

# DWA-Regelwerk

## **Merkblatt DWA-M 361**

Reinigung und Aufbereitung von Biogas

Dezember 2022

VORSCHAU

VORSCHAU

# DWA-Regelwerk

## **Merkblatt DWA-M 361**

Reinigung und Aufbereitung von Biogas

Dezember 2022

VORSCHAU

Das Merkblatt DWA-M 361 erscheint inhaltsgleich und unter gleichem Titel  
auch als Merkblatt DVGW G 293 (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:**

978-3-96862-540-9 (Print)

978-3-96862-541-6 (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

Die DWA-Arbeitsgruppe KEK-8.3 „Aufbereitung von Biogas“ veröffentlichte im Oktober 2011 die erste Auflage dieses Merkblatts unter dem Titel „Aufbereitung von Biogas“. Die vorliegende Überarbeitung und Neuauflage war infolge der technischen und auch rechtlichen Entwicklungen im Bereich Biogas, die wesentliche Neuerungen in den vergangenen Jahren mit sich brachten, erforderlich geworden.

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, zweite Fassung des Merkblatts DWA-M 361 daher als gemeinsam von DVGW, DWA und FvB getragenes Merkblatt im Regelwerk von DWA und DVGW.

Mit dem im Rahmen der Kooperation Biogas aktualisierten Merkblatt DWA-M 363 „Herkunft und Verwertung von Biogas“ werden die technischen Grundlagen für die Nutzung von Biogasen verschiedener Herkunftsbereiche zusammenfassend dargestellt. Seit Ende der 90er Jahre hat sich die Produktion von Biogas drastisch erhöht. Neben der rasanten Entwicklung im Bereich der landwirtschaftlichen Biogasanlagen wurden auch die Kapazitäten von Abfallvergärungsanlagen ausgebaut, und viele Kläranlagen optimierten die Faulgasproduktion zum Beispiel durch die Mitbehandlung geeigneter Co-Substrate. Mit der Steigerung der produzierten Menge geht gleichzeitig eine Ausweitung der Anwendungsbereiche einher: Während Biogas nach einer Reinigung zunächst hauptsächlich in Brennern und Gasmotoren verwertet wurde, werden heute zunehmend Verwertungswege beschritten, die eine deutlich aufwendigere Aufbereitung erfordern, wie die Nutzung von Biogas für Brennstoffzellen, als Treibstoff für Kraftfahrzeuge oder die Einspeisung in das öffentliche Gasnetz. Das vorliegende Merkblatt gibt technische Hinweise zu den verschiedenen Verfahren zur Reinigung und Aufbereitung von Biogas. Umweltaspekte sind dabei ein integraler Bestandteil. So bilden zum Beispiel die beschriebenen Qualitätsanforderungen an methanreiche Brenngase eine wesentliche Voraussetzung für eine emissionsarme Verwertung von Biogasen. Anforderungen des Umweltschutzes sind weiterhin im Abschnitt zu den rechtlichen Aspekten beschrieben. Auf einen eigenen Abschnitt zu Kosten wird verzichtet, da die Preise für entsprechende Komponenten hohen Marktschwankungen unterliegen und die jeweiligen Kosten auch stark von den Randbedingungen zur Integration der Anlagen in die lokale technische Peripherie abhängen.

### Änderungen

Gegenüber dem Merkblatt DWA-M 361 „Aufbereitung von Biogas“ (10/2011) wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung des bisherigen Titels „Aufbereitung von Biogas“ in „Reinigung und Aufbereitung von Biogas“, um die im Merkblatt behandelten unterschiedlichen Verfahren sowie die Abgrenzung zu Regelwerken, die auf die Aufbereitung und Einspeisung von Biomethan in Gasnetze abzielen, deutlich zu machen;
- b) Aktualisierung der Anforderungen an methanreiche Brenngase;
- c) Aktualisierung der Ausführungen zu den rechtlichen Rahmenbedingungen;
- d) 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 361 (10/2011)

**DWA-Klimakennung**

Im Rahmen der DWA-Klimastrategie werden Arbeits- und Merkblätter mit einer Klimakennung ausgezeichnet. Über diese Klimakennung können Anwendende des DWA-Regelwerks schnell und einfach erkennen, in welcher Intensität sich eine technische Regel mit dem Thema Klimaanpassung und Klimaschutz auseinandersetzt. Das vorliegende Merkblatt wurde wie folgt eingestuft:

**KA0** = Das Merkblatt hat keinen Bezug zur Klimaanpassung

**KS2** = Das Merkblatt hat direkten Bezug zu Klimaschutzparametern

**BEGRÜNDUNG:** Maßnahmen zur Klimaanpassung sind nicht Gegenstand dieses Merkblatts. Die Reinigung und Aufbereitung von Biogas ist eine Voraussetzung zur Nutzung von aus Biomasse erzeugtem Gas als regenerative Energiequelle. Die Nutzung von Biogas leistet einen wesentlichen Beitrag für die Energieversorgung aus erneuerbaren Quellen.

