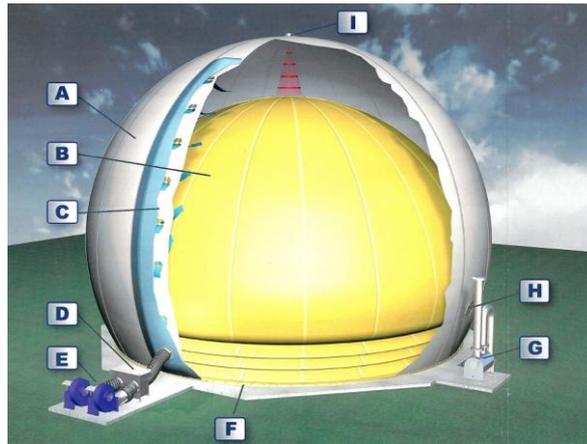
Eine Prüfung der technischen Dichtheit des Membransacks ist nicht möglich.

Bei einem prinzipiell ähnlichen Gasbehälter wurde vom Betreiber über einen längeren Zeitraum eine erhöhte Gaskonzentration innerhalb des Gehäuses festgestellt. Obwohl nach der Ursache intensiv gesucht wurde, konnte eine Leckstelle nicht lokalisiert werden.



Erst nachdem die Membran mit großem Aufwand gewendet wurde, zeigte sich ein großer Riss am Anschluss der Gaseingangsleitung im Zentrum des Behälterbodens.

Durch diese Leckstelle ist abhängig von den jeweiligen Druckverhältnissen über einen Zeitraum von mehreren Monaten Gas ausgetreten oder Luft in das Gassystem eingesaugt worden.



Dieses Prinzipbild zeigt einen sogenannten Doppelmembrangasbehälter, in dem die zwischen die Membranhüllen eingeblasene Luft den Gasdruck erzeugt und gleichzeitig die äußere Schutzmembran stabilisiert.

Der Behälter verfügt weder über einen Zugang zum Luftraum zwischen den Membranen noch zum Gasraum.

Eine Prüfung der technischen Dichtheit ist gleichfalls nicht möglich.

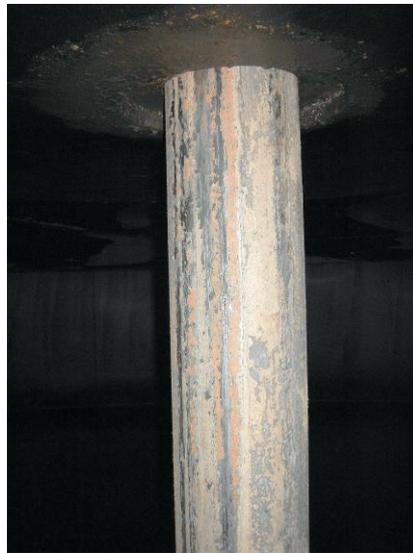


Es scheint, dass der Hersteller des Behälters der Ansicht ist mit einem Blick durch dieses Sichtfenster eine umfassende Beurteilung über den Zustand der inneren Membran erhalten zu können.

Ohne vollständige Demontage der beiden Membranen wird man während der Betriebszeit des Behälters keine objektive Beurteilung der inneren Membran mehr erhalten, die Luft und Gas trennt.



Dieser Niederdruckgasbehälter verfügt über sämtliche notwendigen Einrichtungen um die wiederkehrenden Prüfungen gemäß dem Merkblatt DWA-M 376 durchzuführen.



Die Sichtprüfung der im Gasraum befindlichen Teile der Führung der Belastungseinrichtung zeigte deutliche Verschleißspuren.

Die vom Hersteller in der Betriebsanleitung vorgeschriebene Schmierung dieser Teile kann im eingebauten Zustand nicht durchgeführt werden. Hierzu müsste die Führung demontiert werden. Dem Betreiber wurde daher vom Prüfer der Einbau einer wartungsfreien Führung empfohlen, die keine beweglichen Teile im Gasraum aufweist.

Die Durchführung der empfohlenen Maßnahme wurde für das folgende Wirtschaftsjahr eingeplant.



Noch im gleichen Jahr, circa ein halbes Jahr nach der Prüfung, versagte die Führung.

Die Belastungseinrichtung setzte sich in etwa der halben Behälterhöhe auf die Reste der Führungsrohre und verkeilte sich im Behältergehäuse.



