

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Emissionsminderung  
Biogasanlagen in der Landwirtschaft  
Vergärung von Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger

VDI 3475

Blatt 4 / Part 4

Emission control  
Agricultural biogas facilities  
Digestion of energy crops and manure

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen. Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

*The draft of this guideline has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette). The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Seite
Vorbemerkung . . . . .	2	Preliminary note. . . . .	2
Einleitung . . . . .	2	Introduction . . . . .	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> . . . . .	<b>4</b>	<b>1 Scope</b> . . . . .	<b>4</b>
<b>2 Begriffe</b> . . . . .	<b>5</b>	<b>2 Terms and definitions</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>3 Technologie der Anaerobverfahren (Vergärung)</b> . . . . .	<b>9</b>	<b>3 The anaerobic methos (digestion)</b> . . . . .	<b>9</b>
3.1 Biochemische Grundlagen . . . . .	9	3.1 Biochemical principles . . . . .	9
3.2 Milieubedingungen . . . . .	11	3.2 Environmental conditions . . . . .	11
3.3 Gasmenge und Gaszusammensetzung . . . . .	12	3.3 Gas volume and gas composition . . . . .	12
3.4 Substrate. . . . .	12	3.4 Substrates. . . . .	12
3.5 Verfahrensschritte der anaeroben Vergärung . . . . .	19	3.5 Process steps of anaerobic digestion. . . . .	19
3.6 Verfahrensvarianten der Vergärung . . . . .	28	3.6 Different digestion processes . . . . .	28
3.7 Emissionsrelevante Bereiche . . . . .	33	3.7 Emission conrol areas . . . . .	33
<b>4 Vermeidung, Entstehung und Verminderung von Emissionen (Luftverunreinigungen)</b> . . . . .	<b>33</b>	<b>4 Emissionen prevention, production and control (air pollutants)</b> . . . . .	<b>33</b>
4.1 Allgemeines . . . . .	33	4.1 General . . . . .	33
4.2 Emissionen aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen . . . . .	34	4.2 Types of emission from agricultural biogas facilities . . . . .	34
4.3 Maßnahmen zur Emissionsminderung . . . . .	46	4.3 Emission control measures. . . . .	46
4.4 Minderung von Emissionen durch biologische Abluftbehandlung . . . . .	59	4.4 Reducing emissions by biological waste gas treatment . . . . .	59
4.5 Emissionen aus Biogasanlagen durch Planungsfehler, Fehlfunktionen und Missmanagement . . . . .	63	4.5 Emissions from biogas facilities due to planing errors, malfunctions and mismanagement. . . . .	63
4.6 Emissionsminderung und Abstandsregelungen . . . . .	64	4.6 Emission control ans clearance regulations . . . . .	64
<b>5 Unvermeidbare Emissionen (Luftverunreinigungen)</b> . . . . .	<b>64</b>	<b>5 Unavoidable emissions (air pollutants)</b> . . . . .	<b>64</b>
5.1 Unvermeidbare Grundstoffemissionen . . . . .	64	5.1 Unavoidable odour emissions . . . . .	64
5.2 Unvermeidbare Emissionen an Luftschadstoffen . . . . .	66	5.2 Unavoidable emissions of air pollutants. . . . .	66
5.3 Unvermeidbare Staubemissionen . . . . .	68	5.3 Unavoidable dust emissions . . . . .	68
5.4 Unvermeidbare Emissionen an Bioaerolsolen . . . . .	68	5.4 Unavoidable emissions of bioaerosols. . . . .	68
5.5 Emissionen bei der Ausbringung von Gärresten . . . . .	69	5.5 Emissions from digestate spreading . . . . .	69
<b>6 Anleitung zur Emissionskontrolle</b> . . . . .	<b>69</b>	<b>6 Emissions control guidance</b> . . . . .	<b>69</b>
6.1 Allgemeines . . . . .	69	6.1 General . . . . .	69
6.2 Emissionsmessungen . . . . .	70	6.2 Measuring emissions. . . . .	70
<b>7 Sonstige Emissionen</b> . . . . .	<b>72</b>	<b>7 Other emissions</b> . . . . .	<b>72</b>
7.1 Abwasser . . . . .	72	7.1 Waste water. . . . .	72
7.2 Lärm . . . . .	73	7.2 Noise . . . . .	73
7.3 Abwärme . . . . .	74	7.3 Waste heat . . . . .	74
7.4 Abfälle, Fehlgärungen . . . . .	74	7.4 Waste and spoiled fermentation . . . . .	74
<b>Anhang</b> Genehmigungsrechtliche Einstufung von Biogasanlagen. . . . .	<b>75</b>	<b>Annex</b> Official classification of biogas facilities . . . . .	<b>75</b>
Schrifttum . . . . .	78	Bibliography . . . . .	78

