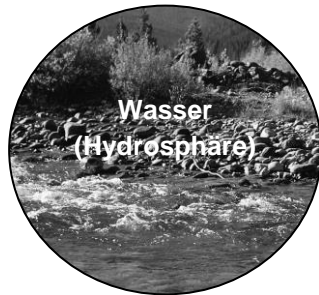
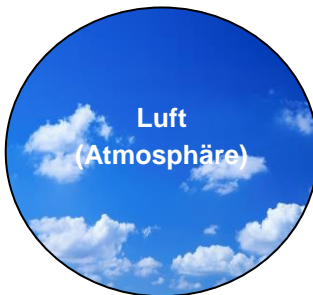


## Umweltwirkungen der Biogasproduktion

### Teil 1: Emissionen in die Luft



Treibhausgase  
Bodennahes Ozon (Smog)  
Feinstaub  
Geruch

Eutrophierung

Versauerung

Ressourcenverbrauch  
Landnutzung

Nr. V – 20/2014

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe V (Ökonomie) im „Biogas Forum Bayern“ von:



**Bianca Zerhusen**

**Omar Hijazi**

**Mathias Effenberger**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Überblick: Emissionen in die Luft .....</b>	<b>3</b>
2.1	Treibhausgase .....	3
2.2	Smog.....	3
2.3	Feinstaub .....	4
2.4	Formaldehyd .....	4
2.5	Geruch .....	4
<b>3</b>	<b>Wie kann meine Biogasanlage die Umwelt schonen? (Chancen).....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Wie kann meine Biogasanlage der Umwelt schaden? (Risiken).....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Handlungsmöglichkeiten.....</b>	<b>8</b>
5.1	Substratbereitstellung.....	8
5.2	Anlagentechnik.....	9
5.3	Anlagenmanagement .....	9
<b>6</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>11</b>

## 1 Einleitung

Die Einführung des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) in 2000 schuf die Grundlage für ein rapides Wachstum der Biogaserzeugung in der Landwirtschaft und damit für die Entstehung eines neuen Einkommenszweiges. Dies brachte neue Herausforderungen im Pflanzenbau und der Energietechnik mit sich und veränderte teilweise stark die regionalen Anbaustrukturen.

Neben der Verantwortung für den Klimaschutz, muss bei der Biogasproduktion auch eine nachhaltige Landbewirtschaftung sichergestellt werden. Die Frage nach Ressourcenverfügbarkeit, Flächenkonkurrenz und Umweltproblemen in direkter Nachbarschaft von Biogasanlagen führten in der Vergangenheit zu viel öffentlicher Kritik und einem negativen Image der landwirtschaftlichen Biogastechnik.

Welche Umweltwirkungen die Biogasproduktion verursacht, kann wissenschaftlich mit Hilfe von Ökobilanzen analysiert werden. Die Höhe und Rangfolge einzelner Umweltbeiträge hängt dabei stark von der verwendeten Methodik ab [1]. Trotz unterschiedlicher Bewertungsansätze und methodischer Unsicherheiten, zeigen die Bilanzergebnisse unterschiedlicher Studien wichtige Tendenzen auf. Vor allem im Systemvergleich zu üblichen, wirtschaftlichen Aktivitäten zeigen sich Vor- und Nachteile der Biogasproduktion.

Wie in der Fachinformation [„Wesentliche Einflussfaktoren für die Treibhausgasbilanz der Strombereitstellung aus Biogas: Erläuterung anhand ausgewählter Praxisbeispiele“](#) modellhaft gezeigt wird, können die individuellen Umweltwirkungen einzelner Biogasanlagen auf Grund einer Vielzahl an technischen Konzepten und Verschiedenheiten im Betriebsmanagement sehr unterschiedlich ausfallen. Zusätzlich können auch regionale Voraussetzungen das Einzelergebnis in starkem Maße beeinflussen.

Die Publikationsreihe „Umweltwirkungen der Biogasproduktion“ soll einen Überblick geben, welche Chancen und Risiken die Energiebereitstellung aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen für die Umwelt bietet. Zudem werden wesentliche Optimierungsansätze vorgestellt.