Das freie Ende der Belastungseinrichtung knickte nach unten ab.

Hieraus kann die Folgerung gezogen werden:

Die wiederkehrende Prüfung des Gasbehälters dient nicht nur der Erhaltung des sicheren Zustands des Gasbehälters, sondern auch der Vorbeugung wirtschaftlicher Schäden.

5 BEISPIELE VON UNFÄLLEN MIT GASEXPLOSIONEN

In den bisher gezeigten Beispielen wird zumindest in einigen Fällen in begrenzten Räumen eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (g.e.A.) aufgetreten sein. Durch die richtige Einteilung dieser Räume in Zonen und die Durchführung der erforderlichen Schutzmaßnahmen wurde aber eine Zündung der g.e.A. verhindert.

Diese Sicherheit ist nicht selbstverständlich, wie folgende Beispiele zeigen:

Biogasanlage Nusbaum

UNFALL

„Als es knallte, bin ich in Deckung“

Explosion in Nusbaumer Biogasanlage – Zur Unglückszeit anwesender Betreiber bleibt unverletzt

Von unserem Redaktionsmitglied UWE HENTSCHEL

NUSBAUM. Auf Verpfähung folgt Baufälligkeit: Eine Explosion in der Nusbaumer Biogasanlage hat in der Nacht zum Dienstag viel Schaden angerichtet. Bis zu einer Million Euro schätzt die Polizei, die auf der Suche nach der Ursache ist.

Ein Telefonbuch liegt auf dem Boden. Daneben zahllose Steine, einige Stühle und mittendrin eine große graue Blockwand. Wenige Stunden zuvor hat sie noch gestanden, im ersten Stock des Gebäudes und hat dahinter all das verborgen, was jetzt verstreut auf dem ganzen Gelände liegt.

„Ich habe nur gemerkt, dass es knallt“, sagt einer der insgesamt fünf Betreiber der Biogas-Anlage, der auf der anderen Seite des Hauses vor einem ähnlichen Trümmerteil steht und seinem Gesprächspartner am Handy zum wiederholten Mal erklärt, was in der Nacht zum Dienstag passiert ist.

Wegen einer Störmeldung sei er dort hingefahren, habe dann alles überprüft. Bis es auf einmal zur Sache ging. „Als es knallte und alles geflogen kam, bin ich in Deckung gegangen“, sagt er. Dass er am Morgen danach überhaupt noch über den Vorgang berichten kann, verdankt er dem glücklichen Umstand, genau zu diesem Zeitpunkt nicht im Gebäude, sondern bei einem der – weiter entfernten – Silobehälter gewesen zu sein. Das war gegen 1.45 Uhr.

Vermutlich eine Gasexplosion

Stunden danach ist er immer noch fassungslos, so wie seine Kollegen. Erst vor wenigen Wochen war die Anlage, die als sehr gut durchdacht gilt und bis zu vier Millionen Kilowattstunden pro Jahr produzieren soll, in Betrieb genommen worden – vorerst genehmigt hat alles mit einem lauten Knall: „Die Ursache dürfte eine Gasexplosion gewesen sein“, sagt Peter Neu, Staatsbauwerkskommissar der Kripo Wittlich. „Doch wir wissen nicht, was es passiert ist.“ Aufklärung erhoffen er, die beiden ebenfalls anwesenden Mitarbeiter des Gewerbeaufsichtsamtes und die Betriebsgeschicht durch einen Gutachter, der am heutigen Mittwoch den Unfallort untersuchen soll. Ursprünglich habe das Landeskriminalamt die Spurensuche übernommen wollen, sagt Peter Neu, doch dann habe man sich darauf verständigt, doch einen Gutachter damit zu beschäftigen. Bis der Experte dann vor Ort war, soll alles so weit liegen bleiben, wie es durch die Wacht der Verpfähung verteilt wurde.

