

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 377

Biogas – Membranspeichersysteme über Behältern

März 2023

VORSCHAU

VORSCHAU

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 377

Biogas – Membranspeichersysteme über Behältern

März 2023

VORSCHAU

Das vorliegende Merkblatt DWA-M 377 „Biogas – Membranspeichersysteme über Behältern“ erscheint inhaltsgleich und unter gleichem Titel auch als Merkblatt DVGW G 436-1 (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
Internet: www.dwa.de

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2023

Satz:

Christiane Krieg, DWA

Druck:

Siebengebirgsdruck, Bad Honnef

ISBN:

978-3-96862-565-2 (Print)
978-3-96862-566-9 (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

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.

Mit dem Merkblatt DWA-M 377 legen DVGW, FvB und DWA gemeinsam eine technische Regel für die vor allem auf landwirtschaftlichen Biogasanlagen eingesetzten Membranspeichersysteme vor. Inzwischen finden diese Speicher auch auf Kläranlagen oder abfallwirtschaftlichen Biogasanlagen Anwendung.

Nicht Gegenstand dieses Merkblatts

- sind externe Gasspeicher: diese werden im Merkblatt DWA-M 376 „Freistehende Biogasspeicher“ behandelt;
- ist die Gewährleistung der Gasdichtheit: diese wird im Merkblatt DWA-M 375 „Technische Dichtheit von Membranspeichersystemen“ behandelt.

Das vorliegende Merkblatt gibt Planenden, Betreibern und Sachverständigen praxisorientierte Leitlinien für die Auslegung und den Betrieb von Membranspeichersystemen, die auf Fermentern, Nachgärern oder Gärrestlagern montiert sein können.

Für weiterführende technische Hinweise zum Bau und Betrieb von Biogasanlagen, deren technische Ausrüstung oder sicherheitstechnische Anforderungen, wird unter anderem auf die Merkblätter DWA-M 218, DWA-M 305, DWA-M 361, DWA-M 363, DWA-M 375, DWA-M 376 oder das Arbeitsblatt DWA-A 793-1 verwiesen.

Kosten- und Umweltauswirkungen

Das Merkblatt weist auf erhöhte Anforderungen an die Materialeigenschaften von Membranspeichersystemen hin. Durch die erhöhten Materialanforderungen werden Gasspeicher um ca. 10 % teurer.

Durch Konkretisierung der Anforderungen zur Gewährleistung der Gasdichtheit kann zukünftig von einer nennenswerten Reduzierung von ungewollten Methanemissionen ausgegangen werden.

Änderungen

Gegenüber dem Merkblatt DWA-M 377 (11/2016) wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Konkretisierung der Materialanforderungen, insbesondere bzgl. Brandschutzbestimmungen;
- b) Konkretisierung der Anforderungen an eine Stützluftversorgung;
- c) Formulierung von Qualifikationsanforderungen für befähigte Personen zur Verlängerung der Gebrauchstauglichkeit von Gasspeichermembranen;
- d) Formulierung von Prüfkriterien und Prüffristen zur Verlängerung der Gebrauchstauglichkeit von Gasspeichermembranen;
- e) Konkretisierung von notwendigen Funktionsprüfungen;
- f) Anpassung des Titels.

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 377 (11/2016)

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:

KA1 = Das Merkblatt hat indirekten Bezug zur Klimaanpassung

KS2 = Das Merkblatt hat direkten Bezug zu Klimaschutzparametern

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

BEGRÜNDUNG: Das Merkblatt berücksichtigt die Klimaanpassung über den Bezug auf statische Normen mit künftig klimabedingt erhöhten Windlasten.

Die Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit und Tragfestigkeit von Membranabdeckungen ist eine wesentliche Voraussetzung für eine nachhaltige und klimaschonende Nutzung von aus Biomasse erzeugtem Gas als regenerative Energiequelle. Die Nutzung von Biogas leistet einen wesentlichen Beitrag für die Energieversorgung aus erneuerbaren Quellen.

Verfasserinnen und Verfasser

Dieses Merkblatt wurde im Rahmen der „Kooperation Biogas“ von der gemeinsamen DWA-DVGW-FvB-Arbeitsgruppe KEK-8.5 „Biogasspeicherung – Membranabdeckungen“ im Auftrag und unter der Mitwirkung des DWA-Fachausschusses KEK-8 „Biogas“ und der FvB-DVGW-DWA-Arbeitsgruppe „Biogaserzeugung“ sowie in Abstimmung mit dem DVGW-Gemeinschaftsausschuss G-GTK-0-1 „Erneuerbare Gase“ erarbeitet.

