

Haftungsausschluss: Dieses Dokument wurde sorgfältig von den Experten der vfdb erarbeitet und vom Präsidium der vfdb verabschiedet. Der Verwender muss die Anwendbarkeit auf seinen Fall und die Aktualität der ihm vorliegenden Fassung in eigener Verantwortung prüfen. Eine Haftung der vfdb und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

Vertragsbedingungen: Die vfdb verweist auf die Notwendigkeit, bei Vertragsabschlüssen unter Bezug auf vfdb-Dokumente die konkreten Leistungen gesondert zu vereinbaren. Die vfdb übernimmt keinerlei Regressansprüche, insbesondere auch nicht aus unklarer Vertragsgestaltung.

Inhalt:

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Ziel des Merkblattes | 2 |
| 2. | Allgemeines | 2 |
| 3. | Aufbau und Funktionsweise einer Biogasanlage | 2 |
| 4. | Zusammensetzung und Eigenschaften von Biogas | 5 |
| 5. | Besondere Gefahren bei Feuerwehreinsätzen in Biogasanlagen | 6 |
| 6. | Maßnahmen | 8 |
| 7. | Einsatzvorbereitung | 11 |
| 8. | Weiterführende Informationen | 12 |

Vom Präsidium der vfdb freigegeben am 02.Juli 2012. Überarbeitung vom März 2021

Technisch-Wissenschaftlicher Beirat (TWB)

der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.

Postfach 4967, 48028 Münster

1. Ziel des Merkblattes

Da Feuerwehreinsätze in Biogasanlagen immer auch Aspekte des ABC-Einsatzes nach FwDV 500 beinhalten, werden für derartige Einsatzsituationen die speziellen Einsatzhinweise aufgezeigt, die Personen- und Sachschäden vermeiden sollen.

2. Allgemeines

Biogasanlagen dienen der Erzeugung von brennbarem Gas durch Vergärung von Biomasse aus Landwirtschaft (z.B. Gülle, Festmist), Haushalt oder Industrie (z.B. Material der Biotonne, Schlachtabfälle, Biomasse aus der Lebensmittelproduktion und Industrie-reststoffe usw.).

Die Gaserzeugung basiert auf dem natürlichen Zersetzungsprozess organischer Stoffe in sauerstofffreien Systemen, als Fermentation bezeichnet, bei welchem hauptsächlich Methan und Kohlenstoffdioxid entstehen.

Bei den meisten Biogasanlagen wird das entstandene Gas vor Ort in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. Zudem gibt es Anlagen, welche das erzeugte Biogas nach erfolgter Aufreinigung und Komprimierung in das Erdgasnetz einspeisen. Biogasanlagen werden einerseits als landwirtschaftliche Anlagen betrieben, existieren aber auch in industrieller Form sowie bei Klärwerken.

Als Nebenprodukt bei der Biogaserzeugung wird ein als Gärrückstand bezeichneter Dünger produziert. *Quelle:* [\[http://de.wikipedia.org/wiki/Biogasanlage\]](http://de.wikipedia.org/wiki/Biogasanlage)

3. Aufbau und Funktionsweise einer Biogasanlage

Aufgrund der in einer Biogasanlage konzentriert auftauchenden unterschiedlichen Gefahren an der Einsatzstelle für Einsatzkräfte werden hier kurz die wesentlichen Anlagenteile dargelegt.

Bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen wird im Stall durch die Tiere Gülle erzeugt und in einer Vorgrube gesammelt. Am Annahmebereich werden weitere Substrate angeliefert und zusammen mit der Gülle in den Fermenter (Faulbehälter) eingebracht. Im Fermenter werden die Ausgangsstoffe dann zu Biogas vergoren, welches sich im Folienspeicher sammelt.

Der Gärrückstand wird in einen Lagerbehälter gepumpt und von dort auf die Felder ausgebracht. Das Biogas wird im Blockheizkraftwerk (BHKW) in Strom und Wärme umgewandelt.