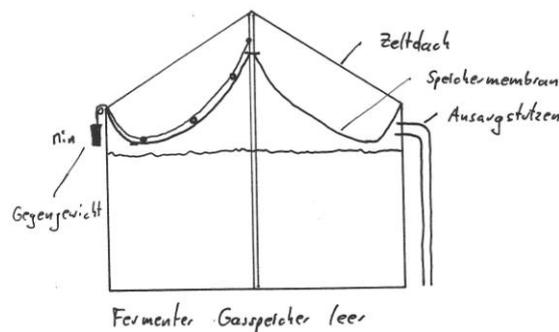
Zerstörte Hoffnung: Wenige Wochen nach Inbetriebnahme gab es in der Nusbaumer Biogas-Anlage eine Explosion. Verletzt wurde zum Glück niemand, doch zerstört dafür einiges. Fast 50 Meter weit wurde diese Tür (rechts) durch die Wucht geschleudert. Foto: Uwe Hentschel

„Dadurch können Explosionswege und Kräfte zurück verfolgt werden“, erklärt der Kriminalpolizist dem Betreiber, die auf der Rückseite vor einem der Löcher in der Wand stehen.

Hinter den Männern, auf dem Boden, etwa 50 Meter von ihrem ursprünglichen Standort entfernt, liegt eine grüne, komplett verbeulte Tür aus Metall – als Beweis dafür, was Explosionswege und Kräfte anrichten können. Etwas entfernt liegt ein grüner Rahmen, möglicherweise die passende Zange dazu.

Wie hoch der Schaden ist, lässt sich in dem Chaos nur grob schätzen. „Mehrere hunderttausend Euro“, sagt Neu, „vielleicht auch eine Million.“ Dann verschwindet er mit den anderen im Gebäude, macht Fotos und lässt sich zeigen, wo einen Tag zuvor noch Masern gestanden haben.

Der Unfall ereignete sich auf einer landwirtschaftlichen Biogasanlage wenige Monate nach deren Inbetriebnahme. Nur durch glückliche Umstände war kein Menschenleben zu beklagen.



Landwirtschaftliche Biogasanlagen werden häufig mit drucklosen Gasbehältern betrieben, die durch eine über dem Fermenter eingespannte Speichermembran gebildet werden. Die Speichermembran ist zum Witterungsschutz durch ein Zeltdach abgedeckt und selbst nicht sichtbar.

Als wahrscheinliche Abfolge des Unfalls stellt das Gutachten der Sachverständigen fest:

Der Seilzug der Inhaltsmessung ist von der Membran abgerissen und in Folge das Gegengewicht in die unterste Position gefallen.

Dies signalisierte einen maximalen Füllstand des Gasbehälters an die Steuerung des Gasmotors. Der Gasbehälter wurde vollständig entleert und die durchhängende Membran vor den Ansaugstutzen gezogen. In der Rohrleitung wurde ein Unterdruck erzeugt, durch den die Wasservorlage aus dem Kondensatabscheider eingesaugt wurde und somit Luft in das Gassystem.

Nach Ausfall des Gasmotors infolge des Gasmangels ist das vom Fermenter weiter erzeugte Gas über die entleerte Wasservorlage in das Betriebsgebäude eingetreten, hat sich dort ausgebreitet und eine g.e.A. gebildet, die letztendlich entzündet wurde.

Insgesamt wurden durch die Sachverständigen in der Ereigniskette mehrere zusammenwirkende Umstände festgestellt, die notwendig waren um zu einer Explosion im Betriebsgebäude zu führen.

Am Anfang der Ereigniskette stand der Defekt eines technisch einfachen Messsystems. Das Merkblatt DWA-M 376 legt einen monatlichen Turnus für die Prüfung dieses Messsystems für den Füllstand fest.

Ich habe den Eindruck dass aufgrund der Konstruktion der Anlage der Defekt ohne Demontage des Zeltdachs nicht festgestellt werden konnte. Eine Maßnahme die sicherlich nicht monatlich vorgenommen werden wird.

Biomüllbehandlungsanlage Deiderode

Dies ist ein in der Presse veröffentlichtes Luftbild des Unfalls auf der Biogasanlage der Deponie Deiderode.



Die Anlage bestand aus 3 Fermentern. Der nun nicht mehr als Ganzes vorhandene Fermenter stand auf dem mittleren Fundament.

Unmittelbar nach dem Unfall waren markante Zerstörungen sichtbar:

- . Der mittlere Fermenter ist in kleine Teile zerstört.
- . Die Trümmer sind in einem weiten Umfeld verstreut.
- . Die Dachkonstruktion benachbarter Gebäude ist abgerissen.

Das Gerüst des 3. Fermenters ist in Richtung des mittleren Fermenters in voller Höhe beschädigt.



Die Fassade benachbarter Bauwerke ist über eine Höhe von 8 bis 10 m deutlich eingedrückt und teilweise abgerissen.