Der DWA-DVGW-FvB Arbeitsgruppe KEK-8.5 „Biogasspeicherung – Membranabdeckungen“ gehören folgende Mitglieder an:

ZIEGLER, Josef	Dipl.-Ing., Schwandorf (Sprecher)
BAUR, Josef	Dipl.-Ing., Wolfertschwenden
BLOCK, Ralf	Dipl.-Ing., Sonsbeck
KLINKMÜLLER, Lars	Dipl.-Ing., Berlin
RETTENBERGER, Gerhard	Prof. Dr.-Ing., Trier
SCHNATMANN, Christian	Dipl.-Ing., Dortmund
SEYBOLD, Bernd	Dipl.-Ing., Düren
SPRICK, Achim	Dipl.-Ing., Lemgo
TÖPPERWIEN, Linus	Dipl.-Ing., Merkendorf
VELMERIG, Christoph	Dipl.-Ing., Unna
WAGNER, Rosemarie	Prof. Dr., Karlsruhe

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
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 (Sprecher)

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

KLINKMÜLLER, Lars	Dipl.-Ing., Berlin (Sprecher)
BLOCK, Ralf	Dipl.-Ing., Sonsbeck
MACIEJCZYK, Manuel	Dipl.-Ing. agr., Freising
RETTENBERGER, Gerhard	Prof.-Dr.-Ing., Trier
SCHÄFER, Arnold	Dipl.-Ing., Hamburg
SCHNATMANN, Christian	Dipl.-Ing., Dortmund
WIESHEU, Marion	Dipl.-Wirt.-Ing., 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:

SCHRADER, Andreas	Dipl.-Ing., Bonn Gastechnologien und Energiesysteme
-------------------	--

Inhalt

Vorwort	3
Verfasserinnen und Verfasser	4
Bilderverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	8
Hinweis für die Benutzung	9
1 Anwendungsbereich	9
2 Verweisungen	9
3 Begriffe	11
3.1 Definitionen	11
3.2 Abkürzungen und Formelzeichen	13
4 Allgemeine Anforderungen	14
4.1 Allgemeines	14
4.2 Anforderungen an Materialien des Membranspeichersystems	15
4.3 Brandschutz	15
5 Bauformen	16
5.1 Allgemeines	16
5.2 Einschalige Gasspeichersysteme	17
5.2.1 Vorbemerkungen	17
5.2.2 Mechanisch vorgespannte, abgestützte Membranabdeckungen	17
5.2.3 Gasdruckgestützte einschalige Membrane	20
5.3 Zweischalige Gasspeichersysteme	21
5.3.1 Vorbemerkungen	21
5.3.2 Zweischalige, mechanisch vorgespannte Membranabdeckungen	22
5.3.3 Pneumatisch vorgespannte Membranabdeckungen	23
6 Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit	24
6.1 Allgemeines	24
6.2 Lastannahmen für die statische Berechnung von Speicherabdeckungen	25
6.2.1 Vorbemerkungen	25
6.2.2 Ständige Lasten	25
6.2.2.1 Vorbemerkungen	25
6.2.2.2 Eigengewicht	26
6.2.2.3 Mechanische Vorspannung einschaliger, abgestützter Systeme	26
6.2.2.4 Innendruck	26
6.2.2.4.1 Vorbemerkungen	26
6.2.2.4.2 Gasinnendruck	27
6.2.2.4.3 Stützluftdruck	27
6.2.3 Veränderliche Einwirkungen (direkte Einwirkungen)	28
6.2.3.1 Vorbemerkungen	28
6.2.3.2 Windlast (gemäß DIN EN 1991-1-4)	28
6.2.3.3 Schneelast (gemäß DIN EN 1991-1-3/NA)	29

6.2.4	Lasten durch sonstige Beanspruchungen	29
6.2.4.1	Extreme Temperaturen (gemäß DIN EN 1991-1-5)	29
6.2.4.2	Setzungen unter dem Mittelmast.....	29
6.2.4.3	Punktuellen Belastung durch Instandhaltungsarbeiten.....	30
6.3	Werkstoffwiderstand	30
6.3.1	Vorbemerkungen	30
6.3.2	Korrektur der Materialfestigkeiten aufgrund statistischer Mehrfachmessungen....	31
6.3.3	Abminderungsfaktor.....	31
6.4	Einfluss der Speicherform/Zuschnittsform auf die Statik bei pneumatisch vorgespannten Gasspeichersystemen	32
6.5	Einfluss des Zuschnitts und der Konfektion auf die Statik bei Gasspeichersystemen	32
6.6	Einfluss des Befestigungssystems auf die Statik	33
7	Planung, Herstellung und Errichtung.....	34
8	Dichtheitsüberprüfungen	34
9	Inbetriebnahme.....	35
9.1	Allgemeines	35
9.2	Maßnahmen vor der Inbetriebnahme.....	35
9.2.1	Prüfung der Dokumentation.....	35
9.2.2	Prüfpflichtige Anlagenteile/Aggregate.....	35
9.2.3	Feststellung der vollständigen Lieferung und Montage	36
9.2.4	Einweisung.....	36
9.3	Funktionsprüfungen	36
9.3.1	Vorbemerkungen	36
9.3.2	Leistungsnachweise und Probelauf	36
10	Dokumentation.....	37
10.1	Allgemeines	37
10.2	Technische Spezifikation bei Auslieferung	37
10.3	Nachweise zur Inbetriebnahme	38
11	Betrieb und Instandhaltung.....	39
11.1	Allgemeines	39
11.2	Überprüfung durch den Betreiber.....	39
11.3	Überprüfung des Zustands der Gebrauchstauglichkeit.....	41
Anhang A	Beispielhafte Berechnungen.....	42
A.1	Beispielhafte Lastannahmen für die Berücksichtigung des Eigengewichts (g_{gesamt}) ..	42
A.2	Beispiel für die Berechnung der Vorspannung der äußeren Membrane	42
A.3	Beispiel für aerodynamische Beiwerte auf Kugelkalotten	43
A.4	Beispiel für die Berechnung der charakteristischen Schneelasten nach Schneezonen.....	44
A.5	Beispiel für die Berechnung des Innendrucks bei abgeschlossenem Volumen	46
A.6	Berechnung zu- und abströmender Luft- bzw. Gasmengen zur Aufrechterhaltung eines konstanten Drucks bei Temperaturänderung	47
A.7	Beispielhafte Ausführung einer Polkappe	48
	Quellen und Literaturhinweise	50