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit dem **Schutzgut Luft**. Neben Treibhausgas(THG)emissionen, die im Mittelpunkt zahlreicher Studien stehen, werden speziell „bodennahe Ozonvorläufersubstanzen“, „Feinstaub“, „Geruch“, und „Formaldehyd“ betrachtet. In Abgrenzung zu dem weit gefassten Begriff der Luftreinhalte Konvention), welcher negative Auswirkungen auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Gewässer, Böden sowie auf Bauwerke und Materialien umfasst und durch Festlegung nationaler Luftschadstoff-Grenzwerte (Bundesimmissionsschutzgesetz - BImSchG und zugehörige Verordnungen, TA Luft) zu verhindern sucht, wird im Folgenden nur der Wirkungsendpunkt Luft betrachtet.

In separaten Beiträgen werden der „**Eintrag von Schadstoffen in Gewässer**“ und die „**Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit**“ in Folge von Versauerung und Eutrophierung betrachtet. Ein weiterer Beitrag beleuchtet das Spannungsfeld der begrenzten **Ressourcenverfügbarkeit**. In diesem Zusammenhang werden neben fossilen Brennstoffen vor allem auch Phosphorvorräte und die Verfügbarkeit fruchtbarer Landflächen als akute Problemfelder angesehen.

## 2 Überblick: Emissionen in die Luft

### 2.1 Treibhausgase

Der landwirtschaftliche Sektor (ohne Vorketten) trug 2011 mit 7,7% zu den Gesamtemissionen an THG in Deutschland bei [2]. Diese Emissionen setzen sich zusammen aus der Stickstoffumsetzung in landwirtschaftlich genutzten Böden, aus der tierischen Verdauung und dem Wirtschaftsdüngermanagement. Der Ausstoß an Treibhausgasen (THG) dient als Indikator für die Klimaänderung und wird in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent angegeben. Hierzu werden die betrachteten THG mit ihrem jeweiligen Erwärmungspotenzial (GWP) für einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren nach ihrer Treibhauswirkung gewichtet.

Nach dem jüngsten Sachstandsbericht des IPCC 2013 [3] hat Methan (CH<sub>4</sub>) eine 28 Mal höhere Klimawirkung als CO<sub>2</sub>. Für Biogasanlagen ergibt sich daraus die Maßgabe, dass die Freisetzung von Biogas unbedingt verhindert werden muss.

Noch wesentlich stärker ist die relative Klimawirkung von Lachgas (N<sub>2</sub>O) (265 Mal stärker als CO<sub>2</sub>). N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in der Landwirtschaft vor allem durch die Stickstoffdüngung induziert. Daraus resultiert ein hoher Stellenwert der Energiepflanzenproduktion in der THG-Bilanz der Biogaserzeugung. Neben dieser direkten Freisetzung von Treibhausgasen gibt es auch indirekte Emissionen, die aus dem Wiedereintrag von Stickstoff nach Nitrat-Auswaschung oder der Deposition gasförmiger Stickstoffverbindungen, wie Ammoniak (NH<sub>3</sub>) oder Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) resultieren und dann ebenfalls zum Lachgaspool beitragen [4]. Die hohen NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement sind jedoch vor allem durch den Verlust von düngerwirksamem Stickstoff bedeutsam. Müssen diese Verluste mit Mineraldünger kompensiert werden, wirkt sich dies zusätzlich negativ auf die THG-Bilanz aus.

### 2.2 Smog

Photochemische Oxidantien sind ein Gemisch aus bodennahem Ozon (O<sub>3</sub>) und anderen kurzlebigen Verbindungen wie Peroxyacetylnitrat (PAN) und Wasserstoffperoxid. Die Bezeichnung „**Smog**“ (*engl.* **smoke** (Rauch) + **fog** (Nebel)) deutet an, dass diese Luftschadstoffe zur Verringerung der Sichtweite führen. Außerdem beeinträchtigen sie als Reizgas für die Atemwege die Gesundheit des Menschen und können zur Schädigung empfindlicher Pflanzen und zu Ertragsverlusten führen [5]. Vor allem Emissionen in Verbrennungsabgasen aus Verkehr und Energiebereitstellung tragen zur Ozonbildung bei. Wichtige „Vorläufer-Substanzen“ sind Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Kohlenstoffmonoxid (CO), leichtflüchtige organische Verbindungen außer Methan (NMVOC) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>).