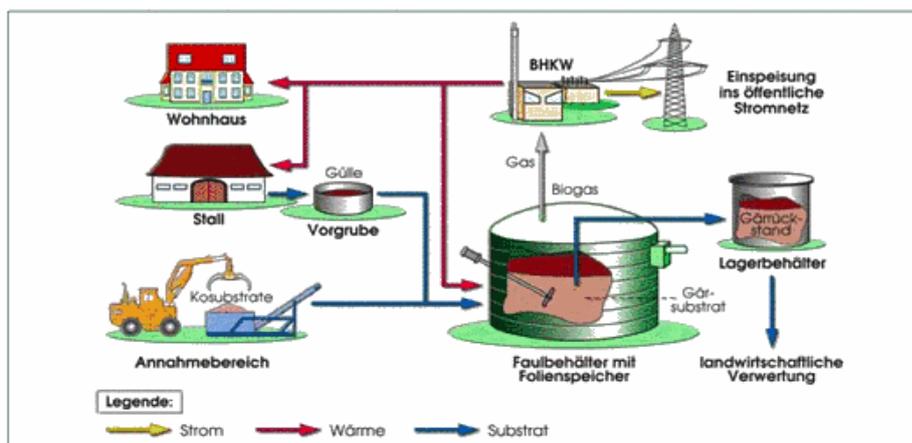


Bild 1: Schematischer Aufbau einer Biogasanlage [Quelle: FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe]

Fermenter

Herzstück einer Biogasanlage ist der Fermenter, in welchem aus dem eingetragenen Gemisch während einer mehrwöchigen Faulzeit das Biogas erzeugt wird. Hierbei wird das Gemisch unter erhöhten Temperaturen ständig umgewälzt.

Das im Fermenter erzeugte Biogas wird anschließend in einem Biogasspeicher zwischengespeichert, um Schwankungen zwischen Gasproduktion und Gasverbrauch ausgleichen zu können. Die Gasspeicherung findet entweder im Fermenter selbst unter einer Folienhaube oder in einem separaten Gasspeicher statt.

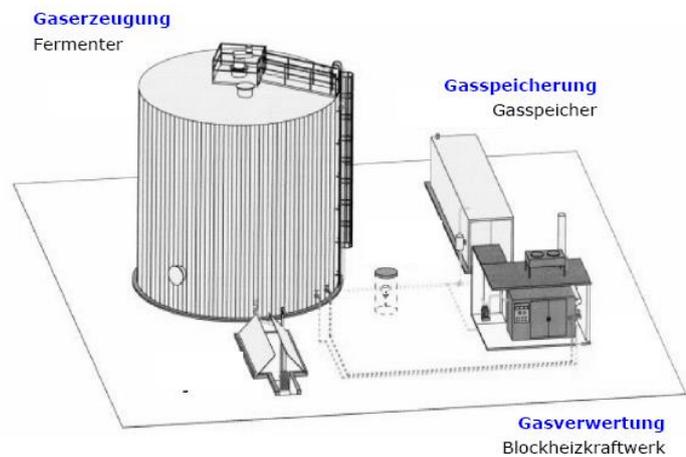


Bild 2:
Schematische Darstellung der Gaserzeugung
[Quelle: SMUL Sachsen]

ACHTUNG:

Vor Befahren des Fermenters das Rührwerk abschalten und gegen Wiederaufstart sichern (ggf. Sicherungsposten an der Steuerung platzieren)!



Bild 3: Fermenter [Quelle: Uni Köln]

Gasspeicher

Zur Gasspeicherung kommen feste oberirdische, unterirdische und erdgedeckte Gasspeicher, sowie flexible Ballon-, Kissen- und Folienspeicher über Güllelager und Gärbehältern (Fermenter) zum Einsatz. Ballon- und Kissenspeicher werden in Aufstellräumen aufgestellt, welche ausreichend quergelüftet sein müssen.

ACHTUNG:

Räume mit Fermentern oder Gasspeichern im Schadenfall nur unter umluftunabhängigem Atemschutz und Körperschutz betreten!
Beim Betreten des Betriebsbereichs sind Ex-Messgeräte einzusetzen!

Gerade bei Lüftung auf Ex-Schutz achten!

Nur Ex-geschützte Geräte im Ex-Bereich einsetzen!



Bild 4:
Gasspeicher mit Folienspeicher [Quelle: Agrotel]

Blockheizkraftwerk

Außerhalb des Aufstellraumes sind in der Regel ein Not-Aus-Schalter für das BHKW sowie ein Absperrschieber für die Gaszufuhr vorhanden.

Im Aufstellraum (max. 50 kW elekt. Leistung) können größere Mengen an Zündöl (z.B. Heizöl, Dieselöl, Biodiesel) gelagert werden. Es ist mit sehr heißen Oberflächentemperaturen (bis 750 °C) und entsprechenden elektrischen Gefahren zu rechnen



Bild 5: Beispiel eines Blockheizkraftwerkes [Quelle: Biogas-Nord / ENSPAR Biogas]

Gasführende Leitungen

Gasführende Leitungen sind zwischen Fermenter, Gasspeicher und Blockheizkraftwerk verlegt. Innerhalb von Gebäuden werden gasführende Leitungen i.d.R. aus Metall verwendet. Außerhalb von Gebäuden werden auch Kunststoffleitungen eingesetzt.