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL

Fachbereich Umweltschutztechnik

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 3: Emissionsminderung II  
VDI-Handbuch Biotechnologie  
VDI-Handbuch Technik/Biomasse Boden

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi-richtlinien.de](http://www.vdi-richtlinien.de)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/3475](http://www.vdi.de/3475).

## Einleitung

Die vorliegende Richtlinie beschreibt den Stand der Technik von Anlagen zur Biogaserzeugung aus Produkten der Landwirtschaft wie Jauche, Gülle, Festmist (Wirtschaftsdünger), Silagen, Getreide und Mais, Schlempen, Rapskuchen und Pflanzenresten (Reststoffe), die im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Produktion stehen.

Der Schwerpunkt der Betrachtungen liegt auf den dabei entstehenden Luftverunreinigungen durch Geruchsstoffe, Luftschadstoffe, Staub und Bioaerosole. Die Beschreibung umfasst auch den Stand der Technik der anlagenzugehörigen Biogasmotoren mit ihren Emissionen.

Ziel der Emissionsminderungsmaßnahmen bei diesen Anlagen ist die Vermeidung von schädlichen Umwelteinwirkungen, darunter Geruchsbelästigungen von Anwohnern und Betriebspersonal sowie die Emission klimawirksamer Gase.

Um dieses Ziel zu erreichen, werden

- Kriterien für die Standortwahl in Abhängigkeit vom Einsatzmaterial,
- organisatorische Maßnahmen bei der Anlieferung und Aufbereitung der Ausgangssubstrate sowie bei Beschickung und Betrieb der Anlage,
- konstruktive Maßnahmen in der Bau- und Lüftungstechnik,
- konstruktive Maßnahmen im maschinentechnischen Bereich,
- gezielte Eingriffe in den verfahrenstechnischen Ablauf und
- der Einsatz von Abgas-/Abluftreinigungs-techniken

## Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI notices ([www.vdi-richtlinien.de](http://www.vdi-richtlinien.de)).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

A catalogue of all available parts of this series of guidelines can be accessed on the internet at [www.vdi.de/3475](http://www.vdi.de/3475).

## Introduction

This guideline describes the best available technology and best practice for on-farm facilities for the production of biogas from agricultural products such as liquid manure, semi-liquid manure (slurry), solid manure (farmyard manure), silage, cereal and maize, distiller's residues, rape cake and plant residues (waste material).

This guideline focuses primarily on the resulting air pollution from odorous substances, air contaminants, dust and bioaerosols. The description also includes the best available technology for biogas engines associated with these facilities, and their emissions.

The aim of emission control in these facilities is to prevent harmful environmental impacts, including offensive odours, which can seriously afflict residents and operating personnel, and greenhouse gas emissions.

The following points will be described in order to achieve this objective:

- criteria for site selection depending on the feedstock,
- organisational measures relating to the supply and preparation of the feedstock and the charging and operation of the facility,
- structural engineering and ventilation design features,
- mechanical engineering design features,
- specific interventions in the production process and
- the use of exhaust gas/exhaust air treatment systems.

beschrieben. Abweichend von dem in der TA Luft definierten Anlagenbegriff gehört es auch zum Ziel dieser Richtlinie, die mögliche Emissionsminderung bei der Verwertung eines Gärrestes (z. B. bei der Ausbringung) aufzuzeigen.

