

Evaluierung von Methanemissionen aus der Biogaserzeugung

Marlies Hrad, Viktoria Wechselberger, Marion Huber-Humer
Institut für Abfallwirtschaft
Universität für Bodenkultur Wien

Biogas bietet eine Vielzahl von energetischen Nutzungsoptionen, die im Wesentlichen der Bereitstellung von Wärme, Strom, Kraftstoff oder Erdgassubstitut dienen und damit Treibhausgasemissionen mindern. Mit der Biogaserzeugung sind aber auch prozessbedingte Emissionen verbunden, die einen positiven Umweltnutzen schmälern können. Um die Minderung vermeidbarer Biogasverluste zu ermöglichen sowie aussagekräftige Emissionsfaktoren für Vergärungsanlagen abzuleiten, gilt es, Treibhausgasemissionen (insbesondere Methanemissionen) verlässlich zu quantifizieren. Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden praxisorientierte Empfehlungen für die einheitliche Durchführung und Auswertung unterschiedlicher Messmethoden in einer internationalen Guideline zusammengefasst (Clauß et al., 2019). Unter Verwendung dieser Richtlinie wurden erstmalig vergleichbare und repräsentative Emissionsfaktoren für verschiedene in der Praxis eingesetzte Biogasanlagenkonzepte bestimmt (Wechselberger et al., 2021).

Quantifizierung der Methanemissionen von Biogasanlagen

Die Methanemissionen sind insbesondere von den Prozess- bzw. Lagerungsemissionen sowie den technischen Verlusten bei der Nutzung oder Aufbereitung des produzierten Biogases abhängig. In den letzten Jahren haben sich mehrere Ansätze etabliert, die einzelne Emissionsquellen sowie die Gesamtemissionen von Biogasanlagen mit direkten, sogenannten on-site Messmethoden (z.B. Einzelquellenanalyse mittels Einhausung, Haubenmessungen) und Fernmessmethoden (off-site) bestimmen (siehe Abb.1). Die Erkenntnisse von Vergleichsmesskampagnen mit unterschiedlichen Messmethoden (Projekt „European harmonisation of methods to quantify methane emissions from biogas plants – MethHarmo“, finanziert im Rahmen des ERA-NET Bioenergy Programmes 2016 –2018) sind in die Entwicklung einer praxisorientierten, internationalen Guideline eingeflossen (Clauß et al., 2019).

On-site Methode

Die on-site Methode besteht im Wesentlichen aus zwei Schritten – Bestandsaufnahme aller bekannten bzw. Identifizierung der bislang unbekannt Emissionsquellen in der Anlage und Bestimmung der Emissionsraten der einzelnen Quellen. Die Quantifizierungsmethode wird abhängig vom Quelltyp (wie z.B. offene Gärrestlager, Abgas Gasverwertung, Leckagen, Über-/Unterdruckventil, etc.) gewählt (vgl. Abb. 2). Die on-site Methode dient vorwiegend der Emissionsanalyse von ausgewählten, spezifischen Anlagenkomponenten, die schließlich zur Gesamtemission der Anlagen aufsummiert werden.

Off-site Methoden (Fernmessmethode)

Beim Fernmessansatz wird die zu untersuchende Anlage als Black-Box betrachtet, bei der die Gesamtmethanemission aller Einzelquellen durch Messungen in der Abwindfahne bei ausreichendem Abstand zur Anlage (Emissionsquelle) erreicht wird.

Fernmessmethode „Inverse Dispersionsmodellierung (IDM)“:

Die inverse Dispersionsmodellierung bestimmt, basierend auf den Konzentrationsmessungen (in Luv und Lee einer Emissionsquelle) und den vor Ort gemessenen meteorologischen Parametern (mittels 3D-Ultraschallanemometer) unter Anwendung eines Ausbreitungsmodells, die Emissionsrate einer Anlage. Zur Messung der Methankonzentration über mehrere hundert Meter lange Messstrecken wird bspw. das optische Fernmessgerät Open-path Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy (OP-TDLS) eingesetzt (siehe Abb. 3). Die Bestimmung der Emissionsrate erfolgt in den meisten Fällen mittels eines Lagrangen Ausbreitungsmodells, z. B. implementiert in der frei verfügbaren Software „Windtrax“, das die Flugbahnen der Gasmoleküle simuliert.