4. Zusammensetzung und Eigenschaften von Biogas

Biogas besteht im Wesentlichen aus Methan (40 - 75 Vol.-%) und Kohlenstoffdioxid (25 - 55 Vol.-%). Neben diesen beiden Stoffen sind als weitere Bestandteile Schwefelwasserstoff (0,01 - 2,0 Vol.-%) sowie Ammoniak, Wasserstoff, Wasserdampf und Stickstoff vorhanden.

Die genaue Zusammensetzung variiert und ist von den Rahmenbedingungen bei der Biogaserzeugung abhängig. Insbesondere der Gehalt von Schwefelwasserstoff (H_2S) ist stark abhängig von den verwendeten Gärsubstraten und der Qualität der Gärung (insbesondere bei Vergärung von Fleisch, Lebensmittelresten und stark schwankender Qualität sind hohe H_2S -Anteile möglich).

Die Dichte von Biogas liegt im Bereich von Luft, das Gemisch ist also weder deutlich leichter noch deutlich schwerer als Luft.

In Biogasanlagen wird es in der Regel nahezu drucklos ($< 0,1$ bar) gelagert.

| Komponente | Methan (CH_4) | Kohlenstoffdioxid (CO_2) | Wasser (H_2O) | Stickstoff (N_2) | Wasserstoff (H_2) | Sauerstoff (O_2) | Schwefelwasserstoff (H_2S) | Ammoniak (NH_3) |
|----------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------|
| Anteil am Biogas [%] | 40 – 75 | 25 – 55 | 0- 10 | 0 – 5 | 0 – 1 | 0 – 2 | 0 - 2 | 0 - 1 |

Tabelle 1: Zusammensetzung von Biogas [Quelle: Biogashandbuch Bayern und <https://www.biogas-netzeinspeisung.at/>]

Achtung

Biogas enthält C-Gefahrstoffe wie

Methan, Kohlenstoffdioxid und Schwefelwasserstoff

Methan ist hochentzündlich, Ex-Gefahr

Schwefelwasserstoff ist giftig und brennbar

Umluftunabhängiger Atemschutz notwendig

5. Besondere Gefahren bei Feuerwehreinsätzen in Biogasanlagen

Aufgrund der oben dargestellten Zusammensetzung von ABC-Gefahrstoffen im Biogas sind folgende besonderen Gefahren im Bereich von Biogasanlagen zu beachten.

- **Atemgifte**
- **Brandgefahr**
- **Explosionsgefahr**
- **Elektrizität**
- **Verbrennungsgefahr an den Zuleitungen**

5.1 Gefahr durch Atemgifte

Methan ist ungiftig, die Aufnahme von Methan kann allerdings zu erhöhter Atemfrequenz (Hyperventilation) und erhöhter Herzfrequenz führen, es kann kurzzeitig niedrigen Blutdruck, Taubheit in den Extremitäten, Schläfrigkeit, mentale Verwirrung und Gedächtnisverlust auslösen, alles hervorgerufen durch Sauerstoffmangel.

Schwefelwasserstoff ist ein übelriechendes, farbloses, stark giftiges Gas, das brennbar und in Wasser wenig löslich ist. Durch seine hohe Dichte sammelt sich das Gas am Boden sowie in Gruben und Schächten.

Schwefelwasserstoff hat die Fähigkeit, die Geruchsrezeptoren zu betäuben, wodurch höhere Konzentrationen unter Umständen nicht mehr über den Geruch wahrgenommen werden können. Der Schwellwert für die Betäubung der Geruchsrezeptoren liegt bei einer Konzentration ab 100 ppm H₂S.

Beim Menschen treten folgende physiologische Wirkungen ein:

- ≈ 100 ppm: Reizung der Schleimhäute an Auge und Atemwegen, Speichelfluss, Hustenreiz, Betäubung der Geruchsrezeptoren
- > 200 ppm: Kopfschmerz, Atembeschwerden
- > 300 ppm: Brechreiz
- ≈ 500 ppm: Kraftlosigkeit, Benommenheit, Schwindel
- > 500 ppm: Krämpfe, Bewusstlosigkeit

Langzeit-Einwirkung unter niedrigen Dosen kann zu Müdigkeit, Appetitlosigkeit, Kopfschmerzen, Gereiztheit, Gedächtnisschwäche und Konzentrationsschwäche führen.

