

Deponiegaserfassung 2018–2022
bei österreichischen
MassenabfalldPONen

Grundlagenstudie für die Österreichische
Luftschadstoff-Inventur (Sektor Abfallwirtschaft)

DEPONIEGASERFASSUNG 2018–2022 BEI ÖSTERREICHISCHEN MASSENABFALLDEPONIEN

*Grundlagenstudie für die Österreichische
Luftschadstoff-Inventur (Sektor Abfallwirtschaft)*

Andreas Schaffernak

REPORT
REP-0878

WIEN 2023

Projektleitung Andreas Schaffernak

Autor Andreas Schaffernak

Lektorat Ira Mollay

Satz/Layout Elisabeth Stadler

Umschlagfoto © Andreas Schaffernak

Auftraggeber BMK, Abteilung V/3 – Philipp Neumüller

Publikationen Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <https://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2023

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-717-0

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|--|-----------|
| ZUSAMMENFASSUNG | 6 |
| SUMMARY | 10 |
| 1 EINLEITUNG | 13 |
| 2 METHODIK | 15 |
| 2.1 Untersuchungsrahmen | 15 |
| 2.2 Berechnungsmethoden | 16 |
| 3 ERFASSTE DEPONIEGAS- UND METHANMENGEN..... | 19 |
| 3.1 Zusammenhang zwischen Methanfracht und Behandlungsart | 19 |
| 3.2 Erfasste Deponiegasmengen von 2018 bis 2022..... | 20 |
| 3.3 Erfasste Methanfracht von 2018 bis 2022 | 22 |
| 3.4 Behandlung des Deponiegases von 2018 bis 2022 | 24 |
| 3.5 Entwicklung der erfassten Deponiegasmengen sowie der Methanfrachten von 1990 bis 2022..... | 31 |
| 3.6 Gegenüberstellung der erfassten Methanfrachten mit den emittierten, oxidierten und gebildeten Methanmengen von 2002 bis 2020 | 33 |
| 4 WIRKUNG VON TECHNISCHEN MASSNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER DEPONIEGASERFASSUNG..... | 37 |
| 4.1 Technische Maßnahmen zur Verbesserung der Deponiegaserfassung | 37 |
| 4.2 Fallbeispiele von technischen Maßnahmen mit Auswirkungen auf die erfassten Deponiegasmengen | 39 |
| 4.3 Fortführung der Fallbeispiele aus dem Vorgängerbericht..... | 42 |
| 4.4 Fazit zu den getroffenen Maßnahmen..... | 45 |
| 5 TEMPORÄRE ABDECKUNG UND MASSNAHMEN ZUR OPTIMIERUNG DES WASSERHAUSHALTES | 47 |
| 5.1 Temporäre Abdeckung | 47 |
| 5.2 Bewässerungsmaßnahmen..... | 48 |
| 5.3 Wirkung von temporären Abdeckungen und Bewässerungsmaßnahmen auf die Deponiegasbildung..... | 49 |
| 6 AEROBE IN-SITU-STABILISIERUNG | 51 |

| | | |
|-----------|------------------------------------|-----------|
| 7 | SCHLUSSFOLGERUNG | 52 |
| 8 | ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS | 54 |
| 9 | LITERATURVERZEICHNIS..... | 55 |
| 10 | ABBILDUNGSVERZEICHNIS..... | 56 |
| 11 | TABELLENVERZEICHNIS..... | 58 |

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund Bei der Ablagerung von Abfällen mit organischen Anteilen auf entsprechenden Deponien (Massenabfalldeponien) entsteht beim Abbau der organischen Substanz Deponiegas, welches u. a. treibhauswirksames Methan enthält. Seit 01.01.2004 (mit Ausnahmen bis Ende 2008) ist in Österreich die Ablagerung von unbehandelten, biologisch abbaubaren Abfällen verboten. Aufgrund des daraus resultierenden geringeren Organikanteils in den abgelagerten Abfällen kam es in den Folgejahren zu einer Abnahme in der Bildung von Deponiegas. Durch eine möglichst vollständige Erfassung und Behandlung von Deponiegas kann der Ausstoß von treibhauswirksamem Methan reduziert werden und damit ein Beitrag zur Minimierung der Treibhausgasemissionen im Sektor Abfallwirtschaft geleistet werden.

Untersuchungsrahmen In der vorliegenden Studie wurden die Erfassung und Behandlung von Deponiegas (inklusive der darin enthaltenen Methanfracht) über den Untersuchungszeitraum von 2018 bis 2022 betrachtet. In weiterer Folge wurde die zuvor von 1990 bis 2017 geführte Zeitreihe bis zum Jahr 2022 erweitert. Neben den erfassten sowie behandelten Deponiegasmengen wurden auch Informationen über die von den Deponiebetreibern durchgeführten technischen Maßnahmen zur Erhöhung der Deponiegaserfassung sowie über das Ausmaß temporärer Oberflächenabdeckungen, Bewässerungsmaßnahmen und Vorkehrungen zur Reduzierung von Restemissionen (aerobe in-situ-Stabilisierung) erhoben.

berücksichtigte Anlagen In dieser Studie wurden 48 Anlagen an 46 Standorten berücksichtigt. Davon haben die Betreiber von fünf Anlagen aufgrund technischer (z. B. Wartungsarbeiten) und standortbedingter (z. B. kein Deponiegas) Faktoren nicht teilgenommen. Der Untersuchungsrahmen umfasst sämtliche Massenabfalldeponien in Österreich, welche sich entweder noch in der Ablagerungsphase oder bereits in der Nachsorgephase befinden. Somit beziehen sich die Ergebnisse der mittels Fragebogen durchgeführten Erhebungen auf die Betreiberangaben von 43 aktiven oder ehemaligen Massenabfalldeponien. Die Rücklaufquote betrug demnach rund 90 %.

Entwicklung der erfassten Gasmengen Im Ausgangsjahr 1990 betrug die gesamte erfasste Deponiegasmenge ca. 11,2 Mio. m³. Im Jahr 2002 erreichte das Deponiegasvolumen einen Maximalwert von ca. 61,2 Mio. m³. In den folgenden Jahren sank die erfasste Deponiegasmenge kontinuierlich und erreichte im Jahr 2022 mit ca. 11,7 Mio. m³ ungefähr das Niveau des Jahres 1990. Somit zeigt sich gegenüber dem Höchstwert aus dem Jahr 2002 ein Rückgang um rund 81 % (siehe Abbildung 1).

Bei der erfassten Methanfracht war ein Anstieg von 3.276 t im Jahr 1990 auf 19.701 t im Jahr 2002 zu verzeichnen. In den folgenden Jahren ging die erfasste Methanmenge stetig zurück und lag im Jahr 2022 mit 3.147 t sogar leicht unterhalb des Niveaus vom Ausgangsjahr. Insgesamt ging die erfasste Methanfracht von 2002 bis 2022 um rund 84 % zurück, wodurch ein leicht stärkerer Rückgang als beim gesamt erfassten Deponiegas zu verzeichnen war (siehe Abbildung 1).

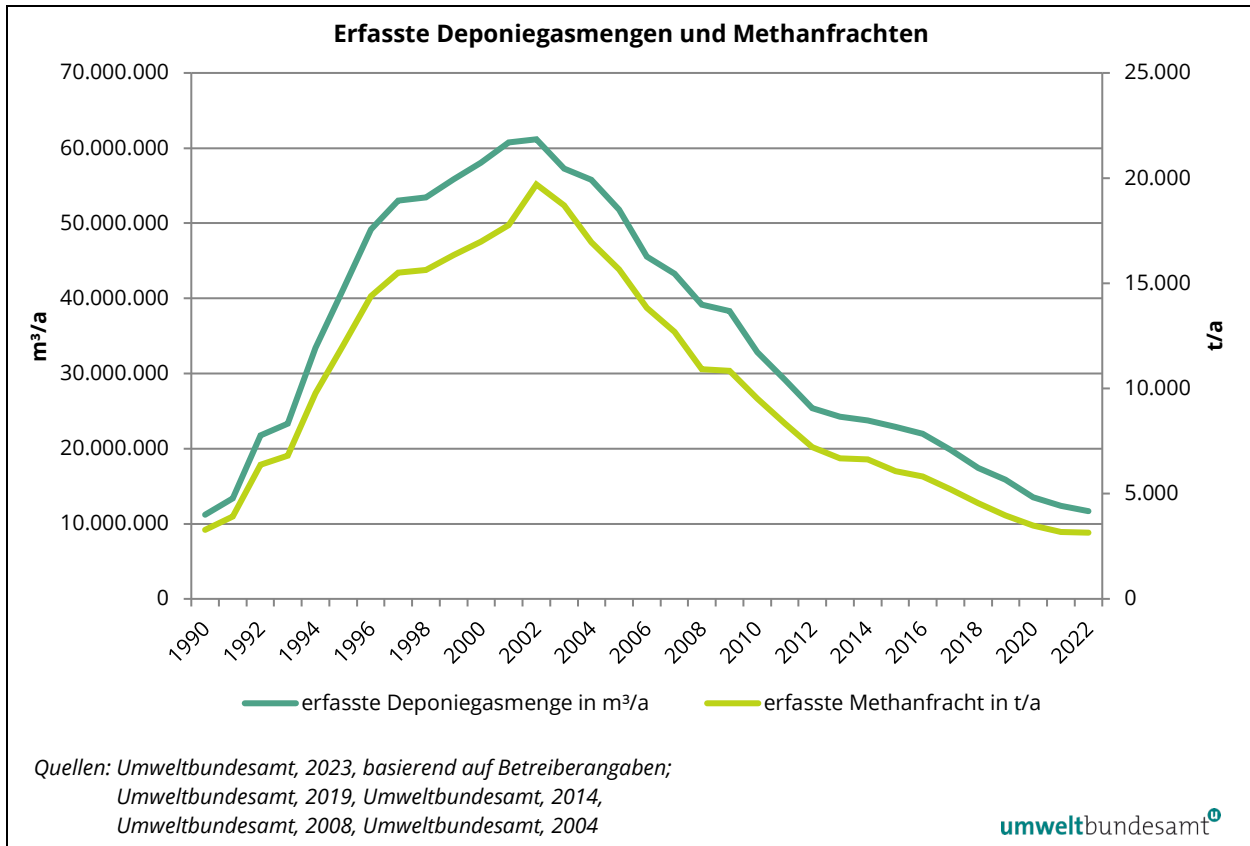
Im aktuellen Untersuchungszeitraum von 2018 bis 2022 sanken die erfassten Deponiegasmengen von ca. 17,4 auf ca. 11,7 Mio. m³. Das ist ein Rückgang um rund 33 %. Nahezu zwei Drittel (rund 65 %) dieser gesamt erfassten Deponiegasmengen waren im Jahr 2022 auf die fünf größten Deponien zurückzuführen. Auf die weiteren 43 Anlagen entfielen lediglich 35 % der im Jahr 2022 gesamt erfassten Deponiegasmengen.