Rohrleitungen, die sich hinter anderen Bauwerken befanden, sind stark deformiert.

Alle diese Schäden lassen eine Explosion im mittleren Fermenter vermuten.

Jedoch wurde bereits kurz nach dem Unglück in Pressemitteilungen vermeldet, dass die Geschäftsführung des Abfallzweckverbands keine Hinweise auf eine Explosion habe. Man gehe davon aus, die Fermenter seien unter dem Druck der Flüssigkeit geplatzt.

Im Internet zugänglichen Informationen besagen, dass die gutachterliche Arbeit zum Unfallhergang nach 2 Jahren abgeschlossen wurde, allerdings nicht mit einer klaren Aussage zum Ablauf der Ereignisse und deren Ursache. Eine Explosion wird von den Gutachtern aber ausgeschlossen.

Folgt man dieser Beurteilung und nimmt zum Beispiel ein Bersten eines Fermenters unter hydrostatischem Druck an, muss man diese Fragen schlüssig beantworten:

- Wie konnte der zuerst geborstene Fermenter ein so mächtiges Bauwerk wie den mit Flüssigkeit befüllten benachbarten Fermenter zerstören, während an anderen benachbarten Bauwerken nur die Fassade eingedrückt oder teilweise abgerissen wurde?
- Wie konnte der Mantel des Fermenters in kleine Trümmerstücke zerstört werden, die in weitem Umkreis zerstreut sind?

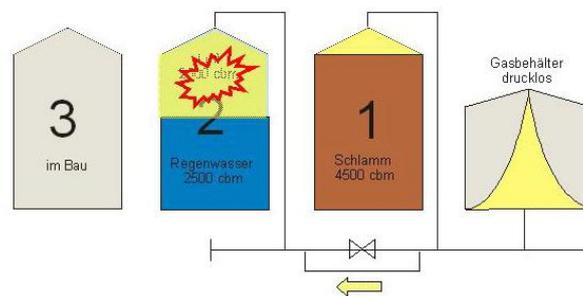
Vielleicht kann man auch nur diese Frage nicht beantworten:

- Wie konnte in dem mittleren Fermenter, der nur Luft und Regenwasser enthielt, eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entstehen?

und schließt daher eine Explosion aus.

Ich möchte hier nun meine Überlegungen vorstellen, auf welchen Weg die Bildung einer g.e.A. in dem mittleren Fermenter möglich gewesen wäre. Damit möchte ich weiter darlegen, dass in einem Gassystem Situationen entstehen können, die auf den ersten Blick offensichtlich nicht erkennbar sind.

Da ich nicht über unmittelbare Informationen über die Anlage verfüge, können meine Überlegungen nur prinzipieller Natur sein.



Aus den Pressemitteilungen geht hervor, dass der Fermenter 1 mit Schlamm gefüllt war und Gas produzierte.

Fermenter 2 war zu 60% mit Regenwasser befüllt, darüber befand sich Luft.

Fermenter 3 befand sich noch im Bau.

Ich nehme an, dass das Rohrleitungssystem der Fermenter 1 und 2 fertiggestellt und mit dem System eines drucklosen Gasbehälters verbunden war.

Zu Fermenter 3 wird vermutlich noch keine Verbindung bestanden haben.

Sicherlich wird in der Rohrleitung zwischen den Fermentern eine Absperrarmatur vorhanden gewesen sein.

Die Armatur sollte in diesem Betriebszustand natürlich geschlossen gewesen sein. Sie könnte aber aufgrund eines technischen Defekts oder eines Bedienungsfehlers eine kleine innere Leckage aufgewiesen haben. Es ist auch denkbar, dass zum Beispiel über ein System von Kondensatentwässerungsleitungen eine Verbindung der Rohrleitungen um die Absperrarmatur bestand hat.

Entscheidend ist, dass für das Gas ein Weg zwischen den Fermentern geöffnet war.

Da das Gassystem auf dem Niveau des Atmosphärendrucks steht, wird durch diese Leckstelle zuerst kein Gas transportiert. Nach außen ist die Leckstelle nicht erkennbar.

Bleibt dieses drucklose System mit einer inneren Leckstelle nun über einen längeren Zeitraum sich selbst überlassen, wird mit jeder Erwärmung des Fermenters 2 aufgrund der Wärmeausdehnung Luft in das Gassystem gedrückt und beim Abkühlen durch einen leichten Unterdruck im Fermenter 2 dieselbe Menge Gas in die entgegen gesetzte Richtung gezogen. Mit der Zeit steigt die Gaskonzentration in Fermenter 2 weit genug an, um ein zündfähige Gemisch zu bilden.

