

# DWA-Regelwerk

## **Merkblatt DWA-M 363**

Herkunft und Verwertung von Biogas

Februar 2022

VORSCHAU

VORSCHAU

# DWA-Regelwerk

## **Merkblatt DWA-M 363**

Herkunft und Verwertung von Biogas

Februar 2022

VORSCHAU

Das Merkblatt DWA-M 363 erscheint inhaltsgleich und unter gleichem Titel auch als  
Merkblatt DVGW G 439 (M)

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Gesetzgebung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

### Impressum

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,  
Abwasser und Abfall e. V. (DWA)  
Theodor-Heuss-Allee 17  
53773 Hennef, Deutschland  
Tel.: +49 2242 872-333  
Fax: +49 2242 872-100  
E-Mail: [info@dwa.de](mailto:info@dwa.de)  
Internet: [www.dwa.de](http://www.dwa.de)

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2022

**Satz:**

Christiane Krieg, DWA

**Druck:**

druckhaus köthen GmbH & Co KG

**ISBN:**

978-3-96862-163-0 (Print)  
978-3-96862-164-7 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblatts darf vorbehaltlich der gesetzlich erlaubten Nutzungen ohne schriftliche Genehmigung der Herausgeberin in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Bilder und Tabellen, die keine Quellenangaben aufweisen, sind im Rahmen der Merkblätterstellung als Gemeinschaftsergebnis des DWA-Fachgremiums zustande gekommen. Die Nutzungsrechte obliegen der DWA.

## Vorwort

Der DWA-Fachausschuss KEK-8 „Biogas“ veröffentlichte im August 2002 die erste Auflage dieses Merkblatts unter dem Titel „Herkunft, Aufbereitung und Verwertung von Biogasen“. Weil sowohl die technische als auch rechtliche Entwicklung im Bereich Biogas in den vergangenen Jahren wesentliche Neuerungen mit sich brachte, hat der Fachausschuss das Merkblatt erstmalig in 2010 und mit der vorliegenden Fassung erneut in 2022 aktualisiert.

Seit April 2012 haben der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW), der Fachverband Biogas e. V. (FvB) und die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) eine enge fachliche Kooperation im Bereich Biogas vereinbart. Ein wesentliches Ziel dieser Zusammenarbeit ist es, hinsichtlich der sicherheitsrelevanten Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb von Biogasanlagen konsistente Mindeststandards zu etablieren. Es erscheint die vorliegende, dritte Fassung des Merkblatts DWA-M 363 daher als gemeinsam von DVGW, DWA und FvB getragenes Merkblatt im Regelwerk von DWA und DVGW.

### Änderungen

Gegenüber dem Merkblatt DWA-M 363 „Herkunft, Aufbereitung und Verwertung von Biogasen“ (November 2010) wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung des bisherigen Titels „Herkunft, Aufbereitung und Verwertung von Biogasen“ in „Herkunft und Verwertung von Biogas“, da die Ausführungen zur Aufbereitung von Biogas in das Merkblatt DWA-M 361 „Reinigung und Aufbereitung von Biogas“ überführt wurden;
- b) Aktualisierung der Angaben zur Biogasausbeute;
- c) grundlegende Überarbeitung des Abschnitts zur Biogasspeicherung und Ergänzung der Druckerhöhung;
- d) Aktualisierung der Ausführungen zu den rechtlichen Rahmenbedingungen;
- e) Aktualisierung der Bezüge zu anderen technischen Regelwerken.

In diesem Merkblatt werden, soweit wie möglich, geschlechtsneutrale Bezeichnungen für personenbezogene Berufs- und Funktionsbezeichnungen verwendet. Sofern dies nicht möglich ist, wird die weibliche und die männliche Form verwendet. Ist dies aus Gründen der Verständlichkeit nicht möglich, wird nur eine von beiden Formen verwendet. Alle Informationen beziehen sich aber in gleicher Weise auf alle Geschlechter.