Die im Deponiegas enthaltenen Methanfrachten nahmen zwischen 2018 und 2022 von 4.537 t auf 3.147 t ab. Das entspricht einer Abnahme um rund 31 %. Der durchschnittliche Methangehalt im Deponiegas hat im Untersuchungszeitraum von 2018 auf 2022 jedoch leicht zugenommen.

**Behandlung von
Deponiegas**

Von den gesamt erfassten Deponiegasmengen wurde sowohl im Jahr 2018 (rund 76 %) als auch im Jahr 2022 (rund 72 %) ein Großteil energetisch genutzt. Unter einer energetischen Nutzung wird entweder die reine Verstromung (2018: rund 20 %; 2022: rund 22 %), eine Kombination aus Verstromung und thermischer Nutzung (2018: rund 56 %; 2022: rund 50 %) oder eine rein thermische Verwertung (2018: 0,03 %; 2022: 0 %) verstanden. Die restlichen rund 24 % (2018) bzw. rund 28 % (2022) wurden mittels Hochtemperaturfackel (2018: rund 22 %; 2022: rund 27 %) oder im Einzelfall mittels Schwachgasfackel (2018: rund 2 %; 2022: rund 1 %) abgefackelt.

Deponiegas, welches einer energetischen Verwertung zugeführt wurde, enthielt einen Methangehalt von etwa 30 bis 50 %. Bei Deponiegas, welches über die Hochtemperaturfackel beseitigt wurde, betrug der Methangehalt in der Regel zwischen 20 und 50 %. Die große Bandbreite der Methangehalte für Anlagen mit einer Hochtemperaturfackel ist vor allem auf technische Faktoren, wie Wartungs- sowie Reparaturarbeiten, und die Nichterfüllung von Wirtschaftlichkeitsbedingungen (wenn z. B. der Mindestvolumenstrom für die energetische Verwertung nicht erreicht wird) zurückzuführen.

Abbildung 1: Erfasste Deponiegasmengen (in m³/a) und Methanfrachten (in t/a) von 1990 bis 2022.

Bildung und Verbleib von Methan 2002–2021

Die im Deponiekörper gebildeten Methanmengen werden vom jeweiligen Betreiber entweder erfasst und einer entsprechenden Behandlung zugeführt, oxidieren zu Kohlenstoffdioxid und Wasser oder entweichen als Treibhausgas in die Atmosphäre. Die rechnerisch ermittelte gebildete Gesamtmethanmenge sank von 132.985 t im Jahr 2002 auf 38.018 t im Jahr 2021 um rund 71 % ab.¹ Ein vergleichbarer Rückgang ist bei den erfassten Methangasmengen (rund -84 %) sowie den oxidierten und den emittierten Methangasmengen (jeweils rund -69 %) festzustellen. Die große Diskrepanz zwischen gebildeter und erfasster Methanmenge ist vor allem auf die unvollständige Erfassung zurückzuführen, wobei eine vollständige Erfassung technisch nicht umsetzbar ist. Technische Limitationen, wie ein verzögerter Erfassungsbeginn, Undichtheiten im System, Verlegungen der Sammelleitungen, Mitansaugen von Außenluft und schwer erreichbare Deponiesegmente wirken einer vollständigen Erfassung des gebildeten Deponiegases entgegen.

Maßnahmen zur Steigerung der Erfassung

Rund die Hälfte der Anlagenbetreiber haben Angaben über technische Maßnahmen zur Erhöhung der erfassten Deponiegasmengen gemacht. Wie sich anhand der Fallbeispiele gezeigt hat, haben Vorkehrungen wie die Sanierung oder Erneuerung von Sammelleitungen, die Reparatur eines Drehantriebs oder die Renovierung einer Gassammelstation kurzfristig zu einer Erhöhung der erfassten

¹ Letztverfügbare Daten nach der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur (OLI) (Umweltbundesamt, 2023).

Deponiegasmengen geführt. In mehreren Fällen befand sich das erfasste Deponiegas nach nur zwei bis drei Jahren wieder ungefähr auf dem Niveau des Zeitpunktes bevor die jeweiligen Maßnahmen gesetzt wurden. Diesbezüglich ist jedoch zu berücksichtigen, dass auch andere Faktoren, wie die Abfallart, der Wassergehalt in den Deponieabschnitten, der Einsatz von Bewässerungsmaßnahmen, die jährliche Niederschlagsmenge wie auch die Art der Oberflächenabdeckung Einfluss auf die Deponiegasbildung haben können. Um das Deponiegaserfassungspotenzial möglichst vollständig nutzen zu können, haben 18 Betreiber eine temporäre Oberflächenabdeckung zur Erhöhung des Deponiegaserfassungsgrades errichtet. Elf Betreiber führten im aktuellen Untersuchungszeitraum (2018–2022) Bewässerungsmaßnahmen zur Beschleunigung der biologischen Abbauprozesse durch.

aerobe in-situ-Stabilisierung

Geht die Deponiegasproduktion so weit zurück, dass eine Verwertung oder Beseitigung nicht mehr möglich ist, sind für eine beschleunigte Reduzierung der Restemissionen Maßnahmen zur aeroben in-situ-Stabilisierung zu setzen. Im aktuellen Untersuchungszeitraum führte jedoch nur ein Betreiber Versuche zur Beseitigung von Restemissionen durch. Diesbezüglich kamen Methanoxidationsfenster zum Einsatz, um das im Deponiekörper gebildete Methan unter Vorhandensein von Sauerstoff in biogenes Kohlenstoffdioxid und Wasser umzuwandeln.

SUMMARY

background When waste with organic content is disposed in landfills (mass waste landfills), landfill gas is produced during the decomposition of the organic substance. The landfill gas contains the greenhouse gas methane. Since 01.01.2004 (with exceptions until the end of 2008) there has been a landfill ban on untreated biodegradable waste in Austria. Pre-treatment prior to landfill results in a lower organic content in the deposited waste, which led to a decrease in the formation of landfill gas in the following years. By capturing and treating landfill gas, emissions of methane can be reduced and thus contribute to minimizing greenhouse gas emissions in the waste management sector.

scope of the study This study investigates the collection and treatment of landfill gas (including the methane fraction) from 2018 to 2022. As a result, the existing time series from 1990 to 2017 could be extended to 2022. In addition to the quantities of landfill gas collected and treated, information was also collected on the technical measures landfill operators have taken to increase landfill gas collection, and whether temporary surface coverage has been installed and irrigation measures as well as measures to reduce residual emissions (aerobic in-situ stabilization) have been implemented.

landfills taken into account This study originally considered 48 landfills at 46 sites. These facilities include all active or former mass waste landfills in Austria. Operators of five landfills did not participate due to technical limitations (e.g. maintenance) and site-related factors (e.g. no landfill gas). The results of the questionnaires refer to the data of 43 active or former mass waste landfills at a response rate of around 90 %.

development of the collected landfill gas volumes In the base year 1990, the total volume of landfill gas collected was approximately 11.2 million m³. In 2002, the landfill gas volume reached a maximum amount of 61.2 million m³. In the following years, the volume of captured landfill gas decreased continuously and reached approximately the level of the base year with 11.7 million m³ in 2002. Compared to the maximum in the year 2002, the landfill gas volume decreased by 81 % (see Figure 1).

The amount of methane captured increased from 3,276 t in 1990 to 19,701 t in 2002. In the following years, the amount of methane recorded had fallen steadily and, with 3,147 t in 2022, was even slightly below the level of the base year. Overall, the captured amount of methane decreased by around 84 % from 2002 to 2022, which represented a slightly stronger decline than for landfill gas as a whole (see Figure 1).

In the current study period from 2018 to 2022, the volumes of landfill gas captured decreased from approximately 17.44 to around 11.68 million m³. This corresponds to a decrease of 33 %. Nearly two-thirds (65 %) of these landfill gas volumes were generated at the five largest landfills in 2022. The other 43 facilities accounted for only 35 % of the total landfill gas volumes recorded in 2022.

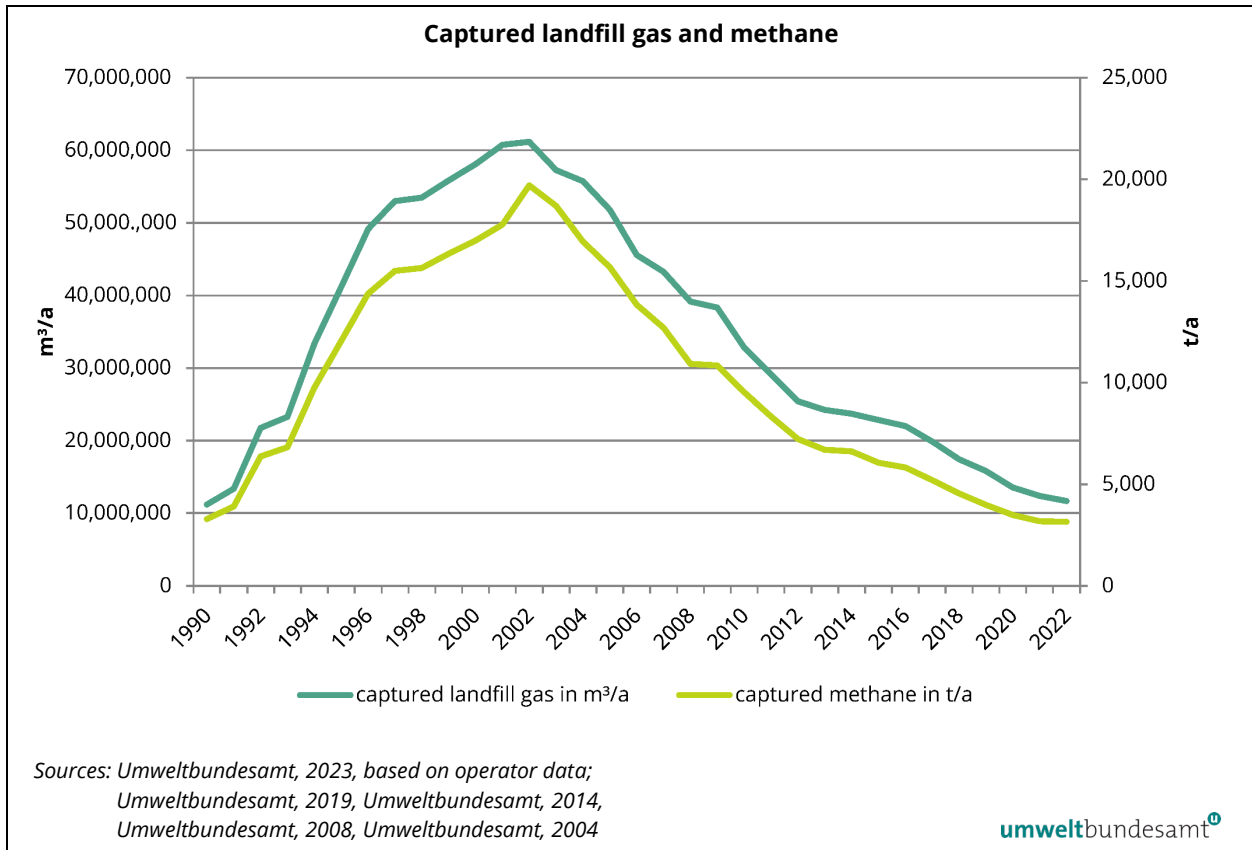
The amount of methane contained in landfill gas decreased from 4,537 tons to 3,147 tons between 2018 and 2022. Nevertheless, a slight increase in the average methane content in landfill gas was observed for the period of 2018–2022.