Bei der Bewertung der Umweltrelevanz von Ozon spielen die räumliche und zeitliche Variation in der Verbreitung, der Auf- und Abbau und die Exposition von Mensch und Ökosystem eine Rolle [6], [7]. Auch meteorologische Einflüsse und die Hintergrundkonzentration sind zu beachten [8]. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit gibt es eine Informationsschwelle von 180 µg / m<sup>3</sup> (1-Stunden-Wert) und eine Alarmschwelle von 240 µg / m<sup>3</sup> (1-Stunden-Wert). Trotz eines starken Rückgangs der Höhe und Häufigkeit der Ozonspitzenwerte seit 1990 wird in Deutschland der Zielwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit immer wieder überschritten. Zudem ist ein Anstieg der Jahresmittelwerte und damit der Hintergrundbelastung zu verzeichnen [9]. Durch die steigenden, industriellen Emissionen in Asien und Nordamerika könnte sich die Ozonbelastung in Zukunft verschärfen.

## 2.3 Feinstaub

Feinstaub kann unter anderem Herz- / Kreislauf- sowie Atemwegserkrankungen verursachen. Zur Kategorisierung von Feinstaub existieren unterschiedliche Modelle, die nach Partikelgröße, Lungengängigkeit und chemischer Zusammensetzung unterscheiden. Stäube entstehen beim Umgang mit Schüttgütern, durch Reifen- und Bremsabrieb sowie bei der Verbrennung (z. B. von Biomasse, Kohle), wobei sie im letzteren Fall meist stark gefiltert werden. Die Ruß-Emissionen aus Biogas-Verbrennungsmotoren sind i. d. R. nur bei Zündstrahlmotoren nennenswert. Für die Bildung von Feinstaub sind auch sogenannte „Sekundäraerosole“ als Vorläufersubstanzen von Bedeutung, im landwirtschaftlichen Bereich ist dies vor allem Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). Für die direkte Feinstaubbildung spielen auch landwirtschaftliche Transporte eine Rolle.

## 2.4 Formaldehyd

Formaldehyd kann Allergien, Haut-, Atemwegs- und Augenreizungen verursachen und gilt bei dauerhafter Exposition als krebserregend. Formaldehyd entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von Kohlenwasserstoffen. Bei stichpunktartigen Messungen der Landesanstalt für Landwirtschaft an BHKW – davon fünf Gas-Otto-Motoren und drei Zündstrahlmotoren – wurden Formaldehydkonzentrationen von wenigen  $\text{mg}/\text{m}^3$  bis maximal  $110 \text{ mg}/\text{m}^3$  festgestellt [10]. Auswertungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt zeigen, dass Biogasmotoren auf dem Markt verfügbar sind, die den Formaldehyd-Emissionswert der TA Luft von  $60 \text{ mg}/\text{m}^3$  sicher einhalten. Bei den Gas-Otto-Motoren (149 Messungen) lag in knapp 30% der Messungen der Formaldehydwert über  $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ , während dieser Prozentsatz bei den Zündstrahlmotoren (77 Messungen) ca. 44% betrug [11]. Wie in weiteren Messungen bestätigt werden konnte, besteht eine negative Korrelation zwischen Formaldehyd- und Stickoxidgehalten im Abgas. Weiterhin hatte Teillastbetrieb (80%) eine deutliche Erhöhung der Formaldehydkonzentration im Abgas zur Folge. Durch eine geeignete Abgasreinigungseinrichtung können die Formaldehydemissionen signifikant vermindert werden (siehe hierzu die Fachinformation "[Voraussetzungen für einen emissionsarmen Betrieb biogasbetriebener BHKW](#)").

## 2.5 Geruch

Die Stärke des Geruchempfindens hängt von der Art und Konzentration des Riechstoffes in der Luft und der individuellen Wahrnehmung ab. Deshalb wird in der dynamischen Olfaktometrie der Geruchsschwellwert (= die Minimalkonzentration eines Stoffes, bei der dieser noch wahrgenommen werden kann) durch die Wahrnehmung von 50% der Prüfer in einer Prüfgruppe bestimmt. In der Landwirtschaft und in Biogasanlagen gibt es viele organische und anorganische Geruchstoffe, die allein oder als Mehrstoffgemisch unangenehme Gerüche verursachen können.  $\text{CH}_4$  und  $\text{CO}_2$  als Hauptbestandteile des Biogases sind hingegen geruchlos. Der charakteristische Geruch des Biogases rührt daher nicht von den Hauptbestandteilen, sondern von den in Spuren enthaltenen organischen Geruchsstoffen her.