### Frühere Ausgaben

Merkblatt DWA-M 363 (11/2010)

Merkblatt DWA-M 363 (08/2002)

## Verfasserinnen und Verfasser

Dieses Merkblatt wurde im DWA-Hauptausschuss „Kreislaufwirtschaft, Energie und Klärschlamm“ (HA KEK) im Rahmen der „Kooperation Biogas“ gemeinsam vom DWA-Fachausschuss KEK-8 „Biogas“ und der FvB-DVGW-DWA-Arbeitsgruppe „Biogaserzeugung“ sowie in Abstimmung mit dem DVGW-Gemeinschaftsausschuss G-GTK-0-1 „Erneuerbare Gase“ erarbeitet.

Dem DWA-Fachausschuss KEK-8 „Biogas“ gehören folgende Mitglieder an:

SCHÄFER, Arnold	Dipl.-Ing., Hamburg (Obmann)
STEHLE, Roland	Dr. rer. nat., Heilbronn (stellv. Obmann)
ALDA, Jörg	Dipl.-Ing., Bochum
DICHTL, Norbert	Prof. Dr.-Ing., Braunschweig
GEBAUER, Jörg	Essen
HEETKAMP, Jörg	Dipl.-Ing., Aachen
HOBUS, Inka	Dr.-Ing., Wuppertal
KLAAS, Uwe	Dipl.-Chem., Bonn
LOLL, Ulrich	Dr.-Ing., Darmstadt
MÜLLER, Volker	Dr.-Ing., Dresden
RETTENBERGER, Gerhard	Prof. Dr.-Ing., Trier
SPRICK, Achim	Dipl.-Ing., Lemgo
VOß, Detlef	Dipl.-Ing., Essen
ZIEGENFUSS, Hans Peter	Dr., Frankfurt

Der FvB-DVGW-DWA-Arbeitsgruppe „Biogaserzeugung“ gehören folgende Mitglieder an:

KLINKMÜLLER, Lars	Dipl.-Ing., Berlin (Sprecher)
BLOCK, Ralf	Dipl.-Ing., Rheinberg
GEHRIG, Sarah	Dr.-Ing., Hannover
MACIEJCZYK, Manuel	Dipl.-Ing. agr. (FH), Freising
RETTENBERGER, Gerhard	Prof.-Dr.-Ing., Trier
SCHÄFER, Arnold	Dipl.-Ing., Hamburg
SCHNATMANN, Christian	Dipl.-Ing., Dortmund
WIESHEU, Marion	Dipl.-Wirt.-Ing. (FH), Freising
ZIEGLER, Josef	Dipl.-Ing., Schwandorf

Als Gäste haben mitgewirkt:

PATERSON, Mark	Dipl.-Ing. (FH), Darmstadt
PORSCHKE, Gega	Dipl.-Ing. agr., Freising

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

REIFENSTUHL, Reinhard	Dipl.-Ing., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
-----------------------	--

Projektbetreuer in der DVGW-Hauptgeschäftsstelle:

LEFERS, Jonas	B. Eng., Bonn, Referent Gasinfrastruktur, Gastechologie und Energiesysteme
---------------	---