VDI-Richtlinien sind technisch-wissenschaftliche Beschreibungen des Standes der Technik, die Vertretern aus Verwaltung, Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft als Entscheidungshilfe bei der Bewertung realer Gegebenheiten dienen sollen. Durch die Änderungen der Gesetzgebung in immer kürzeren Abständen – insbesondere aufgrund der rechtlichen und technisch-normativen Anbindung an die Europäische Gemeinschaft – ergibt sich das Problem, dass der Geltungsbereich von VDI-Richtlinien, der ursprünglich nur für Neuanlagen in Deutschland konzipiert war, erweitert werden muss.

Bezogen auf die vorliegende Richtlinie bedeutet dies, dass die Änderungen der deutschen Gesetzgebung hinsichtlich der Zuordnung von Substraten für Biogasanlagen z. B. zu Abfällen, (Wirtschafts-)Dünger, finanziell förderungswürdigem Anbau (NaWaRo) und anderen politischen Steuerungsmechanismen grundsätzlich aber keinen Einfluss auf die reine Verfahrenstechnik der Biogasanlagen haben. Es ist daher nicht sinnvoll, jeweils getrennte Richtlinien für Biogasanlagen mit unterschiedlichen Anlagenkapazitäten (Basis für Genehmigungspflicht), Einsatzstoffen (Basis für die Einordnung als Abfall oder anderes) und sonstigen Unterscheidungskriterien zu schaffen, deren verfahrenstechnische Inhalte sich kaum unterscheiden.

Aus diesem Grund liegt der Schwerpunkt der Betrachtungen dieser Richtlinie auf Substraten, die vorwiegend aus der landwirtschaftlichen Produktion kommen und auch vorwiegend dort in Vergärungsanlagen (Biogasanlagen) behandelt werden. Dabei ergibt sich kein verfahrenstechnischer Unterschied in Bezug auf die Rechtsform des Betreibers (z. B. ein Landwirt als Einzelperson, eine Agrargenossenschaft, ein Gewerbebetrieb). Sowohl die Emissionen als auch ihre Minderungsmöglichkeiten sind gleich und werden deshalb in einer Richtlinie beschrieben.

Abgesehen davon sind die technischen Darstellungen dieser Richtlinie auch außerhalb Deutschlands als emissionsarme Verfahren anwendbar, sofern keine deutlich anderen Substrate und andere klimatische Bedingungen die Übertragbarkeit des Standes der Technik auf ausländische Verhältnisse beeinträchtigen.

Um dem Anwender der Richtlinie aber Hilfestellung zu geben, welche wesentlichen rechtlichen Grundlagen zurzeit (2009) in Deutschland für den Betrieb

In contrast to the plant concept defined in TA Luft (German Technical Instructions on Air Quality Control), this guideline also covers potential emission control measures that can be applied to the utilisation of a digestate, e. g. when spreading it on the land.

VDI guidelines are technical and scientific descriptions of the best available technologies and best practise which are designed to assist those working in administration, industry, commerce and agriculture to evaluate real-life conditions and circumstances. Increasingly frequent legislative changes – particularly due to the normative-legal influence of the European Union – have given rise to the problem that the scope of VDI guidelines, originally designed only for new facilities in Germany, must be extended.

However, in terms of this guideline, changes to German legislation with regard to the classification of substrates for biogas facilities as for example waste, farmyard manure, crops eligible for grants (renewable raw materials or energy crops) and other political control mechanisms do not affect the basic process technology of biogas facilities. There would therefore be little point in drawing up separate guidelines for biogas facilities with different plant capacities (basis for approval), feedstocks (basis for classification as waste or other) or other distinguishing criteria when the biogas facilities themselves are barely distinguishable in terms of process technology.

For this reason this guideline focuses on substrates derived mainly from agricultural production which are predominantly treated in on-farm biodigesters (biogas facilities). There are no process engineering-related differences with regard to the legal status of the operator (e. g. one individual farmer, an agricultural cooperative, a commercial enterprise). Both the emissions and the means of controlling them are the same and are therefore described in one guideline.