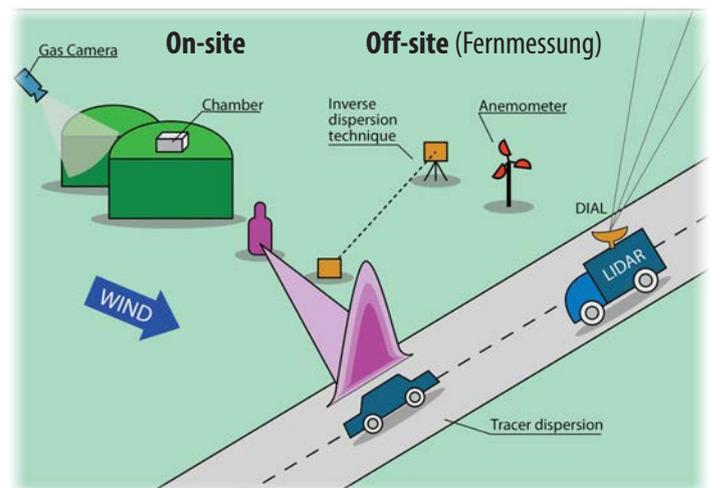


Abb. 1: Überblick Messmethoden zur Quantifizierung von Methanemissionen



Abb. 3: Einsatz der OP-TDLS zur Konzentrationsmessung entlang einer offenen Messstrecke (links), meteorologische Messungen mittels 3D-Ultraschallanemometer (rechts)

Fernmessmethode „Dynamische Tracermethode (TDM)“:

Bei der dynamischen Tracermethode wird im Areal der Biogasanlage kontrolliert eine bekannte Menge eines Tracergases, i.d.R. Acetylen, freigesetzt. Gleichzeitig wird im Abwindbereich der Anlage die Tracer- und Methankonzentration gemessen. Dazu wird, üblicherweise mittels einer mobilen Analytik-Plattform (z.B. Installation eines hochauflösenden Analyseinstruments – wie ein Cavity Ring Down Spektrometer mit angeschlossenen GPS – im PKW – siehe Abb. 4) der Konzentrationsverlauf der beiden Gase entlang der Emissionsfahne ermittelt. Das Verfahren basiert auf der Annahme, dass sich das im Quellbereich freigesetzte Tracergas in der Atmosphäre genauso ausbreitet wie die Methanemission aus der untersuchten Anlage. Anschließend wird durch Integrieren der beiden Konzentrationskurven das Verhältnis von Methan- zu Tracergas bestimmt. Wenn der Massenstrom des freigesetzten Tracergases bekannt ist, kann mithilfe des Konzentrationsverhältnisses die Methanemission rückgerechnet werden.



Abb. 4: Beispielhafte Ausstattung für die Dynamische Tracermethode mittels Cavity Ring Down Spektrometer (CRDS) (links: kontrollierte Freisetzung des Tracergases innerhalb der Biogasanlage, rechts: Messeinheit im PKW)

Fernmessmethode „Differentialles Absorptions-LIDAR (DIAL)“:

Das differentielle Absorptions-LIDAR (DIAL) ist eine Lidar (Light Detection and Ranging) Technik zur räumlichen Messung von Gaskonzentrationen. Dabei werden Laserpulse mit zwei benachbarten Wellenlängen ausgesendet, zurückgestreut und durch den Detektor die Intensitätsabschwächung bzw. damit einhergehend die räumliche Auflösung der Methankonzentration (2D oder 3D) bestimmt. Basierend auf den Konzentrationsprofilen, kombiniert mit einem logarithmischen vertikalen Windprofil (Messung der Windgeschwindigkeit und -richtung in vier unterschiedlichen Höhen), werden die Emissionen einer Anlage abgeleitet. Die Messeinheit des DIAL-Systems kann bspw. in einem LKW, wie in Abbildung 5 ersichtlich, angebracht werden.



Abb. 5: DIAL-Messung des National Physical Laboratory (NPL) im Einsatz (links: Unterbringung der Messeinheit im LKW, rechts: Steuerung der Messung im Inneren des LKWs)

Aktuelle Forschung zur Evaluierung und Reduzierung von Methanemissionen aus der Biogaserzeugung