Einzelheiten zur Ableitung der Bewertungskriterien sind im „Leitfaden zur Einführung der Klimakennung im DWA-Regelwerk“ erläutert, der online unter [www.dwa.de/klimakennung](http://www.dwa.de/klimakennung) verfügbar ist.

VORSCHAU

## Verfasserinnen und Verfasser

Dieses Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe KEK-8.3 „Aufbereitung von Biogas“ erarbeitet und im Rahmen der „Kooperation Biogas“ gemeinsam im 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“ erstellt.

Der DWA-Arbeitsgruppe KEK-8.3 „Aufbereitung von Biogas“ gehören folgende Mitglieder an:

HEETKAMP, Jörg	Dipl.-Ing., Aachen (Sprecher)
BEIL, Michael	Dipl.-Ing. (FH), Kassel
GEBAUER, Jörg	Wirtschaftstechniker, Essen
KLAAS, Uwe	Dipl.-Chem., Bonn
KLINKMÜLLER, Lars	Dipl.-Ing., Berlin
RICHTER, Ulf	M. Sc., Leuna
SPRICK, Achim	Dipl.-Ing., Lemgo
STEINBACH, Olaf	Dipl.-Ing., Kassel

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	Wirtschaftstechniker, Essen
HEETKAMP, Jörg	Dipl.-Ing., Aachen
HOBUS, Inka	Dr.-Ing., Wuppertal
KLAAS, Uwe	Dipl.-Chem., Bonn
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
ZIEGLER, Josef	Dipl.-Ing., Schwandorf

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

KLINKMÜLLER, Lars	Dipl.-Ing., Berlin (Sprecher)
BLOCK, Ralf	Dipl.-Ing., Sonsbeck
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

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 Ordnungsrahmen Gastechologie und Energiesysteme
---------------	---

# Inhalt

<b>Vorwort</b>	.....	<b>3</b>
<b>Verfasserinnen und Verfasser</b>	.....	<b>5</b>
<b>Bilderverzeichnis</b>	.....	<b>8</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	.....	<b>8</b>
<b>Hinweis für die Benutzung</b>	.....	<b>9</b>
<b>Einleitung</b>	.....	<b>9</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b>	.....	<b>9</b>
<b>2 Verweisungen</b>	.....	<b>10</b>
<b>3 Begriffe</b>	.....	<b>11</b>
3.1 Definitionen	.....	11
3.2 Abkürzungen und Formelzeichen	.....	13
<b>4 Rohbiogasqualitäten</b>	.....	<b>16</b>
<b>5 Verwertungsorientierte Qualitätsanforderungen</b>	.....	<b>16</b>
5.1 Allgemeines	.....	16
5.2 Verbrennung zu Heizzwecken	.....	16
5.3 Einspeisung in lokale Biogasnetze	.....	17
5.4 Einspeisung ins öffentliche Gasnetz	.....	17
5.5 Antrieb von stationären Gasmotoren	.....	21
5.6 Antrieb von Turbinen	.....	22
5.6.1 Vorbemerkungen	.....	22
5.6.2 Mikrogasturbinen (MGT)	.....	22
5.6.3 Gasturbinen	.....	23
5.7 Tankstellen	.....	23
5.8 Power-to-Gas: Methanisierung	.....	24
<b>6 Verfahren zur Reinigung</b>	.....	<b>26</b>
6.1 Allgemeines	.....	26
6.2 Entfernung von Wasser	.....	26
6.2.1 Vorbemerkungen	.....	26
6.2.2 Entfeuchtung	.....	27
6.2.2.1 Übersicht	.....	27
6.2.2.2 Kühlung	.....	27
6.2.3 Trocknung	.....	28
6.2.4 Kondensate	.....	28
6.3 Entfernung von Partikeln	.....	29
6.3.1 Grobfilter	.....	29
6.3.2 Feinfilter	.....	29
6.4 Entschwefelung	.....	29
6.4.1 Allgemeines	.....	29