Zu einem negativen Geruchseindruck führen zudem Ammoniak und Lachgas als stechend riechende Gase. Bereits in geringen Konzentrationen kann Schwefelwasserstoff einen „Geruch nach faulen Eiern“ hervorrufen. Insbesondere in Fahrsiloanlagen kann Silosickersaft an freier Atmosphäre zu Geruchsemissionen führen. Wird eine Biogasanlage generell sauber geführt, verbleibt die Anschnittfläche der Fahrsiloanlage als markanteste Geruchsquelle. Dies wird auch bei Geruchsgutachten so unterstellt.

### 3 Wie kann meine Biogasanlage die Umwelt schonen? (Chancen)

1. In Deutschland ist die Energiebereitstellung mit einem Anteil von 83% (im Jahr 2011) mit Abstand die größte Quelle für Treibhausgasemissionen [2]. Die **Substitution fossiler Energieträger im Strom- und Wärmesektor** durch „Biogasstrom“ bzw. „Biogaskwärme“ führte nach Schätzungen des Umweltbundesamtes im Jahr 2012 in Deutschland zu einer theoretischen Einsparung von ca. 9,2 Mio. t CO<sub>2,Äq</sub> aus der Stromerzeugung bzw. ca. 2,4 Mio. t CO<sub>2,Äq</sub> aus der Wärmeerzeugung [12]. Hierbei besteht noch ein erhebliches Potential an ungenutzter Wärme aus Biogas. Jede Wärmelieferung von einer Biogasanlage, die beim Abnehmer tatsächlich fossile Energieträger ersetzt ist daher ein effektiver Beitrag zur Senkung der THG-Emissionen aus der Energieversorgung.
2. Bei der Güllelagerung entsteht unter anaeroben Bedingungen vorrangig Methan, bei der Lagerung von Mist auch Lachgas. **Durch die Vergärung von Gülle und Mist im geschlossenen System einer Biogasanlage** werden daher im Vergleich zur konventionellen Lagerung große Mengen an **THG-Emissionen vermieden** [13]. Bei einem NAWARO-Massenanteil bis 35% liegen die THG-Emissionen aus der Produktion der Energiepflanzen in einer ähnlichen Größenordnung wie die vermiedenen Emissionen aus der offenen Wirtschaftsdüngerlagerung [14].
3. Wird Wirtschaftsdünger nach Stand der Technik vergoren, werden im Biogasfermenter auch **organische Geruchsstoffe abgebaut**. Dies kann man bei der Ausbringung vergorener Gülle wahrnehmen: Diese ist deutlich geruchsärmer.
4. Auch andere Verwertungsmöglichkeiten für pflanzliche Reststoffe führen zu Treibhausgasemissionen. So sind beispielsweise auch **Vermeidungspotentiale gegenüber der Kompostierung** gegeben [15].
5. Während die Tierzahlen rückläufig sind, kann die Biogasproduktion von frei werdenden Flächen profitieren und zur **Grünlanderhaltung** beitragen. Durch eine sinnvolle Nutzungsmöglichkeit des Grünlandaufwuchses wird der betriebliche Druck zu Grünlandumbruch und Ackernutzung verringert und somit der rapide Abbau langfristig angereicherter Humussubstanz im Boden mit einhergehenden Emissionen an CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O vermieden. Zumindest im Fall einer extensiven Grünlandnutzung können zusätzlich auch Synergien mit anderen Naturschutzzielen erreicht werden.
6. Umgekehrt wird die **mögliche langfristige Bindung von Kohlenstoff im Boden („Kohlenstoffspeicherung“)** durch die Einlagerung von atmosphärischem CO<sub>2</sub> in den Boden (Humus) beim Anbau von Dauerkulturen diskutiert. Dies soll durch die Ansaat von Grünland, mehrjährigen Leguminosen und Gräsern erreicht werden. Auch alternative Energiepflanzen wie z.B. Rutenhirse oder die Bewirtschaftung von Agroforstsystemen könnten zur Schaffung von Senken beitragen. Gesicherte Ergebnisse aus Langzeituntersuchungen liegen bisher allerdings kaum vor. Der Aufbau eines stabilen Humuskörpers ist sehr viel langwieriger als dessen Abbau. **Grünlandumbruch** führt zu einer dramatischen Freisetzung von organischem Bodenkohlenstoff in Form von CO<sub>2</sub> sowie N<sub>2</sub>O und **sollte daher in jedem Fall vermieden werden**.
7. **Gärprodukte aus Biogasanlagen** können innerhalb gut abgestimmter betrieblicher Kreisläufe **Mineraldünger ersetzen** und hierdurch THG-Emissionen und den Verbrauch fossiler Ressourcen vermeiden. Phosphor und Kali bleiben im Gärrest praktisch