Beim Menschen ergeben sich konzentrationsabhängig lebensbedrohliche Vergiftungserscheinungen:

- < 100 ppm: nach mehreren Stunden
- > 100 ppm: < 1 Stunde
- ≈ 500 ppm: lebensgefährlich in 30 Minuten
- ≈ 1.000 ppm: lebensgefährlich in wenigen Minuten
- ≈ 5.000 ppm: tödlich in wenigen Sekunden

Das bedeutet, dass H₂S-Konzentrationen von 0,1 Vol.-% (1000 ppm) nach wenigen Minuten und solche von 0,5 Vol.-% (5000 ppm) nach wenigen Sekunden tödlich wirken. Bewusstlosigkeit tritt bei solchen Konzentrationen schon innerhalb eines oder mehrerer Atemzüge ein.

Der hohe Anteil von **Kohlenstoffdioxid** im Biogas führt zu Erstickungsgefahr in tiefer liegenden Bereichen.

Aus dem Annahmehereich, dem Gärrückstandbehälter sowie bei der Substrateinbringung (Vorgrube, Hydrolyse, Hygienisierung, Mischbehälter etc.) können unter Umständen Atemgifte (CH₄, H₂S, CO₂, NH₃ etc.) entweichen. Die Entstehung und Freisetzung dieser Stoffe werden von den chemischen und physikalischen Bedingungen im Substrat beeinflusst. Beim Vermischen von Stoffen mit unterschiedlichem pH-Wert oder beim Vermischen von bereits an gegorenem Material mit wärmeren Substraten können schlagartig H₂S, CO₂ und NH₃ entstehen.

5.2 Gefahr durch Brand/Explosion

Biogas wird in der Regel unter Folienhauben gespeichert. Versuche haben gezeigt, dass bei einer durchgebrannten Folie keine akute Explosionsgefahr besteht, solange das Gas an der Leckage vollständig abbrennt bzw. solange das austretende Gas abgefackelt wird. Sie tritt nur dann auf, wenn das Gas unkontrolliert ausströmt und durch eine Zündquelle entzündet wird.

Die Bereiche, in denen während des normalen Betriebes einer Anlage mit explosiblen Gas-Luftgemischen zu rechnen ist (Ex-Zonen), sind mit einem Hinweisschild gekennzeichnet. Weiterhin müssen ein Ex-Zonenplan und ein Explosionsschutzdokument an der Anlage vorliegen.

Die sicherheitstechnischen Kennzahlen dazu sind:

Bei einem Volumenanteil zwischen 4,4 und 16,5 Prozent in der Luft bildet **Methan** explosive Gemische bzw. gefährliche explosionsfähige Atmosphären. Diese Explosionsgrenzwerte gelten unter normalen Luftbedingungen. Bei höheren CO₂-Konzentrationen (z. B. in einer Biogas-Anlage) wird der Explosionsbereich kleiner.

Methan ist hoch entzündlich, die Zündtemperatur liegt bei 600°C.

Schwefelwasserstoff bildet leicht entzündliche Gas-Luft-Gemische. Der Explosionsbereich liegt zwischen 4,3 Vol.-% als untere Explosionsgrenze (UEG) und 45,5 Vol.-% als obere Explosionsgrenze (OEG).

Bei Anlagen, die Feststoffe annehmen (insbesondere Substrate aus der Lebensmittelproduktion wie z.B. Milchpulver, etc.) kann zudem die Gefahr von Staubexplosionen im Anlieferungs- und Umschlagbereich bestehen.

5.3 Elektrizität

Im Bereich des BHKW bzw. der Einspeisung in das öffentliche Stromnetz sind Gefahren durch Elektrizität möglich. Die Einspeisung erfolgt in das Niederspannungs- oder Hochspannungsnetz (bis 30 kV – Beim Löschen Mindestabstände gemäß DIN VDE 0132 beachten!).

5.4 Verbrennungsgefahr

Am BHKW, an Zuleitungen zum Wärmespeicher und am Wärmespeicher selber besteht die Gefahr von Verbrennungen. Bei Leitungsbruch besteht Verbrühungsgefahr durch austretendes heißes Wasser und/oder Wasserdampf.

