

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---------|---|----|
| 2.2.2 | Immissionsschutz, einschließlich Klimaschutz | 3 |
| 2.2.2.1 | Emissionen von Biogasanlagen | 3 |
| 2.2.2.2 | Immissionsschutztechnische Anforderungen | 3 |
| 2.2.2.3 | Anwendbarkeit der Störfall-Verordnung (12. BImSchV) auf Biogasanlagen | 20 |
| 2.2.2.4 | Lärmschutz | 21 |
| 2.2.2.5 | Einteilung von Biogasanlagen hinsichtlich der Anforderungen zur Luftreinhaltung | 23 |
| 2.2.2.6 | Auflagenvorschläge zum Immissionsschutz für Biogasanlagen | 23 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-----------------------------|--|
| °C | Grad Celsius |
| BHKW | Blockheizkraftwerk |
| CH ₄ | Methan |
| CO ₂ | Kohlendioxid |
| EEG | Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien |
| g | Gramm |
| H ₂ | Wasserstoff |
| H ₂ S | Schwefelwasserstoff |
| kg | Kilogramm |
| m ³ | Kubikmeter |
| mbar | Millibar |
| mg | Milligramm |
| m _N ³ | Kubikmeter bei Normbedingungen (1,013 bar, 0° C, 0% Luftfeuchte) |
| MSR | Mess-, Schalt- und Regeltechnik |
| MW | Megawatt |
| NawaRo | Nachwachsende Rohstoffe |
| NH ₃ | Ammoniak |
| oTS | organische Trockensubstanz |
| pH | neg. dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration = Säuregrad |
| ppm | parts per million |
| R ['] w | bewertetes Schalldämmmaß |
| RZ | Rußzahl |
| t | Tonne |
| TS | Trockensubstanz |

2.2.2 Immissionsschutz, einschließlich Klimaschutz

Gerald Ebertsch¹, Alexander Fiedler², Ralf Beck¹, Thomas Karrasch³, Bernhard Zell¹, Bernhard Ruttko¹

2.2.2.1 Emissionen von Biogasanlagen

Beim Betrieb von Biogasanlagen können in Abhängigkeit der angewandten Technologie und der eingesetzten Substrate mehr oder weniger relevante Emissionen von Luftschadstoffen an verschiedenen Stellen der Anlage entstehen.

Besonders bei nahe gelegener Nachbarschaft können Geruchsemissionen aus Biogasanlagen zu Belästigungen führen und Anlass für Beschwerden sein. Geruchsemissionen können bei der Substratanlieferung, der Substratlagerung und bei der Einbringung der Substrate in den Fermenter entstehen. Auch bei der Freisetzung von Biogas z.B. bei Ansprechen der Sicherheitseinrichtungen von gasführenden Anlagenteilen, bei Betriebsstörungen oder bei alterungsbedingter Biogasdifffusion durch Membranen (z.B. Fermenter) können erhebliche Geruchsemissionen entstehen.

Bei der motorischen Nutzung des Biogases werden Staubemissionen, Emissionen an Stickstoffoxiden (NO_x), Schwefeloxiden (SO_x), Kohlenmonoxid (CO) und Formaldehyd (HCHO) freigesetzt.

Ammoniak (NH₃)- und Geruchsemissionen können besonders von nicht abgedeckten Gärsubstratendlagern verursacht werden. Besondere Bedeutung kommt der Freisetzung des klimarelevanten Methans (CH₄) aus nicht abgedeckten Gärrestlagern zu. Das Ausmaß der Methanfreisetzung aus offenen Gärrestlagern hängt wesentlich von der Auslegung der Fermenter ab, insbesondere von der Raumbelastung bzw. der effektiven Verweilzeit der Substrate im Fermenter. Zu geringe Verweilzeiten der Substrate bedingen einen nur teilweisen Abbau der organischen Substanz, so dass durch die in Gärrestlagern stattfindenden Nachgärprozesse hohe Restgasemissionen an Methan entstehen können. Belegt wird dies durch die Ergebnisse des Biogas-Messprogramms II des Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) [1]. Die Reduzierung der klimarelevanten Methanemissionen beim Betrieb von Biogasanlagen ist aufgrund der aktuellen Klimadiskussionen von besonderer Bedeutung und wird deshalb in diesem Kapitel mitbehandelt.

Zu den verschiedenen Schadstoffen und deren Emissionsrelevanz, die in Abhängigkeit von Anlagengröße, Bauart, dem Anlagen- und Wartungszustand, der momentanen Betriebsweise und in Abhängigkeit von der Art und Menge der verschiedenen Substrate hinsichtlich Qualität und Quantität stark variieren können, wird auch auf das Kap. „Umweltwirkungen“ unter der Nr. 1.6.2 „Gasförmige Emissionen“ verwiesen. Neben den Emissionen an Luftschadstoffen werden beim Betrieb von Biogasanlagen besonders im Bereich der Motoranlage Schallemissionen verursacht.

2.2.2.2 Immissionsschutztechnische Anforderungen

2.2.2.2.1 Grundlagen

Regelungen zum Immissionsschutz enthält grundsätzlich das „Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) vom 15.03.1974 (BGBl. I S. 721, 1193) in der jeweils geltenden Fassung. Dort sind im § 5 die Pflichten der Betreiber immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftiger Anlagen und im § 22 die Pflichten der Betreiber immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen geregelt.

¹ Bayerisches Landesamt für Umwelt

² Regierung von Oberbayern

³ Landratsamt Traunstein

Nach dem § 22 BImSchG sind immissionsschutzrechtlich **nicht genehmigungsbedürftige** Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass

- schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind,
- nach dem Stand der Technik unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden und
- die beim Betrieb der Anlagen entstehenden Abfälle ordnungsgemäß beseitigt werden können.

Für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlagen gelten weitergehende Anforderungen. Nach § 5 Abs. 1 BImSchG sind **genehmigungsbedürftige** Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt

- schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können;
- Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen getroffen wird, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen;
- Abfälle vermieden, nicht zu vermeidende Abfälle verwertet und nicht zu verwertende Abfälle ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit beseitigt werden; (...)
- Energie sparsam und effizient verwendet wird.

Der § 5 Abs. 3 BImSchG enthält darüber hinaus Anforderungen im Hinblick auf eine Betriebseinstellung von genehmigungsbedürftigen Anlagen. Dabei ist u.a. nach der Betriebseinstellung die Wiederherstellung eines ordnungsgemäßen Zustandes des Betriebsgeländes zu gewährleisten. Hinweis: Bei Biogasanlagen kann unabhängig davon eine Rückbauverpflichtung i. S. v. § 35 Abs. 5 Satz 2 Halbsatz 1 des Baugesetzbuches (BauGB) notwendig werden.

Technische Anforderungen zum Immissionsschutz enthalten insbesondere die beiden Allgemeinen Verwaltungsvorschriften zum Bundes-Immissionsschutzgesetz „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft“ und „Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm“. Weiterhin wird auf die folgenden einschlägigen Richtlinien des VDI hingewiesen, die den Stand der Technik beschreiben und insofern beim jeweiligen Anwendungsfall zu beachten sind:

VDI 3475 Blatt 1

Emissionsminderung - Biologische Abfallbehandlungsanlagen - Kompostierung und Vergärung; Anlagenkapazität mehr als ca. 6000 Mg/a (2003-01)

VDI 3475 Blatt 2

Emissionsminderung - Biologische Abfallbehandlungsanlagen - Kompostierung und Co-Vergärung - Anlagenkapazität bis ca. 6000 Mg/a (2005-12)

VDI 3475 Blatt 3

Emissionsminderung - Anlagen zur mechanischen und biologischen Behandlung von Siedlungsabfällen (2006-12)

VDI 3475 Blatt 4

Emissionsminderung – Biogasanlagen in der Landwirtschaft, Vergärung von Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger (August 2010)

Hinweis: In einer landwirtschaftlichen Biogasanlage im Sinn der VDI 3475, Blatt 4 werden Substrate landwirtschaftlicher, gartenbaulicher oder forstwirtschaftlicher Herkunft eingesetzt. Dazu gehören insbesondere Wirtschaftsdünger (Gülle, Jauche, Festmist), Ernteprodukte landwirtschaftlicher Nutzflächen (NawaRo), am Markt nicht realisierte landwirtschaftliche Produkte (z.B. Alkohol (Branntwein-Monopol), Säfte, Milch) aus landwirtschaftlichen Betrieben und Genossenschaften, Koppelprodukte dieser Herstellungen (z.B. Schlempen, Trester, Rapskuchen) und Substrate, die laut Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) dem NaWaRo-Bonus unterliegen.

Anforderungen an immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Biogasanlagen

Für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Biogasanlagen (s. Kap. 2.1 „Formale Anforderungen, Ablauf des Genehmigungsverfahrens“) ergeben sich die Anforderungen zur Luftreinhaltung aus der TA Luft. Dabei sind die Anforderungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen (Nr. 4 der TA Luft, „Immissionsteil“) und die Anforderungen zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen (Nr. 5 der TA Luft, „Emissionsteil“) zu beachten.

- Anforderungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen

Anforderungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Immissionen können sich für Biogasanlagen aufgrund der Nr. 4.4.2 der TA Luft ergeben. Dabei ist zu prüfen, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen (z.B. Baumschulen, Kulturpflanzen) und von Ökosystemen durch die Einwirkung von Ammoniak gewährleistet ist. Des Weiteren ist nach Nr. 4.8 der TA Luft auch der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme durch Stickstoffdeposition zu prüfen, sofern Anhaltspunkte dafür vorliegen. Mit der Umsetzung der in Abschnitt 2.2.2.2.9 „Gärrestlagerung“ beschriebenen Maßnahmen ist der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Ammoniak sowie vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme durch Stickstoffdeposition i.d.R. sichergestellt, so dass zukünftig die o.g. Prüfungen entfallen können.

- Anforderungen zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen

Die Anforderungen zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen leiten sich aus der Nr. 5 der TA Luft ab. Allgemeine Anforderungen zur Emissionsbegrenzungen sind in der Nr. 5.2 genannt. Anforderungen zur Emissionsminderung staubförmiger Stoffe beim Einsatz staubender Substrate ergeben sich aus der Nr. 5.2.3 der TA Luft. Für Anlagen, die im bestimmungsgemäßen Betrieb oder wegen betrieblich bedingter Störanfälligkeit geruchsintensive Stoffe emittieren, enthält die Nr. 5.2.8 der TA Luft Anforderungen zur Emissionsbegrenzung. Bei Biogasanlagen können die Gülle- und Gärrestlagerung, ggf. die Anlieferung und Lagerung der Gärsubstrate sowie das Eingabeverfahren betroffen sein.

Anforderungen zur Begrenzung der Emissionen aus Biogasmotoren ergeben sich aus der Nr. 5.4.1.4 der TA Luft. Die zugehörigen Anforderungen zur Messung und Überwachung der Emissionen enthält die Nr. 5.3 der TA Luft. Anforderungen zur Ableitung von Abgasen ergeben sich aus Nr. 5.5 der TA Luft.

Abstandsregelungen

Bei Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen sind die Anforderungen der Nr. 5.4.8.6.1 der TA Luft zu beachten. Bei Anlagen mit einer Durchsatzleistung von 10 t Abfällen je Tag oder mehr soll bei der Errichtung ein Mindestabstand

- bei geschlossenen Anlagen von 300 m
- und bei offenen Anlagen von 500 m

zur nächsten vorhandenen Wohnbebauung oder in einem Bebauungsplan festgesetzten Wohnbebauung nicht unterschritten werden. Der Mindestabstand kann dann unterschritten werden, wenn die Emissionen an Geruchsstoffen durch primärseitige Maßnahmen gemindert werden oder das geruchsbeladene Abgas in einer Abgasreinigungseinrichtung behandelt wird. Die TA Luft führt in Nr. 5.4.8.6.1 bauliche und betriebliche Anforderungen auf; es ist zu prüfen, ob diese anzuwenden sind.

Eine Abstandsregelung ist in der Nr. 5.4.9.36 der TA Luft auch für Anlagen zur Lagerung von Gülle vorgesehen, die unabhängig von Anlagen zum Halten oder zur Aufzucht von Nutztieren betrieben werden. Hier gilt bei Anlagen zur Lagerung von Gülle mit einem Fassungsvermögen von 6500 m³ oder mehr ein Mindestabstand zur nächsten vorhandenen Wohnbebauung oder zur in einem Bebauungsplan festgesetzten Wohnbebauung von 300 m. Auch hier kann der Mindestbestand unterschritten werden, wenn die Emissionen an Geruchsstoffen durch primärseitige Maßnahmen gemindert oder das geruchsbeladene Abgas in einer Abgasreinigungseinrichtung behandelt wird. Die durch die Minderung der Emissionen an Geruchsstoffen mögliche Verringerung des Mindestabstandes ist mit Hilfe eines

geeigneten Modells zur Geruchsausbreitungsrechnung festzustellen, dessen Eignung der zuständigen Fachbehörde nachzuweisen ist. Die Nr. 5.4.9.36 der TA Luft enthält ansonsten weitere bauliche und betriebliche Anforderungen zur Lagerung von Flüssigmist.

Hinweis:

Gem. Schreiben des StMUGV vom 24.03.2005 sind Gärrestelager genehmigungsrechtlich nicht dem o.g. Anlagentyp zuzuordnen.

Anforderungen an nicht immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Biogasanlagen

Soweit im Hinblick auf die Pflichten von Betreibern immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen nach § 22 BImSchG zu beurteilen ist, ob schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen vorliegen, sollen die in der Nr. 4 der TA Luft festgelegten Grundsätze zur Ermittlung und Maßstäbe zur Beurteilung von schädlichen Umwelteinwirkungen herangezogen werden. Die Ermittlung von Immissionskenngößen nach Nummer 4.6 unterbleibt, soweit eine Prüfung des Einzelfalls ergibt, dass der damit verbundene Aufwand unverhältnismäßig wäre. Tragen nicht genehmigungsbedürftige Anlagen zum Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen in relevanter Weise bei, ist zu prüfen, ob die nach dem Stand der Technik gegebenen Möglichkeiten zu ihrer Vermeidung ausgeschöpft sind. Nach dem Stand der Technik unvermeidbare schädliche Umweltauswirkungen sind auf ein Mindestmaß zu beschränken (siehe Nr. 1 Anwendungsbereich der TA Luft).

Da auch bei immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftigen Biogasanlagen relevante Ammoniakemissionen freigesetzt werden können, wäre zu beurteilen, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und von Ökosystemen durch die Einwirkung von Ammoniak gewährleistet ist (s. Nr. 4.4.2 der TA Luft). Solche Prüfungen können mit der Umsetzung der im Abschnitt 2.2.2.2.9 „Gärrestelagerung“ beschriebenen Maßnahmen entfallen. Soweit immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftige Anlagen zum Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen in relevanter Weise beitragen, können auch bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen die in der Nr. 5 der TA Luft festgelegten Vorsorgeanforderungen für genehmigungsbedürftige Anlagen als Erkenntnisquelle herangezogen werden.

