www.dwa.de

DWA
Klare Konzepte. Saubere Umwelt.

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 230-4

Treibhausgase – Teil 4: Strukturiertes Vorgehen zur Planung, Durchführung und Auswertung von N_2O-Emissionsmessungen

Dezember 2026

VORSCHAU

VORSCHAU

www.dwa.de

DWA
Klare Konzepte. Saubere Umwelt.

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 230-4

Treibhausgase – Teil 4: Strukturiertes Vorgehen zur Planung, Durchführung und Auswertung von N_2O-Emissionsmessungen

Dezember 2026

VORSCHAU

VORSCHAU

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 Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 13 500 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
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Satz:
Christiane Krieg, DWA

Druck:
Siebengebirgsdruck, Bad Honnef

ISBN:
978-3-96862-341-2 (Print)
978-3-96862-335-1 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2026

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation 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. Die DWA behält sich das Text- und Data-Mining nach § 44b UrhG vor, was hiermit Dritten ohne Zustimmung der DWA untersagt ist.

Dieser Publikation liegt der „Leitfaden für fairen Sprachgebrauch und geschlechtergerechte Kommunikation in der DWA“ (online unter www.dwa.info/genderleitfaden) zugrunde.

Vorwort und Klimakennung

Auf nationaler und europäischer Ebene sind die Bemühungen groß, den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase (THG) über alle Sektoren hinweg zu reduzieren. Auch in der Siedlungswasserwirtschaft findet seit einigen Jahren eine Sensibilisierung im Hinblick auf einen emissionsarmen Kläranlagenbetrieb statt. Mit Verabschiedung der überarbeiteten EU-Kommunalabwasserrichtlinie (KARL, Richtlinie (EU) 2024/3019) sind die prozessbedingten direkten Treibhausgase Distickstoffmonoxid/Lachgas (N_2O), Methan (CH_4) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) stärker in den Fokus einer emissionsarmen Abwasserbehandlung gerückt. Mit der Richtlinie werden aktuell zwar noch keine verpflichtenden Reduktionsziele eingeführt, zukünftig wird allerdings eine Erfassung dieser Treibhausgasemissionen für Kläranlagen mit mehr als 10.000 Einwohnerwerten (*EW*) verlangt.

Mit der Merkblattreihe DWA-M 230 wurde das Thema der Treibhausgasemissionen aus der Wasserwirtschaft durch die DWA aufgegriffen. Nach einem ersten einführenden Arbeitsbericht „Treibhausgasemissionen bei der Abwasserreinigung" (DWA 2017), wurde mit dem Merkblatt DWA-M 230-1 „Treibhausgasemissionen bei der Abwasserbehandlung – Teil 1: Direkte Treibhausgasemissionen – Messen und Bewerten" (Oktober 2022) grundlegendes Wissen zur Erhebung, Einordnung und Reduzierung der Treibhausgase Lachgas und Methan für die Fachöffentlichkeit zusammengestellt. Das Merkblatt DWA-M 230-2 (Oktober 2022) behandelt die Grundsätze der CO_2e-Bilanzierung, die Vorgehensweise bei der Bilanzierung je nach Anwendungsbereich und die Verwendung spezifischer Emissionskennwerte.

Das Merkblatt DWA-M 230-4 gliedert sich in die Merkblattreihe ein und beschreibt konkrete Ansätze und Möglichkeiten zur Erhebung und Beurteilung der N_2O-Emissionsdaten. Dem Merkblatt DWA-M 230-4 ging der Arbeitsbericht „Standardisiertes Vorgehen zur Planung, Durchführung und Auswertung von N_2O-Emissionsmessungen" voraus (DWA 2024), in dem bereits Hinweise zur Emissionseinordnung, zur Durchführung von Sondierungsmessungen und zur Ableitung von Kennzahlen zur Bewertung der N_2O-Emission aufgeführt sind.

Kosten- und Umweltaspekte werden im vorliegenden Merkblatt nicht im Detail behandelt.

Frühere Ausgaben

Kein Vorgängerdokument

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. Dieses Merkblatt wurde wie folgt eingestuft:

KA0 = Das Merkblatt hat keinen Bezug zur Klimaanpassung

KS2 = Das Merkblatt hat direkten Bezug zu Klimaschutzparametern

BEGRÜNDUNG: Es wird ein strukturiertes Vorgehen zur Planung, Durchführung und Auswertung von N_2O-Emissionsmessungen beschrieben. Damit hat das Merkblatt eine hohe Relevanz zum Klimaschutz und wird im Zuge der Klimakennung des DWA-Regelwerks als sehr relevant für den Klimaschutz (KS2) eingestuft. Es besteht keine Schnittstelle zur Klimaanpassung und wird daher als nicht relevant eingestuft (KA0).

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

VORSCHAU

Verfasserinnen und Verfasser

Dieses Merkblatt wurde vom DWA-Fachausschuss KA-2 „Klimaschutz und Treibhausgase“ im Auftrag des DWA-Hauptausschusses „Kommunale Abwasserbehandlung“ (HA KA) erarbeitet.