treatment of landfill gas

A large portion of the collected landfill gas was used for energy purposes in both 2018 (approx. 76 %) and 2022 (approx. 72 %). In this context, energy utilization implies either sole conversion to electricity (2018: approx. 20 %; 2022: approx. 22 %), a combination of conversion to electricity and thermal utilization (2018: approx. 56 %; 2022: approx. 50 %), or sole thermal utilization (2018: 0.03 %; 2022: 0 %). The remaining 24 % (2018) respectively 28 % (2022) were burned in a high-temperature flare (2018: approx. 22 %; 2022: approx. 27 %) or, as in one case, a low-temperature flare (2018: approx. 2 %; 2022: approx. 1 %).

Landfill gas used mainly for energy recovery has a methane content between 30 and 50 %. Landfill gas that was disposed of in a high-temperature flare has a methane content between 20 and 50 %. This wide variation of methane contents for landfill gas burned in a high-temperature flare is primarily due to technical factors, such as maintenance, repair works and the non-fulfillment of conditions for economic viability (e.g. minimum volume flow for energy recovery).

Figure 1: Captured landfill gas (in m³/a) and methane (in t/a) from 1990 to 2022.



generation and disposal of methane 2002–2021

Methane formed in the landfill body is either collected for treatment, or oxidizes to carbon dioxide and water, or is released into the atmosphere as a greenhouse gas. The calculated total amount of generated methane decreased by about 71 % from 132,985 t in 2002 to 38,018 t in 2021.² A similar decline can be

² Last available data according to the Austrian Air Pollution Inventory (OLI) (Umweltbundesamt, 2023).

observed in the quantities of methane gas captured (approx. -84 %) and in the quantities of methane gas oxidized and emitted (approx. -69 % each). The gap between the calculated amount of total generated methane and the quantities of captured methane is mainly due to the incomplete collection of landfill gas. In practice, a complete capture of the landfill gas formed is not possible due to technical limitations, such as a delayed start of collection, leaks in the system, relocation of the collection lines, suction of outside air and hard-to-reach landfill segments.

effect of technical measures

Around half of the facility operators provided information on technical measures to increase the volumes of landfill gas collected. As shown by the case studies, measures such as the renovation or the replacement of collection pipes, the repair of a rotary drive or the renovation of a gas collection station led to a short-term increase in the collected landfill gas volumes. In several cases, after only two to three years, the amount of landfill gas captured was back to approximately the level before the respective measures were put in place. However, other factors such as the type of waste, the water content in the landfill sections, the use of irrigation measures, the annual amount of precipitation and the type of surface cover might also have an effect on the generation of landfill gas. In the current observation period (2018–2022), 18 landfill operators constructed temporary capping systems for improving the efficiency of the landfill gas capture, and eleven operators executed irrigation measures to accelerate the biodegradation processes.

aerobic in-situ stabilization

If the formation of landfill gas decreases to the point where recovery or disposal is no longer possible, in-situ aerobic stabilization measures help accelerate the reduction of the remaining emissions from the landfill body. However, during the current observation period, only one operator conducted experiments to reduce these residual emissions. In this regard, methane oxidation windows were constructed to convert the methane formed in the landfill body with oxygen into carbon dioxide and water.

1 EINLEITUNG

Anteil an nationalen THG-Emissionen

Gemäß dem aktuellen Luftschadstoff-Inventurbericht (OLI) wurden im Jahr 2021 rund 1,6 % der nationalen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) im Abfallwirtschaftssektor verursacht. Vom Abfallwirtschaftssektor waren rund 73 % der Treibhausgase auf Deponien zurückzuführen. An den gesamten nationalen Treibhausgasemissionen hatten Deponien somit einen Beitrag von rund 1,1 % (Umweltbundesamt, 2023).

Bedeutung von Methan

Das in den Deponien gebildete Treibhausgas bzw. Deponiegas entsteht durch den Abbau abgelagerter organischer Substanzen. Das im Deponiegas enthaltene Methan (CH₄) macht einen Großteil (rund 73 %) der im Abfallwirtschaftssektor verursachten Treibhausgasemissionen (1.211 kt CO₂e) aus (Umweltbundesamt, 2023). Berücksichtigt man einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren, so entspricht die Emission von einer Tonne Methan der Treibhauswirksamkeit von 28 Tonnen Kohlenstoffdioxid (GWP₁₀₀=28). Werden die Methanmengen erfasst und einer entsprechenden Behandlung zugeführt (z. B. durch energetische Verwertung oder Abfackelung), wird das Methan in Kohlenstoffdioxid umgewandelt. Dieses Kohlenstoffdioxid kann unter einer neutralen Treibhausbilanz geführt werden, da der enthaltene Kohlenstoff biogenen Ursprungs ist (Umweltbundesamt, 2019). Es werden also nur jene Kohlenstoffdioxidmengen freigesetzt, die zuvor durch Pflanzen aufgenommen wurden. Für die Bildung von Methangas sind Massenabfalldeponien die einzige relevante Deponieklasse, da nur hier Abfälle mit entsprechend hohen organischen Anteilen abgelagert werden.

Deponierungsverbot

Durch das Ablagerungsverbot von unbehandelten biologisch abbaubaren Abfällen ab dem Jahr 2004 (teilweise gab es Ausnahmen bis 2008) gingen die gebildeten und damit auch die erfassten Deponiegasmengen zurück. Auf den Massenabfalldeponien landen somit in erster Linie Sortierreste und stabilisiertes Material aus der mechanischen, biologischen und mechanisch-biologischen Abfallbehandlung.

Behandlung von Deponiegas

Die Erfassung und Behandlung ermöglicht nicht nur die energetische Nutzung von Deponiegas, sondern führt auch zu einer Reduzierung der am Deponiestandort entstehenden Treibhausgasemissionen. Daher ist es Ziel des Berichtes, neben der reinen Erfassung auch die Behandlungswege im Zeitraum von 2018 bis 2022 darzustellen.

Maßnahmen zur Steigerung der Deponiegaserfassung

Bei Vorliegen von ungeeigneten Abbaubedingungen im Deponiekörper (z. B. bei geringen Wassergehalten) kann sich der Abbau verlangsamen. Dadurch kann es zu verzögerten Emissionen über lange Zeiträume kommen. Um eine Steuerung des Wasserhaushaltes zu ermöglichen und damit den Deponiegaserfassungsgrad steigern zu können, ist bei Deponien bzw. Kompartimenten mit hohen biologischen Anteilen nach der Ablagerungsphase eine temporäre Abdeckung für die Dauer von maximal 20 Jahren zu errichten³. Eine weitere Möglichkeit den

³ Entsprechend § 29 (2) der Deponieverordnung 2008.

Wasserhaushalt zu regulieren und damit die biologischen Abbauprozesse zu intensivieren sind Bewässerungsmaßnahmen (BGBl. II Nr. 39/2008, 2008).

In diesem Zusammenhang wird im Bericht dargestellt, in welchem Ausmaß sich auf den Massenabfalldeponien temporäre Oberflächenabdeckungen befinden und ob Bewässerungsmaßnahmen zur Intensivierung der biologischen Abbauprozesse stattgefunden haben. Ergänzend dazu werden weitere Maßnahmen zur Steigerung der Deponiegaserfassung (z. B. Reparatur- und Wartungsarbeiten) sowie zur Reduzierung der Restemissionen im Deponiekörper (in Form der aeroben in-situ-Stabilisierung) aufgezeigt.

Zweck der Erhebung Mithilfe der Erhebung der erfassten Deponiegasmengen im Zeitraum von 2018 bis 2022 wird ein Überblick zum Umgang mit Deponiegas in Österreich gegeben. Mit der Behandlung des erfassten Deponiegases wird ein wesentlicher Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen in der Abfallwirtschaft erbracht. Die Ergebnisse der Studie stellen eine wichtige Grundlage für die Luftschadstoff-Inventur (OLI) des Umweltbundesamtes dar.

2 METHODIK

2.1 Untersuchungsrahmen

berücksichtigte Deponien

Die aktuelle Deponiegaserfassung baut auf der entsprechenden Erhebung aus dem Vorgängerbericht auf, welcher im Jahr 2019 veröffentlicht wurde (Umweltbundesamt, 2019). Es wurden alle Betreiber von Massenabfalldeponien befragt, die auch schon damals in der Erhebung berücksichtigt wurden. Zusätzlich wurden alle aktuellen Standorte aus dem Elektronischen Datenmanagement (EDM) sowie dem Zentralen Anlagenregister (ZAReg) den Standorten aus dem Vorgängerbericht gegenübergestellt. Dadurch sollten neue oder bisher nicht berücksichtigte Massenabfalldeponien identifiziert und der bereits bestehenden Standortliste hinzugefügt werden.

Es wurden generell nur Massenabfalldeponien berücksichtigt, da es sich diesbezüglich um die einzige Deponieklasse handelt, auf denen Abfälle mit entsprechend hohen organischen Anteilen abgelagert werden, um für die Bildung von Deponiegas eine Rolle zu spielen (Umweltbundesamt, 2023). Da nicht nur aktive Standorte mit noch stattfindenden Ablagerungstätigkeiten Deponiegas erzeugen, wurden auch Standorte in die Untersuchung aufgenommen, die zu einem früheren Zeitpunkt Massenabfallkompartimente führten, diese aber schon in die Nachsorgephase entlassen haben.