5.5 Weitere Gefahren bei Anlagen zur Biogasaufbereitung und Netzeinspeisung

Bei Biogasanlagen, welche das erzeugte Rohbiogas nicht in einem BHKW verwenden, sondern in das Erdgasnetz einspeisen, ist in aller Regel eine Aufbereitung des Rohbiogas zwingend.

Hierbei muss insbesondere das CO₂, sowie Feuchtigkeit und störende Fremdgase (H₂S, NH₃, etc.) aus dem Rohbiogas mittels entsprechender chemisch-physikalischer Prozessschritte entzogen werden. Solche Anlagen sind mit chemischen Industrieanlagen vergleichbar und besitzen – je nach Verfahren – entsprechende chemische und physikalische Gefahren durch Anlagentechnik und eingesetzte Hilfsstoffe.

Für die Netzeinspeisung sind zudem Erdgas - Kompressoren notwendig, zudem ist in der Regel eine Odorierung mittels zumeist giftiger und brennbarer Hilfsstoffe (Tetrahydrothiophen / THT, tert-Butylmercaptan / TBM oder Acrylsäuremethylester) notwendig.

6. Maßnahmen

Aufgrund der Beteiligung von ABC-Gefahrstoffen bei Unfällen in Biogasanlagen ist die Feuerwehrrdienstvorschrift 500 „Einheiten im ABC-Einsatz“ (FwDV 500) anzuwenden.

6.1 Allgemeine Maßnahmen

Allgemeine Einsatzgrundsätze nach FwDV 500

- Windrichtung beachten (Anfahrt, Einsatzverlauf)
- Abstand halten
- Eigenschutz beachten (Atemgifte, Ex-Gefahr)
- Gefahrenbereich sofort absperren
- Umluftunabhängiger Atemschutz (PA), Körperschutz
- Zündquellen vermeiden
- Prüfröhrchen (H₂S) / Messgerät (H₂S-Sensor) / Ex-Messungen durchführen
- Unbedingt weitere Ausbreitung beobachten

Allgemeine taktische Hinweise zur Einsatzdurchführung

- Bei der Anfahrt Windrichtung beachten, möglichst mit dem Wind anfahren. Achtung auch bei der Anfahrt, ohne Messung kein Aussteigen aus dem Fahrzeug ohne Atemschutz. Bodensenken meiden.

- Abstand halten, eher über 50 m, da hohe H₂S-Konzentrationen möglich sein können. Fahrzeugaufstellung außerhalb des Ex-Bereiches und unterhalb ETW von H₂S (ETW-4: 20 ppm).
- Nur unbedingt notwendiges Personal im Gefahrenbereich einsetzen.
- Grundsätzlich unter geeignetem umluftunabhängigem Atemschutz vorgehen.
- Unmittelbaren Gefahrenbereich im Freien räumen und in Abhängigkeit von ermittelten ETW großräumig absperren.
- Permanente Ex-Messungen
- Mehrgas-Messgeräte und Prüfröhrchen-Messungen
- Zündquellen meiden
- Ex-geschützte Geräte und nicht funkenreißendes Werkzeug verwenden
- Fachpersonal / Betreiberpersonal dazu ziehen

Achtung:

Ausreichenden Sicherheitsabstand einhalten!

Umluftunabhängigen Atemschutz im Gefahrenbereich tragen!

Windrichtung beachten!

Ex-Bereich überprüfen und beachten (CH₄, H₂S)

Spezielle einsatztaktische Hinweise

6.2 Menschenrettung ohne Brand

- Anfahren möglichst mit dem Wind
- Fahrzeugaufstellung außerhalb des Gefahrenbereichs wegen Ex-Gefahr und Atemgifte, Änderung der Windrichtung beachten.
- Menschenrettung unter Atemschutz
- Brandschutz sicherstellen

6.3 Biogasaustritt ohne Brand

Grundsätzlich gelten die gleichen Punkte wie unter 6.1 aufgeführt!

Einige Punkte sind besonders zu beachten:

- Möglichst Betreiber der Anlage hinzuziehen. Feuerwehrplan beachten.
- Großräumige Absperrung vielleicht notwendig – ETW überprüfen (H₂S)
- Permanent, großräumig und umfassend Ex-Gefahr - v.a. in Senken - überwachen!

- Brandschutz sicherstellen
- Anlage möglichst mit Hilfe Betreiber herunterfahren.
- Not-Aus betätigen
- Gaszufuhr absperren
- Fachkundige Personen hinzuziehen

Hinweis: Die Biogasproduktion lässt sich nicht sofort abstellen. Auch wenn die Nachfüllung sofort eingestellt wird, wird noch mehrere Tage Biogas produziert. Es kann zu Überdruck und Austritt von Biogas und/oder Gärmaße kommen. In Abstimmung mit dem Betreiber können ggf. das BHKW und die Fackel weiter betrieben werden.