Ableitung der Anforderungen für Biogasanlagen

In den folgenden Kapiteln werden die erforderlichen Maßnahmen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen bei Biogasanlagen entlang der Verfahrenskette bzw. dem Materialfluss beschrieben. Zur Systematisierung der Anforderungen wurde im Kap. 2.2.2.5 ein Einteilungsschema für Biogasanlagen erarbeitet, für das im Kap. 2.2.2.6 ein gestuftes Anforderungsprofil in Form von Auflagen zum Immissionsschutz vorgeschlagen wird. Bei der Anwendung des gestuften Anforderungsprofils können in den meisten Fällen aufwändige Prüfungen nach der Nr. 4.4.2 der TA Luft im Hinblick auf die Einwirkungen von Ammoniak bzw. nach der Nr. 5.2.8 der TA Luft im Hinblick auf Belästigungen durch Geruchsemissionen vermieden werden.

2.2.2.2.2 Anlieferung und Lagerung der Gärsubstrate

Anlieferung

- Staub

Abhängig von den Eigenschaften der Einsatzstoffe (Substrate und Kosubstrate), der Häufigkeit der Anlieferung dieser Stoffe, der Menge und der jeweils gewählten Transport-, Umlade- und Lagerform sowie vom Zustand und Reinigungsgrad der Transportwege können relevante diffuse Staubemissionen auftreten. Wenn staubende Stoffe, wie Getreidespelzen, Knochenmehl, trockener Hühnerkot, Milchpulver usw. eingesetzt werden, sollten deshalb geeignete Maßnahmen zur Staubemissionsminderung bei der Anlieferung, der Lagerung dieser Stoffe und bei der Einbringung in die Vorgrube bzw. in den Fermenter ergriffen werden.

Maßnahmen sind z.B. Anlieferung und Transport solcher Stoffe in geschlossenen Behältnissen (Silofahrzeuge, Container, Abdeckplanen, geschlossene Gebinde o.ä.) sowie die Lagerung möglichst in geschlossenen Räumen oder abgedeckten Lagerboxen.

- Geruch

Beim Anliefern und Umladen/Umfüllen von geruchsintensiven bzw. besonders geruchsintensiven Stoffen kann es weiterhin zu relevanten Geruchsemissionen kommen.

Beim Einsatz von besonders geruchsintensiven Substraten (z.B. feuchter Hühnerkot, Abfälle aus der Biotonne, Küchen- und Kantinenabfälle, in Fäulnis übergehende Gemüseabfälle usw.) sind die Geruchsemissionen durch die Anlieferung in geschlossenen Behältnissen zu minimieren.

Lagerung

- Geruchsintensive Substrate

Geruchsintensive Substrate sind in geschlossenen Räumen oder abgedeckten Lagerboxen zu lagern und möglichst unverzüglich weiterzuverarbeiten. Bei der Lagerung in geschlossenen Räumen können Geruchsemissionen ggf. durch geeignete Abgaserfassung und die Reinigung der Abgase in biologischen oder anderen geeigneten Abgasreinigungsanlagen weiter reduziert werden.

- Silagen

Das Kapitel 2.2.4.6 „Wasserwirtschaft“ des Biogashandbuch Bayern sowie das gemeinsame Merkblatt „Silagesickersaft und Gewässerschutz“ [2] enthalten Hinweise zum Silomanagement und zur baulichen Ausführung, die auch zur Geruchsemissionsminderung beitragen. Dazu sind Silagen entsprechend hydraulisch zu bemessen, sodass die geruchsintensiven Silagesickersäfte über geeignete Systeme an den Austrittsstellen erfasst, in geschlossenen Auffangbehältern gesammelt oder in die Biogasanlage zur Verwertung (Vorgrube oder Fermenter) abgeführt werden.

Bei Silagen können Geruchsemissionen, die über das ortsübliche Maß hinausgehen, auftreten, wenn die Silagen nicht ordnungsgemäß konserviert und nicht fachgerecht betrieben werden. Ursachen für Geruchsemissionen können sein:

- breitflächig austretender bzw. nicht aufgefangener Silagesickersaft,
- mit Silageresten und Sickersäften verschmutzte Fahrflächen,
- Fehlgärungen, z.B. aufgrund mangelhafter Verdichtung der Silage (Geruch nach Buttersäure, Essigsäure).

Bei unabgedeckten Silagen können sich – abgesehen von einem Ertragsverlust durch aerobe Zersetzung an der Oberfläche – die Emissionen durch Fehlgärungen und ggf. vermehrt austretenden Sickersäften zusätzlich erhöhen. Das Abdecken von Silagen mit Folien ist aus ökologischen und ökonomischen Gründen sinnvoll.

Der Futterstock von Silagen soll deshalb mit geeigneten Planen/Folien möglichst luftdicht abgedichtet werden. Dabei ist insbesondere auf eine geeignete Fixierung der Planen zu achten. Die Anschnittsfläche ist bei zu erwartendem Starkregen abzudecken. Die befestigten Siloplaten und Rangierflächen sind nach jeder Entnahme zu reinigen.

Hinweis:

Bei auftretenden Problemen mit austretenden Silagesickersäften können die fachkundigen Stellen der Wasserwirtschaftsverwaltung hinzugezogen werden. Bei nicht fachgerecht ausgeführten Silagen können die Landwirtschaftsämter hinzugezogen werden.

- Güllelagerung

Die Lagerung von Gülle ist im Regelfall der landwirtschaftlichen Tierhaltung zuzuordnen.

In den Fällen, in denen keine landwirtschaftliche Tierhaltung vorhanden ist und Gülle (zwischen-) gelagert wird, ist Folgendes zu beachten:

Es wird empfohlen, Gülle zur Vermeidung von Geruchs- und Ammoniakemissionen in Anlehnung an die Nr. 5.4.7.1 (Buchstabe h) bzw. 5.4.9.36 (Buchstabe b) der TA Luft möglichst in geschlossenen Behältern zu lagern. Alternativ können gleichwertige Maßnahmen zur Emissionsminderung getroffen werden, die einen Emissionsminderungsgrad (bezogen auf den offenen Behälter ohne Abdeckung) von mindestens 80 % der Emissionen an geruchsintensiven Stoffen und Ammoniak erreichen. Ggf. ist im Einzelfall in Abhängigkeit der ergriffenen Maßnahmen und der örtlichen Verhältnisse noch zu prü-

fen, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und von Ökosystemen durch die Einwirkung von Ammoniak gewährleistet ist. Auf die Ausführungen im Kapitel 2.2.2.2.9 wird verwiesen.

Künstliche Schwimmschichten sind nach etwaiger Zerstörung durch Aufrühren oder Ausbringungsarbeiten nach Abschluss der Arbeiten unverzüglich wieder funktionstüchtig herzustellen.

Bei der Lagerung von Rinderflüssigmist ist keine zusätzliche Abdeckung erforderlich, wenn sich eine natürliche Schwimmdecke bildet.

Bei immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen zur Lagerung von Gülle, die unabhängig von Anlagen zum Halten oder zur Aufzucht von Nutztieren betrieben werden (Anlagen nach Nr. 9.36 des Anhangs zur 4. BImSchV), sind die Anforderungen der Nr. 5.4.9.36 der TA Luft zu beachten.

Hinweis:

Die Abdeckung mit Strohhäckseldecken kann zu höheren Methanemissionen führen. Die Abdeckung mit Stroh sollte deshalb vermieden werden. Empfohlen werden z.B. Beton- oder Holzabdeckungen bzw. die Abdeckung mit Folien. Alternativen können z.B. inerte Schwimmkörper sein.

- Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen

Bei Biogasanlagen gem. Nr. 8.6 des Anhangs zur 4. BImSchV können nach Prüfung des Einzelfalls zur Emissions- bzw. Geruchsminderung unter Bezugnahme auf die Nr. 5.4.8.6.1 der TA Luft die folgenden baulichen und betrieblichen Maßnahmen zur Anwendung kommen:

- ausreichende Dimensionierung der Lagerkapazität,
- Prozesswasser ist sicher aufzufangen und soll prozessintern weiter verwendet werden,
- in geschlossenen Anlagen oder offenen Anlagen mit einer Absaugeinrichtung sind staubhaltige Abgase an der Entstehungsstelle, z.B. beim Zerkleinern, Absieben oder Umsetzen so weit wie möglich zu erfassen.

Eine geschlossene Ausführung der Aufgabebunker mit Fahrzeugschleuse bzw. die Absaugung der Bunkerabgase und Zuführung zu einer Abgasreinigung bei geöffneter Halle und beim Entladen der Bioabfälle kommen im Einzelfall bei größeren Anlagen in Frage. Gemäß VDI 3475, Blatt 1, sind der Anlieferungs- und Aufbereitungsbereich ab einem Anlagendurchsatz von 6.000 Mg/a einzuhausen, die Abluft ist zu fassen und zu reinigen.

Für Anlagen < 6.000 Mg/a sind die Hinweise in VDI 3475, Blatt 2, Kap. 3.2.1, zu beachten. Die staubförmigen Emissionen im Abgas solcher Anlagen dürfen die Massenkonzentration von 10 mg/m³ nicht überschreiten.

Bei Anlagen mit einer Durchsatzleistung von 30 t Abfällen je Tag oder mehr dürfen gemäß TA Luft die Emissionen an geruchsintensiven Stoffen im Abgas die Geruchsstoffkonzentration von 500 GE/m³ nicht überschreiten. Für die Auslegung und den Betrieb von biologischen Abgasreinigungsanlagen sind die Anforderungen der Richtlinien VDI 3477, Biologische Abgasreinigung - Biofilter bzw. die Richtlinie VDI 3478, Biologische Abgasreinigung – Biowäscher und Rieselbettreaktoren zu beachten.

2.2.2.2.3 Substrataufbereitung, Eingabeverfahren, Vorruben

Substrataufbereitung

Bei der Aufbereitung von Kofermenten (Störstoffabtrennung, Zerkleinerung, Nassauflösung, Homogenisierung, Hygienisierung etc.) kommen in Abhängigkeit des Emissionspotentials der eingesetzten Stoffe Emissionsminderungsmaßnahmen wie Kapselung oder Ausführung in geschlossener Bauweise in Frage. Entstehende geruchsintensive Abgase sind zu erfassen und in einer geeigneten Abgasreinigungsanlage (z.B. Biofilter) zu reinigen. Für die Auslegung und den Betrieb von Biofilteranlagen sind die Anforderungen der Richtlinie VDI 3477 zu beachten.

Trockenfermentationsverfahren

Bei Trockenfermentationsanlagen (siehe auch Kap. 2.2.2.2.4), die nach dem sog. Garagenverfahren betrieben werden, können im Aufbereitungs- und Umschlagbereich von Gärsubstraten geruchsintensi-

ve Stoffe freigesetzt werden. Zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen sind Anforderungen zur Emissionsminderung zu treffen, z.B. Durchführung der Aufbereitungs- und Umschlagsarbeiten in einer geschlossenen Halle. Der Hallenbereich ist auf geeignete Weise zu entlüften. Die Abgase aus der Hallenentlüftung sind zu erfassen und über Kamine über Dach abzuleiten (Ableitbedingungen siehe Kap. 2.2.2.2.7). Die Abgaserfassung ist konstruktiv so zu gestalten, dass ggf. ein geeignetes Abgasbehandlungssystem zur Minderung von Geruchsemissionen (z.B. biologische Abgasreinigung) nachgerüstet werden kann. Auf die Nr. 5.2.8 der TA Luft wird verwiesen. Alternativ sind geschlossene Beschickungssysteme zu verwenden.

Die Hallentore sind mit Ausnahme von Ein- und Ausfahrtvorgängen geschlossen zu halten.

Eingabeverfahren, Vorgrube

Die Substrateingabe ist bei allen Anlagen so vorzunehmen, dass Staubaufwirbelungen und/oder die Freisetzung von Gerüchen vermieden werden. Bei der Befüllung entstehende Verunreinigungen sind unverzüglich zu entfernen.

Bei der Vorgrube, beim Güllelager und v.a. beim Umpumpen, Umfüllen der Gülle bzw. des Gärsubstrates und insbesondere beim sog. Einspülverfahren können in Abhängigkeit der eingesetzten Substrate in besonderem Maße Geruchsemissionen entstehen. Das offene Einspülverfahren zur Aufgabe von Feststoffen ist aufgrund der Emissionsrelevanz nicht mehr Stand der Technik und ist durch andere Eingabeverfahren zu ersetzen:

- Ausführung der Vorgrube mit einer geruchsdichten Abdeckung, die nur für kurzzeitige Befüllvorgänge geöffnet werden darf;
- Verwendung emissionsarmer Eingabeverfahren, wie Feststoffeintragssysteme. Mit abgedeckten Feststoffeintragssystemen können Geruchsemissionen wirkungsvoll vermieden werden.

Hinweis:

Gefahr durch Bildung und Freisetzung von Schwefelwasserstoff:

Schwefelwasserstoff (H₂S) wirkt bereits in geringen Konzentrationen toxisch. Beim Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen und Gülle ist die Gefährdung durch Schwefelwasserstoff erfahrungsgemäß gering.

Zur Vermeidung von Unfällen durch Freisetzung von Schwefelwasserstoff wird auf das Kapitel 2.2.5 Arbeitsschutz sowie das Informationspapier des Umweltbundesamtes „Zur Sicherheit bei Biogasanlagen“ (Stand Juni 2006) [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3097.pdf>] hingewiesen.

2.2.2.2.4 Gasführende Anlagenkomponenten, Fermenter, Gasspeicher

Durch Diffusion aus gasführenden Anlagenteilen, Undichtigkeiten, Stoffeinbringung in Vorgrube und Fermenter insbesondere aber durch Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes (z.B. bei Ansprechen der Biogas-Überdrucksicherung) sowie im Anfahrbetrieb kann es zu Gasfreisetzungen kommen. Neben sicherheitstechnischen Gesichtspunkten (s. Kap. 2.2.5 zur Anlagensicherheit) können u.a. wegen des im Biogas enthaltenen Schwefelwasserstoffs (H₂S) relevante Geruchsbelästigungen in der Nachbarschaft auftreten. Zudem wird klimaschädliches Methan freigesetzt.

Geruchsbelästigungen können auch bei der Diffusion von Biogas aus Gasspeichern oder undichten Membranabdichtungen (z.B. bei Alterung von Membranen) von Fermentern entstehen.

Die Errichtung und der Betrieb von Gasspeichern/Biogasbehältern muss unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten entsprechend den Vorgaben des Merkblatt DWA-M 376 Sicherheitsregeln für Biogasbehälter mit Membrandichtung [3] bzw. den Sicherheitsregeln für landwirtschaftliche Biogasanlagen [4] erfolgen. Nach [4] müssen Gasspeicher entsprechend gasdicht, druckfest, medien-, UV-, temperatur- und witterungsbeständig sein.

Die Materialien sollen mindestens die folgenden Anforderungen erfüllen (insbesondere Folien):

- Reißfestigkeit: mindestens 500 N / 5 cm,
- Zugfestigkeit: mindestens 250 N / 5 cm,
- Gasdurchlässigkeit bezogen auf Methan: $< 1000 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \text{ d bar})$,
- Temperaturbeständigkeit: von $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $+50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Gasspeicher sind vor Inbetriebnahme auf Dichtigkeit zu prüfen und regelmäßig zu warten. Die entsprechende Betriebsweise nach den einschlägigen Sicherheitsregeln ist auch für die Minimierung von diffusen Emissionen zielführend.

Das Austreten von Biogas ist durch entsprechende Anlagenauslegung und durch regelmäßige Anlagenüberprüfung und Anlagenwartung (siehe dazu die Vorgaben und durchzuführende Dokumentationen gemäß [3] und [4]) zu vermeiden.