Relevanz von Methan

Wie schon in der Vorgängerstudie (Umweltbundesamt, 2019) war von den einzelnen Treibhausgasen lediglich Methan (CH₄) von Interesse. Neben der hohen Treibhauswirksamkeit (GWP₁₀₀=28) stellt das in Deponien gebildete und an die Umwelt abgegebene Methan einen Großteil (ca. 73 %) der im Abfallwirtschaftssektor verursachten Treibhausgasemissionen (ca. 1.211 kt CO₂e) dar (Umweltbundesamt, 2023). Abgesehen davon stellt der Methangehalt ein wichtiges Kriterium für die Verwertbarkeit von Deponiegas dar.

Umgang mit Ausnahmefällen

Es wurden auch Standorte kontaktiert, die bereits in der vorhergehenden Erhebung angaben, kein Gas mehr zu erfassen. Diese Vorgehensweise lässt sich damit begründen, dass neben der Gaserfassung auch Erfahrungen mit Oberflächenabdeckungen, Bewässerungen und Maßnahmen zur Reduzierung von Respirationen (aerobe in-Situ-Stabilisierung) abgefragt wurden.

Von der direkten Erhebung ausgenommen waren jene Anlagen, die bereits vor 2005 stillgelegt wurden und bis zum Berichtsjahr 2007 nur geringe Gaserfassungsmengen ausgewiesen hatten (jeweils weniger als 0,3 % der insgesamt erfassten Gasmengen). Dies betraf sieben Anlagen aus dem Bericht vom Jahr 2008 und fünf weitere Anlagen aus dem Bericht vom Jahr 2014 (Umweltbundesamt, 2008, Umweltbundesamt, 2014). Die Emissionsentwicklung dieser Anlagen wurde im Hinblick auf die Darstellung der insgesamt in Österreich erfassten Gasmengen, mit Ausnahme einer Anlage, fortgeschrieben. Die betreffende Anlage wurde aufgrund ihrer hohen Gaserfassungsmengen (>0,3 % am gesamt erfassten Deponiegas) wieder in die Liste der zu erhebenden Deponiestandorte aufgenommen.

Erhebungsausmaß und Rücklaufquote

In dieser Studie wurden ursprünglich 48 Anlagen berücksichtigt. Davon haben die Betreiber von fünf Anlagen aufgrund technischer (Wartungsarbeiten, keine Messungen) und standortbedingter (kein Deponiegas) Faktoren nicht teilgenommen. Somit bezieht sich die aktuelle Erhebung auf die Betreiberangaben von 43 aktiven oder stillgelegten Massenabfalldeponien in der Nachsorgephase.

Die Daten wurden mittels Fragebogen und E-Mail-Austausch mit den Betreibern erhoben. Um die Rücklaufquote zu erhöhen, wurden Deponiebetreiber nach dem Ablauf der Rückmeldefrist auch telefonisch kontaktiert.

Insgesamt liegen Informationen von 43 Deponieanlagen vor. Dies entspricht einer Rücklaufquote von rund 90 %. Gegenüber dem Vorgängerbericht (Umweltbundesamt, 2019) konnte die Rücklaufquote (ca. 79 %) noch einmal erhöht werden. Je nach Fragebogen liegen die Angaben in unterschiedlicher Detailtiefe vor. Im Hinblick auf die im Bericht erhobenen Gasmengen und die Größe der Anlagen im Untersuchungsrahmen ist davon auszugehen, dass die Informationen in den Fragebögen der aktuellen Erhebung mindestens 95 % der insgesamt in Österreich erfassten Deponiegasmengen abdecken.

2.2 Berechnungsmethoden

Auswertung der Betreiberangaben

Die mittels Fragebogen eingeholten Daten wurden in einem Excel-Dokument zusammengefasst und ausgewertet. Das Dokument enthält neben reiner quantitativen Daten (Deponiegasvolumen, Methankonzentrationen, Behandlungsmengen) auch qualitative Informationen (Behandlungsart, temporäre Oberflächenabdeckung, Maßnahmen zur Optimierung der Deponiegaserfassung, in-situ-Stabilisierung).

Sämtliche Betreiberangaben wurden in entsprechenden Tabellen, welche sich vom Aufbau her an den Fragebögen orientieren, zusammengefasst. Diagramme wurden dazu genutzt, um die Entwicklungen der insgesamt erfassten Deponiegas- und Methanmengen sowie die Behandlungsmengen (Abfackelung, energetische Nutzung) über gewisse Zeiträume hinweg darzustellen (u. a. 2018–2022, 1990–2022). Derartige Grafiken wurden auch dazu genutzt, um die Methankonzentrationen einzelner (anonymer) Deponieanlagen gegenüberzustellen. Außerdem wurden einzelne Fallbeispiele ausgewertet, um mögliche Auswirkungen der durch die Anlagenbetreiber gesetzten Maßnahmen zur Erhöhung der Deponiegaserfassung auf die Entwicklung der erfassten Deponiegasmengen im Zeitraum 2018–2022 interpretieren zu können.

Umgang mit unvollständigen Daten

Bei unvollständigen Datensätzen oder fehlenden Angaben zu den erfassten Deponiegasmengen wurde, sofern auch eine telefonische Nachrecherche keine Ergebnisse oder zusätzlich Daten lieferte, wie folgt vorgegangen:

- **Fehlende Deponiegasmengen:** Wenn eine Anlage keine Daten zur erfassten Deponiegasmenge zurückmeldet hat, wurde der Wert aus dem Jahr 2017 mit dem Trend aller Anlagen, die Daten zur Verfügung stellten, fortgeschrieben (= Veränderung der erfassten Gasmengen gegenüber dem Jahr 2017 in Prozent). Für Anlagen, von denen für einzelne Jahre (z. B. für das Jahr 2018) keine Daten vorhanden waren, wurden die Mengen für die betroffenen Jahre anhand einer Interpolation zwischen dem zuletzt bekannten Wert (z. B. aus dem Jahr 2017) und den nächsten bekannten Wert (z. B. aus dem Jahr 2019) errechnet.
- **Fehlende Methankonzentrationen:** Wenn eine Anlage keine Daten zur Methankonzentration im erfassten Deponiegas zurückmeldet hat, wurde das nach Volumen gewichtete Mittel der Methankonzentrationen⁴ aller Anlagen, die Daten zur Verfügung stellten, übernommen. Für Anlagen, von denen für einzelne Jahre (z. B. für das Jahr 2018) keine Methankonzentrationen vorhanden waren, wurde der Methangehalt anhand des Mittelwertes der vorhandenen Datensätze (z. B. aus den Jahren 2019–2022) errechnet.
- **Behandlungswege:** Bei fehlenden Angaben über die Behandlung des Deponiegases wurde die letzte verfügbare Behandlungsart der bisherigen durch das Umweltbundesamt durchgeführten Erhebungen herangezogen. Sofern nicht anders beschrieben (z. B. keine Deponiegaserfassung und daher keine Behandlung) wurden für Anlagen, die keine Daten zur Behandlung zur Verfügung stellten, die gleichen Behandlungswege wie zuletzt im Jahr 2017 angenommen.
- **Bisherige Fortschreibungen:** Wurden bei Anlagen die erfassten Deponiegasmengen oder die Methankonzentrationen im Deponiegas bereits in früheren Berichten fortgeschrieben, so wurden auch diese Anlagen, wie bereits im direkten Vorgängerbericht (Umweltbundesamt, 2019), mit den oben genannten Methoden fortgeschrieben. Im Bericht des Jahres 2008 (Umweltbundesamt, 2008) wurden beispielsweise sieben Anlagen und im Bericht aus dem Jahr 2014 (Umweltbundesamt, 2014) wurden fünf Anlagen fortgeschrieben. Die Ausnahme bildete diesbezüglich eine einzelne Anlage, welche aufgrund ihrer hohen Gaserfassungsmengen (>0,3 % vom gesamt erfassten Deponiegas) wieder in die Liste der zu erhebenden Deponiestandorte aufgenommen wurde.

⁴ Gewichtetes Mittel: Summe der Produkte aus erfassten Gasmengen und Methankonzentration der einzelnen Anlagen, geteilt durch die Gesamtsumme des erfassten Deponiegases.

Berechnung der Methanfrachten

Zur Berechnung der Methanfrachten wurden die unterschiedlichen Maßeinheiten der erfassten Gasmengen berücksichtigt:

- **DIN 1343:** Druck bei 1,01325 bar, Luftfeuchtigkeit bei 0 % (trockenes Gas), Temperatur bei 0 °C, Methandichte bei 0,72 kg/Normkubikmeter (Nm³).
 - **ISO 2533:** Druck bei 1,01325 bar, Luftfeuchtigkeit bei 0 % (trockenes Gas), Temperatur bei 15 °C, Methandichte bei 0,69 kg/Nm³.
- Betriebs-m³:** Temperatur bei 30 °C (Annahme), Methandichte bei 0,65 kg/Nm³.

Sofern keine Angaben über die gewählte Maßeinheit vorhanden waren, wurde von Betriebskubikmetern ausgegangen. In dem Fall wurde zur Errechnung der Methanfrachten eine Methandichte von 0,65 kg/Nm³ herangezogen. Die erfasste Methanmenge wurde konservativ abgeschätzt, da bei gleichem Volumenanteil im erfassten Gas bei Angabe von Betriebskubikmetern rund 10 % weniger Methan enthalten ist als bei der Bestimmung nach DIN 1343.

3 ERFASSTE DEPONIEGAS- UND METHANMENGEN

Beginn und Zweck der Deponiegaserfassung

Die Deponiegaserfassung ist in Österreich bis zum Beginn der 1990er-Jahre rückverfolgbar. Die Errichtung von Gaserfassungssystemen wurde ursprünglich durch das Altlastensanierungsgesetz (höhere Altlastenbeiträge für Deponien ohne Gaserfassung) und in weiterer Folge vor allem durch die Deponieverordnung 1996 angetrieben. Innerhalb von zehn Jahren hatten fast alle Deponien, auf denen Restmüll oder andere Abfälle mit hohem organischen Anteil abgelagert wurden, eine Gaserfassung mit entsprechenden Behandlungseinrichtungen für das erfasste Deponiegas installiert (Umweltbundesamt, 2019).

Durch die Erfassung kann das Deponiegas einer geeigneten Verwertung zugeführt werden. Das ermöglicht nicht nur die energetische Nutzung von Deponiegas, sondern führt auch zu einer Reduktion der am Deponiestandort entstehenden Treibhausgasemissionen.

Bei der Erfassung wird insbesondere bei Rückgang des gebildeten Deponiegases in relevanten Mengen Außenluft angesaugt. Die angegebenen erfassten Gasmengen (Deponiegas) sind somit die Summe aus Deponiegas (Gas aus biogenen Abbauprozessen) und angesaugter Außenluft. Dementsprechend sinkt mit dem Rückgang des gebildeten Deponiegases der darin enthaltene Methananteil (Umweltbundesamt, 2008). Im Rahmen dieser Studie sind letztlich die behandelten Methanfrachten von Interesse.