6.4.2	Biologische Entschwefelung .....	30
6.4.2.1	Vorbemerkungen .....	30
6.4.2.2	Lufteindüsung in den Gasraum des Fermenters .....	31
6.4.2.3	Tropfkörper-/Biorieselbettreaktor .....	31
6.4.3	Chemisch-physikalische Entschwefelungsverfahren .....	33
6.4.3.1	Simultane Eisendosierung .....	33
6.4.3.2	Aktivkohleadsorption .....	34
6.4.3.3	Lauge .....	36
6.4.3.4	Zinkoxid .....	37
6.4.3.5	Dosierung von Calcium-Nitrat-Lösung .....	37
6.4.3.6	Eisenhaltige Gasreinigungsmassen .....	38
6.5	Siloxan-Entfernung .....	40
6.5.1	Allgemeines .....	40
6.5.2	Aktivkohleadsorption .....	41
6.5.3	Kühlung .....	42
6.5.4	Tiefkühlung (kryogene Verfahren) .....	42
6.6	Entfernung von sonstigen Gasbegleitstoffen .....	43
<b>7</b>	<b>Gasaufbereitung</b> .....	<b>43</b>
7.1	Allgemeines .....	43
7.2	Druckwechseladsorption (PSA) mittels Molekularsieben .....	44
7.3	Druckwasserwäsche (DWW) .....	45
7.4	Physikalische Absorption mit organischen Lösungsmitteln .....	46
7.5	Chemische Absorption mit organischen Lösungsmitteln .....	47
7.6	Membranverfahren .....	48
7.7	Kryogene Verfahren .....	49
7.8	Abgasbehandlung .....	50
7.8.1	Allgemeines .....	50
7.8.2	Regenerativ-thermische Oxidation (RTO) .....	50
7.8.3	Katalytische Nachverbrennung .....	51
7.8.4	Schwachgasverwertung .....	51
<b>8</b>	<b>Rechtliche Aspekte</b> .....	<b>52</b>
8.1	Genehmigungsrecht .....	52
8.1.1	Biogasanlage (BGA) .....	52
8.1.2	Biogasaufbereitungsanlage (BGAA) .....	52
8.1.3	Biogaseinspeiseanlage (BGEA) .....	52
8.2	Gasnetzzugangsverordnung (GasNZV) .....	53
8.3	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) .	54
8.4	Anforderungen zur Luftreinhaltung .....	54
<b>Anhang A</b>	<b>Qualitäten, Anforderungen, Aufbereitungsverfahren</b> .....	<b>55</b>
A.1	Qualitäten von Biogas .....	55
A.2	Qualitätsanforderungen nach Verwertungsarten .....	57
A.3	Anwendbarkeit/Anwendung von Reinigungs- und Aufbereitungsverfahren .....	59
A.4	Tabelle Gasanalyse .....	60

<b>Anhang B Berechnungshilfen</b> .....	<b>61</b>
B.1 Umrechnungen .....	61
B.2 Ermittlung von Heizwert und Brennwert .....	62
B.3 Umrechnung bei Druck- und Temperaturänderungen von Gasen .....	62
B.4 Normdichte und Heizwerte von Gasen .....	63
<b>Quellen und Literaturhinweise</b> .....	<b>64</b>

## Bilderverzeichnis

Bild 1: Prinzip des biochemischen Schwefelwasserstoffabbaus .....	30
Bild 2: Stoffwechselweg von Mikroorganismen ohne $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (vereinfacht).....	38
Bild 3: Stoffwechselweg von Mikroorganismen mit $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (vereinfacht) .....	38
Bild 4: Gasströme einer Biogasaufbereitungs- und Abgasnachbehandlungsanlage ....	44
Bild 5: Verfahrensschema – Druckwechseladsorption (DWW) mit vier Adsorbereinheiten.....	45
Bild 6: Verfahrensschema – Druckwasserwäsche .....	46
Bild 7: Verfahrensschema – Physikalische Absorption mit organischen Lösungsmitteln .....	47
Bild 8: Verfahrensschema – Chemische Absorption mit organischen Lösungsmitteln .....	48
Bild 9: Verfahrensschema – Membranbiogasaufbereitung (2-stufig).....	49
Bild B.1: Volumen von 1 m <sup>3</sup> Luft bei konstantem Druck als Funktion der Temperatur .....	62
Bild B.2: Volumen von 1 m <sup>3</sup> Luft bei konstanter Temperatur als Funktion des Drucks .....	62