Biogasfreisetzung im Anfahrbetrieb

Beim Anfahren der Anlage können Geruchsbelästigungen auftreten, wenn das entstehende Biogas in die Umgebung freigesetzt wird. Für das Anfahren landwirtschaftlicher Biogasanlagen sind spezifische Anfahrpläne zu erstellen, die die Freisetzung von Biogas in die Umgebung vermeiden bzw. eine schnellstmögliche Verwertung des erzeugten Biogases gewährleisten.

Biogasfreisetzung bei Betriebsstörungen/Wartungsarbeiten

Betriebsstörungen sind unvorhersehbare Ereignisse (z.B. Motorausfall oder Netzausfall ohne Strom-Einspeisemöglichkeit). Motorwartung wie Ölwechsel und Zündkerzenwechsel zählen nicht zu den Betriebsstörungen. Wartungsarbeiten, Betriebsstörungen (bei kleineren Störungen in der Regel unter 50 h/a) und die Betriebszeiten von Reserveeinrichtungen sind im Betriebstagebuch zur Optimierung des Anlagenbetriebs zu dokumentieren.

Gemäß der Nr. 4.3.2 der VDI 3475, Blatt 4 kann das Austreten von Biogas durch eine entsprechende Auslegung der Biogasanlagen weitgehend vermieden werden. Dazu sind ausreichend große Gasspeicher zu installieren, die Schwankungen bei der Gasproduktion oder bei der Gasabnahme puffern können. Vor dem sicherheitsgerichteten Ansprechen von Überdrucksicherungen sind Gasfreisetzungen deshalb durch die geeignete Kombination der folgenden Maßnahmen zu vermeiden:

- Vorhalten von ausreichendem Gasspeichervolumen (einschließlich Gaspuffer),
- Einbindung der Messgröße Füllstand Gasspeicher in Prozessleitsystem und Motorsteuerung (Gasspeicherregelung),
- Reduzierung der Fütterung auf ein Mindestmaß; allerdings ist damit keine unmittelbare Reduzierung der Biogasmenge verbunden,
- Einsatz eines ausreichend ausgelegten Reservemotors bei Motorenausfall; dadurch kontinuierliche Stromproduktion und Netzeinspeisung ,
- Einsatz einer Gasfackel bei Motorausfall
- anderweitige Gasverwertung als Verstromung

Der Einsatz einer auf die maximale Biogasproduktion ausgelegten stationären Gasfackel soll im Regelfall vorgesehen werden. Hintergrund ist die Verpflichtung der Betreiber, Anlagen, deren elektrische Leistung 100 Kilowatt übersteigt, mit einer technischen oder betrieblichen Einrichtung zur ferngesteuerten Reduzierung der Einspeiseleistung bei Netzüberlastung und zur Abrufung der jeweiligen Ist-Einspeisung auszustatten, auf die der Netzbetreiber zugreifen darf (§ 6 EEG).

Anforderungen an Überdrucksicherungen

Die Überdrucksicherungen sind bei allen Anlagen so auszuführen, dass auch nach Ansprechen die Funktionsfähigkeit (Gasabschluss) wieder gewährleistet ist. Z.B. ist bei Überdrucksicherungen mit Wasservorlage ein Rückfließen der Sperrflüssigkeit sicherzustellen. Das Ansprechen von Überdrucksicherungen ist im bestimmungsgemäßen Betrieb i.d.R. durch eine Gasspeicherregelung (Einbindung der Messgröße Füllstand Gasspeicher ins Prozessleitsystem mit entsprechender Motorensteuerung) zu vermeiden.

Die Emissionen aus Überdrucksicherungen sind über die Wandkrone des Behälters oder alternativ mindestens 3 m über Grund und in mindestens 5 m Entfernung von betriebsfernen Gebäuden und Verkehrswegen senkrecht nach oben abzuleiten. Die einschlägigen Sicherheitsregeln sind zu beachten.

Zusätzliche Anforderungen an Trockenfermentationsverfahren (Garagenverfahren)

Beim sogenannten Garagenverfahren dient als Fermenter ein gasdichter, beheizter Raum (Garage), der im Batchverfahren betrieben wird. Im Batchverfahren betriebene Fermenter werden diskontinuierlich mit Substrat befüllt und nach dem Gärprozess entleert. Bei der Vergärung im Fermenter wird das Substrat unter Zugabe eines Perkolates, das während des Vergärungsprozesses auf das Substrat gesprüht wird, unter Luftabschluss vergoren. Das Perkolat enthält die für den Prozess notwendigen Bakterienkulturen und wird im Kreislauf gefahren. Da die Biogaserzeugung (Methangehalt) einen stark zeitabhängigen Verlauf zeigt, werden für eine kontinuierliche Biogasproduktion meist mehrere Fermenter zeitversetzt mit vergleichsweise kurzen Verweilzeiten (30 bis 70 Tage) betrieben. Beim Garagenverfahren entstehen aufgrund der Batchbetriebsweise der Fermenter methan- und geruchsstoffhaltige Abgase, die bei der Belüftung der Fermenter bei der Entleerung anfallen. Zur Minderung der Methan- und Geruchsstoffemissionen sind beim Betrieb der Fermenter die folgenden Maßnahmen zu ergreifen:

Bis zum Öffnen der Fermenter zur Entleerung des Gärrestes ist das abgesaugte Gas dem BHKW (z.B. als Verbrennungsluft) zuzuführen. Die Fermenter dürfen erst geöffnet werden, wenn der Methangehalt in der abgesaugten Garagenluft unter der Nachweisgrenze (< 0 %) der üblicherweise dafür eingesetzten Methangasmessgeräte liegt. Hierzu sind entsprechende MSR-technische Verriegelungen (Garagentore /MSR-Einrichtungen) vorzusehen.

Anfallende Belüftungsabgase sind in Abhängigkeit der Betriebserfahrungen (Geruchsbelästigungen) ggf. einer geeigneten Abgasbehandlungseinrichtung (biologische Abgasreinigung, Wäscher) zuzuführen. Die Nachrüstung eines geeigneten Abgasreinigungssystems und weitere Auflagen zur Emissionsüberwachung sollen deshalb ausdrücklich vorbehalten bleiben.

2.2.2.2.5 Gasreinigung, Gasqualität

Biogas kann in relevantem Umfang Begleitstoffe wie Schwefelwasserstoff (H_2S) und Ammoniak (NH_3) enthalten.

Schwefelgehalt

Der H_2S -Anteil im ungereinigten Biogas kann in Abhängigkeit vom Stickstoffgehalt der Substrate 2000 ppm und mehr betragen und weist im Betriebsverlauf u.U. deutliche Schwankungen auf. Für den wartungs- und emissionsarmen Betrieb der Biogasmotoranlage sowie zum Schutz vor Korrosion an gasführenden Anlagenteilen muss das Biogas entschwefelt werden. Bei der Auslegung der Entschwefelungseinrichtungen sind grundsätzlich die Vorgaben der Motorenhersteller an den maximalen Gehalt an Schwefelwasserstoff im Biogas zu beachten. Niedrige Schwefelwasserstoffgehalte im Biogas vermindern den Wartungsaufwand durch längere Ölwechselintervalle und schonen den Motor.

In der Praxis wird hauptsächlich die biologische Entschwefelung durch Einblasen von Luft in den Gasraum des Fermenters angewandt. Als ergänzende oder alternative Maßnahmen zur Entfernung von Schwefelwasserstoff im Fermenter bieten sich die folgenden Entschwefelungsverfahren an, z.B.:

- nachgeschaltete biologische Entschwefelungsverfahren (das Biogas wird nach dem Fermenter und vor Eintritt ins BHKW durch eine separate Kolonne geführt, in die dosiert Umgebungsluft ein-geblasen wird und sich Bakterien auf Füllkörpern ansiedeln) oder
- chemisch-physikalische Verfahren.

Unter den chemisch-physikalischen Entschwefelungsverfahren sind z.B.

- die Fällung von Schwefelwasserstoff durch Eisensalzzugabe in den Fermenter,
- die Absorption an eisenhaltigen Massen in Festbettabsorbern oder
- die Adsorption an Aktivkohlen

zu nennen.

Durch die Adsorption von Schwefelwasserstoff an Aktivkohlen können Schwefelwasserstoffanteile < 20 ppm erreicht werden. Für den wirtschaftlichen Betrieb von Aktivkohleabsorbern ist eine möglichst weitgehende Vorentschwefelung erforderlich.

Weitere Hinweise zu Entschwefelungsverfahren, insbesondere zum Einsatz von Biowäschern sind dem Forschungsvorhaben „Grundlegende Untersuchungen zur effektiven und kostengünstigen Entfernung von Schwefelwasserstoff aus Biogas“, zu entnehmen [5].

Hinweis:

Falls ein Motor mit einem nachgeschalteten Oxidationskatalysator auszurüsten ist, müssen die meist hohen Anforderungen an den maximalen Schwefelwasserstoffgehalt im Biogas beachtet werden (< 20 ppm), um die Deaktivierung des Katalysators und Korrosion im Wärmetauschersystem zu vermeiden. Um insgesamt einen optimalen Anlagenbetrieb zu gewährleisten, sollte die Biogasqualität regelmäßig auf den H₂S- und den CH₄-Gehalt kontrolliert werden.

Ammoniak

Beim Einsatz von stickstoffreichen Substraten (z.B. eiweißreichen Energiepflanzen) oder stickstoffreichen Abfällen können erhöhte Gehalte an NH₃ im Biogas auftreten. Ammoniak kann die Klopffestigkeit und Flammeigenschaften von Biogas verändern und hat deshalb erheblichen Einfluss auf das Verbrennungsverhalten. Die Ammoniakkonzentration im Biogas sollte deshalb so gering wie möglich sein. Da Ammoniak wasserlöslich ist, kann die Ammoniakbelastung bei einer sachgerechten Kondensatabscheidung reduziert werden. Ggf. kann eine zusätzliche Trocknung des Biogases erforderlich sein (z.B. durch externe Kühleinrichtungen).

2.2.2.2.6 Biogasnutzung

Biogasmotoranlagen

Für die Festlegung von Emissionsbegrenzungen für Biogas-Verbrennungsmotoranlagen ist die Nr. 5.4.1.4 der TA Luft maßgebend, die auch für nicht immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlagen orientierenden Charakter hat. Dabei ist zwischen Anforderungen für Gasmotoren und Zündstrahlmotoren sowie aufgrund der Feuerungswärmeleistung der Biogas-Verbrennungsmotoranlagen zu differenzieren. Biogas-Verbrennungsmotoranlagen sind unter Berücksichtigung des Standes der Technik so auszulegen und zu betreiben, dass die Emissionsbegrenzungen der Tabellen 1 und 2 nicht überschritten werden.

Die genannten Emissionsbegrenzungen der Tabellen 1 und 2 können bei ordnungsgemäßem Betrieb und von gut gewarteten Biogasmotoranlagen eingehalten werden. Bei Zündstrahlmotoren und bei Gas-Otto-Motoren mit hohem elektrischen Wirkungsgrad ist zur Einhaltung der Formaldehydemissionsbegrenzungen i.d.R. der Einsatz einer nachgeschalteten Abgasreinigung zur Minderung der Formaldehydemissionen notwendig. Zwischenzeitlich hat sich der Einsatz von Oxidationskatalysatoren oder von oxidativen Nachverbrennungsanlagen (Thermoreaktor) bewährt. Voraussetzung für den Betrieb von Oxidationskatalysatoren ist i.d.R. eine weitestgehende Entschwefelung des Biogases z.B. mittels Aktivkohleabsorber. Der Einsatz von Thermoreaktoren kann bei sehr großen Motoranlagen eine Alternative sein. Grundsätzlich sind jedoch auch Gas-Otto-Motoren verfügbar, die die Emissionswerte der Tabelle 2 ohne sekundäre Maßnahmen einhalten können. Ggf. sind damit gewisse Abstriche beim elektrischen Wirkungsgrad verbunden. [6]. Grundsätzlich wird bei der Anschaffung von Motoren empfohlen, beim Hersteller Angaben zu den Emissionswerten einzuholen.

Hinweise:

1. Formaldehyd steht im Verdacht kanzerogen zu sein. Auf das Minimierungsgebot der Nr. 5.2.7 der TA Luft wird hingewiesen. Der dem Minimierungsgebot der TA Luft entsprechende Formaldehydemissionswert der Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) zur Gewährung des im EEG 2009 formulierten sog. „Formaldehydbonus“⁴ beträgt derzeit 40 mg/m³.

2. Als Messverfahren für Formaldehyd wird empfohlen, das Verfahren nach Richtlinie VDI 3862, Blatt 2, (DNPH-Verfahren) [7] oder das Verfahren nach Richtlinie VDI 3862, Blatt 4 (AHMT-Verfahren) [8] anzuwenden.

Tabelle 1: Emissionsbegrenzungen für Zündstrahlmotoren

| Feuerungswärmeleistung der Motoranlage | < 1 MW | 1 MW bis < 3 MW | ≥ 3 MW |
|--|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Gesamtstaub | 50 mg/m ³ | 20 mg/m ³ | 20 mg/m ³ |
| Stickstoffoxide , angegeben als Stickstoffdioxid | 1,5 g/m ³ | 1,0 g/m ³ | 0,50 g/m ³ |
| Kohlenmonoxid Die Möglichkeit, die Emission durch motorische und andere dem Stand der Technik entsprechende Maßnahmen weiter zu vermindern, ist auszuschöpfen. <i>Anmerkung: Es ist Platz für den motornahen nachträglichen Einbau eines Oxydationskatalysators in der Abgasleitung vorzusehen.</i> | 2,0 g/m ³ | 2,0 g/m ³ | 0,65 g/m ³ |
| Formaldehyd | --- | 60 mg/m ³ | 60 mg/m ³ |
| Schwefeloxide , angegeben als Schwefeldioxid (sind primärseitig durch Gasreinigung soweit wie möglich zu minimieren) | --- | 0,31 g/m ³ | 0,31 g/m ³ |

Tabelle 2: Emissionsbegrenzungen für Gas-Otto-Motoren

| Feuerungswärmeleistung der Motoranlage | < 1 MW | 1 MW bis < 3 MW | ≥ 3MW |
|--|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Stickstoffoxide , angegeben als Stickstoffdioxid | 0,5 g/m ³ | 0,50 g/m ³ | 0,50 g/m ³ |
| Kohlenmonoxid Die Möglichkeit, die Emission durch motorische und andere dem Stand der Technik entsprechende Maßnahmen weiter zu vermindern, ist auszuschöpfen. <i>Anmerkung: Es ist Platz für den motornahen nachträglichen Einbau eines Oxydationskatalysators in der Abgasleitung vorzusehen.</i> | 1,0 g/m ³ | 1,0 g/m ³ | 0,65 g/m ³ |
| Formaldehyd | --- | 60 mg/m ³ | 60 mg/m ³ |
| Schwefeloxide , angegeben als Schwefeldioxid (sind primärseitig durch Gasreinigung soweit wie möglich zu minimieren) | --- | 0,31 g/m ³ | 0,31 g/m ³ |

⁴ Siehe EEG 2009 § 27 Abs. 5 bzw. § 66 Abs. 1 Nr. 4a

Die Emissionswerte sind auf das Abgasvolumen im Normzustand (273,15 K, 101,3 kPa) nach Abzug des Feuchtegehaltes an Wasserdampf und auf einen Volumengehalt an Sauerstoff im Abgas von 5 % bezogen.