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>Verfasserinnen und Verfasser</b> .....	<b>4</b>
<b>Bilderverzeichnis</b> .....	<b>7</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>8</b>
<b>Hinweis für die Benutzung</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Verweisungen</b> .....	<b>10</b>
<b>3 Begriffe</b> .....	<b>10</b>
3.1 Definitionen.....	10
3.2 Abkürzungen und Formelzeichen .....	12
<b>4 Biogasbeschaffenheit</b> .....	<b>15</b>
4.1 Qualitäten von Biogas .....	15
4.2 Biogasbeschaffenheit im Hinblick auf die energetische Konversion.....	16
4.3 Umweltrelevante Verunreinigungen des Biogases.....	18
4.3.1 Allgemeines .....	18
4.3.2 Unbehandeltes Biogas.....	19
4.3.3 Abgase aus der Verbrennung von Biogasen .....	19
<b>5 Biogasausbeute</b> .....	<b>20</b>
5.1 Einleitung.....	20
5.2 Biogasausbeute bei Klärschlammfäulungsanlagen .....	20
5.3 Biogasausbeute bei anaerober Behandlung organisch hochkonzentrierter Abwässer .....	23
5.4 Biogasausbeute bei Vergärungsanlagen mit Substraten landwirtschaftlicher Herkunft.....	24
5.5 Biogasausbeute bei der Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen.....	26
5.6 Biogasausbeute bei Abfallvergärungsanlagen .....	29
5.7 Biogasausbeute aus der Ablagerung von Abfällen .....	30
5.8 Biogasausbeute bei der Co-Vergärung insbesondere auf Kläranlagen .....	32
<b>6 Biogasspeicherung und Druckerhöhung</b> .....	<b>33</b>
6.1 Allgemeines .....	33
6.2 Einfluss des Betriebs des Fermenters auf die Gasproduktion.....	33
6.3 Biogasspeicherung bei Verwertung in Heizkesseln.....	34
6.4 Biogasspeicherung bei Kraft-Wärme-Kopplung.....	34
6.5 Biogasspeicherung bei Gasaufbereitung und Einspeisung in das Gasnetz .....	36
6.6 Empfehlungen zur Auslegung des Biogasspeichervolumens .....	37
6.7 Verfahren der Biogasspeicherung.....	38
6.8 Druckerhöhung / Verdichtung .....	40
<b>7 Biogasverwertung</b> .....	<b>42</b>
7.1 Allgemeines .....	42

7.2	Wärmeerzeugung mit Biogas .....	43
7.3	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).....	43
7.3.1	Allgemeines zur Energieumwandlung .....	43
7.3.2	Gasmotoren .....	44
7.3.3	Gasturbinen .....	45
7.3.4	ORC-/CRC-Anlage .....	46
7.3.5	Brennstoffzelle .....	46
7.3.6	Energienutzung.....	47
7.4	Gasaufbereitung .....	48
7.4.1	Einspeisung ins Gasnetz.....	48
7.4.2	Verwertung zum Betrieb von Fahrzeugen.....	48
7.4.3	Abgabe von Biogas an Dritte .....	49
7.5	Sonstige Nutzung.....	49
7.5.1	Direktantrieb Aggregate .....	49
7.5.2	Umwandlung in Wasserstoff .....	49
7.5.3	Biologische Methanisierung .....	49
<b>8</b>	<b>Rechtlicher Rahmen .....</b>	<b>50</b>
8.1	Immissionsschutzrecht .....	50
8.2	Einordnung in den rechtlichen Rahmen nach Herkunft der Einsatzstoffe.....	55
<b>9</b>	<b>Abgas .....</b>	<b>56</b>
9.1	Allgemeines .....	56
9.2	Einflüsse auf die Abgasbildung .....	57
9.2.1	Einfluss der Biogascharakteristik auf die Abgasbildung.....	57
9.2.2	Einfluss der Biogasreinigungsverfahren auf die Abgasbildung .....	58
9.2.3	Einfluss der Verbrennungsverfahren auf die Abgasbildung.....	58
9.3	Abgasinhaltsstoffe und Grenzwerte .....	59
9.3.1	Allgemeines .....	59
9.3.2	Arbeitsmedizinische Grenzwerte .....	59
9.3.3	Technische Grenzwerte .....	60
9.3.4	Gesetzliche Grenzwerte.....	61
9.4	Konzepte zur Emissionsminderung bei Gasmotor-Blockheizkraftwerken .....	61
9.4.1	Vorbemerkung .....	61
9.4.2	Magergemischverbrennung zur Emissionsbegrenzung bei Gas-Ottomotoren.....	62
9.4.3	Oxidationskatalysator .....	63
9.4.4	SCR-Katalysator .....	63
9.4.5	Abgasnachverbrennungssysteme .....	63
9.5	Messplatz nach DIN EN 15259:2008-01 .....	64
9.6	Etwaiger Nachrüstungsbedarf .....	64
<b>10</b>	<b>Sicherheitstechnische Grundsätze beim Umgang mit Biogas .....</b>	<b>65</b>
10.1	Allgemeines .....	65
10.2	Erstickungsgefahr und toxische Wirkung einzelner Biogaskomponenten .....	66
10.3	Explosionsgefahr .....	67
10.3.1	Voraussetzungen .....	67
10.3.2	Schutzmaßnahmen .....	70