Dem DWA-Fachausschuss KA-2 „Klimaschutz und Treibhausgase“ gehören folgende Mitglieder an.

Beier, Maike	Dr.-Ing., Hannover (Obfrau)
Niebuhr, Judith	M. Sc., Hamburg (stellv. Obfrau)
Freyschmidt, Arne	Dr.-Ing., Hannover
Keßler, Kai	Dipl.-Ing. (FH), Berlin
Kleimann, Jörn	Dipl.-Ing., Köln
Mauer, Christian	Dr.-Ing., Essen
Parravicini, Vanessa	Dipl.-Ing. Dr. techn., Wien (Österreich)
Pfeiffer, Ekkehard	Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt.-Ing., Essen
Remy, Christian	Dr.-Ing., Berlin
Uhlenhut, Frank	Priv.-Doz. Dr. rer. nat. habil., Emden
Voß, Ronja	M. Sc., Essen
Weilbeer, Julia	Dr.-Ing., Hetlingen

Als Gäste haben mitgewirkt:

Hrad, Marlies	Dipl.-Ing. Dr., Wien (Österreich)
Piltz, Bastian	Dr. rer. nat., Aarhus (Dänemark)
Stier, Matthias	Dr.-Ing., Stuttgart
Thormann, Malte	M. Sc., Kassel

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

Wilhelm, Christian	Dr.-Ing., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft

VORSCHAU

Inhalt

Vorwort und Klimakennung ... **3**

Verfasserinnen und Verfasser ... **4**

Bilderverzeichnis ... **6**

Tabellenverzeichnis ... **6**

Hinweis für die Benutzung ... **7**

Einleitung ... **7**

1 Anwendungsbereich ... **8**

2 Verweisungen ... **8**

3 Abkürzungen und Formelzeichen ... **8**

4 Vorgehen bei der Emissionsbewertung ... **10**
4.1 Allgemeines ... 10
4.2 Emissionseinordnung ... 11
4.3 Erforderliche Datengrundlage ... 14
4.4 Bestimmung des Messumfangs ... 15

5 Auswahl des Messverfahrens ... **17**
5.1 Allgemeines ... 17
5.2 Gasphase (lokale Messung) ... 19
5.3 Wässrige Phase (lokale Messung) ... 22
5.4 Gasphase (großräumige Messung) ... 23

6 Konzeptionierung von Sondierungs- und Langzeitmessungen ... **24**
6.1 Allgemeines ... 24
6.2 Sondierungsmessung ... 25
6.3 Langzeitmessung ... 26
6.4 Potenzielle Anordnung von Messhauben und Sensoren in Becken mit Druckbelüftung ... 27
6.5 Ermittlung des Abluftvolumenstroms ... 29
6.6 Parameter zur Einschätzung der Emission ... 31

7 Qualitative Berechnung des Emissionsgeschehens ... **34**
7.1 Allgemeines ... 34
7.2 Berechnung der Lachgasemissionen aus punktuellen Messungen in Belebungsbecken mit Druckbelüftung ... 34
7.2.1 Vorbemerkungen ... 34
7.2.2 Auswertung der Messung in der Gasphase – Ablufthaube ... 34
7.2.3 Auswertung der Messung in der wässrigen Phase ... 35
7.3 Berechnung der Lachgasemissionen aus großräumigen Messungen ... 36
7.4 Berechnung des Emissionsfaktors ... 37
7.5 Hinweise für die Messung und Auswertung von Sonderverfahren ... 38

8 Bewertung und Verwendung der Messdaten ... **42**

VORSCHAU

Anhang A Beispielberechnungen **43**
A.1 Zusatz: Berechnung der N_2O-Emissionen aus der wässrigen Phase 43
A.2 Zusatz: Bestimmung des Stoffübergangskoeffizienten in oberflächenbelüfteten Systemen 45

Quellen und Literaturhinweise **48**

Bilderverzeichnis

Bild 1: Vorgehen zur strukturierten Planung, Durchführung und Auswertung von N_2O-Emissionsmessungen in Anlehnung an DIN EN 15259, Anpassungen in Blau dargestellt 11
Bild 2: Einordnung der zu erwartenden N_2O-Emission und Ableitung des Messumfangs 12
Bild 3: Skala zur Abschätzung des Messumfangs – Sondierungs- oder Langzeitmessung 16
Bild 4: Schematische Darstellung einer passiven Haube (a) und einer aktiven Haube (b) 20
Bild 5: Grundlagen der Messung der Strömungsgeschwindigkeit eines Gases in einer Leitung durch den Einsatz einer Staudrucksonde 40
Bild A.1: Standard-Belüftereffizienz als Funktion der Eintauchtiefe des Rotors, gemessen auf der KA-Silkeborg, Dänemark 46
Bild A.2: Standard-Belüftereffizienz als Funktion der Frequenz des Rotors, gemessen auf der KA-Silkeborg, Dänemark 46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Im Merkblatt verwendete Abkürzungen und Formelzeichen 8
Tabelle 2: Kriterien zur N_2O-Emissionseinordnung für die Hauptstrombiologie 15
Tabelle 3: Übersicht der Messverfahren zur N_2O-Emissionsmessung 18
Tabelle 4: Qualitative Einordnung der Messprinzipien; die Skala reicht von –– bis ++, wobei –– der niedrigsten und ++ der höchsten Bewertung im Vergleichsfeld entspricht 22
Tabelle 5: Übersicht über die zu erhebenden Parameter in der Hauptstrombiologie 31
Tabelle A.1: Beispielberechnung der N_2O-Emission für die Kläranlage Silkeborg, Dänemark 47

VORSCHAU

Hinweis für die Benutzung

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung und Geschäftsordnungen der DWA) 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.