Die Gasbombe mit 2000 cbm Volumen ist nun fertig!

Beispiel:	Biogasbehälter mit geringem Überdruck
Merkmal:	Behälter mit geringem Überdruck („Drucklose Biogasbehälter“) Die Membran ist gasdicht, ihr Oberflächenwiderstand beträgt $< 10^5$ Ohm oder bei einem Oberflächenwiderstand $> 10^5$ Ohm beträgt ihre Dicke < 2 mm und sie ist auf der Innenseite vollständig feucht.
Anmerkung:	Eine Prüfung der technischen Dichtheit kann in der Regel aufgrund der Bauart solcher Behälter nicht durchgeführt werden.
Schutzmaßnahmen:	E1: Natürliche Lüftung (E 1.3.4.1) Die natürliche Lüftung ist auch bei vollständiger Füllung durch geeignete Maßnahmen sichergestellt (z. B. Führungsgerüst oder Anordnung der Membran). E2: Zone 1: Zwischenraum zwischen Membran und Ummantelung sowie 1 m um Austrittsöffnungen. Zone 2: Weitere 2 m um die Ummantelung sowie um Austrittsöffnungen. Zone 1: Im Gasraum, wenn das Eindringen von Luft möglich ist, z. B. beim Ansprechen von Unterdrucksicherungen und Leckagen der Membran.

Die Beispielsammlung des Merkblatts DWA-M 376 zur Zoneinteilung gibt für den Gasraum eines drucklosen Gasbehälters Zone 1 vor, und wie bereits ausgeführt, ist diese Zone auch für das gesamte Gassystem festzulegen.

Durch die für die Zone 1 erforderlichen Maßnahmen des Zündschutzes innerhalb des Gassystems hätte der Unfall möglicherweise vermieden werden können.

Biogasanlage Daugendorf

Am 16.12.2007 ereignete sich auf der Biogasanlage Daugendorf ein Unfall mit sehr ähnlichem Schadensbild.

Auch hier wurden die Blechringe des Fermentermantels an der horizontalen Verschraubung auseinander gerissen



und tonnenschwere Blechteile über 50 m weit geschleudert



Ein Schadensbild, das sehr gut mit einem sehr schnellen Druckaufbau im Inneren des Fermenters, sprich mit einer Explosion, verstanden werden kann.

Der mit der Ursachenfindung beauftragte Sachverständige schreibt jedoch auf seiner Internet-Seite:

Wir waren am 27. und 28. Dezember 2007 vor Ort, und haben uns vom dem Schadensbild und den möglichen Ursachen wie Folgeschäden überzeugt. Anzeichen für eine Explosion und / oder "längeres (>sec. - Bereich)" Feuer / Brand haben wir nicht festgestellt. Es gibt uE jedoch viele Ähnlichkeiten zu dem MBA Schaden auf der ZD Deiderode aus Januar 2005, wo wir ebenfalls als Sachverständige zur Ursachenfindung beteiligt waren.

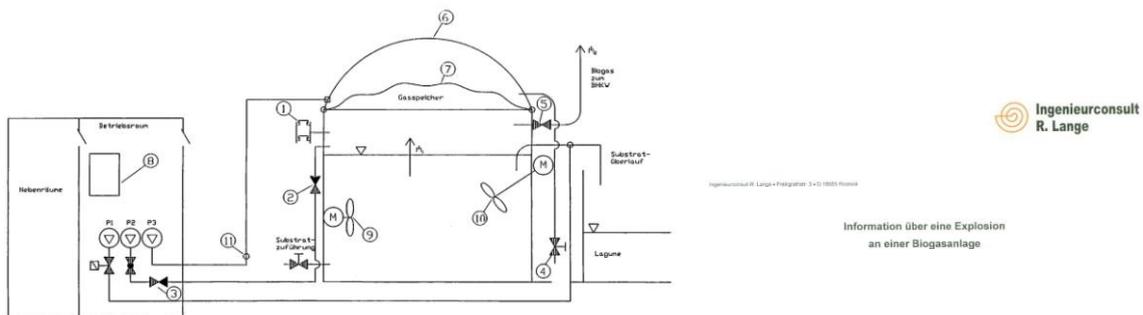
Wie sehen nach Meinung des Sachverständigen die Trümmer einer explodierten Biogasanlage aus?