<b>11</b>	<b>Hinweise zur Gasmesstechnik</b> .....	<b>72</b>
11.1	Allgemeines .....	72
11.2	Messung der Biogasmenge .....	72
11.3	Messung der Biogasqualität .....	73
11.4	Überwachung von Ex-Zonen und Arbeitsbereichen .....	73
<b>Anhang A Beispielhafte Daten zur Größe von Gasspeichern auf Kläranlagen im Verhältnis zur Gasproduktion</b> .....		<b>74</b>
<b>Anhang B Beispielhafte Gasanalyse – Faulgas</b> .....		<b>75</b>
<b>Quellen und Literaturhinweise</b> .....		<b>77</b>

## Bilderverzeichnis

Bild 1:	Verlauf der Deponiegaskonzentrationen ( $\sigma$ ) im Deponiekörper über die Zeit, qualitativ .....	17
Bild 2:	Einwohnerspezifischer Biogasanfall in l/(E·d) .....	22
Bild 3:	Relevante Ausführungen von Biogasspeichern .....	41
Bild 4:	Übersicht der Verwertungsmöglichkeiten von Biogas .....	42
Bild 5:	Elektrische Wirkungsgrade von KWK-Anlagen .....	43
Bild 6:	Vergleich der elektrischen und thermischen Wirkungsgrade von BHKW (bis 2.500 kW <sub>el</sub> ) und Mikrogasturbine (bis 400 kW <sub>el</sub> ) .....	44
Bild 7:	Beispielhafter, qualitativer Verlauf von Wirkungsgrad und Abgasemissionen (NO <sub>x</sub> , CO und Formaldehyd) in Abhängigkeit des Lambdawerts .....	62
Bild 8:	Explosionsgrenzen von trockenem Biogas bei bekanntem Methangehalt .....	68
Bild 9:	Dreistoffdiagramm für den Explosionsbereich von Methan/Luft/Kohlenstoffdioxidgemischen .....	69

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Abkürzungen und Formelzeichen.....	12
Tabelle 2:	Qualitäten und Eigenschaften von Biogas .....	15
Tabelle 3:	Eigenschaften von Biogasbestandteilen.....	16
Tabelle 4:	Deponiegastypen.....	18
Tabelle 5:	Biogasausbeuten bei vollständigem Abbau der organischen Inhaltsstoffe.....	20
Tabelle 6:	Spezifische Biogasausbeute bezogen auf die zugeführte organische Substanz in Abhängigkeit von der Vorklärzeit und dem Reinigungsziel in der biologischen Stufe .....	21
Tabelle 7:	Betriebsergebnisse industrieller Biogasanlagen.....	23
Tabelle 8:	Praxisübliche Wirtschaftsdüngeranfallmengen je Tierkategorie sowie Biogasausbeuten beim Einsatz von Wirtschaftsdünger in landwirtschaftlichen Biogasanlagen .....	25
Tabelle 9:	Richtwerte für die Gasausbeute nachwachsender Rohstoffe .....	27
Tabelle 10:	Richtwerte für die Gasausbeute von Nebenprodukten und Reststoffen.....	29
Tabelle 11:	Einfluss der Betriebsweise von Anlagen zur Biogasnutzung auf die Bemessung von Gasspeichern.....	35
Tabelle 12:	Orientierungswerte für die Auslegung des Biogasspeichervolumens.....	37
Tabelle 13:	Bundesimmissionschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlagen im Kontext der Erzeugung, Verwertung/Nutzung und Lagerung von Biogasen .....	51
Tabelle 14:	Zuordnung von Methankonzentration im Faulgas zu den beispielhaften Grenzwerten von 150 ppm/10 kWh bzw. 8 ppm/10 kWh.....	57
Tabelle 15:	Toxizität von Kohlenstoffmonoxid.....	59
Tabelle 16:	Wirkungen von Kohlenstoffdioxid .....	66
Tabelle 17:	Wirkungen von Schwefelwasserstoff.....	67