3.1 Zusammenhang zwischen Methanfracht und Behandlungsart

Kriterien für die Behandlung

Für die Festlegung des geeigneten Behandlungsweges stellt der Methangehalt ein wichtiges Kriterium dar. In der Regel kann Deponiegas ab einem Methangehalt von 34 % einer energetischen Verwertung zugeführt werden. Liegt der Methangehalt im erfassten Deponiegas zwischen 25 % und 34 %, so wird zur Beseitigung des Gases eine Hochtemperaturfackel (HTF) benötigt. Für darunterliegende Methangehalte können Fackeln nur mithilfe einer Stützfeuerung (i.d.R. Erdgas) eingesetzt werden. Für die Behandlung von Schwachgas (Methangehalt <25 % existieren Methoden wie Methanoxidationsfenster (Biofilter), die regenerative thermische Oxidation (RTO), die Schwachgasfackel oder eine Anreicherung von Methan im Deponiegas zur Erhöhung der Verwertbarkeit (Umweltbundesamt, 2008).

3.2 Erfasste Deponiegasmengen von 2018 bis 2022

- Rücklaufquote** In dieser Studie wurden Betreiber von insgesamt 48 Deponieanlagen befragt. Die ausgefüllten Fragbögen liefern Ergebnisse von 43 Anlagen. Das entspricht einer Rücklaufquote von rund 90 %. Die Zahlen für die Deponiegasmengen der übrigen fünf Anlagen, welche nicht direkt an der Befragung teilgenommen haben, wurden anhand des Trends der von den restlichen Anlagenbetreibern zur Verfügung gestellten Daten fortgeschrieben (siehe Kapitel 2.2).
- Art der Erfassung** Über die Art der Deponiegaserfassung liegen Angaben von 38 Anlagen vor. Die Erfassung von 22 dieser Anlagen (rund 58 %) erfolgte kontinuierlich, während die restlichen 16 Anlagen (rund 42 %) ihr Deponiegas diskontinuierlich erfassen. Damit ist der Anteil der Anlagen mit kontinuierlicher Erfassung gegenüber dem Jahr 2017 merklich abgesunken (von 72 % auf 58 %), während der Anteil an Anlagen mit diskontinuierlicher Erfassung deutlich angestiegen ist (von 28 % auf 42 %).
- Absaugintervalle** Bei diskontinuierlichen Betrieb fielen die Absaugintervalle unterschiedlich aus, da sich diese vor allem am Methangehalt oder am Volumen des Gases orientierten. Betreiberangaben reichten von Intervallen von mehreren Stunden pro Tag über einmal monatlich bis zu einmal jährlich. Manche Betreiber orientierten sich bezüglich ihrer Absaugintervalle nicht an bestimmten Zeiträumen, sondern beispielweise am Methangehalt, an der benötigten Gasmenge zur Abfackelung oder am Bedarf des Abnehmers.
- Rückgang der erfassten Menge** Die erfassten Deponiegasmengen betragen im Jahr 2018 ca. 17,44 Mio. m³. Bis zum Jahr 2022 sank die Gesamtmenge um rund 33 % auf ca. 11,68 Mio. m³ (siehe Tabelle 1). Vergleicht man die Entwicklung der erfassten Deponiegasmengen des aktuellen Betrachtungszeitraums (2018–2022) mit der Entwicklung der erfassten Gasmengen aus dem Zeitraum des Vorgängerberichts (2013–2017) (Umweltbundesamt, 2019), so kommt man zum Schluss, dass in der aktuellen Periode die erfassten Gasmengen stärker gesunken sind (2013–2017: -18 %, 2018–2022: -33 %).
- Bei elf Anlagen war die erfasste Gasmenge im Jahr 2018 höher als noch im Jahr 2017. Bei einer Anlage, die in den Jahren 2016 und 2017 aufgrund von Sanierungsarbeiten kein Deponiegas erfasst hat, wurde in den Folgejahren die Gaserfassung sowie -behandlung wieder aufgenommen. Trotz dieser Ausnahmen sind die gesamt erfassten Deponiegasmengen von ca. 19,88 Mio. m³ im Jahr 2017 auf ca. 17,44 Mio. m³ im Jahr 2018 gesunken.

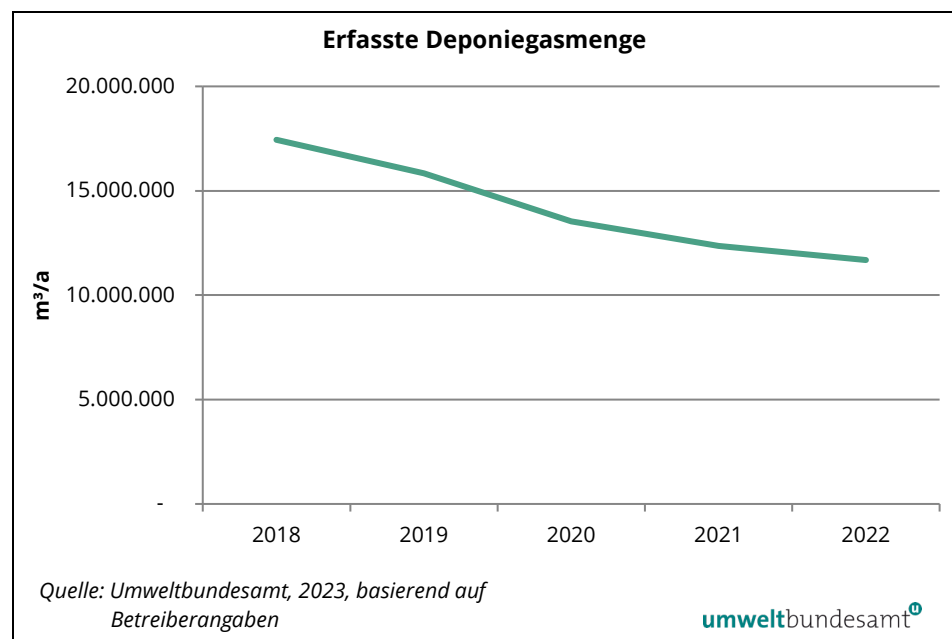
Tabelle 1: Erfasste Deponiegasmengen 2018–2022 (in m³/a).

| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| m³/a | 17.441.247 | 15.842.881 | 13.540.909 | 12.370.312 | 11.682.591 |

Quelle: Umweltbundesamt, 2023, basierend auf Betreiberangaben

Zwischen den Jahren 2019 und 2020 fiel die Abnahme der erfassten Deponiegasmengen (-14,5 %) am intensivsten aus. Erklären lässt sich das vor allem anhand der stärkeren Deponiegasrückgänge bei einzelnen großen Deponien. In den darauffolgenden Jahren sanken die erfassten Deponiegasmengen wieder weniger stark (siehe Abbildung 2).

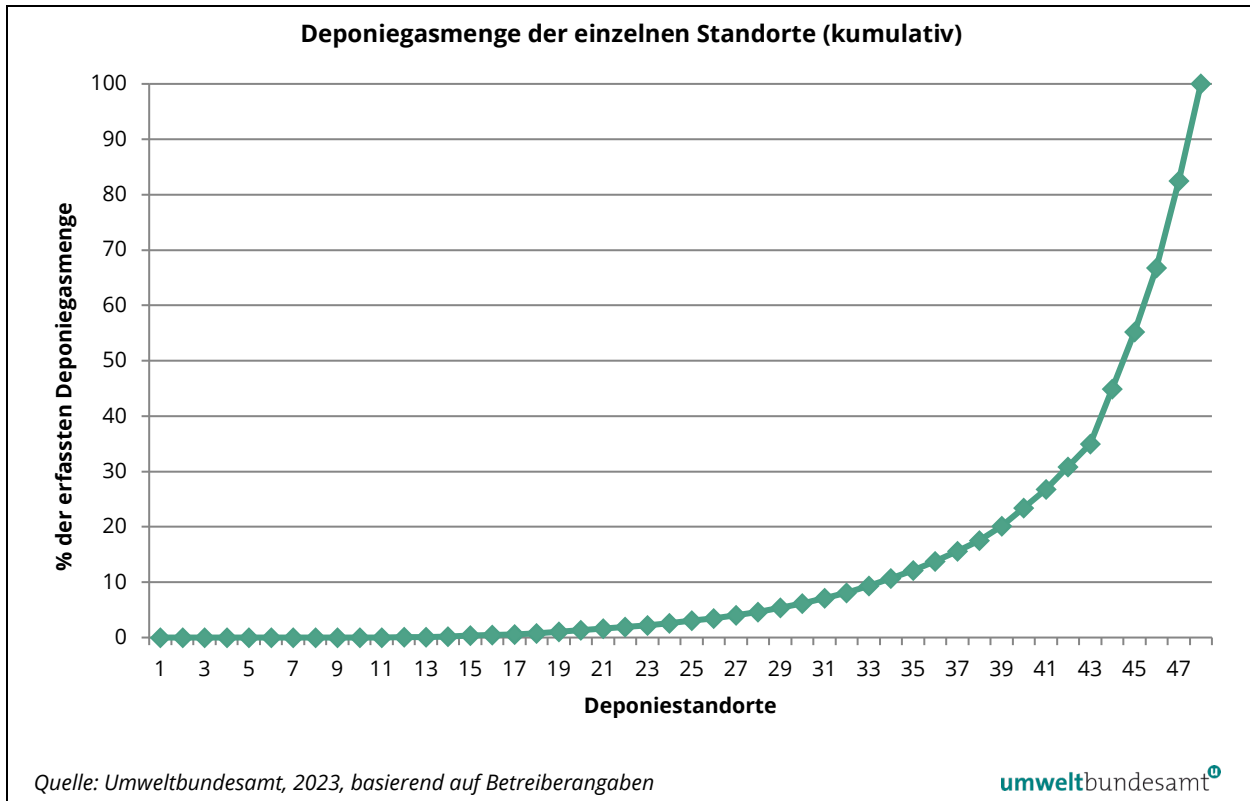
Abbildung 2:
Erfasste Deponiegasmengen in den Jahren 2018 bis 2022 (in m³/a).