vollständig erhalten. Wegen seines höheren ammoniakalischen Stickstoffanteils hat Gärrest ein höheres kurzfristiges Mineraldüngeräquivalent (70-80%  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) als unvergorene Wirtschaftsdünger. Dies ermöglicht eine gut **planbare, bedarfsgerechte Düngung** zum Pflanzenwachstum. Durch die gezielte, zeitlich angepasste Düngung zum Pflanzenwachstum ist die Düngewirkung von Gärrest aus Klee gras und Leguminosen besser als bei einer Gründüngung [16]. Die Schnittnutzung stimuliert weiterhin die N-Fixierungsleistung. Durch die Schnittnutzung können im Vergleich zur Gründüngung höhere Aufwüchse erzielt werden, mit denen auch eine **höhere Stickstofffixierung** einhergeht. Dabei begünstigt auch der Stickstoff-Entzug aus dem System durch das Erntegut die N-Fixierungsleistung der Leguminosen.

#### 4 Wie kann meine Biogasanlage der Umwelt schaden? (Risiken)

1. Eine Ausdehnung der Anbaufläche für Energiepflanzen durch **Landnutzungsänderung** auf Grünlandstandorten, Naturschutzflächen mit hohem Kohlenstoffbestand oder Torfmoorflächen ist aus Gründen des Klimaschutzes unbedingt zu vermeiden. Der Umbruch bzw. die Entwässerung solcher Flächen zum Zwecke der Nutzung als Acker ist mit sehr hohen N<sub>2</sub>O- und CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Humusabbau verbunden.
2. Die Humusgehalte im Boden sind Standort- und Nutzungstypisch. Generell sollte zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und für den Umweltschutz auf eine **ausgeglichene Humusbilanz** (für integriert wirtschaftende Betriebe nach VDLUFA: Humuszufuhr - Humusbedarf = -75 bis 100) geachtet werden [17][16]. Durch organische Düngung und den Anbau von Zwischenfrüchten zur Gründüngung wird dem Boden organische Substanz zugeführt. Das Abfahren organischer Substanz durch die Ganzpflanzenernte und die Reststoffnutzung verringert stark die Humuszufuhr.
  - Ein **Humusüberschuss** begünstigt durch ein hohes Mineralisierungspotenzial Stickstoffeinträge in Atmosphäre und Hydrosphäre.
  - Bei einer **Unterversorgung des Bodens mit Humus** wird der langfristig im Boden gespeicherte Kohlenstoff freigesetzt. Dies führt zu einer Verschlechterung von Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit und damit auch zu Ertragseinbußen.

Durch breite Fruchtfolgen, Mischanbau, Zwischenfrüchte oder die Nutzung mehrjähriger Kulturarten (z.B. Klee gras) bieten sich für die Biogasproduktion weitreichende Möglichkeiten, um diesem Aspekt Sorge zu tragen.

3. Ein erhöhtes **Transportaufkommen** für Erntegüter und Gärreste ist mit entsprechenden Emissionen von Fahrzeugabgasen und Staub verbunden. Die Energiebilanz der Biogas-Prozesskette verschlechtert sich. Bei Grasnutzung ist der Aufwand durch mehrere Ernten erhöht.
4. NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Düngung und NO<sub>x</sub>-Emissionen aus der Biogasverbrennung im BHKW tragen zur **Smogbildung** bei, während SO<sub>2</sub> im BHKW-Abgas den größten Ozon-wirksamen Emissionsanteil darstellt.
5. Die Biogasproduktion aus Energiepflanzen hat in bestimmten Veredelungsregionen mit hohem Viehbesatz zu einer Vergrößerung der **Nährstoffüberschüsse** geführt. Durch eine geeignete **Gärrestaufbereitung mit Ammoniakrückgewinnung** können die Transportwürdigkeit der Gärprodukte deutlich verbessert und ein Nährstoffexport in Gebiete mit entsprechendem Bedarf realisiert werden (eine entsprechende Fachinformation wird derzeit erarbeitet).
6. Entlang der Biogas-Prozesskette entstehen direkte **Treibhausgasemissionen**. Beim Energiepflanzenanbau sind darunter v. a. die **N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Düngung** relevant. Bei der Biogasproduktion und -verwertung kann es zu **CH<sub>4</sub>-Emissionen** aus Gärbehältern (Überdruckereignissen, Leckagen oder Diffusion), BHKW-Motoren (Methanschleupf) und offenen Gärrestlagern kommen. Aufgrund des höheren ammoniakalischen Stickstoffanteils und des leicht alkalischen pH-Wertes im Gärrest, ist eine **emissionsarme Ausbringung** auf dem Stand der Technik von großer Wichtigkeit (vergleiche hierzu die Fachinformation ["Biogasgärreste - Einsatz von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel"](#)). Silolager, die offene Gärrestlagerung und erhöhte