Umweltgefährdung durch Substrataustritt

- Auffangvolumen der Anlage für Gülle nutzen, Betreiber hinzuziehen
- Auffangen / Eindeichen von Substrat
- Einlauf in offene Gewässer verhindern

6.4 Biogasaustritt mit Brand

Grundsätzlich gelten die gleichen Punkte wie unter 6.1 und 6.2 aufgeführt!

Einige Punkte sind besonders zu beachten:

- Sicherheitseinrichtungen betätigen (Not-Aus, Gasschieber)
- Öffnungen zu anderen Gebäuden sichern
- Brennende Gasleitungen brennen lassen
- Sicherheitsabstände bei elektrischen Anlagen beachten

Feuer am Fermenter oder am Gasleitungssystem

- Nicht löschen, solange die Gaszufuhr nicht abgesperrt wurde
- Restgas kontrolliert abbrennen lassen
- Umgebung schützen
- Gefahren durch Bildung giftiger Gase im Brandrauch beachten (z.B. SO₂, weiße Farbe des Rauches)

Feuer am/im BHKW oder Gasaufbereitungsanlage

- Gasleitungen absperren und Not-Aus betätigen
- Dreifachen Löschangriff vorbereiten (Schaum (Austritt von Zündöl), Pulver, CO₂)
- Sicherheitsabstände für elektrische Anlagen gemäß DIN VDE 0132 beachten, insbesondere beim Schaumeinsatz
- Einsatzunterlagen auf besondere Gefahren und C-Gefahrstoffe sowie weitere Notfall-Anweisungen konsultieren

Feuer im Schaltschrankraum, Niederspannungsverteiler oder Transformator

- Gasleitungen absperren und Not-Aus betätigen
- Strom abschalten
- Löschen bevorzugt mit CO₂ / Abstände und Löschmittel gemäß DIN VDE 0132

Brand an Gebäudeteilen oder –isolierung

- Löschen mit Wasser, Schaum und/oder CO₂.
- Anlagenteile, insbesondere Gaslager vor Wärmestrahlung, Funkenflug, Flugfeuer schützen.
- Öffnungen zu anderen Gebäudeteilen sichern.

7. Einsatzvorbereitung

Einsatzunterlagen

Nachstehende Unterlagen können vorhanden sein:

- Betriebsanleitungen, erstellt durch den Betreiber der Anlage
- Explosionsschutzdokument gemäß Betriebssicherheitsverordnung (insbesondere Übersicht der Ex-Zonen)
- **„Feuerwehrpläne für bauliche Anlagen“** nach DIN 14095, erstellt durch den Betreiber im Benehmen mit der Feuerwehr
- **Einsatzpläne** mit Alarm- und Ausrückeordnung, erstellt durch die Feuerwehr, die allgemein folgende Informationen liefern sollten:
 - Anfahrt, Rettungswege, Löschwasserentnahme, Löschwasserrückhaltung, Auffangbehälter für Gülle
 - Fachberater, fachkundige Personen, Behörden, TUIS
 - Gefahrenbereiche mit Gefahrengruppen anhand von Lage- und Grundrissplänen
 - Krankenhäuser, Spezialkliniken, Rettungsdienste, Fachärzte
 - Unternehmen mit Spezialausrüstungen wie Saug- oder Tankwagen
 - Reservekräfte sowie Nachschub von Material und Verpflegung

8. Weiterführende Informationen

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2007 / 2018): „Biogashandbuch“
<http://www.lfu.bayern.de> unter: „Energie > Biogashandbuch“
Oder <https://www.lfu.bayern.de/energie/biogashandbuch/index.htm>

Arbeitshilfen, Hintergrundinformationen und Literatursammlung zu Sicherheit und Technik
Fachverband Biogas, www.biogas.org
<https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE-Technik-und-Sicherheit>

Kommission für Anlagesicherheit (KAS), Sicherheitstechnische Anforderungen an Biogasanlagen, TRAS 120
<https://www.kas-bmu.de/tras-entgeltige-version.html>

Literaturliste und Informationen zu Arbeits- und Gesundheitsschutz bei Biogas, Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM)
<https://www.bgetem.de/arbeitssicherheit-gesundheitsschutz/brancheninformationen1/energie-versorgung/biogas>