Bei immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Motoranlagen ist die Einhaltung der Emissionsbegrenzungen nach Errichtung der Biogasanlage und anschließend wiederkehrend jeweils nach Ablauf von drei Jahren durch Messungen einer nach §§ 26, 28 BImSchG bekannt gegebenen Stelle feststellen zu lassen. Bei immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftigen Motoranlagen sollten Messungen im Rahmen der Motor- bzw. Anlagenwartung (i.d.R. für NO_x und CO, ggf. auch Abgastrübung) durchgeführt werden. Grundsätzlich ist bei allen Anlagen im Rahmen der Motorwartung auf eine dem Biogasbetrieb angepasste Motoreinstellung zu achten. Die Auflagen zur Emissionsüberwachung sind im Kap. 2.2.2.6 unter der Nr. 7 als Auflagenvorschlag zusammengefasst.

Emissionsarmer Betrieb von Biogas-Motoranlagen:

- NO_x-Minderung

Bei Zündstrahlmotoren steigen erfahrungsgemäß die Stickstoffoxid-Emissionen mit erhöhtem Zündöl-einsatz deutlich an. Im Regelbetrieb können die Motoren mit einem Zündölanteil, bezogen auf den Anteil an der Feuerungswärmeleistung von < 5 – 10 % betrieben werden.

Die Minderung der Stickstoffoxidemissionen bei Gasotomotoren kann mit der Magergemischbetriebsweise (hoher Luftüberschuss) erreicht werden. Moderne Gasotomotoren sind daher mit einer Lambda-Regelung ausgerüstet.

- Minderung Kohlenmonoxid, organische Stoffe, Methanschluß

Sowohl bei Zündstrahlmotoren als auch Gasotomotoren sind durch den relativ hohen Anteil an CO₂ im Biogas die Flammgeschwindigkeit und somit die Verbrennungsgeschwindigkeit im

Motorbrennraum (Zylinder) gegenüber Erdgas bzw. reinem Methan verringert, bei gleichzeitig erhöhter Klopfestigkeit (Methanzahl) und Zündtemperatur. Die Verbrennung läuft dadurch insgesamt sanfter und ohne die sonst relativ hohen Verbrennungstemperaturspitzen ab, wodurch auch die Emissionen an Stickstoffoxiden geringer ausfallen. Grundsätzlich ist zu beachten, dass die motorische Biogasverbrennung z.B. bei sinkender bzw. schlechter Biogasqualität zu ansteigenden Emissionen an Kohlenmonoxid und Formaldehyd führen kann, bei gleichzeitig erhöhtem Methanschluß. Dabei sinkt auch der motorische Wirkungsgrad. Bei der Anlagenplanung ist deshalb grundsätzlich auf die richtige Motordimensionierung und die Abstimmung des Motors auf die zu erwartende Biogasqualität zu achten.

Bei der Motoranschaffung wird deshalb empfohlen, beim Hersteller Angaben zum Methanschluß einzuholen. Messwerte über den Methanschluß im Motorabgas liegen bei emissionsarmen, neueren Motoren im Bereich von < 0,5 g/m³

Bei auf den Biogasbetrieb umgerüsteten Motoren ist eine auf die Biogaszusammensetzung hin optimierte Motoreinstellung (z.B. Ventilsteuerung) dringend erforderlich. Durch die übliche Ventilüberschneidung von Verbrennungsgasmotoren können beim Betrieb mit Biogas erheblicher Methanschluß sowie erhöhte Emissionen an Kohlenmonoxid und Formaldehyd entstehen. Eine professionelle Einstellung des Motors auf die zu erwartende Biogasqualität und die richtige Motordimensionierung ist deshalb für den emissionsarmen Betrieb entscheidend. Damit wird auch der elektrische Wirkungsgrad optimiert.

Die Ergebnisse von Emissionsmessungen an älteren und kleineren Biogasmotoranlagen zeigten häufig, dass die Emissionen im Vergleich zu den festgelegten Emissionsbegrenzungen bei einer nicht ordnungsgemäßen Motoreinstellung, einer falschen Motordimensionierung und bei mangelnder Anlagenwartung unzulässig erhöht waren. Näheres dazu kann [9], [10], [11] und [12] entnommen werden.

Mit modernen, ordnungsgemäß eingestellten und gewarteten Biogasmotoren können i.d.R. die o.g. Anforderungen an die Emissionsbegrenzung eingehalten werden.

Zusammenfassung:

Für einen emissionsarmen Betrieb von Biogasmotoranlagen ist auf die richtige Motoreinstellung, auf regelmäßige Wartung sowie regelmäßige Kontrolle der Biogasqualität zu achten. Dazu ist es erforderlich, eine ordnungsgemäße, emissionsarme Motoreinstellung möglichst von einer auf diesem Gebiet erfahrenen Motorservice-Fachfirma oder dem Motorenhersteller bzw. dessen Vertragspartner vornehmen zu lassen. Hierzu sollten Wartungsverträge abgeschlossen werden. Das im Rahmen der Wartung erstellte Messprotokoll über die emissionsseitige Überprüfung und die ordnungsgemäße Motoreinstellung sollte in einem Betriebstagebuch abgeheftet und der Genehmigungsbehörde auf Verlangen vorgelegt werden. Die aus fachlicher Sicht dazu erforderlichen Auflagen werden im Kap. 2.2.2.6 unter der Nr. 11. „Eigenüberwachung, Wartung und Dokumentation“ vorgeschlagen.

Feuerungsanlagen

Beim Einsatz von Biogas in Feuerungsanlagen gelten bis zu einer Feuerungswärmeleistung von 10 MW die Anforderungen der „Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV“, auf die hier nicht näher eingegangen wird. Der Einsatz einer Feuerungsanlage kann z.B. zur Nutzung der bei der Biogasaufbereitung auf Erdgasqualität anfallenden und relevante Mengen an Methan enthaltenden Abgase in Frage kommen.

Andere Verbrennungseinrichtungen

Neue Verbrennungstechniken in der Biogasanwendung wie Stirlingmotoren, Gasturbinen, Mikro-Gasturbinen oder Brennstoffzellen sind bislang nur in Einzelfällen an Biogasanlagen z.B. zur Erprobung eingesetzt bzw. in Planung. Diese Anlagen dürften i.d.R. ein günstigeres Emissionsverhalten als Gasotto- oder Zündstrahlmotoren aufweisen. Für Stirlingmotoren, Gasturbinen und Brennstoffzellen sind ggf. gesonderte Emissionsbegrenzungen im Einzelfall von der Genehmigungsbehörde festzulegen.

Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz

Vor der Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz muss Biogas auf erdgasvergleichbare Qualität aufbereitet werden. Zur Aufbereitung von Biogas wird derzeit in der Regel das Druckwechseladsorptionsverfahren angewandt. Andere Aufbereitungsverfahren können z.B. Gaswäschen sein. Bei der Biogasaufbereitung werden unerwünschte Bestandteile des Biogases, insbesondere CO₂ abgeschieden. Dadurch entsteht ein CO₂-reiches Abgas, das noch relevante Methananteile enthält. Beim Druckwechseladsorptionsverfahren enthält das anfallende Abgas z.B. bei einer Methangasausbeute des Verfahrens von 98 % noch einen Methananteil von ca. 4 %.

Zur Minderung der Methanemissionen müssen deshalb weitere Maßnahmen ergriffen werden. In Frage kommen derzeit die thermische Nutzung des Abgases z.B. in einem Schwachgaskessel oder andere Verfahren wie die (katalytische) Schwachgasnachverbrennung. Vom Antragsteller ist deshalb ein entsprechendes Minderungskonzept vorzulegen.

Hinweis:

Im Hinblick auf die Restgasnutzung wird derzeit noch ein energetischer Optimierungsbedarf gesehen.

2.2.2.2.7 Abgasableitung

Die beim Betrieb von Biogasanlagen entstehenden Abgase, wie Motorenabgase oder Abgase aus anderen Anlagenteilen, sind grundsätzlich über Abgasstutzen oder Schornsteine senkrecht nach oben in die freie Luftströmung mit einer festzulegenden Mindesthöhe abzuführen. Schornsteine und Abgasstutzen dürfen nicht überdacht werden; zum Schutz gegen Regeneinfall können Deflektoren aufgesetzt werden.

Bei nicht immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen sind die Bestimmungen der Verordnung über Feuerungsanlagen, Wärme- und Brennstoffversorgungsanlagen (Feuerungsverordnung - FeuV vom 06.03.1998 - s. Bayerisches Gesetz- und Verordnungsblatt Nr. 6/1998) als weitere Erkenntnisquelle zu beachten.

Bei immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen sind die Anforderungen an die Abgasableitung der Nr. 5.5 TA Luft einschlägig. Hier ist in der Regel eine Ableitung über Schornsteine erforderlich, deren Höhe wie nachfolgend angegeben zu bestimmen ist: Gemäß der Nr. 5.5.2 der TA Luft soll der Schornstein mindestens eine Höhe von 10 m über Flur und eine den Dachfirst um 3 m überragende Höhe haben. Bei einer Dachneigung von weniger als 20° ist die Höhe des Dachfirstes unter Zugrundelegung einer Neigung von 20° zu berechnen; die Schornsteinhöhe soll jedoch das 2-fache der Gebäudehöhe nicht übersteigen.

Gemäß der Nr. 5.5.3 der TA Luft sind außerdem für die Festlegung der Schornsteinhöhe die Höhe der Schadstofffrachten und die Abgastemperatur zu beachten. Die Bestimmung der Schornsteinhöhe erfolgt nach dem Nomogramm der TA Luft. Bei Biogasanlagen sind in Einzelfällen nach der Nr. 5.5.4 der TA Luft bei der Festlegung der Schornsteinhöhe auch die Umgebungsbedingungen (z.B. Höhe der benachbarten Gebäude, des Bewuchses oder der Geländekonfiguration) zu berücksichtigen. Dazu ist die Schornsteinhöhe ggf. durch Korrekturfaktoren zu erhöhen.

2.2.2.2.8 Gasfackeln

Gasfackeln dienen dazu, nicht verwertbares Gas in nicht planbaren Ausnahmefällen zu verbrennen. Die Gasfackel ist daher eine Noteinrichtung für den Fall, dass z.B. der Motor ausfällt. Mit einfachen Gasfackeln kann eine Minderung des organischen Kohlenstoffs im Abgas um ca. 99,9 % erreicht werden.

Regelmäßiges Anspringen der Notfackel deutet auf eine nicht aufeinander abgestimmte Biogasproduktion / Biogasnutzung hin. Ist die Fackel nicht nur in Notfällen oder über längere Zeiträume in Betrieb, z.B. um Spitzen in der Gasproduktion aufzunehmen, handelt es sich nicht mehr um eine Noteinrichtung. In diesen Fällen ist eine isolierte Hochtemperaturfackel vorzusehen. Anforderungen für den Betrieb solcher Fackeln ergeben sich aus der Nr. 5.4.8.1a.2.1 bzw. 5.4.8.1a.2.2 der TA Luft.

Beim Einsatz einer Notfackel sind die folgenden Mindestanforderungen zu beachten:

Durch manuelle oder automatische Zündung ist sicherzustellen, dass im Falle einer Betriebsstörung das der Fackel zugeführte Biogas gezündet und verbrannt wird. Im Falle der manuellen Zündung muss eine automatische Alarmierung des Betreibers z.B. über Mobiltelefon erfolgen. Das Abgas aus der Fackel ist in einer Mindesthöhe von 3 m über Erdgleiche senkrecht nach oben abzuleiten. Der Abstand von Gebäuden und Verkehrswegen muss mindestens 5 m betragen.

2.2.2.2.9 Gärrestlagerung

Bei der Lagerung von Gärreststoffen sind neben Geruchsstoffemissionen insbesondere die Emissionen von Ammoniak und Methan von Bedeutung.

Geruchsstoffe

Geruchsstoffe sind zum großen Teil organische Säuren, die während der Vergärung weitgehend abgebaut werden. Bei Anlagen, die überwiegend Wirtschaftsdünger vergären, ist deshalb gegenüber der üblichen Güllelagerung mit einer deutlichen Reduzierung der Geruchsemissionen, auch bei der Ausbringung, zu rechnen. Bei Anlagen in denen Abfälle eingesetzt werden, kann es in Abhängigkeit der eingesetzten Substrate und deren Ausgärgrad zu Geruchsbelästigungen durch Gärreste kommen. Zur Optimierung des Prozesses ist die analytische Überwachung des Gärprozesses (z.B. Bestimmung der organischen Säuren) i.d.R. Stand der Technik.

Ammoniak

Die Ammoniak-Emissionen sind abhängig vom Stickstoffgehalt der Einsatzstoffe, von der Temperatur und dem pH-Wert bei der Gärrestlagerung. Durch den Abbau organischer Substanz steigen die NH_4 -Konzentration und der pH-Wert während der Vergärung. Beide Faktoren führen zu einem erhöhten Emissionspotential. Das gilt auch für den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen, wie Mais und

Gras, die einen mit Rinder- bzw. Schweinegülle vergleichbaren Stickstoffgehalt aufweisen. Der Einsatz von Getreidekörnern oder Rapskuchen erhöht den Stickstoffeintrag erheblich. Auch beim Einsatz stickstoffreicher Co-Substrate, wie z.B. tierischen Abfällen, ist mit erhöhten Ammoniumgehalten im Gärrest zu rechnen. Die Freisetzung von Ammoniak ist durch das Gasphasengleichgewicht an der Grenzfläche zwischen Gärrest und Atmosphäre beeinflusst. Näheres zur Bildung von Ammoniak bei der Gärrestelagerung siehe Abschnitt Umweltwirkungen, Kapitel 1.6.2.1.

Methan

Besonders von Bedeutung ist die Freisetzung von klimarelevantem Methan bei den im Gärrestelager stattfindenden Nachgärprozessen, wenn durch unzureichende Anlagetechnik bei der Biogaserzeugung (zu kurze Verweilzeiten, Überlastungen des Fermenters, usw.) im Gärsubstratendlager noch ein erhebliches Methan-Restgasbildungspotenzial besteht. Anders als bei den Ammoniakemissionen ist die Methanbildung bei der Gärrestelagerung nicht vom Gasphasengleichgewicht an der Grenzfläche Gärrest/Atmosphäre abhängig, sondern läuft im anaeroben tieferen Bereich des Gärrestelagers ab. Hierbei spielen Volumen, Temperatur, oTS- und Bakteriengehalt eine wesentliche Rolle. Methan steigt deshalb in der Regel in Gasblasen auf und entweicht kontinuierlich auch beim Vorhandensein von künstlichen oder natürlichen Schwimmdecken. Restgaspotenzialuntersuchungen wurden u.a. im Rahmen des Biogas-Messprogramms des Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) [1] durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass Gärreste noch ein bedeutendes Restgaspotenzial haben können. Die Höhe des Restgaspotenzials (bei 20 – 22°C) hängt u.a. wesentlich von der effektiven Verweilzeit der Substrate im Fermenter ab.

Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Lagerung von flüssigen Gärresten

Methan

Biogasanlagen, die ausschließlich Wirtschaftsdünger einsetzen, tragen im Vergleich zur herkömmlichen Verwendung von Wirtschaftsdüngern im landwirtschaftlichen Betrieb (Güllelagerung und Ausbringung) zu einer Minderung der Methanemissionen bei. Der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo) führt dagegen zu einem zusätzlichen Emissionspotential für Methan, dem durch technische Maßnahmen entgegengewirkt werden muss. Biogasanlagen sollten unabhängig von der genehmigungsrechtlichen Einstufung zur Minderung der Methanemissionen entsprechen den Vorgaben der Nr. 4.3.3.2 der VDI 3475, Blatt 4 wie folgt ausgeführt werden:

- Neubau von landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Beim Neubau von landwirtschaftlichen Biogasanlagen sind neu zu errichtende Gärrestlagerbehälter am Standort der Biogaserzeugung gasdicht auszuführen.

Um eine Restmethanbildung von einem Prozent der in der Biogasanlage gebildeten Methanmenge einzuhalten, ist in jedem Fall (auch bei externer Gärrestlagerung) eine durchschnittliche hydraulische Verweilzeit von mindestens 150 Tagen im gasdichten und an eine Gasverwertung angeschlossenen System (Fermenter und Gärrestlagerbehälter) einzuhalten. Ein weiterer Nachweis ist nicht erforderlich.

- Bestehende landwirtschaftliche Biogasanlagen
 - Bei einer durchschnittlichen hydraulischen Verweilzeit von mindestens 110 Tagen im Fermentersystem kann auf eine gasdichte Abdeckung des Gärrestlagers verzichtet werden.
 - Bei einer durchschnittlichen hydraulischen Verweilzeit von weniger als 110 Tagen im Fermentersystem ist eine Gesamtverweilzeit von mindestens 150 Tagen im gasdichten und an eine Gasverwertung angeschlossenen System vorzusehen.
 - Auf die Einhaltung der genannten durchschnittlichen hydraulischen Mindestverweilzeiten und die Lagerung im gasdichten System kann verzichtet werden, wenn nachgewiesen wird, dass die Restmethanbildung pro Stunde kleiner als 1,5 % der in der Biogasanlage pro Stunde gebildeten Methanmenge ist. Bei der Berechnung dieses Werts ist von Nm^3 auszugehen, die Restmethanbildung ist bei 20 °C und über einen Zeitraum von 60 Tagen zu ermitteln.

- Biogasanlagen, die nur Gülle im Sinne des DüngG einsetzen

Für Biogasanlagen, die nur Gülle im Sinne von § 2 Satz 1 Nr. 4 des DüngG in der Fassung vom 09.01.09 verarbeiten (Gülle mit Futterresten), sind zur Vermeidung von Methanemissionen grundsätzlich keine hydraulischen Mindestverweilzeiten und keine gasdichte Gärrestlagerabdeckungen erforderlich.

- Ausführung von Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen

Gärrestlager von Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen sind gasdicht mit Anschluss an die Gasverwertung auszuführen.

Ammoniak

Die verbleibenden nicht gasdichten Gärrestlager sind zur Reduzierung der Ammoniakemissionen mit Folien, festen Decken oder inerten Schwimmkörpern (kein Stroh) abzudecken, sofern sich keine ausreichende natürliche Schwimmschicht bildet. Dabei ist zu beachten, dass sich bei Anlagen mit Feststoffseparation zur Reduzierung des Gärrest-Lagervolumens, i.d.R. keine ausreichende natürliche Schwimmschicht bildet. Das Aufbringen von Strohhäckselschichten ist bei Biogasanlagen nicht Stand der Technik, da Strohhäckseldecken durch die damit eingebrachten Kohlenstoffverbindungen zu zusätzlichen Methan-Emissionen führen können. Es wird empfohlen, die Abdeckung mit künstlichen Schwimmkörpern so auszuführen, dass ein Emissionsminderungsgrad für Ammoniak – bezogen auf den offenen Behälter ohne Abdeckung – von mindestens 80 % erreicht wird. Ggf. ist im Einzelfall in Abhängigkeit der ergriffenen Maßnahmen und der örtlichen Verhältnisse noch zu prüfen, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und von Ökosystemen durch die Einwirkung von Ammoniak gewährleistet ist. In diesen Fällen sollte beim Einsatz von inerten Schwimmkörpern ein Emissionsminderungsgrad für Ammoniak – bezogen auf den offenen Behälter ohne Abdeckung – von 80 % nachgewiesen werden. Für solche Fälle enthält die Tabelle 3 eine orientierende Immissionsabschätzung für NH₃ aus Gülle- bzw. Gärsubstratlager, die mit inerten Schwimmkörpern und einem nachgewiesenen Emissionsminderungsgrad von 80 % abgedeckt sind. Die Berechnungen wurden mit der folgenden Berechnungsformel für Mindestabstände nach dem Anhang 1 der TA Luft durchgeführt:

$$X_{\min} = \sqrt{F \cdot Q} \quad (\text{mit } F = 41668 \text{ m}^2 \cdot \text{a/Mg}; Q = \text{jährliche Ammoniakemission in t/a})$$

Entsprechend den Abschätzungen in der Tabelle 3 wird aus einem entsprechend abgedeckten Gärrestlager mit einem Durchmesser von 20 m, in dem z.B. vergorene Schweinegülle gelagert wird, bei Annahme eines mittleren Emissionsfaktors von 600 mg NH₃-N/m²·h ab einem Abstand von 129 m vom Lagerbehälter der im Anhang 1 der TA Luft genannten Zusatzbelastungswert für Ammoniak von 3 µg/m³ unterschritten. Liegen keine weiteren Ammoniakquellen (z.B. Tierhaltungen) vor, so ist davon auszugehen, dass die im Anhang 1 der TA Luft genannte Gesamtbelastung für Ammoniak von 10 µg/m³ ab einem Abstand von 85 m eingehalten wird. Es ist dann jeweils zu prüfen, ob innerhalb eines Radius von 129 m bzw. 85 m empfindlich Pflanzen oder Ökosysteme vorhanden sind. Ggf. sind dann weitere Maßnahmen zur Emissionsminderung, wie z.B. eine feste Abdeckung zu treffen.

Die Mindestabstandsquellen sind für bodennahe Quellen abgeleitet und berücksichtigen eine mögliche Verminderung der Immissionskonzentration durch Ableitung der Abgase in Höhe einer aus der Erde ragenden bzw. eines auf der Erde stehenden Lagerbehälters nicht. Gegebenenfalls kann zur Berücksichtigung dieser (besseren) Ableitbedingungen eine Ausbreitungsrechnung nach Anhang 3 der TA Luft Ziel führend sein.

Tabelle 3: Beispielhafte Immissionsabschätzung für NH₃ aus mit inerten Schwimmkörpern abgedeckten Gülle-/ Gärsubstratlagern bei einem nachgewiesenen Emissionsminderungsgrad von mindestens 80 %

| Emission in NH ₃ -N (mg/h*m ²) | Emission in NH ₃ (mg/h*m ²) | Durchmesser (m) | Emissionen offenes Lager (kg/a) | Emissionen bei Minderungsgrad 80 % (kg/a) | Abstand ¹⁾ nach TA-Luft, Anhang 1 (m) | Mindestabstand ²⁾ keine anderen NH ₃ -Quellen (m) |
|---|--|-----------------|---------------------------------|---|--|---|
| 900 | 1093 | 30 | 6767 | 1353 | 237 | 155 |
| 900 | 1093 | 20 | 3008 | 601 | 158 | 104 |
| 900 | 1093 | 10 | 752 | 150 | 79 | 52 |
| 900 | 1093 | 5 | 188 | 38 | 40 | 26 |
| 600 | 729 | 30 | 4511 | 902 | 194 | 127 |
| 600 | 729 | 20 | 2005 | 401 | 129 | 85 |
| 600 | 729 | 10 | 501 | 100 | 64 | 42 |
| 600 | 729 | 5 | 125 | 25 | 32 | 21 |
| 300 | 364 | 30 | 2256 | 451 | 137 | 90 |
| 300 | 364 | 20 | 1003 | 201 | 91 | 60 |
| 300 | 364 | 10 | 251 | 50 | 46 | 30 |
| 300 | 364 | 5 | 63 | 13 | 23 | 15 |
| 100 | 121 | 30 | 752 | 150 | 79 | 52 |
| 100 | 121 | 20 | 334 | 67 | 53 | 34 |
| 100 | 121 | 10 | 84 | 17 | 27 | 17 |
| 100 | 121 | 5 | 21 | 4 | 13 | 8 |

1) Abstand bei dem die in der TA Luft im Anhang 1 aufgeführte (in jedem Fall zulässige) Immissions-Zusatzbelastung für Ammoniak 3 µg/m³ erreicht. Bei Unterschreitung des jeweils aufgeführten Abstands ergeben sich höhere Zusatzbelastungen und damit Anhaltspunkte für das Vorliegen erheblicher Nachteile durch Schädigung von empfindlichen Pflanzen (z.B. Baum-schulen, Kulturpflanzen) und Ökosystemen (z.B. benachbarter Wald)

2) Abstand bei dem die in der TA Luft im Anhang 1 aufgeführte Immissions-Zusatzbelastung für Ammoniak 7 µg/m³ erreicht. Hierbei wird von einer Hintergrundbelastung von 3 µg/m³ ausgegangen. Die resultierende Gesamtbelastung ist an Ammoniak von 10 µg/m³ ist tolerierbar. Nur anwendbar, wenn im Einwirkungsbereich der Anlage keine weiteren relevanten Ammoniak-quellen (z.B. Tierhaltungen) vorhanden sind.

Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Lagerung von festen Gärresten aus dem Trockenfermentationsverfahren

Der Lagerplatz für feste Gärreste ist mit einer luftdichten Folie abzudecken. Dabei ist auf eine geruchsdichte und Wasser undurchlässige Folienabdeckung zu achten. Verunreinigungen der Lagerfläche sind unverzüglich zu entfernen.

Flüssige Gärreste (z.B. Perkolat) sind in gasdicht ausgeführten Lagern mit Restgasnutzung zu lagern.

Nachbehandlung von Gärresten

Bei der Nachbehandlung des Gärrests (Trennung in Feststoff- und Flüssigphase sowie Nachkompostierung der Feststoffphase) kann es zu Geruchsemissionen kommen. Separierte Gärreste sind zur Vermeidung von Geruchs- bzw. Ammoniakemissionen ggf. abgedeckt zu lagern. U.U. kann eine Gasfassung und Reinigung notwendig werden. Für die Konfektionierung und Nachkompostierung sind bei Anlagen mit Durchsatz von < 6.000 Mg/a die Anforderungen der VDI 3475, Bl. 2, Kap. 3.1.3, 3.1.4 und 3.2.4 zu beachten. Für Anlagen mit einem höheren Durchsatz sind für die aerobe Nachbehandlung des Gärrests i.d.R. geschlossene Systeme zu verwenden (vgl. VDI 3475, Bl. 1, Kap. 2.2.5 und 2.4 i.V.m. Kap. 3.1.1.6), z.B. bei Nichteinhaltung der Mindestabstände (siehe Nr. 2.2.2.2.1) und /oder bei ungünstigen meteorologischen oder orographischen Gegebenheiten.

2.2.2.2.10 Eigenüberwachung, Wartung und Dokumentation

Zum Nachweis des ordnungsgemäßen Betriebes einer Biogasanlage ist ein Betriebstagebuch zu führen, das alle wesentlichen Daten enthalten muss, insbesondere:

- Einsatzstoffe: Art (Abfallschlüssel), Menge, Herkunft, Lieferscheine
- Wartungsarbeiten: Zündkerzenwechsel (Gasmotor), Einspritzdüsenwechsel (Zündstrahlmotor), wesentliche Reparaturarbeiten, Änderungen der Motoreinstellung, Motoraustausch
- Messungen: Ergebnisse der orientierenden Messungen, die üblicherweise im Rahmen der Motor- bzw. Anlagenwartung durchgeführt werden (i.d.R. für NO_x und CO ggf. auch Abgastrübung (RZ)); die Messprotokolle sind in das Betriebstagebuch aufzunehmen
- Besondere Vorkommnisse: vor allem Betriebsstörungen (z.B. Gasaustritt etc.) einschließlich Ursachen und der durchgeführten Abhilfemaßnahmen
- Ergebnisse der Überwachung des CH₄- und H₂S-Gehaltes des Biogases
- Betriebszeiten und Stillstandszeiten der Anlage

Das Betriebstagebuch ist vor Ort aufzubewahren und den Vertretern der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen. Das Betriebstagebuch ist arbeitstäglich fortzuschreiben. Das Betriebstagebuch kann mittels elektronischer Datenverarbeitung geführt werden.

Es ist dokumentensicher und so anzulegen, dass zumindest eine nachträgliche Manipulation nicht möglich ist und vor unbefugtem Zugriff geschützt ist. Das Betriebstagebuch muss jederzeit einsehbar sein und in Klarschrift vorgelegt werden können. Das Betriebstagebuch ist mindestens fünf Jahre, gerechnet ab dem Datum der letzten Eintragung, aufzubewahren.

2.2.2.2.11 Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes

Für den Fall einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes sollten zusätzlich Auflagen in den Genehmigungsbescheid aufgenommen werden. So ist u.a. die weitere Handhabung von unausgegorenem Substrat aus in biologischer Hinsicht „umgekippten“ Fermentern zu regeln.

Treten – z.B. aufgrund von Betriebsstörungen oder schadstoffbelasteten Substraten – im Fermenter oder Endlager unausgegozene Rückstände auf, ist eine Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde zur Verwertung oder Beseitigung dieser Rückstände erforderlich.

2.2.2.3 Anwendbarkeit der Störfall-Verordnung (12. BImSchV) auf Biogasanlagen

Eine Biogasanlage unterliegt als Betriebsbereich dem Anwendungsbereich der Störfall-Verordnung, wenn gefährliche Stoffe in Mengen vorhanden sind, die die in Anhang I Spalte 4 genannten Mengenschwellen erreichen oder überschreiten.

Biogas ist mit dem R-Satz R12 als hochentzündlicher Stoff einzustufen und damit ein Stoff nach Nr. 8 des Anhangs I der Störfall-Verordnung. Die Mengenschwelle der Spalte 4 wird für diesen Stoff mit 10.000 kg angegeben.

Maßgeblich für die Bestimmung des Anwendungsbereichs der StörfallV ist nach § 2 Nr. 2 dieser Verordnung das tatsächliche oder vorgesehene Vorhandensein gefährlicher Stoffe nach Anhang I. Das größte Volumen in einer Biogasanlage hat in der Regel der Gärrestbehälter; die vollständige Entnahme der Gärreste kann im bestimmungsgemäßen Betrieb vorgesehen sein. Zur Ermittlung des Gesamtvolumens der mit Biogas gefüllten Räume einer Biogasanlage empfiehlt das LfU daher, die maximalen Gasmengen der von den Gärresten entleerten Gärrestlagerbehälter anzusetzen und das Fassungsvermögen der Nachgärbehälter, Fermenter und Rohrleitungen jeweils um den Volumenanteil des eingebrachten Substrates zu reduzieren.

Als konservative Vorgehensweise für die Erfassung der vorhandenen Gesamtmenge an Biogas sollte für die Bestimmung des Mindestvolumens an Biogas, ab dem die Mengenschwelle von 10.000 kg und damit der Anwendungsbereich der StörfallV erreicht oder überschritten ist, grundsätzlich der Methan-gehalt im bestimmungsgemäßen Betrieb herangezogen werden. Zum Zusammenhang zwischen Me-

thananteil im Biogas und dem Biogaslagervolumen siehe nachfolgende Tabelle 4. Das so bestimmte maximal vorhandene Gasvolumen soll in den Unterlagen angegeben werden.