Ammoniakemissionen bei der Gärrestausbringung können zudem zu einer **Geruchsbelastung** für die Umgebung führen.

## 5 Handlungsmöglichkeiten

Um nachteilige Umweltwirkungen der Biogasproduktion zu vermeiden und aus ökonomischen Gründen kann es sinnvoll sein, die nachfolgend beschriebenen Handlungsmaßnahmen umzusetzen.

### 5.1 Substratbereitstellung

- Generell ist die „**gute fachliche Praxis**“ in der Landwirtschaft einzuhalten.
- Um **lange Transportwege zu vermeiden**, sollte bei der Rohstoffplanung auf eine regionale Beschaffung Wert gelegt werden.
- **Kein Umbruch** von Dauergrünland und Flächen mit hohem Naturschutzwert, keine Entwässerung von Mooren und Anmooren.  
→ THG-Emissionen durch Verlust organischer Bodensubstanz
- **Effizienter Einsatz von Mineraldüngern und Wirtschaftsdüngern:**
  - o Bedarfsgerecht zum Pflanzenwachstum und standortangepasst
  - o Keine Ausbringung bei hohen Temperaturen und feuchtem Boden
  - o Zusätzliche Nährstoffuntersuchung des Gärrestes möglichst vor jeder Ausbringung und mindestens anlässlich eines Substratwechsels
  - o Vorhalten einer ausreichenden Lagerkapazität für die Gärreste von 9 Monaten (siehe: [„Gülle und Gärresttransport \(Teil1\)“](#))
  - o Unverzögliche Einarbeitung der Gärreste (innerhalb von vier Stunden), siehe hierzu auch die Fachinformation [„Verteiltechnik zur Gärrestausbringung – wirtschaftliche und umweltgerechte Lösungen“](#)
  - Zu hohe N-Düngergaben führen zu unnötigen NH<sub>3</sub>- und THG-Emissionen und ein ineffizienter Einsatz führt indirekt zu einem erhöhten Bedarf an energieintensiv produzierten Mineraldünger.
- Das vorhandene **Einsatzstoffpotenzial an Gülle, Mist und Reststoffen** sollte geprüft und ausgenutzt werden.
- Strategien für **ausgeglichene Humussalden** sollten entwickelt werden (siehe hierzu die Fachinformation [„Bewertung von Fruchtfolgen für die Biogaserzeugung in Bayern“](#))
- **Effiziente Energiepflanzenproduktion** mit hohen TM-Erträgen und Methanausbeuten.
- **TM-Verluste, Energieverluste und Geruchsemissionen bei Silagen vermeiden:**
  - o Richtige Auslegung der Silos und Folienabdeckung (Schutz vor Luft- und Witterungseinflüssen, Schimmelbefall und schlechten Gerüchen - stechend, faulig, sauer oder mostig). Siehe hierzu auch die Fachinformation [„Höhere Verluste bei nicht abgedeckten Silos - Ergebnisse einer Feldstudie“](#)
  - o Erntezeit hinsichtlich der Silierfähigkeit der Energiepflanzen optimieren
  - o Schnelles Ableiten von Silosickersaft, idealer Weise in einen eigenen Auffangbehälter für eine dosierte Zugabe in den Fermenter oder alternativ in ein gasdichtes und

an die Gaserfassung angeschlossenes Gärproduktelager (Hinweis: Gerade neuartige und gesellschaftlich gewollte Energiepflanzen aber auch Getreide-GPS können teils nur mit niedrigen TM-Gehalten einsiliert werden)

- Verlustsilage oder Silosickersaft auf Verkehrsflächen rasch entfernen um antrocknen und lang anhaltende Geruchsemissionen zu vermeiden
- Abdecken der Siloanschnittfläche führt nur kurzfristig zu etwas geringeren Geruchsemissionen, kann jedoch beim Öffnen zu einem Schwall an Geruchsstoffen führen, so dass davon abzuraten ist.