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Einschaliges Speicherabdeckungssystem mit kegelförmiger Membrane – einachsig vorgespanntes System (Variante A)	18
Bild 2:	Einschaliges Speicherabdeckungssystem mit biaxial gekrümmter Membrane – zweiachsig vorgespanntes System (Variante B)	19
Bild 3:	Gasdruckgestützte einschalige Membranabdeckung	20
Bild 4:	Ausführungsvarianten einschaliger EPDM-Gasspeicher	21
Bild 4a:	EPDM-Gasspeicher mit Netzabdeckung und volumenveränderlicher Betriebsweise	21
Bild 4b:	EPDM-Gasspeicher mit Netzabdeckung und isochorer Betriebsweise (annähernd konstantes Volumen)	21
Bild 4c:	EPDM-Gasspeicher mit Höhenbegrenzung (Gasüberdrucksicherung mit Seilzug)	21
Bild 5:	Mechanisch vorgespannte, zweischalige Membranabdeckung	22
Bild 6:	Pneumatisch vorgespannte, zweischalige Membranabdeckung	23
Bild A.1:	Ausführung einer Polkappe	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Abkürzungen und Formelzeichen	13
Tabelle 2:	Bestandteile von Gasspeichersystemen	16
Tabelle A.1:	Nahtbreite bezogen auf die Materialqualität	49

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

Das vorliegende Merkblatt gilt für Planung, Herstellung, Errichtung und Inbetriebnahme von Systemen zur Speicherung von Biogas, die als Membranabdeckungen von Behältern, wie zum Beispiel Fermentern, Nachgärern oder Gärrestlagern ausgeführt sind.

Betrieb und Instandhaltung werden nur im Hinblick auf die Notwendigkeit der Erhaltung der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit beschrieben.

Die Prüfung/Überprüfung der Dichtheit wird insbesondere im Merkblatt DWA-M 375 behandelt.

Dieses Merkblatt gilt nicht für freistehende Biogasspeicher. Diese werden im Merkblatt DWA-M 376 behandelt.

Es werden Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und die Tragfähigkeit des Membranabdeckungssystems, einschließlich der Anbindung an die Behälterkonstruktion, definiert.

Die Anforderungen an die zugehörigen Behälter sind in den einschlägigen Regelwerken, zum Beispiel für Beton-, Holz- und Stahlbau geregelt und nicht Gegenstand dieses Merkblatts.

2 Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Merkblatt teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Merkblatts erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

TA Luft – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, *Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz*

VORSCHAU

Biogasanlagen verfügen in aller Regel über ein Speichersystem, um das produzierte Biogas vor der Verwertung zwischenspeichern zu können. Schwankungen in der Biogasproduktion können so gepuffert und die Verwertung des Biogases – zum Beispiel in einem Blockheizkraftwerk – kann in gewissem Umfang dem Energiebedarf angepasst werden.

Auf landwirtschaftlichen Biogasanlagen haben sich insbesondere einschalige und zweischalige integrierte Dachspeichersysteme etabliert, die auf Fermentern, Nachgärern oder Gärrestlagern montiert sein können. Diese Speichersysteme finden inzwischen auch auf Kläranlagen oder abfallwirtschaftlichen Biogasanlagen Anwendung.

Das vorliegende Merkblatt gibt Planenden, Betreibern und Sachverständigen praxisorientierte Leitlinien für die Auslegung und den sicheren Betrieb dieser Dachspeichersysteme. Es werden Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und die Tragfähigkeit des Membranabdeckungssystems definiert, einschließlich der Anbindung an die Behälterkonstruktion. Den Schwerpunkt des Merkblatts bilden die technischen Hinweise für einen fachgerechten statischen Nachweis, der ständige Lasten wie Eigengewicht, Vorspannung und Systemdruck, als auch regionale Wind- und Schneelasten oder geeignete Abminderungsfaktoren hinsichtlich der Materialeigenschaften für die Berechnung der Standfestigkeit berücksichtigt.

VORSCHAU

ISBN: 978-3-96862-565-2 [Print]
978-3-96862-566-9 [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