Falls der Betreiber/Antragsteller zum Methangehalt des Biogases im bestimmungsgemäßen Betrieb keine Angaben macht, sollte hilfsweise mit einem Methangehalt von 50 Vol-% (8006 m³ Biogas entsprechen bei 15 °C und 1.013 mbar 10.000 kg) gerechnet werden.

Beispiel:

Eine Biogasanlage, in der nur Biogas vorhanden ist, unterliegt als Betriebsbereich ab einer Menge von 10.000 kg Biogas der Störfall-Verordnung. Bezogen auf Umgebungsbedingungen (15°C und 1.013 mbar) entspricht dies folgenden Volumenschwellen:

Tabelle 4: Biogaslagervolumen in Abhängigkeit des Methananteils im Biogas

| Methananteil (Vol. %) | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
|--------------------------------|------|------|-------|------|------|-------|
| Lagervolumen (m ³) | 8006 | 8403 | 8.834 | 9311 | 9843 | 10438 |

Hinweis: Über die Homepage des Umweltbundesamtes (UBA) wird unter der Internetadresse <http://www.umweltbundesamt.de/nachhaltige-produktion-anlagensicherheit/anlagen/stvo-seveso-richtlinie.html>

eine Arbeitshilfe zur Berechnung der vorhandenen Masse von Biogas in Biogasanlagen zur Prüfung der Anwendbarkeit der StörfallV, Version „Biogas StörfallV 1.0“, zur Verfügung gestellt.

Propan bzw. Butan, das in Biogasanlagen z.B. für Anfahrvorgänge gelagert werden kann, ist als „hochentzündlich verflüssigtes Gas (einschließlich Flüssiggas) und Erdgas“ als Stoff nach Nr. 11 des Anhangs I einzuordnen. Aufbereitetes Biogas mit Erdgasqualität ("Bioerdgas") entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt 260 kann nach einer Entscheidung der LAI-Ausschüsse (AISV) und (RUV) dem Erdgas nach Nr. 11 gleichgestellt werden. Die Mengenschwelle der Spalte 4 wird für diese Stoff-Kategorie Nr. 11 im Anhang I mit 50.000 kg angegeben.

Beim tatsächlichen oder vorgesehenen Vorhandensein mehrerer gefährlicher Stoffe nach Anhang I ist die dort festgelegte Additionsregel zur Ermittlung des Anwendungsbereichs der Verordnung zu beachten. Weitere Vorschriften zur Anlagensicherheit sind in Tabelle 1 in Kapitel 2.2.5.2.8 zusammengestellt.

(Stand: August 2011)

2.2.2.4 Lärmschutz

Die Geräusche einer Biogasanlage werden i.d.R. vom Biogasmotor bestimmt, der regulär durchgehend in Betrieb ist. Der Motor befindet sich in einem geschlossenen Gebäude / Betriebsraum oder Container. Die Schallübertragung nach außen erfolgt im Wesentlichen über den Kamin, die Abgasleitung, Lüftungsöffnungen, die Außenwände und undichte Stellen im Gebäude bzw. Container. Das emittierte Geräuschspektrum ist häufig tieffrequent und führt bei unzureichend dimensionierten Schallschutzmaßnahmen zu Lärmproblemen in der Nachbarschaft. Deswegen sollte bei der Planung einer Anlage das Augenmerk auf eine ausreichende Schalldämmung und Körperschallisolierung der Anlage gerichtet werden.

Zu einer Biogasanlage gehören noch weitere lärmrelevante Komponenten wie Luftkühler, Rührwerke und Substratdosiereinrichtung. Für die Substratanlieferung und Beschickung der Dosiereinrichtung kommen Traktor, Radlader oder Teleskoplader zum Einsatz.

An der Biogasanlage sind in der Planung mindestens folgende Lärmschutzmaßnahmen vorzusehen:

- Absorptions- und i.d.R. Reflexionsschalldämpfer in der Abgasleitung zwischen Motor und Kamin, abgestimmt auf das Frequenzspektrum (Vermeidung von Tonhaltigkeit und dominanter tieffrequenter Geräusche)
- Schalldämpfer in den Lüftungsöffnungen des Containers oder Gebäudes

- ggf. Schallisolierung der Abgasleitungen
- geräuscharme Luftkühler mit abgeschirmter Aufstellung
- Maßnahmen zur Vermeidung von Körperschallübertragung am Kamin, Kühler, Biogasmotor, usw. (schwingungsentkoppelte Aufstellung des Biogasmotors)
- Motoraufstellung in einem geschlossenen Container mit hohem Schalldämmmaß ($R'w \geq 40$ dB) bzw. im Massivgebäude

Messungen des LfU haben ergeben, dass es sinnvoll ist, Lüftungsöffnungen am Motorcontainer oder – gebäude auf der zum Immissionsort abgewandten Seite zu positionieren. Des Weiteren kann die Kap- selung /Einhausung des Biogasverdichters (bei Aufstellung im Freien) und der Rührwerke an den Fermentern die Schallemissionen weiter reduzieren. Weitere Maßnahmen zum Schallschutz und zur Beurteilung von tieffrequenten Geräuschimmissionen enthält der in Kürze erscheinende LfU-Leitfaden „Tieffrequente Geräusche bei Biogasanlagen und Luftwärmepumpen“.

Der im Zusammenhang mit einer Biogasanlage entstehende Lärm durch Fahrverkehr auf den öffentli- chen Straßen ist im Allgemeinen vernachlässigbar. Die auf dem Betriebsgelände hervorgerufenen und der Anlage zuzurechnenden Geräuschanteile der Fahrzeuge (Lkw, Traktor) oder die für die Beschi- ckung des Substratdosierers eingesetzten Radlader/Teleskoplader können vor allem bei größeren Biogasanlagen von Bedeutung sein. Zum Schutz der Nachbarschaft soll der Fahrbetrieb tagsüber erfolgen. Bei ungünstiger Nachbarschaftssituierung soll der Anlieferverkehr möglichst nur an Werktagen durchgeführt werden.

Ist der Gesamtschallleistungspegel L_{WA} der Biogasanlage bekannt, kann mit nachfolgender Abb. 1 der Immissionspegel am Immissionsort abgeschätzt werden.

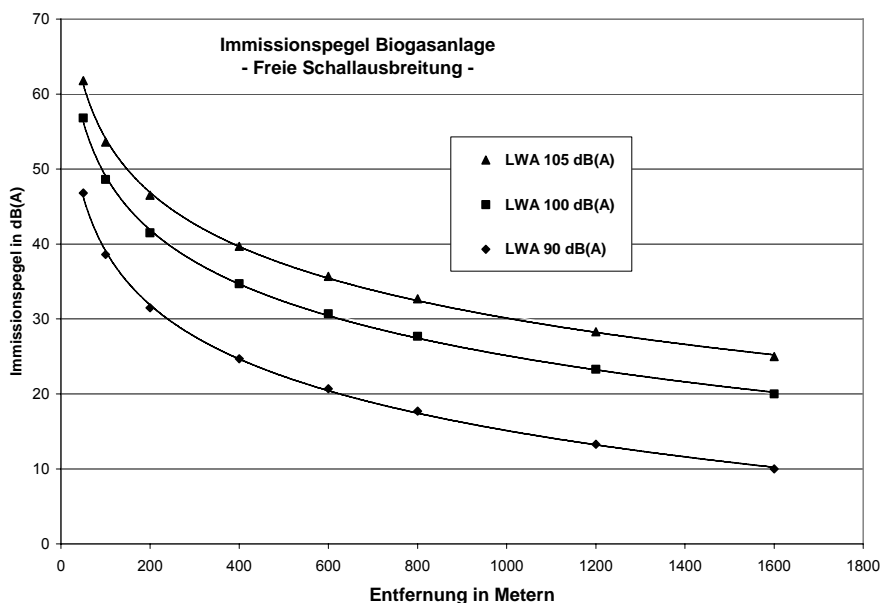


Abb. 1: Ausbreitung des Schalls als Grundlage zur Abschätzung des Pegels am Immissionsort

Die Ergebnisse im Diagramm basieren auf einer Schallquellenhöhe von 5 Metern und einer Immissi- onsorthöhe von 3 Metern bei freier Schallausbreitung (ohne Hindernisse). Liegt ein anderer Schalleis- tungspegel vor als in dem Diagramm angegeben, kann der Immissionspegel durch Addition oder Sub- traktion des Differenzbetrages zum angegebenen L_{WA} gebildet werden.

Erreicht oder überschreitet der abgeschätzte Pegel den entsprechend der Schutzwürdigkeit des Gebiets (lt. Baunutzungsverordnung, BauNVO; z.B. Dorfgebiet) nach TA Lärm gültigen Immissionsricht- wert, ist eine detaillierte Prognose der zu erwartenden Immissionspegel nach TA Lärm und begleiten- dem Regelwerk durchzuführen.

Gebietseinstufungen sind im Allgemeinen in den Flächennutzungs- und Bebauungsplänen der Gemeinden enthalten. Sind solche Angaben nicht vorhanden, ist das Gebiet entsprechend seiner Schutzbedürftigkeit einzustufen (vgl. TA Lärm Nr. 6.6). Die Summenwirkung mit anderen Anlagen ist zu beachten, so dass unter Umständen für die Biogasanlage nur ein reduzierter Immissionsrichtwertanteil zur Verfügung steht.

Werden die Immissionsrichtwerte der TA Lärm (TA Lärm Nr. 6.1) überschritten, müssen weitergehende Lärmschutzmaßnahmen ergriffen werden. Falls Maßnahmen an den Schallquellen nicht möglich sind, wäre zu prüfen, ob ein anderer Standort für die Biogasanlage denkbar ist, oder durch Drehung/Orientierung der Anlage Abschirmeffekte erzielt werden können. Falls die Hauptgeräuschquelle nicht zu hoch liegt, könnte auch eine Lärmschutzwand zur Aufstellung kommen. Betriebszeitbeschränkungen für Liefer- und Fahrverkehr können im Einzelfall erforderlich werden. Hinweise zur Beurteilung von tieffrequenten Geräuschanteilen enthält die DIN 45680 mit dazugehörigem Beiblatt 1.

2.2.2.5 Einteilung von Biogasanlagen hinsichtlich der Anforderungen zur Luftreinhaltung

Die im Folgenden vorgeschlagene Einteilung von Biogasanlagen in 3 Kategorien ergibt sich aus dem Kap. 2.2.2.2 im Hinblick auf eine in der bayerischen Genehmigungspraxis bewährte Vorgehensweise.

Tabelle 5: Einteilung der Biogasanlagen aus Sicht des Immissionsschutzes

| Nr. | Art der Anforderungen | Anlagenart |
|-----|---|---|
| I1 | Grundanforderungen | alle Anlagen, insbesondere NawaRo-Anlagen |
| I2 | Erweiterte Anforderungen | <ul style="list-style-type: none"> - Einsatz von Bioabfällen mit einer Durchsatzleistung ≥ 10 t/d (Co-Fermentationsanlagen), - Güllelager ≥ 6.500 m³, - Gesamt-Feuerungswärmeleistung ≥ 1 MW, - Einsatz besonders geruchsintensiver Stoffe oder - Trockenfermentationsanlagen |
| I3 | Zusätzliche Anforderungen zur Minderung von Motoremissionen | Gesamt-Feuerungswärmeleistung ≥ 1 MW |

(Das Schema ist als Orientierungshilfe gedacht und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)

2.2.2.6 Auflagenvorschläge zum Immissionsschutz für Biogasanlagen

Die folgenden Auflagenvorschläge dienen als Erkenntnisquelle und sind auf den jeweiligen Einzelfall abzustimmen. Darüber hinaus sind bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen die Anforderungen der VDI 3475 Blatt 4 vom August 2010 zu beachten.

Tabelle 6: Anforderungen für Biogasanlagen nach den Kategorien

| 1. Einsatzstoffe | Kategorie |
|--|-----------|
| <p>In der Biogasanlage dürfen die folgenden Stoffe eingesetzt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abfälle (Auflistung der Abfälle) - Nachwachsende Rohstoffe (Auflistung der nachwachsende Rohstoffe) - Tierische Nebenprodukte (z.B. Wirtschaftsdünger mit Zuordnung aus eigenem Betrieb, Fremdbetrieb) <p>Je nach Substrat sind ergänzend zu den nachfolgenden Auflagen abfallrechtliche Anforderungen (Kap. 2.2.3), veterinärrechtliche Auflagen (Kap. 2.2.6) sowie düngemittelrechtliche Vorgaben (Kap. 2.2.7) zu beachten.</p> | |

| 2. Anlieferung und Lagerung der Gärsubstrate | |
|---|------------|
| Fahrwege und Betriebsflächen im Anlagenbereich sind in einer der Verkehrsbeanspruchung entsprechenden Stärke zu befestigen. Die befestigten Flächen sind entsprechend dem Verunreinigungsgrad zu säubern. Verunreinigungen sind unverzüglich zu beseitigen. Staubaufwirbelungen sind zu vermeiden. | I 2 |
| Staubende Stoffe, wie z.B. Getreidespelzen, Knochenmehl, trockener Hühnerkot, Milchpulver, Molkepulver usw. sind in geschlossenen Behältnissen (Silofahrzeuge, Container, Abdeckplanen, geschlossene Gebinde o.ä.) anzuliefern und zu transportieren sowie möglichst in geschlossenen Räumen oder abgedeckten Lagerboxen zu lagern bzw. umgehend unter Vermeidung von Staubemissionen in die Vorgrube bzw. den Fermenter einzubringen. | I 1 |
| Besonders geruchsintensive Stoffe, wie z.B. feuchter Hühnerkot, Abfälle aus der Biotonne, Küchen- und Kantinenabfälle, in Fäulnis übergehende Gemüseabfälle usw. sind in geschlossenen Behältnissen (Silofahrzeuge, Container, Abdeckplanen, geschlossene Gebinde o.ä.) anzuliefern und zu transportieren sowie möglichst in geschlossenen Räumen oder abgedeckten Lagerboxen unter Vermeidung von Geruchsemissionen zu lagern. Entstehende geruchsintensive Abgase sind zu erfassen und über eine geeignete Abgasreinigungsanlage (z.B. Biofilter) zu reinigen. | I 2 |
| <p><u>Bei Anlagen ohne landwirtschaftliche Tierhaltung:</u></p> <p>Die Lagerung von Gülle soll in geschlossenen Behältern erfolgen oder es sind gleichwertige Maßnahmen zur Emissionsminderung anzuwenden, die einen Emissionsminderungsgrad bezogen auf den offenen Behälter ohne Abdeckung von mindestens 80 % der Emissionen an geruchsintensiven Stoffen und Ammoniak erreicht.</p> <p>Künstliche Schwimmschichten sind nach etwaiger Zerstörung durch Aufrühren oder Ausbringungsarbeiten nach Abschluss der Arbeiten unverzüglich wieder funktionstüchtig herzustellen.</p> <p><u>Hinweis:</u> Bei der Lagerung von Rinderflüssigmist ist keine zusätzliche Abdeckung erforderlich, wenn sich eine ausreichende natürliche Schwimmdecke bildet. In Abhängigkeit der Betriebserfahrungen bleibt die Nachrüstung mit Folien, festen Decken oder inerten Schwimmkörpern von nicht abgedeckten Güllelagern vorbehalten.</p> | I 1 |
| <p>Anlagen zum Lagern und Umschlagen von flüssigem Wirtschaftsdünger sind entsprechend der DIN 11622 und der DIN 1045 in der jeweils aktuellen Fassung zu errichten.</p> <p>Bei Güllelager > 6500 m³:</p> <p>In Abhängigkeit der Ausführung des Güllelagers sind gem. Nr. 5.4.9.36 der TA Luft ggf. Mindestabstände zur Wohnbebauung einzuhalten.</p> | I 2 |
| <p>Der Futterstock von Silagen ist mit geeigneten Planen/Folien möglichst luftdicht abzudichten. Dabei ist insbesondere auf eine geeignete Fixierung der Planen zu achten. Die Anschnittsfläche ist bei zu erwartendem Starkregen abzudecken.</p> <p>Silagen sind hydraulisch so zu bemessen, dass geruchsintensive Silagesickersäfte über geeignete Systeme an den Austrittsstellen gefasst, über geschlossene Auffangbehälter gesammelt oder in die Biogasanlage zur Verwertung (Vorgrube oder Fermenter) abgeführt werden.</p> <p>Die befestigten Siloplaten und Rangierflächen sind nach jeder Entnahme zu reinigen.</p> <p><u>Hinweis:</u> Das gemeinsame Merkblatt „Silagesickersaft und Gewässerschutz“ [2] ist zu beachten. Es enthält Hinweise zur Ausführung von Silagen, die auch zur Geruchsemissionsminderung beitragen.</p> | I 1 |