- **Keine Bevorratung von Einsatzstoffen im Feststoffeintragsystem** für mehr als einen Tag

→ Vermeidung von Rotteverlusten und Geruchsemissionen

## 5.2 Anlagentechnik

- Eine **Eingrünung** bald nach Inbetriebnahme ist optisch vorteilhaft und hält Geruchsstoffe zurück.
- **Gasdichte Gärrestlagerabdeckung** mit Gaserfassung  
→ Vermeidung von CH<sub>4</sub>- und NH<sub>3</sub>-Emissionen. Das zusätzlich gewonnene Methan kann verwertet werden oder zur Einsparung von Anbaubiomasse führen und sich somit auch wirtschaftlich vorteilhaft auswirken.
- **Überdruckereignisse vermeiden:**
  - Installation einer **automatisch zündenden Gasfackel**. Die Ansprechschwelle der Überdrucksicherung muss über derjenigen der Gasfackel liegen (siehe hierzu auch die Fachinformation [„Gasfackeln – technische Grundlagen und Anwendung auf landwirtschaftlichen Biogasanlagen“](#))
  - ggf. Nachrüstung **zusätzlicher Gasspeicher** und entsprechendes Gasspeichermanagement.
- **BHKW-Abgas-Nachbehandlung** (Oxidationskatalysator, SCR-Katalysator oder thermische Nachverbrennung)  
→ Verringerung von Formaldehyd- und CO-Emissionen (siehe hierzu die Fachinformation ["Voraussetzungen für einen emissionsarmen Betrieb biogasbetriebener BHKW"](#))
- Bei **BHKW-Repowering** zu beachten: hoher Wirkungsgrad und geringer Methanschlupf.

## 5.3 Anlagenmanagement

- **Restmethanpotenzial** prüfen lassen (Laboranalyse)  
→ Gärprozess optimieren und prozesstechnische Verbesserungen für den Einzelfall prüfen (siehe hierzu: [„Abschätzung des Restmethanpotentials in Gärresten“](#))  
→ CH<sub>4</sub>-Emissionen aus offenen Gärrestlagern können durch Optimierung des Gärprozesses reduziert werden.
- Bei offenen Gärrestlagern **natürliche Schwimmschichtbildung** nicht behindern.  
→ Eine Schwimmschicht hilft NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Gärrestlager zu vermeiden.
- **Strombedarf aus regenerativen Quellen decken**

- 
- Die Bereitstellung von konventionellem Strom aus fossilen Energieträgern ist nach wie vor mit hohen THG-Emissionen verbunden.
  - **Regelmäßige Kontrolle der Überdrucksicherung**
    - Auf ausreichenden Frostschutz im Winter achten.
  - **Regelmäßige Anlagenbegehung** mit einem **Gasdetektor (monatlich)** kann helfen Gasleckagen aufzuspüren. Die Anschaffung eines Handgeräts kann auch gemeinschaftlich stattfinden. Die gelegentliche Prüfung mit einer **Gaskamera (z.B. jährlich)** wird zusätzlich empfohlen.
  - **Wärmenutzungskonzept** ist essenziell
    - Ersatz fossiler Energieträger zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen
  - **Abfangen und Reinigen der Abluft aus offenen Anmaischgruben** über Biofilter oder Abluftwäscher
    - Reduzierung von Staub- und Geruchsemissionen
  - **Regelmäßige BHKW-Wartung**
    - Senkung der Abgasemissionen / Verbesserung des elektrischen Nutzungsgrades.