Die Biogasanlage Daugendorf unterscheidet sich in wesentlichen Punkten von der Anlage Deiderode. Sie bestand aus einem Fermenter und einem Nachgärbehälter mit aufgesetztem Doppelmembrangasbehälter.



Ich möchte daher auch hier eine Möglichkeit aufzeigen wie eine g.e.A. im Fermenter entstanden sein könnte.

Wertvolle Hinweise zu einer möglichen Unfallursache kann man durch den Explosionsunfall auf der Biogasanlage Babst erhalten.



Als Unfallursache wurde eine bereits bei der Herstellung fehlerhafte Schweißnaht der inneren Membran des Gasbehälters ermittelt. Hierdurch entstand ein Loch, durch das je nach Druckverhältnissen Gas in den Luftbereich oder Luft in den Gasbereich treten konnte. Obwohl der Betreiber der Anlage dem Hersteller mehrfach Betriebsstörungen und Gasgeruch meldete war der Hersteller nicht in der Lage die Leckstelle zu lokalisieren und zu beseitigen.

Nimmt man für die Biogasanlage Daugendorf einen ähnlichen Herstellungsfehler an, ergibt sich folgender möglicher Unfallablauf:

Nach Inbetriebnahme des Fermenters füllt sich der Gasspeicher und die Motoren können in Betrieb gesetzt werden. Durch die geringe Druckdifferenz von ca. 0,1 – 0,2 hPa tritt ein schwacher Gasstrom ständig in den Stützluftraum und wird über das Druckregelventil mit der Stützluft abgeblasen. Hierdurch entsteht noch keine Gefahr.

Auslösende Unfallursache kann nun eine Leckstelle in der Gasleitung zu den Motoren sein. Diese Leckstelle kann zum Beispiel entstehen durch einen

- **Technischen Defekt an einer Kondensatentwässerung**
- **Ausgeblasenen hydraulischen Verschluss**
- **Technischen Defekt an einem Ventil**
- **Bedienfehler**

Infolge des Gasverlust entleert sich der Gasspeicher. Solange dieser noch Gas enthält bleiben die Druckverhältnisse bestehen.

Nach vollständiger Entleerung des Gasspeichers setzt eine dramatische Entwicklung ein. Der Druck im Gassystem fällt rapide ab und Stützluft wird durch die Leckstelle in das Gassystem eingeblasen. Dieser Luftstrom ist aufgrund der Druckdifferenz von einigen 10 hPa sehr groß und nur durch die Leistung des Stützluftgebläses begrenzt.

Die Luft wird über das Leitungssystem in den Fermenter gefördert und bildet dort mit dem noch vorhandenen Gas eine g.e.A.

Ein wirksamer Zündfunke führt nun zum sichtbaren Schadensbild.

Es sind aber auch andere Ursachen als ein technischer Defekt denkbar, durch die bei einem derartigen System Luft in das Gassystem eingedrückt werden kann. Zum Beispiel kann ein

- **starker Rückgang der Gasproduktion durch mangelhafte Versorgung des Fermenters mit frischem Gärsubstrat**

dazu führen, dass der Gasspeicher vollständig entleert wird.

Allen hier gezeigten Unfällen gemeinsam ist, dass ein Defekt vorausging, der aufgrund mangelhafter Kontrollmöglichkeit durch den Betreiber unerkannt blieb. Die Anlage selbst sendet keine klaren Signale bei Eintreten des Defekts aus, der Betrieb lief zuerst ohne große Störung weiter.

Bei einem Gassystem mit einem Niederdruckbehälter wären bei gleichartigen Defekten entweder sofort große Gasmengen ausgetreten oder es wäre der Versorgungsdruck der Motoren zusammengebrochen, jedoch ohne Luft in das Gassystem einzudrücken.

Dieser Unterschied in den Systemen ist konzeptionell bedingt. Es stellt sich also die Frage:

Wer trägt die Verantwortung für diese Unfälle?

Bildquellennachweis:

Firma EISENBAU HEILBRONN

Firma SATTLER

Wasserverband Eifel-Rur

Gutachterliche Stellungnahme der TÜV Industrie Service GmbH

Pressemeldung des NDR

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Ingenieurconsult R. Lange