| | |
|---|------------|
| <p>Beim Einsatz von Bioabfällen, die bei offener Lagerung zu Geruchsemissionen führen, ist der Anlieferungs- und Aufbereitungsbereich einzuhausen. Die Abluft ist zu erfassen und in einer geeigneten Abgasreinigungsanlage zu desodorieren. Dabei ist eine Geruchsemissionskonzentration von 500 GE/m³ einzuhalten. Für die Auslegung und den Betrieb von biologischen Abgasreinigungsanlagen sind die Anforderungen der Richtlinien VDI 3477, Biologische Abgasreinigung – Biofilter, bzw. 3478, Biologische Abgasreinigung – Biowäscher und Rieselbettreaktoren zu beachten. Olfaktometrische Messungen sind entsprechend der Richtlinie DIN EN 13725, Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie, durchzuführen.</p> | I 2 |
| 3. Eingabeverfahren und Substrataufbereitung | |
| <p>Befüllungsvorgänge sind so vorzunehmen, dass Staubaufwirbelungen und/oder die Freisetzung von Gerüchen möglichst vermieden werden. Bei der Befüllung entstehende Verunreinigungen sind unverzüglich zu entfernen.</p> | I 1 |
| <p>Die Vorgrube ist mit einer geruchsdichten Abdeckung auszurüsten, die nur für kurzzeitige Befüllungsvorgänge geöffnet werden darf.</p> | I 1 |
| <p>Eingabeverfahren sind in Abhängigkeit vom eingesetzten Substrat (z.B. nachwachsende Rohstoffe) so zu wählen, dass Geruchsemissionen vermieden werden. Dazu sind emissionsarme Eingabeverfahren wie Feststoffeintragssysteme zu verwenden.</p> | I 1 |
| <p>Die Aufbereitung von geruchsintensiven Kofermenten (Störstoffabtrennung, Zerkleinerung, Nassauflösung, Homogenisierung, Hygienisierung etc.) ist zu kapseln bzw. in geschlossener Bauweise zu errichten. Entstehende geruchsintensive Abgase sind zu erfassen und über eine geeignete Abgasreinigungsanlage (z.B. Biofilter oder Abgaswäscher) zu reinigen. Für die Auslegung und den Betrieb von Biofilteranlagen sind die Anforderungen der Richtlinie VDI 3477, Biologische Abgasreinigung – Biofilter, zu beachten.</p> | I 2 |
| <p><u>Bei Trockenfermentationsanlagen (Garagenverfahren):</u> Der Aufbereitungs- und Umschlagbereich für Gärsubstrate ist in einer geschlossenen Halle unterzubringen. Der Hallenbereich ist zu entlüften. Die Abgase aus der Hallenentlüftung sind zu erfassen und über Kamine über Dach abzuleiten. Die Hallentore sind mit Ausnahme von Ein- und Ausfahrtvorgängen geschlossen zu halten. Die Abgaserfassung ist konstruktiv so zu gestalten, dass ggf. ein geeignetes Abgasbehandlungssystem zur Minderung von Geruchsemissionen (z.B. Wäscher) nachgerüstet werden kann. Die Nachrüstung eines geeigneten Abgasbehandlungssystems bleibt in Abhängigkeit der Betriebserfahrungen vorbehalten. Alternativ sind geschlossene Beschickungssysteme zu verwenden.</p> | I 2 |
| 4. Gasführende Anlagenkomponenten, Gasspeicher | |
| <p>Beim Hochfahren der Biogasanlage ist eine schnellstmögliche Verwertung des erzeugten Biogases sicherzustellen. Dazu ist ein entsprechender Anfahrplan vorzulegen.</p> | I 1 |
| <p>Gasfreisetzungen aus gasführenden Anlagenteilen sind vor dem sicherheitsgerichteten Ansprechen von Überdrucksicherungen im bestimmungsgemäßen Betrieb sowie bei Betriebsstörungen und bei Wartungsarbeiten durch die folgenden Maßnahmen zu vermeiden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anpassung der Beschickung der Biogasanlage mit Einsatzstoffen an die verwertbare Gasmenge (bestimmungsgemäßer Betrieb) - Reduzierung der Fütterung auf ein Mindestmaß (bei Betriebsstörungen), - Vorhalten von ausreichendem Gasspeichervolumen, durch die Einbindung der Messgröße Füllstand Gasspeicher in Prozessleitsystem und Motorsteuerung (Gasspeicherregelung), - Einsatz einer stationären Gasverwertungseinrichtung (Gasfackel) <p>Die stationäre Gasfackel ist auf die maximale Biogasproduktion auszulegen.</p> <p>Hinweise: Der Einsatz einer auf die maximale Biogasproduktion ausgelegten stationären Gasfackel soll im Regelfall vorgesehen werden (siehe Nr. 2.2.2.2.4). Bei der Ableitung der Abgase über eine Gasfackel sind die Sicherheitsregeln für landwirtschaftliche Biogasanlagen des Bundesverbandes der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften e.V., Kassel, in der jeweils aktuellen Fassung zu beachten.)</p> | I 1 |

| | | | |
|--|----------------------|------------------------|--|
| <p>Die Emissionen aus den Druckentlastungen des Biogassystems sind über Dach oder alternativ mindestens 3 m über Grund und in mindestens 5 m Entfernung von Gebäuden und Verkehrswe- gen senkrecht nach oben abzuleiten.</p> <p>Die Überdrucksicherungen sind so auszuführen, dass auch nach Ansprechen die Funktionsfä- higkeit (Gasabschluss) gewährleistet ist. Bei Überdrucksicherungen mit Wasservorlage ist ein Rückfließen der Sperrflüssigkeit sicherzustellen.</p> | I 1 | | |
| <p><u>Bei Trockenfermentationsverfahren (Garagenverfahren):</u></p> <p>Zur Minderung der Emissionen sind beim Betrieb der Fermenter die folgenden Maßnahmen zu ergreifen: Bis zum Öffnen der Fermenter zur Entleerung des Gärrestes ist das abgesaugte Gas dem BHKW (z.B. als Verbrennungsluft) zuzuführen. Die Fermenter dürfen erst geöffnet werden, wenn der Methangehalt in der abgesaugten Garagenluft unter der Nachweisgrenze (< 0 %) der übli- cherweise dafür eingesetzten Methangasmessgeräte liegt. Hierzu sind entsprechende MSR- technische Verriegelungen (Garagentore / MSR-Einrichtungen) vorzusehen.</p> <p>Anfallende Belüftungsabgase sind in Abhängigkeit der Betriebserfahrungen (Geruchsbelästigun- gen) ggf. einer geeigneten Abgasbehandlungseinrichtung (z.B. Wäscher) zuzuführen. Die Nach- rüstung eines geeigneten Abgasreinigungssystems und weitere Auflagen zur Emissionsüberwa- chung bleiben deshalb ausdrücklich vorbehalten.</p> | I 2 | | |
| <p>Das Gasleitungssystem und die Gasspeicher sind vor der Inbetriebnahme auf Dichtigkeit zu prü- fen. Das Ergebnis der Prüfung ist zu dokumentieren. Auf die entsprechenden Ausführungen in den Sicherheitsregeln für Biogasbehälter mit Memb- randichtung [3] bzw. den Sicherheitsregeln für landwirtschaftliche Biogasanlagen [4] wird hingewiesen.</p> | I 1 | | |
| 5. Gasreinigung, Gasqualität | | | |
| <p>Das erzeugte Biogas ist durch geeignete Gasreinigungseinrichtungen zu entschwefeln. Bei der Auslegung der Entschwefelungseinrichtungen sind die Vorgaben der Motorenhersteller an den maximalen Schwefelgehalt im Biogas zu beachten.</p> | I 1 | | |
| <p>Die Gasqualität ist regelmäßig bezüglich H₂S- und CH₄-Gehalt zu kontrollieren, um einen optima- len Anlagenbetrieb zu gewährleisten.</p> | I 2 | | |
| 6. Biogasverwertung | | | |
| <p>Das BHKW ist so zu betreiben, dass die folgenden Emissionsgrenzwerte nicht überschritten werden. Die Emissionsgrenzwerte beziehen sich jeweils auf das trockene Abgas im Normalzu- stand (273,15 K, 101,3 kPa) und auf einen Sauerstoffgehalt von 5 Vol.-% (Bezugssauerstoffge- halt).</p> | | | |
| Emissionsbegrenzung für Anlagen mit < 1 MW Gesamt-Feuerungswärmeleistung | | | |
| | Gasmotor | Zündstrahlmotor | |
| Gesamtstaub | - | 50 mg/m ³ | |
| Stickstoffoxide, angegeben als NO ₂ | 0,5 g/m ³ | 1,5 g/m ³ | |
| Kohlenmonoxid | 1,0 g/m ³ | 2,0 g/m ³ | |

| Emissionsbegrenzung für Anlagen mit > 1 MW bis < 3 MW Gesamt-Feuerungswärmeleistung | | | I 3 |
|--|-----------------------|-------------------------|------------|
| | Gasmotor | Zündstrahlmotor | |
| Gesamtstaub | - | 20 mg/m ³ | |
| Stickstoffoxide, angegeben als NO ₂ | 0,50 g/m ³ | 1,0 g/m ³ | |
| Kohlenmonoxid | 1,0 g/m ³ | 2,0 g/m ³ | |
| Schwefeloxide als Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid | 0,31 g/m ³ | 0,31 g/m ³ | |
| Organische Stoffe als Formaldehyd | 60 mg/m ³ | 60 mg/m ³ | |
| Emissionsbegrenzung für Anlagen mit ≥ 3 MW Gesamt-Feuerungswärmeleistung | | | I 3 |
| | Gasmotor | Zündstrahlmotor* | |
| Staub | - | 20 mg/m ³ | |
| Stickstoffoxide, angegeben als NO ₂ | 0,50 g/m ³ | 0,50 g/m ³ | |
| Kohlenmonoxid | 0,65 g/m ³ | 0,65 g/m ³ | |
| Schwefeloxide als Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid | 0,31 g/m ³ | 0,31 g/m ³ | |
| Organische Stoffe als Formaldehyd | 60 mg/m ³ | 60 mg/m ³ | |
| * Der Zünd- und Stützfeuerungsbetrieb ist auf das für den Betrieb notwendige Maß zu beschränken. Der Verbrauch an entsprechenden Brennstoffen ist im Betriebstagebuch zu dokumentieren. Auf die Bestimmungen des § 8 Abs. 6 EEG wird hingewiesen. Demnach ist für Anlagen, die nach dem 31.12.2006 in Betrieb genommen wurden, zum Zwecke der Zünd- und Stützfeuerung ausschließlich Biomasse im Sinne der Rechtsverordnung nach Absatz 7 oder Pflanzenölmethylester einzusetzen (für Gewährung der Einspeisevergütung). | | | |
| Der Methangehalt im Motorabgas ist durch geeignete technische Maßnahmen so weit wie möglich zu reduzieren. | | | I 3 |
| Es ist ausreichend Platz für die Nachrüstung eines Oxidationskatalysators vorzusehen. | | | I 3 |
| <u>Bei Erdgaseinspeisung:</u> Anfallende methanhaltige Abgase, die bei der Biogasaufbereitung (z.B. Druckwechseladsorption) anfallen, sind möglichst thermisch zu nutzen. Ist eine thermische Nutzung nicht möglich, sind andere Verfahren zur Minderung von Methan- und ggf. Schwefelwasserstoffemissionen (z.B. Schwachgasnachverbrennung, auch katalytisch) einzusetzen. (Hinweis: Auflagen zur Emissionsbegrenzung und -überwachung sind auf den Einzelfall abzustimmen) | | | I 1 |
| 7. Abgasableitung | | | |
| Die Motorabgase sind über Kamine mit einer Mindesthöhe von ... m senkrecht nach oben, in die freie Luftströmung abzuführen. | | | I 1 |
| Die Motorabgase sind über Kamine mit einer Mindesthöhe [*] von ... m senkrecht nach oben in die freie Luftströmung abzuführen. (* Mindesthöhe von 10 m ggf. i.V. mit weiteren Regelung der TA Luft, s. Textteil!) | | | I 3 |
| Schornsteine und Abluftstutzen dürfen nicht überdacht werden; zum Schutz gegen Regeneinfall können Deflektoren aufgesetzt werden. | | | I 1 |
| Die Abgase (sonstige Quellen, z.B. Hallenentlüftung, sonst Abgasreinigungseinrichtungen) sind über Kamine mit einer Höhe von mindestens ... m / 3 m über Dachfirst (bei Gebäuden) ungehindert senkrecht in die freie Luftströmung abzuleiten. | | | I 2 |
| 8. Fackelbetrieb (bei Einsatz stationärer Fackeln) | | | |
| Der Betrieb der Gasfackel ist nur für den Notbetrieb (z.B. Motorenausfall) zulässig. | | | I 1 |
| Durch manuelle oder automatische Zündung ist sicherzustellen, dass das im Falle einer Betriebsstörung der Fackel zugeführte Biogas gezündet und verbrannt wird. Bei manueller Zündung soll eine automatisierte Alarmierung des Betreibers erfolgen. Das Abgas aus der Fackel ist in ei- | | | I 1 |