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anforderungen an methanreiche Brenngase.....	18
Tabelle 2: Anforderungen nach DIN 51624:2008 für die Nutzung von Erdgas und DIN EN 16723-2:2017 für die Nutzung von Erdgas/Biomethan als Kraftstoff ....	23
Tabelle A.1: Qualitäten und Eigenschaften von Biogas .....	55
Tabelle B.1: Molvolumen idealer Gase .....	61

## 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.

## Einleitung

Die energetische Nutzung von Biogas erfordert in der Regel die Reinigung und in Abhängigkeit des Nutzungspfads die Aufbereitung des Gases. Aufgrund der vor allem in den letzten Jahren immer größer werdenden Anzahl von Verfahren zur Biogasverwertung und den zunehmend höheren Anforderungen ist neben etablierten Verfahren eine Vielzahl von neuen Techniken entwickelt und auf den Markt gebracht worden.

Die DWA-Arbeitsgruppe KEK-8.3 „Aufbereitung von Biogas“ legt dieses überarbeitete Merkblatt vor, das eine Übersicht über die nötigen und möglichen Verfahrenstechniken und deren Kombinationen gibt. Es wird der aktuelle Stand der Technik beschrieben und praxisorientiert dargestellt.

Grundlegende Anforderungen zum Beispiel an die Ausführung von Rohrleitungen oder an den Explosionsschutz sind nicht Gegenstand dieses Merkblatts. Es sei hierzu unter anderem auf die Merkblätter DWA-M 217, DWA-M 218, DWA-M 275 oder TRGS 529 verwiesen (siehe Abschnitt 2).

## 1 Anwendungsbereich

Das Merkblatt gibt Empfehlungen und Informationen für die Planung funktionstüchtiger Biogasreinigungs- und Biogasaufbereitungsverfahren/-anlagen und deren wirtschaftlichen Betrieb.

Hierzu werden im Nachfolgenden für die wichtigsten Anwendungsbereiche der Biogastechnologie die für die jeweilige Planung bzw. den Betrieb relevanten Angaben zur Reinigung und Aufbereitung der entstehenden Biogase zusammengestellt. Es werden Datenbereiche angegeben, welche durch praktische Erfahrungen an einer Vielzahl von Betriebsanlagen gestützt sind.

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

Die Nutzung von Biogas aus der Vergärung organischer Stoffe wird auch künftig eine wesentliche Rolle beim Ausbau erneuerbarer Energien spielen. Das Biogas, welches unter anderem auf Kläranlagen, landwirtschaftlichen Biogasanlagen oder Abfallvergärungsanlagen anfällt, kann direkt auf den jeweiligen Anlagen zum Beispiel zu Heizzwecken oder zur Stromerzeugung genutzt werden. Alternativ kann das Biogas nach entsprechender Aufbereitung als Biomethan in das Gasnetz eingespeist werden, sodass es ortsunabhängig einer weiteren Nutzung zugeführt werden kann. Die Einspeisung ins Gasnetz bietet den Vorteil, dass die energetische Nutzung an einem Ort erfolgen kann, an dem sowohl der Strom als auch die entstehende Wärme mit hoher Effizienz eingesetzt werden können. Voraussetzung für diesen Weg ist jedoch eine besonders hochwertige Aufbereitung des Biogases. Aber auch jede andere Nutzung von Biogas erfordert die Aufbereitung des Rohgases. In jüngerer Vergangenheit sind hierzu vielfältige neue Techniken und Verfahren entwickelt und auf den Markt gebracht worden.

Das vorliegende Merkblatt DWA-M 361 gibt eine Übersicht der für die jeweilige Reinigung und/oder Aufbereitung des Biogases nötigen und möglichen Verfahrenstechniken und deren sinnvoller Kombinationen. Für die Planung und den wirtschaftlichen Betrieb von Aufbereitungsanlagen werden Empfehlungen und Informationen gegeben, sowohl hinsichtlich einer Einspeisung in das Gasnetz als auch für anderweitige Nutzungen von Biogas zum Beispiel in Gasmotoren.

VORSCHAU

ISBN: 978-3-96862-540-9 (Print)  
978-3-96862-541-6 (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