Am Institut für Abfallwirtschaft wird derzeit die inverse Dispersionsmodellierung (in Verbindung mit dem optischen Fernmesssystem OP-TDLS und meteorologischen Messungen) für wissenschaftliche Fragestellungen bei Deponien und anderen abfallwirtschaftlichen Anlagen (Biogasanlagen, Nachrotteflächen von mechanisch-biologischer Abfallbehandlung, Kompostierungsanlagen, etc) angewandt. Im Rahmen eines europäischen Forschungsprojektes („Evaluation and reduction of methane emissions from different European biogas plant concepts – EvEmBi“, ERA-NET Bioenergy Programm 2018 - 2021) wurden Emissionsfaktoren für unterschiedliche Biogasanlagenkonzepte bestimmt sowie Emissionsminderungsmaßnahmen abgeleitet und umgesetzt (Wechselberger et al., 2021; FvB 2020; EBA 2020a; KBVÖ 2020a). Zusätzlich wurden in Zusammenarbeit mit den beteiligten Biogasverbänden Mindestanforderungen zur freiwilligen Emissionskontrolle des Biogassektors in Europa („European Voluntary System“) erarbeitet sowie spezifische nationale Systeme entwickelt (EBA 2020b; FvB 2020; KBVÖ 2020b). Die off-site Messungen bei 35 Anlagen mit geschlossenem Gärrestlager zeigten eine Emission von 1,6 % (Median) des produzierten Methans. Der Emissionsfaktor für Anlagen mit offenem Gärrestlager lag hingegen im Durchschnitt um ca. 1,5 % höher (Median 3,1 %, n=10). Sowohl on-site als auch off-site Messungen bestätigten das Potential zur Emissionsminderung durch regelmäßige Prüfungen auf Gasleckagen (0 – 2,1 % des erzeugten Methans). Bei den Verfahren zur Aufbereitung von Biogas zu Biomethan wurden die Aminwäschen bzw. eine entsprechende Abgasnachbehandlung als Technik mit dem geringsten Methanverlust identifiziert (0,03 – 0,15 % des erzeugten Methans).

Referenzen:

- Clauß, T.; Reinelt, T.; Liebetrau, J.; Vesenmaier, A.; Reiser, M.; Flandorfer, C.; Stenzel, S.; Piringer, M.; Fredenslund, A. M.; Scheutz, C.; Hrad, M.; Ottner, R.; Huber-Humer, M.; Innocenti, F.; Holmgren, M. A.; Yngvesson, J. (2019). Recommendations for reliable methane emission rate quantification at biogas plants. [online]. (DBFZ-Report, 33). Leipzig: DBFZ. XII, 103 S. ISBN: 978-3-946629-43-6.
- European Biogas Association (EBA) (2020a): Methane emission mitigation strategies. Information sheet for biogas industry. With assistance of EvEmBi project consortium. Edited by European Biogas Association (EBA). Online verfügbar unter <https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2020/05/Methane-emission-mitigation-strategies-info-sheet-for-biogas-industry.pdf>
- European Biogas Association (EBA) (2020b): Minimum requirements of European voluntary systems for self and external inspection of possible methane emissions on biogas and biomethane plants. With assistance of EvEmBi project consortium. Online verfügbar unter <https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2020/10/Minimum-requirements-for-European-voluntary-systems.pdf>.
- Fachverband Biogas e.V. (FvB) (Ed.) (2020): Hintergrundpapier H-011 Methanemissionen an Biogasanlagen. Online verfügbar unter <https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/de-hintergrundpapiere>

- Kompost & Biogas Verband Österreich (KBVÖ) (Ed.) (2020a): Erhebung und Verminderung von Methanemissionen in Biogasanlagen. Teil I: Einführung in die Thematik. Online verfügbar unter <https://www.kompost-biogas.info/evembi/>
- Kompost & Biogas Verband Österreich (KBVÖ) (Ed.) (2020b): Erhebung und Verminderung von Methanemissionen in Biogasanlagen. Teil II: Freiwilligensystem. Online verfügbar unter <https://www.kompost-biogas.info/evembi/>.
- Wechselberger, V.; Huber-Humer, M.; Hrad, M.; Zafiu, C.; Kirchmeyr, F.; Meixner, K.; Bogner, J. (2021): Evaluation and reduction of methane emissions from different European biogas plant concepts (EvEmBi): Results of the Austrian Participation. Endbericht. Finanziert im Rahmen der 11. Ausschreibung Energieforschungsprogramm, Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG.

Bildquellennachweis: Abbildung1 sowie Fotos in den Abbildungen 2-5: ABF-BOKU

Impressum:

BOKU-Energiecluster, Universität für Bodenkultur Wien
 Koordination: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gernot Stöglehner
 Peter-Jordan Straße 82, A - 1190 Wien
energiecluster@boku.ac.at <https://boku.ac.at/boku-energiecluster>
 Stand: April 2021 ISSN 2791-4143 (Online)