| | |
|---|------------|
| ner Mindesthöhe von 3 m über Erdgleiche senkrecht nach oben abzuleiten. Der Abstand von Gebäuden und Verkehrswegen muss mindestens 5 m betragen. | |
| 9. Emissionsmessungen bei immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Biogas-Motoranlagen | |
| Die Einhaltung der unter 6. genannten Emissionsbegrenzungen ist nach Errichtung der Biogasanlage und anschließend wiederkehrend jeweils nach Ablauf von drei Jahren durch Messungen einer nach § 26 / 28 BImSchG bekannt gegebenen Stelle ermitteln zu lassen. Die erstmaligen Messungen sind nach Erreichen des ungestörten Betriebes, jedoch frühestens drei Monate und spätestens sechs Monate nach Inbetriebnahme der Anlage vorzunehmen. | I 3 |
| Die Messungen sind entsprechend den Anforderungen der TA Luft 2002 zur Messplanung, zur Auswahl von Messverfahren sowie zur Auswertung und Beurteilung der Messergebnisse durchzuführen. | I 3 |
| Es sind an jedem Motor mindestens drei Einzelmessungen bei ungestörter Betriebsweise mit höchster Emission durchzuführen. Die Dauer der Einzelmessung beträgt in der Regel eine halbe Stunde; das Ergebnis der Einzelmessung ist als Halbstundenmittelwert zu ermitteln und anzugeben. Die Emissionsbegrenzungen gelten als eingehalten, wenn das Ergebnis jeder Einzelmessung zuzüglich der Messunsicherheit die festgelegten Emissionsbegrenzungen nicht überschreitet. Während der Emissionsmessungen ist der Gehalt an Methan (CH ₄) im Biogas zu bestimmen, ferner sind die elektrische Leistung (kW _{el}) und die Luftzahl Lambda (λ) des jeweiligen Motors abzulesen und festzuhalten. Zeitgleich zu den drei Einzelmessungen ist der Schwefelgehalt im Biogas, das dem Motor als Brennstoff zugeführt wird, zu bestimmen. | I 3 |
| Die Messungen sind entsprechend den Anforderungen der TA Luft 2002 zur Messplanung, zur Auswahl von Messverfahren sowie zur Auswertung und Beurteilung der Messergebnisse durchzuführen. | I 3 |
| Zur Gewährleistung einer technisch einwandfreien und gefahrlosen Durchführung der Emissionsmessungen sind im Einvernehmen mit dem vorgesehenen Messinstitut geeignete Messorte und Probenahmestellen festzulegen. Hierbei sind die Anforderungen der Richtlinie VDI 4200 (Ausgabe 12.2000) und der Richtlinie VDI 2448, Blatt 1, Ausgabe 04.1992) hinsichtlich der Messplanung, Messstrecke und der Messplätze einzuhalten. Bei der Partikelmessung sind die Anforderungen der VDI 2066, Blatt 1, (Ausgabe 11.2006) einzuhalten. | I 3 |
| Die Termine der Messungen sind der zuständigen Überwachungsbehörde jeweils frühzeitig (z.B. mindestens acht Tage vor Messbeginn) mitzuteilen. | I 3 |
| Über die Messungen ist ein Messbericht zu erstellen, welcher der Überwachungsbehörde unverzüglich vorzulegen ist. Der Messbericht soll dem Anhang B der Richtlinie VDI 4220 in der jeweils aktuellen Fassung entsprechen. | I 3 |
| 10. Lagerung und Entnahme der Gärreste | |
| Lagerung von Gärresten hat in Abhängigkeit der Ausführung der Anlage, der Verweilzeit und der eingesetzten Substrate entsprechend den Vorgaben des Abschnittes 2.2.2.2.9 „Maßnahmen zur Emissionsminderung bei der Gärrestelagerung in gasdicht ausgeführten Lagern mit Restgasnutzung zu erfolgen. Verbleibende nicht gasdicht abgedeckte Gärrestelager sind zur Reduzierung der Ammoniak-Emissionen mit Folien, festen Decken oder inerten Schwimmkörpern (kein Stroh) abzudecken, sofern sich keine ausreichende natürliche Schwimmschicht bildet. In Abhängigkeit der Betriebserfahrungen bleibt die Nachrüstung mit Folien, festen Decken oder inerten Schwimmkörpern von nicht abgedeckten Gärrestelagern vorbehalten. Hinweis: Ggf. sind die o.g. Maßnahmen zur Minderung der Ammoniakemissionen in Abhängigkeit der örtlichen Verhältnisse zu konkretisieren (siehe dazu Nr. 2.2.2.2.9, Emissionsminderungsmaßen bei der Lagerung von flüssigen Gärresten). | I 1 |
| Die Entleerung des Gärsubstratendlagers ist so vorzunehmen, dass Staubaufwirbelungen und/oder die Freisetzung von Gerüchen und NH ₃ möglichst vermieden werden. Bei der Entnahme sind Verunreinigungen unverzüglich zu entfernen. | I 1 |
| <u>Trockenfermentationsverfahren:</u> Der Lagerplatz für feste Gärreste ist mit einer luftdichten Folie abzudecken. Dabei ist auf eine geruchsdichte und Wasser undurchlässige Folienabdeckung zu achten. Verunreinigungen der La- | I 2 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------------|--|---------------------------|--|-----|
| gerfläche sind unverzüglich zu entfernen. Flüssige Gärreste (z.B. Perkolat) sind in gasdicht ausgeführten Lagern mit Restgasnutzung zu lagern. | | | | | | | | | | | | | |
| 11. Eigenüberwachung, Wartung und Dokumentation | | | | | | | | | | | | | |
| Die Motoren sind entsprechend den Herstellerangaben zu warten und auf ordnungsgemäße Funktion zu kontrollieren. Sofern für die Wartungsarbeiten kein geeignetes Personal zur Verfügung steht, ist dies durch eine Fachfirma durchzuführen. | I 1 | | | | | | | | | | | | |
| Zum Nachweis des ordnungsgemäßen Betriebes der Biogasanlage ist ein Betriebstagebuch zu führen, das alle wesentlichen Daten enthalten muss, insbesondere: | I 1 | | | | | | | | | | | | |
| Art (Abfallschlüssel), Menge, Herkunft, Lieferscheine. | I 1 | | | | | | | | | | | | |
| Wartungsarbeiten z.B. Zündkerzenwechsel (Gasmotor), Einspritzdüsenwechsel (Zündstrahlmotor) und wesentliche Reparaturarbeiten sowie sämtliche Änderungen der Motoreinstellung; Motorentausch | I 1 | | | | | | | | | | | | |
| Ergebnisse der orientierenden Messungen, die üblicherweise im Rahmen der Motor- bzw. Anlagenwartung durchgeführt werden (i.d.R. für NO _x und CO ggf. auch Abgastrübung (RZ)). Die Messprotokolle sind in das Betriebstagebuch aufzunehmen. | I 2 | | | | | | | | | | | | |
| Besondere Vorkommnisse, vor allem Betriebsstörungen (z.B. Gasaustritt etc.) einschließlich Ursachen und der durchgeführten Abhilfemaßnahmen. | I 1 | | | | | | | | | | | | |
| Ergebnisse der Überwachung des CH ₄ und H ₂ S-Gehaltes des Biogases. | I 2 | | | | | | | | | | | | |
| Betriebszeiten und Stillstandszeiten der Anlage. | I 1 | | | | | | | | | | | | |
| Das Betriebstagebuch ist vor Ort aufzubewahren und den Vertretern der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen. Das Betriebstagebuch ist arbeitstäglich fortzuschreiben. Das Betriebstagebuch kann mittels elektronischer Datenverarbeitung geführt werden. Es ist dokumentensicher und so anzulegen, dass zumindest eine nachträgliche Manipulation nicht möglich ist, sowie vor unbefugtem Zugriff zu schützen. Das Betriebstagebuch muss jederzeit einsehbar sein und in Klarschrift vorgelegt werden können. Das Betriebstagebuch ist mindestens fünf Jahre, gerechnet ab dem Datum der letzten Eintragung, aufzubewahren. | I 1 | | | | | | | | | | | | |
| 12. Anforderungen zum Lärmschutz | | | | | | | | | | | | | |
| Die Bestimmungen der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm vom 26.08.1998 (s. GMBI, S. 503) sind zu beachten. | I 1 | | | | | | | | | | | | |
| Die von der Gesamtanlage ausgehenden Geräusche (inkl. Fahrverkehr) dürfen an den nächstgelegenen Immissionsorten im Einwirkungsbereich der Anlage (... gebiet; Fl. Nrn. ...) folgende Immissionsrichtwerte nicht überschreiten: <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>- tagsüber:</td> <td>50 dB (A)</td> <td>55 dB (A)</td> <td>60 dB (A) *</td> </tr> <tr> <td>- nachts:</td> <td>35 dB (A)</td> <td>40 dB (A)</td> <td>45 dB (A) *</td> </tr> </table> <p>Die Immissionsrichtwerte gelten während des Tages für eine Beurteilungszeit von 16 Stunden von 06.00 - 22.00 Uhr. Die Nachtzeit beträgt 8 Stunden. Sie beginnt um 22.00 Uhr und endet um 6.00 Uhr. Maßgebend für die Beurteilung der Nacht ist die volle Nachtstunde (z.B. 1.00 bis 2.00 Uhr) mit dem höchsten Beurteilungspegel. Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tage um nicht mehr als 30 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten. Für die folgenden Zeiten ist bei der Ermittlung der Beurteilungspegel in Gebieten nach TA Lärm Nr. 6.1 d-f die erhöhte Störwirkung von Geräuschen durch einen Zuschlag von 6 dB zu berücksichtigen:</p> <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>– an Werktagen</td> <td>06.00 - 07.00 Uhr, 20.00 - 22.00 Uhr,</td> </tr> <tr> <td>– an Sonn- und Feiertagen</td> <td>06.00 - 09.00 Uhr, 13.00 - 15.00 Uhr, 20.00 - 22.00 Uhr.</td> </tr> </table> | - tagsüber: | 50 dB (A) | 55 dB (A) | 60 dB (A) * | - nachts: | 35 dB (A) | 40 dB (A) | 45 dB (A) * | – an Werktagen | 06.00 - 07.00 Uhr, 20.00 - 22.00 Uhr, | – an Sonn- und Feiertagen | 06.00 - 09.00 Uhr, 13.00 - 15.00 Uhr, 20.00 - 22.00 Uhr. | I 1 |
| - tagsüber: | 50 dB (A) | 55 dB (A) | 60 dB (A) * | | | | | | | | | | |
| - nachts: | 35 dB (A) | 40 dB (A) | 45 dB (A) * | | | | | | | | | | |
| – an Werktagen | 06.00 - 07.00 Uhr, 20.00 - 22.00 Uhr, | | | | | | | | | | | | |
| – an Sonn- und Feiertagen | 06.00 - 09.00 Uhr, 13.00 - 15.00 Uhr, 20.00 - 22.00 Uhr. | | | | | | | | | | | | |
| Lärmrelevante Anlagenteile wie z.B. Motoren, Maschinen, Aggregate und Ventilatoren müssen dem Stand der Lärmschutztechnik entsprechend ausgeführt und betrieben werden. | I 1 | | | | | | | | | | | | |
| Körperschallabstrahlende Anlagen sind durch geeignete elastische Elemente von luftschallab- | I 1 | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|-----------|
| strahlenden Gebäude- und Anlagenteilen zu entkoppeln. | |
| Der Abluftkamin und die Zu- und Abluftöffnungen sind mit einem ausreichend dimensionierten Schalldämpfer zu versehen. Der Schalleistungspegel darf insgesamt LWA = 85 dB(A)* nicht überschreiten. | 11 |
| Beim Betrieb der Motoren sind Türen, Tore und Fenster des Generatorenhauses geschlossen zu halten. | 11 |
| <p>Im Bereich des Generatorenhauses dürfen die folgenden bewerteten Schalldämm-Maße R'w von Außenbauteilen im eingebauten Zustand nicht unterschritten werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dachkonstruktion: R'w ≥ 40 dB * - Fenster bzw. Festverglasungen: R'w ≥ 42 dB * - Türen: R'w ≥ 39 dB * - Tore: R'w ≥ 35 dB * <p>* Die genannten Pegelwerte sind nur beispielhaft aufgeführt. Es sind die für das jeweilige Gebiet zutreffenden Pegel einzusetzen. Die Ruhezeiten sind nur für die in Nr. 6.5 der TA Lärm, genannten Gebiete zutreffend. Die bewerteten Schalldämm-Maße sind nach den Umgebungsbedingungen bzw. dem Stand der Technik zu ermitteln.</p> | 11 |
| Lärmrelevante Anlagenteile im Freien, wie z.B. Kühler, Pumpen etc. dürfen einen Schalleistungspegel von ... dB(A) * nicht überschreiten. | 11 |
| Die Anlieferung der Reststoffe und sonstiger Fahrverkehr von und zu der Biogasanlage, sowie der Betrieb des Radladers oder einer anderen Transportmaschine, darf nur tagsüber in der Zeit von 6.00 - 22.00 Uhr stattfinden. Ausgenommen hiervon ist Fahrverkehr im Zuge der Ernte Nachwachsender Rohstoffe zum Einsatz in der Biogasanlage sowie der Ausbringung von Gärresten. | 11 |

Literaturverzeichnis

- [1] Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) / Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik (2009): Biogas-Messprogramms II, 61 Biogasanlagen im Vergleich, herausgegeben von der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow.
<http://www.nachwachsenderohstoffe.de/index.php?id=1202&idtitel=385>
- [2] Bayerische Staatsministerien für Landwirtschaft und Forsten sowie Bayerisches Staatsministerium für Umwelt-, Gesundheit- und Verbraucherschutz (2002): Merkblatt Silagesickersaft und Gewässerschutz, 4. Auflage.
download:
http://www.stmfl.bayern.de/landwirtschaft/agraroekologie_umwelt/19705/silagesickersaft_gewaesserschutz.pdf
- [3] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2006): Merkblatt DWA-M 376 Sicherheitsregeln für Biogasbehälter mit Membrandichtung.
- [4] Bundesverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften: Technische Information 4 – Sicherheitsregeln für Biogasanlagen, Stand: 10/2008
- [5] atz entwicklungszenrum (2004): Ergebnisbericht zum Forschungsvorhaben „Grundlegende Untersuchungen zur effektiven und kostengünstigen Entfernung von Schwefelwasserstoff aus Biogas“.
download:
<http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/biogas/index.htm>
- [6] Ebertsch, G, Fiedler, A.: Formaldehyd im Abgas von Biogasmotoranlagen und Erdgas-Blockheizkraftwerken. Wasser und Abfall, 12. Jahrgang, Heft 11, November 2010
- [7] Richtlinie VDI 3862, Blatt 2, Messung gasförmiger Emissionen – Messen aliphatischer und aromatischer Aldehyde und Ketone nach dem DNPH-Verfahren – Gaswaschflaschen – Methode.
- [8] Richtlinie VDI 3862, Blatt 4, Messung gasförmiger Emissionen – Messen von Formaldehyd nach dem AHMT-Verfahren
- [9] Gronauer, A., Effenberger, M., Kaiser, F., Schlattmann, M. (2003): Biogasanlagen-Monitoring und Emissionsverhalten von Biogas-Blockheizkraftwerken. Materialien Umwelt & Entwicklung Bayern, Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Nr. 176, S. 134, Bonner agrikulturchemische Reihe, Band 16, Bonn.
- [10] Sklorz, M. (2002): Vortrag bei der Fachtagung im Landesamt für Umweltschutz in Augsburg am 17.10.2002 BifA GmbH Augsburg.
download:
<http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/biogas/doc/biogasanlagen.pdf>
- [11] Zell B. (2002): "Emissionen von Biogas-Verbrennungsmotoren"; in „Fachtagung Biogasanlagen - Anforderungen zur Luftreinhaltung“, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 17.10.2002.
- [12] Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2006): Emissions- und Leistungsverhalten von Biogas-Verbrennungsmotoranlagen in Abhängigkeit von der Motorenwartung. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben (LfU-Projekt Nummer 1325), Augsburg.