## 6 Literatur

- [1] Rehl, T.; Lansche, J.; Müller, J.; *Life cycle assessment of energy generation from biogas—Attributional vs. consequential approach*. 2012. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 2012, S. 3766-3775
- [2] Umweltbundesamt (UBA); *Treibhausgasemissionen in Deutschland – Treibhausgas-Emissionen nach Quellkategorien*, 2013. Internetquelle zuletzt besucht 25.10.2013: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/treibhausgas-emissionen-in-deutschland>
- [3] IPCC (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, S. 1-1535
- [4] IPCC (2006): Chapter 11: N<sub>2</sub>O emissions from managed soils and CO<sub>2</sub> emissions from lime and urea application. In: National Greenhouse Gas Inventories Programme. De Klein, C.; Novoa, R.; Ogle, S.; Smith, K.A.; Rochette, P.; Wirth, T.C.; McConkey B.G.; Mosier, A; Rypdal, K.; Walsh, M.; Williams, S.A. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2006. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use
- [5] Umweltbundesamt (UBA); Ozon. Internetquelle zuletzt besucht 14.07.2014: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/ozon>
- [6] Shah, V.; Ries, R.: *A characterization model with spatial and temporal resolution for life cycle impact assessment of photochemical precursors in the United States*. *Int. J. LCA* 14, 2009, S. 313-327
- [7] Hauschild, M.; Potting, J.; Hertel, O;Schöpp, W.; Bastrup-Birk, A.: *Spatial Differentiation in the Characterisation of Photochemical Ozone Formation*. *Int. J. LCA* 1, 2006, S. 72-81
- [8] Labouze, E.; Honoré, C.; Moulay, L.; Couffignal, B.; Beckmann, M.: *Photochemical Ozone Creation Potentials*. *Int. J. LCA* 9, 2004, S. 184-195
- [9] Umweltbundesamt (UBA); „Entwicklung der Luftqualität in Deutschland. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau, 2009. Internetquelle zuletzt besucht 14.07.2014: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3760.pdf>

- 
- [10] Aschmann, V.; Effenberger, M.; *Verlauf des elektrischen Wirkungsgrades Biogas betriebener BHKW über die Betriebsdauer*. Abschlussbericht an das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Förderkennzeichen K/08/01), Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising 2012
- [11] Ebertsch, G.; Fiedler, A.; Formaldehyd im Abgas von Biogasmotoranlagen und Erdgas-Blockheizkraftwerken. *Wasser und Abfall* 11, 2010, S. 14-20
- [12] Umweltbundesamt (UBA); *Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2012*. *Climate Change* 15/2013  
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissionsbilanz-erneuerbarer-energetraeger-0>
- [13] Flessa, H. (vTI); *Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft- Bedeutung und Möglichkeiten zur Emissionsminderung*. In Tagungsband: Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe in Deutschland. Thünen-Institut, Braunschweig. 2013. Internetquelle zuletzt besucht 25.10.2013:  
[http://www.pilotbetriebe.de/download/Tagung\\_2013/Flessa.pdf](http://www.pilotbetriebe.de/download/Tagung_2013/Flessa.pdf)
- [14] Lansche, J.; Müller, J.; *Life cycle assessment of energy generation of biogas fed combined heat and power plants: Environmental impact of different agricultural substrates*. *Eng. Life Sci.* 12(3), 2012, S. 313–320
- [15] Chevalier, C., Meunier, F.; *Environmental assessment of biogas co- or tri-generation units by life cycle analysis methodology*, *Applied Thermal Engineering* 25, 2005, S. 3025–3041
- [16] Stinner, W.; Möller, K.; Leithold G.: *Effects of biogas digestion of clover/grass-leys, cover crops and crop residues on nitrogen cycle and crop yield in organic stockless farming systems*. *Eur. J. of Agron.* 29, 2008, S. 125-134
- [17] VDLUFA (2014). *Standpunkt Humusbilanzierung - Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland*. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. Speyer, 2014

Das „Biogas Forum Bayern“ ist eine Informationsplattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern.

## Arbeitsgruppe V (Betriebs- und volkswirtschaftliche Bewertung)

hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Gesetzliche und politische Rahmenbedingungen
- Betriebswirtschaft
- Volkswirtschaft
- Organisation und Management
- Finanzierung

## Mitglieder der Arbeitsgruppe

- **Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Rosenheim**
- **Bayerischer Bauernverband**
- **Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie**
- **Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Energie-Netzwerk e.V. (C.A.R.M.E.N.)**
- **Fachverband Biogas e.V.**
- **Landesanstalt für Landwirtschaft**  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
- **OmniCert GmbH**
- **Technische Universität München**

## Zitiervorlage

Zerhusen, B., O. Hijazi und M. Effenberger (2014): Umweltwirkungen der Biogasproduktion: Emissionen in die Luft. In: Biogas Forum Bayern Nr. V – 20/2014, Hrsg. ALB Bayern e.V., [LINK], Stand [Ab-rufdatum].



### Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik  
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.  
Vöttinger Straße 36  
85354 Freising  
Telefon: 08161/71-3460  
Telefax: 08161/71-5307  
Internet: <http://www.biogas-forum-bayern.de>  
E-Mail: [info@biogas-forum-bayern.de](mailto:info@biogas-forum-bayern.de)