The technical illustrations in this guideline are also applicable outside Germany as examples of low-emission processes, provided that no significantly different substrates or climatic conditions impair the transferability of this technology to external conditions.

Relevant acts, ordinances, administrative regulations, etc. are quoted in appropriate places to help the reader of the guideline understand which important legal

derartiger Biogasanlagen zu beachten sind, werden an geeigneter Stelle die relevanten Gesetze, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften u. Ä. zitiert.

## 1 Anwendungsbereich

Die spezielle Betrachtung landwirtschaftlicher Biogasanlagen wird als wichtig erachtet, da hier durch die Vergärung tierischer Exkremate (Gülle, Jauche, Festmist) ein erheblicher Beitrag zur Emissionsminderung geleistet wird, aber andererseits der Einsatz speziell für die Vergärung angebaute Pflanzen zu zusätzlichen Emissionen führen kann. Die Betrachtungen sollen über den gewöhnlichen Betrieb einer Biogasanlage hinausgehen, da hierbei durch effektives Management die Erzeugung der Einsatzstoffe, der Anlagenbetrieb und die Verwertung der Reststoffe einen Kreislauf bilden und Emissionen wirkungsvoll vermieden werden können.

Die vorliegende Richtlinie beschreibt landwirtschaftliche Biogasanlagen unabhängig von der Größenordnung sowohl der Durchsatzleistung der Fermenter als auch der angeschlossenen Nutzung, z. B. der Leistung des angeschlossenen Blockheizkraftwerks (BHKW).

In einer landwirtschaftlichen Biogasanlage im Sinn dieser Richtlinie werden Substrate landwirtschaftlicher, gartenbaulicher oder forstwirtschaftlicher Herkunft eingesetzt. Dazu gehören:

- a) alle Arten von in landwirtschaftlichen Betrieben anfallendem Wirtschaftsdünger (Gülle, Jauche, Festmist)
- b) alle Ernteprodukte landwirtschaftlicher Nutzflächen, frisch oder konserviert, in Teilen oder als ganze Pflanzen
- c) am Markt nicht realisierte landwirtschaftliche Produkte (z. B. Alkohol (Branntwein-Monopol), Säfte, Milch) aus landwirtschaftlichen Betrieben und Genossenschaften
- d) Koppelprodukte dieser Herstellungen (z. B. Schlempen, Trester, Rapskuchen)
- e) Substrate, die laut Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) dem NaWaRo-Bonus unterliegen und noch nicht unter a) bis d) genannt sind

Die Richtlinie gilt **nicht** für Anlagen, in denen die gemeinsame Vergärung mit Bioabfällen aus der Getrennsammlung (VDI 3475 Blatt 1 und Blatt 2) betrieben wird.

principles currently (2009) apply to the operation of such biogas facilities in Germany.

## 1 Scope

Special consideration is given to agricultural biogas facilities since the on-farm digestion of animal excrement (semi-liquid manure, liquid manure, solid manure) makes a significant contribution to emission control, whereas the use of crops cultivated specifically for biodigesters can generate additional emissions. Considerations should go beyond the normal operation of a biogas facility, since the production of feedstocks, the operation of the facility and the recovery of waste materials, when efficiently managed, can create a material cycle which effectively controls emissions.

The present guideline describes agricultural biogas facilities irrespective of the capacity of the digester or the scale of use, e.g. provision of power to a connected combined heat and power plant (CHP).

For the purposes of this guideline, an agricultural biogas facility uses substrates of agricultural, horticultural or forestry origin. These include:

- a) all types of farmyard manure (slurry, liquid manure, solid manure)
- b) all harvest products from arable land, fresh or preserved, in parts or as whole plants
- c) waste agricultural products (e.g. alcohol (spirits monopoly), juice, milk) from farms and co-operatives
- d) by-products from this production (e.g. distiller's residues, pomace, rape cake)
- e) substrates which, according to the German Renewable Energies Act (EEG), qualify for the renewable raw materials bonus and are not listed under a) to d)

This guideline does **not** apply to municipal biodigesters which use biowaste from separate collection systems (VDI 3475 Part 1 and Part 2).