## Hinweis für die Benutzung

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für ein Merkblatt besteht eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

Jeder Person steht die Anwendung des Merkblatts frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Merkblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

Normen und sonstige Bestimmungen anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum stehen Regeln der DWA gleich, wenn mit ihnen dauerhaft das gleiche Schutzniveau erreicht wird.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt beschreibt Grundlagen zur Herkunft, Menge und Qualität sowie zur Speicherung und Verwertung von in verschiedenen Herkunftsbereichen entstehenden Biogasen. Es werden Datenbereiche, welche durch praktische Erfahrungen an einer Vielzahl von Anlagen gestützt sind, angegeben.

Sollen in Einzelfällen deutlich abweichende Planungswerte zur Anwendung gelangen, wird empfohlen, diese projekt- bzw. standortbezogen durch entsprechende Versuche bzw. Analysen zu überprüfen.

Das Merkblatt bezieht sich auf Biogase aus folgenden Herkunftsbereichen:

- Klärschlammfäulung (Faulgas),
- anaerobe Behandlung organisch hochbelasteter Abwässer (Klärgas),
- Vergärung landwirtschaftlicher Substrate,
- Vergärung nachwachsender Rohstoffe,
- Vergärung von Abfällen,
- Ablagerung von Abfällen (Deponiegas).

Es werden hiermit die Grundlagen für die Entstehung und Verwertung von Biogas dargestellt. Darauf aufbauend sind insbesondere in folgenden DWA-Merkblättern weitergehende Informationen enthalten:

- DWA-M 212 „Technische Ausrüstung von Faulgasanlagen auf Kläranlagen“,
- DWA-M 217 „Explosionsschutz für abwassertechnische Anlagen“,
- DWA-M 218 „Rohrleitungssysteme für die technische Ausrüstung von Biogasanlagen“,
- DWA-M 305 „Gasfackeln auf Biogasanlagen“<sup>1)</sup>,

1) Hinweis: Neuer Titel des 2022 erscheinenden Merkblatts.

VORSCHAU

Das bei der anaeroben Behandlung von Abwasser, Klärschlämmen sowie der Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen und Bioabfällen entstehende Biogas ist ein wertvoller Energieträger. Gerade vor dem Hintergrund der weltweit geführten umweltpolitischen Diskussion sollte eine möglichst weitgehende Nutzung dieses regenerativen Brennstoffs erfolgen.

Das vorliegende Merkblatt liefert hierzu wertvolle und umfangreiche Informationen für Betreiber und Planende von Biogasanlagen. Es wird die gesamte Prozesskette von der Herkunft bis zur Verwertung der entstehenden Biogase betrachtet. Abschnitte zu sicherheitstechnischen Grundsätzen der Anlagentechnik runden die umfassende Darstellung des Themas ab.

VORSCHAU

ISBN: 978-3-96862-163-0 (Print)  
978-3-96862-164-7 (E-Book)

**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)**

Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef  
Telefon: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-100  
info@dwa.de · www.dwa.de