Mengenaufteilung zwischen den Anlagen

Im Jahr 2022 umfassten fünf große Deponien nahezu zwei Drittel (rund 65 %) der gesamt erfassten Deponiegasmengen, während die restlichen 43 Anlagen lediglich etwas mehr als ein Drittel (rund 35 %) der Gesamtvolumina erfassten. Etwa nur 5 % der gesamt erfassten Deponiegasmengen wurden von 29 Anlagen, also von rund 60 % der Anlagen, abgedeckt (siehe Abbildung 3). Diese Beispiele zeigen, dass im Jahr 2022 ein Großteil der in Österreich erfassten Deponiegasmengen aus nur wenigen großen Deponien stammten.

Abbildung 3: Summenkurve der erfassten Deponiegasmengen einzelner Standorte 2022 (nach Größe geordnet in %).



3.3 Erfasste Methanfracht von 2018 bis 2022

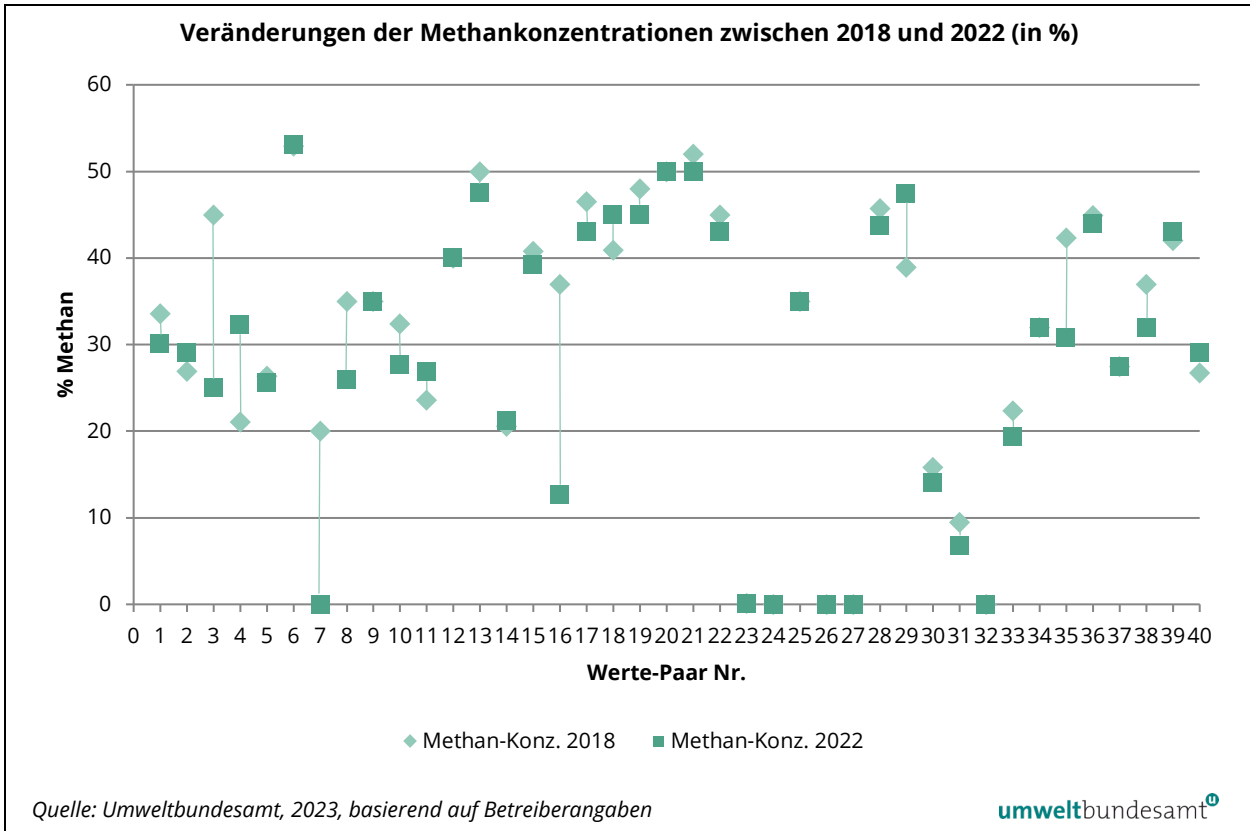
unterschiedliche Methangehalte

Ähnlich wie die Deponiegasmengen fielen auch die Methankonzentrationen von Anlage zu Anlage unterschiedlich aus. Im Jahr 2022 betrug die mittlere Methankonzentration (gewichteter Quotient aus gesamter Methanfracht und gesamt erfassten Deponiegasmengen) rund 40,8 %. Generell stieg die mittlere Methankonzentration über den Untersuchungszeitraum (2018–2022) hinweg leicht an und war im Jahr 2022 um rund 1,5 % höher als noch im Jahr 2018 (bzw. um rund 1,9 % höher als noch im Jahr 2017). Insgesamt haben 40 Anlagen Angaben zu ihren Methankonzentrationen gemacht. Für Anlagen ohne Angaben zu ihren Methankonzentrationen wurden für den gesamten Untersuchungszeitraum die gewichteten Jahresmittel herangezogen (siehe Kapitel 2.2).

Anhand von Abbildung 4 sind die Änderungen der Methankonzentrationen einzelner Anlagen von 2018 auf 2022 in Form von Wertepaaren dargestellt. Von jenen 40 Anlagen, die Angaben zu ihrer Methankonzentration machten, wiesen 20 Anlagen eine Abnahme und neun eine Zunahme auf, während bei elf Anlagen die Methankonzentrationen konstant blieben. Der leichte Anstieg in der mittleren Methankonzentration lässt sich vor allem auf die Zunahme der Methangehalte in Deponien mit großen Methanfrachten zurückführen. Liegen keine Methankonzentrationen vor (keine Gaserfassung im jeweiligen Jahr aufgrund von Sanierungsarbeiten oder zu geringer Gasvolumina), so befinden sich

die betroffenen Datenpunkte auf der y-Achse im Wertebereich von Null. Das trifft auf insgesamt fünf Anlagen zu. 28 der 40 untersuchten Wertepaare (Methankonzentrationen) befanden sich zwischen 20 % und 50 %. Das spiegelt wiederum die großen Unterschiede in den Methangehalten der einzelnen Anlagen wider.

Abbildung 4: Veränderung der Methankonzentrationen zwischen 2018 und 2022 (in %).



Entwicklung der erfassten Methanfrachten

Die jährlich erfassten Methanfrachten sanken im Untersuchungszeitraum von 4.537 t im Jahr 2018 auf 3.147 t im Jahr 2022 (siehe Tabelle 2). Das entspricht einer Abnahme um rund 31 % und ist vergleichbar mit der Reduktion vom gesamt erfassten Deponiegas (rund -33 %). Der Rückgang ist damit auch stärker als im Zeitraum von 2013 bis 2017 (rund -22 %).

Tabelle 2: Erfasste Methanfrachten von 2019 bis 2022 (in t/a).

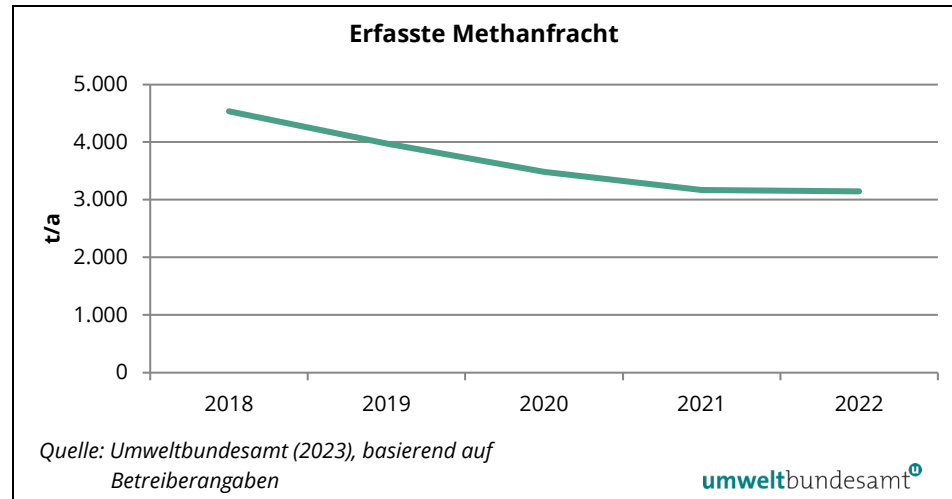
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| t/a | 4.537 | 3.978 | 3.483 | 3.168 | 3.147 |

Quelle: Umweltbundesamt, 2023, basierend auf Betreiberangaben

Abbildung 5 stellt den Verlauf der erfassten Methanfrachten von 2018 bis 2022 grafisch dar. Die Abnahme der Methanfrachten verläuft sehr ähnlich zur Abnahme der erfassten Deponiegasmengen (siehe Abbildung 2). Auch hier waren

die größten Abnahmen zwischen den Jahren 2019 und 2020 (rund -12 %) zu verzeichnen. Der Grund hierfür liegt wieder in den starken Rückgängen der Deponiegasmengen vor allem bei den großen Deponien.

Abbildung 5:
Erfasste Methanfrachten
von 2018 bis 2022
(in t/a).



3.4 Behandlung des Deponiegases von 2018 bis 2022

Zweck Die Erfassung und Behandlung von Deponiegas ermöglicht dessen energetische Nutzung (Verstromung und/oder thermische Verwertung); darüber hinaus führen diese Schritte auch zu einer Reduzierung der am Deponiestandort entstehenden Treibhausgasemissionen.

Kriterien für Behandlung Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, stellt der Methangehalt ein wichtiges Kriterium zur Festlegung des geeigneten Behandlungsweges dar. Neben den theoretischen Kriterien für die Behandlung gibt es aber auch andere standortbedingte Faktoren, die berücksichtigt werden müssen. So kann es sein, dass ein Betreiber trotz entsprechend hoher Methangehalte ($\geq 34\%$) auf die Hochtemperaturfackel zurückgreift, da das noch vorhandene Deponiegasvolumen bzw. der Volumenstrom (z.B. $< 100 \text{ m}^3/\text{h}$) eine Verwertung unwirtschaftlich machen würde. Neben wirtschaftlichen Limitationen können aber auch technische Unzulänglichkeiten zu Reparatur-, Sanierungs- und Wartungsarbeiten von Einrichtungen (wie z. B. Gasleitungen, Brunnen, Gasmotoren, Blockheizkraftwerke) führen, wodurch manche Betreiber vorübergehend auf alternative Behandlungsmethoden (wie die Hochtemperaturfackel) ausweichen müssen.

Deponiegasbehandlung nach Anlagen Bezüglich der Behandlung des Deponiegases liegen Informationen von insgesamt 43 Anlagen vor. Im Jahr 2022 wurden nach Angaben der Anlagenbetreiber folgende Vorgehensweisen im Umgang mit Deponiegas gewählt:

- Fünf Anlagen gaben an, aufgrund der geringen Methanfrachten und Deponiegasvolumina keine Behandlung mehr durchzuführen.
- 23 Anlagen verwendeten ausschließlich die Hochtemperaturfackel.