VORSCHAU

Einleitung

Lachgas aus der Abwasserhandlung ist ein Neben- und Zwischenprodukt der Nitrifikation und Denitrifikation im Haupt- und Nebenstrom. Lachgasemissionen sind eine Folge nicht optimal verlaufender Prozesse der Stickstoffelimination. Damit unterliegen sie signifikanten räumlichen und zeitlichen Schwankungen und sind stark prozess- und anlagenspezifisch, weshalb die messtechnische Quantifizierung Fachkenntnis zur korrekten Planung, Durchführung und Auswertung voraussetzt. Anders hingegen verhält es sich bei den Methanemissionen, die vergleichsweise gleichmäßig anfallen. Auf Anlagen mit Schlammfaulung ist Methan ein gezielt erzeugtes und gewünschtes Produkt der Schlammbehandlung. Die CH_4-Emissionen lassen sich daher im laufenden Betrieb durch Stichprobenmessungen lokalisieren und quantifizieren (DWA 2017).

Werden die direkten Treibhausgasemissionen der Abwasserbehandlung als CO_2-Äquivalente bilanziert, so entfällt der größte Anteil häufig auf die Lachgasemissionen. Lachgas hat im Vergleich zu Kohlenstoffdioxid eine 273-fach höhere Treibhausgaswirkung (IPCC 2021), weshalb die Lachgasemissionen bei der Bilanzierung der CO_2-Äquivalente sehr stark ins Gewicht fallen. Ein emissionsarmer Betrieb von kommunalen Kläranlagen, bei denen die Lachgasemissionen gegen Null tendieren, ist möglich, wie umfangreiche Messungen bereits gezeigt haben (STOWA 2011; Vasilaki et al. 2019; Valkova et al. 2021; Song et al. 2024).

Die Erhebung von Emissionsdaten ist die Voraussetzung für die Einordnung des N_2O-Emissionsgeschehens des Kläranlagenbetriebs. Ausgehend von diesen Daten, können prozesstechnische Optimierungen zur Vermeidung der N_2O-Bildung und zur Reduzierung der N_2O-Emission abgeleitet werden, sodass langfristig ein emissionsarmer Betrieb der Kläranlage erreicht werden kann.

VORSCHAU

Auf nationaler und europäischer Ebene sind die Bemühungen groß, den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase (THG) über alle Sektoren hinweg zu reduzieren. Auch in der Siedlungswasserwirtschaft findet seit einigen Jahren eine Sensibilisierung im Hinblick auf einen emissionsarmen Kläranlagenbetrieb statt. Mit der Merkblattreihe DWA-M 230 wurde das Thema der Treibhausgasemissionen durch die DWA aufgegriffen. Folgende Teile der Reihe sind verfügbar bzw. in Erarbeitung:

- Teil 1: Direkte Treibhausgasemissionen – Messen und Bewerten (2022)
- Teil 2: Motivation und Vorgehen zur Erstellung von CO_2e-Bilanzen (2022)
- Teil 3: Vorgehensweise bei der CO_2e-Bilanzierung für Entwässerungssysteme (in Erarbeitung)
- Teil 4: Strukturiertes Vorgehen zur Planung, Durchführung und Auswertung von N_2O-Emissionsmessungen (2026)

Das Merkblatt DWA-M 230-4 gliedert sich in die Merkblattreihe ein und beschreibt konkrete Ansätze und Möglichkeiten zur Erhebung und Beurteilung der N_2O-Emissionsdaten. Mit dem vorliegenden Merkblatt DWA-M 230-4 wird ein strukturiertes Vorgehen zur Planung, Durchführung und Auswertung von N_2O-Emissionsmessungen zur Verfügung gestellt, sodass die vorhandenen Ressourcen möglichst effizient genutzt und Fehlerquellen bei der messtechnischen Quantifizierung minimiert werden. So werden insbesondere die Anlagenbetreiber bei der Priorisierung von Messkampagnen, der Erstellung von Messkonzepten und der Erhebung von Emissionsdaten unterstützt, um sowohl den finanziellen als auch personellen Aufwand bei der Bestimmung von Lachgasemissionen aus der Abwasserbehandlung möglichst gering zu halten.

Das Merkblatt DWA-M 230-4 richtet sich an Betreiber kommunaler Kläranlagen, Mitarbeitende von Ingenieurbüros und Fachbehörden.

VORSCHAU

ISBN: 978-3-96862-341-2 (Print)
978-3-96862-335-1 (E-Book)

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17 | 53773 Hennef
Telefon: +49 2242 872-333 | info@dwa.de | www.dwa.de