- 13 Anlagen nutzten ihr Deponiegas energetisch, wobei nur zwei Anlagen ihr Deponiegas ausschließlich verstromten. Weitere sieben Anlagen führten eine Kombination aus Verstromung und thermischer Nutzung durch. Bei zwei dieser sieben Anlagen erfolgte aufgrund desselben Standortes eine gemeinsame Erfassung und Behandlung des Deponiegases. Informationen bezüglich der erfassten und behandelten Deponiegasmengen inklusive der Methangehalte lagen daher für diese beiden Anlagen nicht separat vor. Eine Anlage betrieb bis ins Jahr 2021 eine rein thermische Verwertung und stieg im Jahr 2022 auf eine Verstromung um. Die restlichen drei Anlagen kombinierten aufgrund von Wartungsarbeiten die energetische Nutzung (Verstromung bzw. Verstromung und thermische Verwertung) mit der Hochtemperaturfackel.
- Zwei Anlagen griffen aufgrund der geringen Deponiegasvolumina und Methanfrachten auf Methoden zur Schwachgasbehandlung (wie die Schwachgasfackel und Methanoxidationsfenster⁵) zurück.

Die verbleibenden fünf Anlagen haben nicht an der Befragung teilgenommen. Unter der Annahme, dass sich die Behandlungsmethoden seit der Vorperiode (2013–2017) nicht geändert haben, lassen sich jedoch folgende Aussagen zu diesen Anlagen tätigen:

- Drei Anlagen haben in der Vorperiode keine Angaben über die Behandlungsmethoden gemacht. Da aber schon im Jahr 2017 keine erfassten Deponiegasvolumina gemeldet wurden, erscheint es plausibel anzunehmen, dass in der aktuellen Periode keine Erfassung oder Behandlung stattgefunden hat.
- Eine Anlage griff schon in der Vorperiode auf die Hochtemperaturfackel zurück. Daher ist es realistisch anzunehmen, dass auch in der aktuellen Periode die Hochtemperaturfackel zum Einsatz kam.
- Eine Anlage gab in der Vorperiode an, das Deponiegas thermisch zu verwerten. Bis zum Jahr 2017 ist das Deponiegasvolumen jedoch auf 50.000 m³ abgesunken. Aufgrund dieser geringen Deponiegasmengen, wird angenommen, dass diese Anlage inzwischen das Gas abfackelt.

Entwicklung der behandelten Mengen

Im Jahr 2018 wurden ca. 3,86 Mio. m³ (rund 22 %) des gesamt erfassten Deponiegases über Hochtemperaturfackeln abgefackelt. Weitere rund 3,45 Mio. m³ (rund 20 %) wurden rein verstromt, während mit ca. 9,8 Mio. m³ (rund 56 %) ein Großteil des erfassten Deponiegases einer Kombination aus Verstromung und thermischer Nutzung zugeführt wurde. Für die rein thermische Nutzung kamen nur 5.600 m³ (0,03 %) Deponiegas zum Einsatz. Die restlichen 329.724 m³ (rund 2 %) wurden einer Schwachgasbehandlung (Schwachgasfackel) zugeführt (siehe Abbildung 6 und Abbildung 7).

Da es bis zum Jahr 2022 zu einer Abnahme der erfassten Deponiegasmengen kam (siehe Abbildung 2), sanken auch die behandelten Deponiegasmengen in

⁵ Methanoxidationsfenster = Abschnittsweise vorhandene Methanoxidationsschicht, üblicherweise in eine bestehende, meist dichte Oberflächenabdeckung eingebracht (Amann et al., 2008).

einem vergleichbaren Ausmaß. Die einzelnen Behandlungswege entwickelten sich dabei folgendermaßen (siehe Abbildung 6):

- Es kam zu einer deutlichen Abnahme **des verstromten und thermisch genutzten Deponiegases** von 9,8 Mio. m³ im Jahr 2018 auf 5,86 Mio. m³ im Jahr 2022 (rund -40 %), auch wenn sich die Mengen von 2021 auf 2022 wieder leicht stabilisierten und sich ein leichter Anstieg zeigte. Die Reduktion über die fünf Jahre ist im Wesentlichen auf starke Abnahmen der energetisch verwerteten Deponiegasmengen in vier großen Deponien zurückzuführen.
- Die **ausschließlich verstromten Deponiegasmengen** nahmen von 3,45 Mio. m³ im Jahr 2018 auf 2,55 Mio. m³ im Jahr 2022 (rund -26 %) ab.
- Die **ausschließlich thermische Nutzung** wurde im Jahr 2018 lediglich von einer Anlage durchgeführt. Damals umfasste diese Behandlungsart nur noch 5.600 m³ Deponiegas und im Jahr 2022 wurde schließlich kein Deponiegas mehr einer rein thermischen Verwertung zugeführt.
- Die **Schwachgasbehandlung** (durch eine Anlage) erfuhr ebenfalls eine verhältnismäßig starke Abnahme (rund -52 %) von 329.724 m³ im Jahr 2018 auf 157.680 m³ im Jahr 2022.
- Die mithilfe der **Hochtemperaturfackel** behandelten Deponiegasmengen zeigten einen vergleichsweise moderaten Rückgang (rund -19,5 %). Diese Mengen sanken von 3,86 Mio. m³ im Jahr 2018 auf 3,11 Mio. m³ im Jahr 2022.

Behandlung 2022

Im Jahr 2022 wurden die erfassten Deponiegasmengen folgenden Behandlungswegen zugeführt. Mit 5,86 Mio. m³ (rund 50 %) ging ein Großteil des erfassten Deponiegases in eine kombinierte Verstromung und thermische Nutzung über. 3,11 Mio. m³ (rund 27 %) Deponiegas wurden abgefackelt. 2,55 Mio. m³ (rund 22 %) wurden verstromt. Wie bereits erwähnt fand im Jahr 2022 keine rein thermische Nutzung mehr statt und die restlichen 157.680 m³ (rund 1 %) gingen in die Schwachgasfackel (siehe Abbildung 6 und Abbildung 7).

Abbildung 6: Behandelte Deponiegasmengen von 2018 bis 2022 (in m³/a).

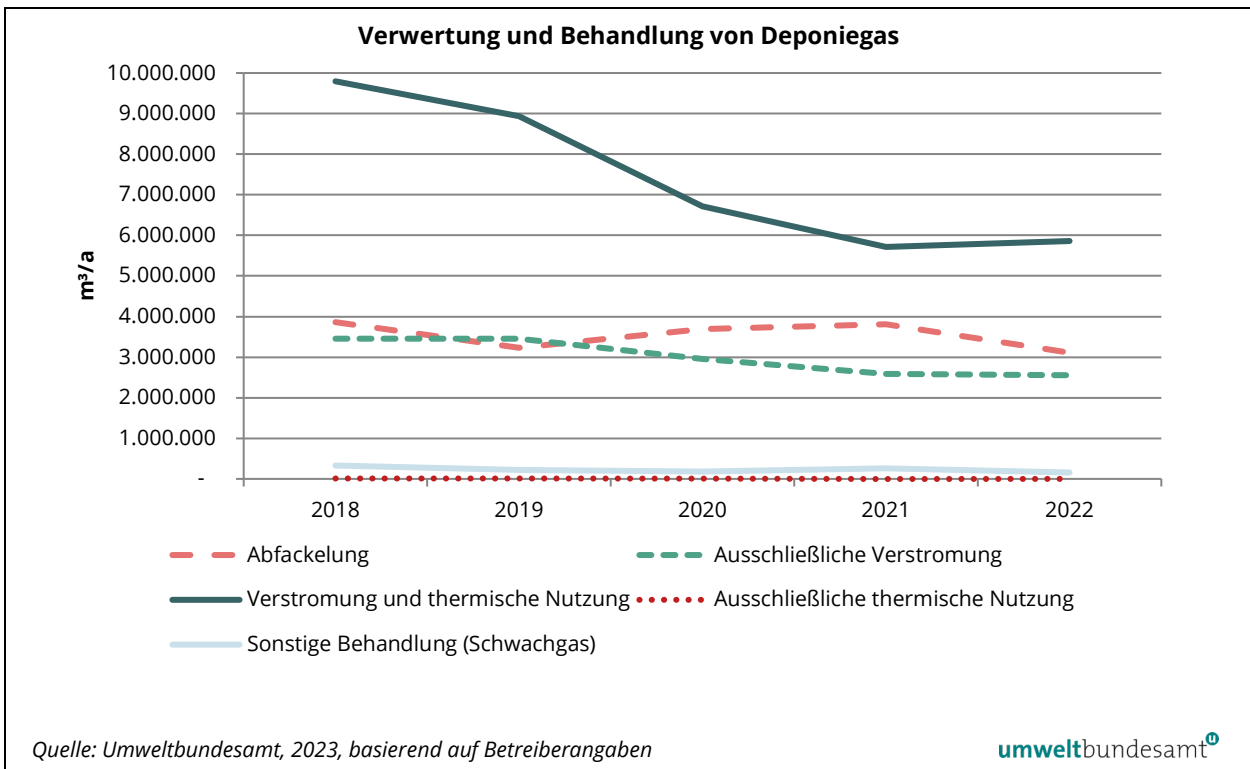
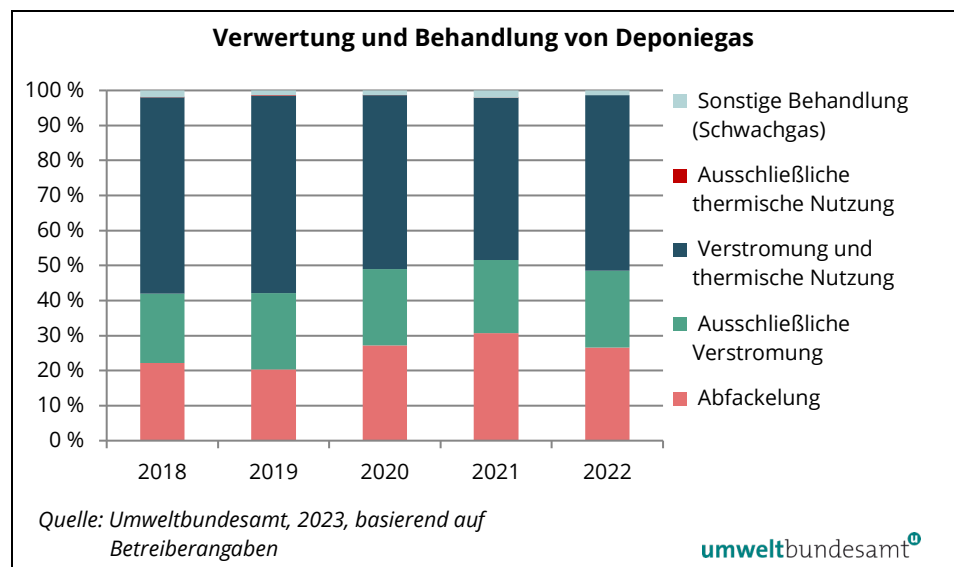


Abbildung 7: Relative Anteile der Behandlungswege am gesamt behandelten Deponiegas von 2018 bis 2022 (in %).

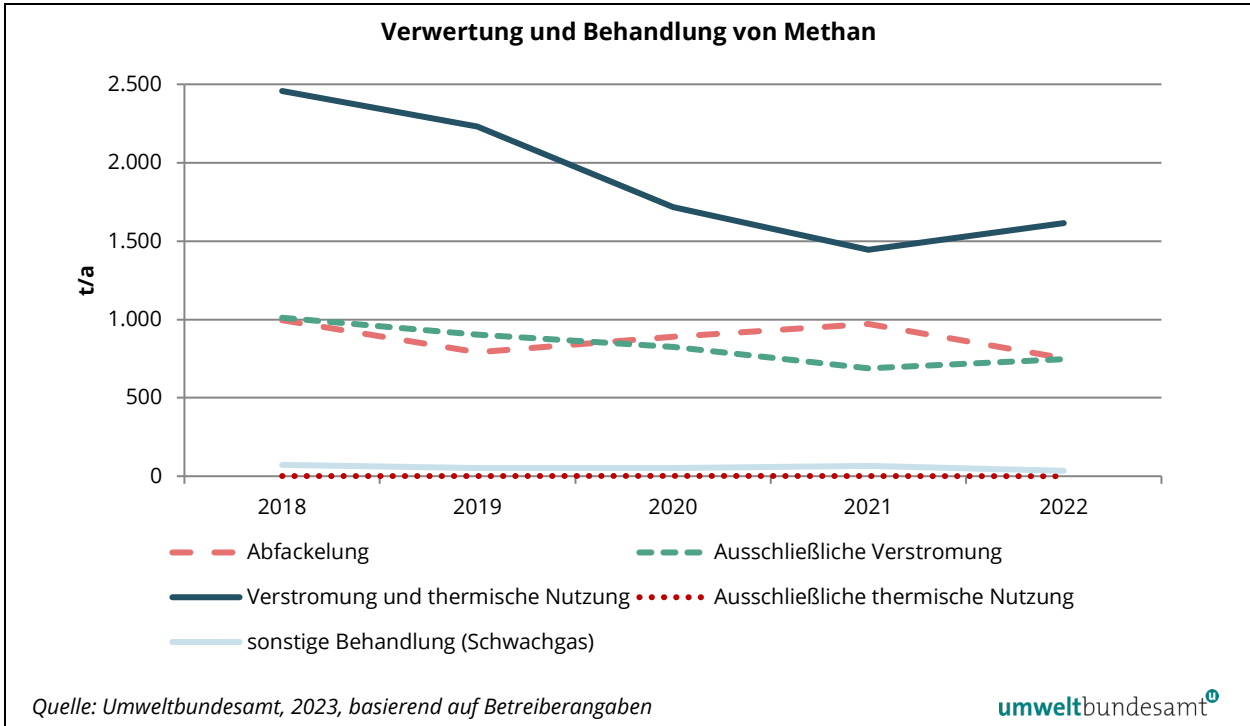


Entwicklung der behandelten Methanmengen

Die behandelten Methanmengen sanken von insgesamt 4.537 t im Jahr 2018 auf 3.147 t im Jahr 2022 ab (rund -31 %). Die behandelten Methanfrachten verteilen sich sehr ähnlich wie die Deponiegasmengen auf die fünf Behandlungskategorien. Gerade bei der Verstromung und thermischen Nutzung kam es zu einer starken Reduktion von 2.457 t im Jahr 2018 auf 1.613 t im Jahr 2022 (rund -34 %). Diesbezüglich ist jedoch zu vermerken, dass es von 2021 auf 2022 wieder zu einem Anstieg (rund 12 %) dieser energetisch genutzten Methanmengen

gekommen ist (siehe Abbildung 8). Die Abnahme der behandelten Methanmengen von 2018 auf 2022 lässt sich wie schon beim Deponiegas auf die starken Rückgänge der Behandlungsmengen in einzelnen großen Deponien zurückführen.

Abbildung 8: Behandelte Methanmengen von 2018 bis 2022 (in t/a).



Rückmeldungen der Betreiber in Form der ausgefüllten Fragebögen haben gezeigt, dass selbst bei Anlagen mit genügend hohem Methangehalt nicht garantiert ist, dass das Deponiegas auch einer entsprechenden Verwertung zugeführt werden kann. Mit dem erfassten Deponiegas muss auch ein bestimmter Mindestvolumenstrom (z. B. $\geq 100 \text{ m}^3/\text{h}$) erreicht werden können, um die Verwertung wirtschaftlich zu gestalten. Neben wirtschaftlichen Limitationen können aber auch technische Unzulänglichkeiten zu Reparatur-, Sanierungs- und Wartungsarbeiten von Einrichtungen (wie z. B. Gasleitungen, Brunnen, Gasmotoren, Blockheizkraftwerke) führen, wodurch manche Betreiber vorübergehend auf alternative Behandlungsmethoden (wie z. B. die Hochtemperaturfackel) ausweichen müssen.

Behandlung nach Anlagen

Dementsprechend fiel die Zuordnung der einzelnen Anlagen zu den Behandlungsarten gemäß ihrer Methankonzentrationen nicht so eindeutig aus wie am Anfang erwartet wurde. Bezüglich der Methankonzentrationen gab es Rückmeldungen von 40 Anlagen.

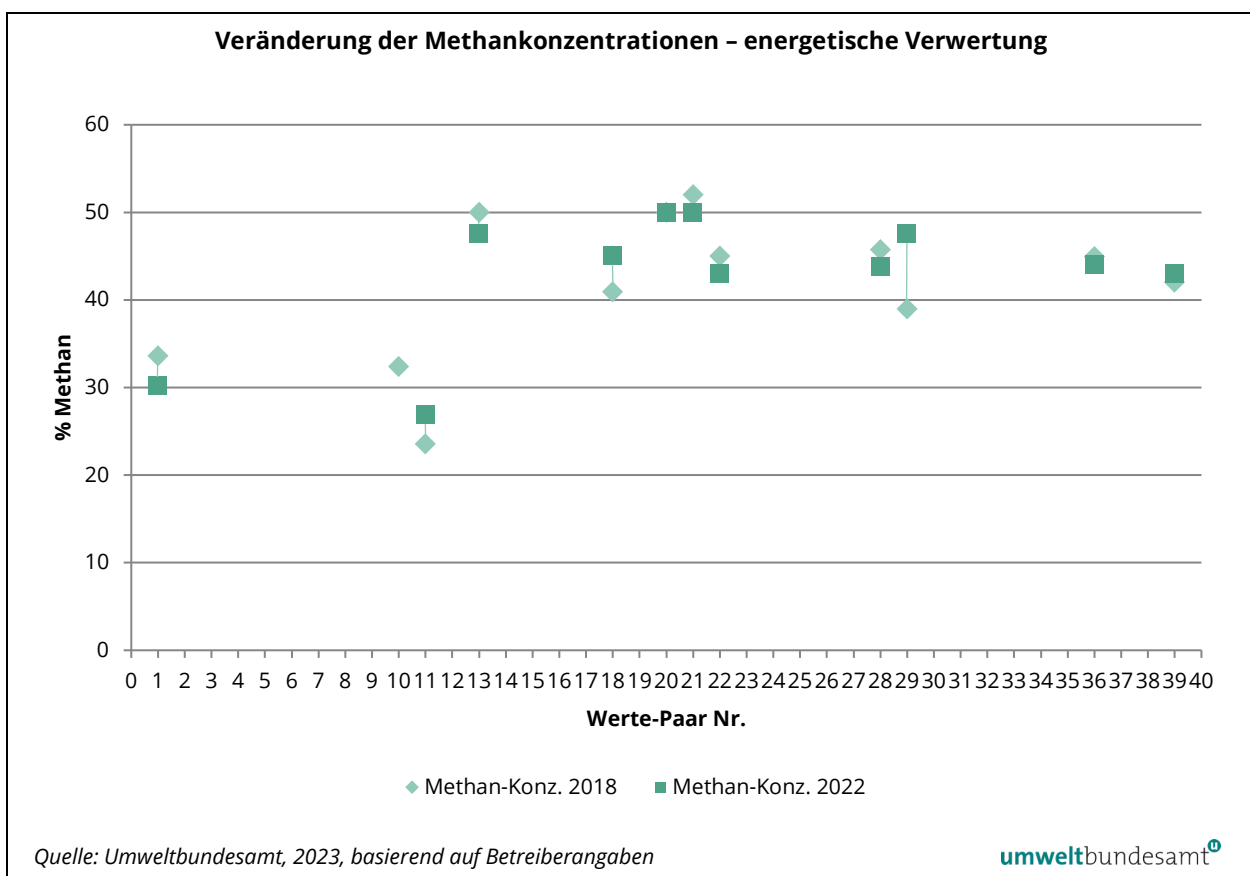
energetische Verwertung

Anhand von Abbildung 9 sind die Methankonzentrationen jener Anlagen gegenübergestellt, in denen das Deponiegas einer energetischen Verwertung (Verstromung und/oder thermische Nutzung) zugeführt wurde. Bei den zwölf aufgelisteten Anlagen befand sich ein Großteil der Methankonzentrationen zwischen 30 % und 50 %.

Der einzige Ausreißer nach unten (<30 %) ist diesbezüglich Anlage Nr. 11. Durch die Zumischung von Deponiegas zum Klärgas der firmeneigenen Kläranlage konnte eine gemeinsame Verstromung und thermische Nutzung ermöglicht werden.

Bei Anlage Nr. 10 erfolgte im Jahr 2018 noch eine Verstromung verbunden mit einer Abfackelung (HTF). Aufgrund der zunehmend schlechter werdenden Gasqualität musste jedoch das Blockheizkraftwerk im Jahr 2019 abgeschaltet werden und im Jahr 2020 ging man vollständig zur Behandlung mittels Hochtemperaturfackel über (siehe Abbildung 10).

Abbildung 9: Veränderung der Methankonzentrationen bei Anlagen mit energetischer Verwertung zwischen 2018 und 2022 (in %).

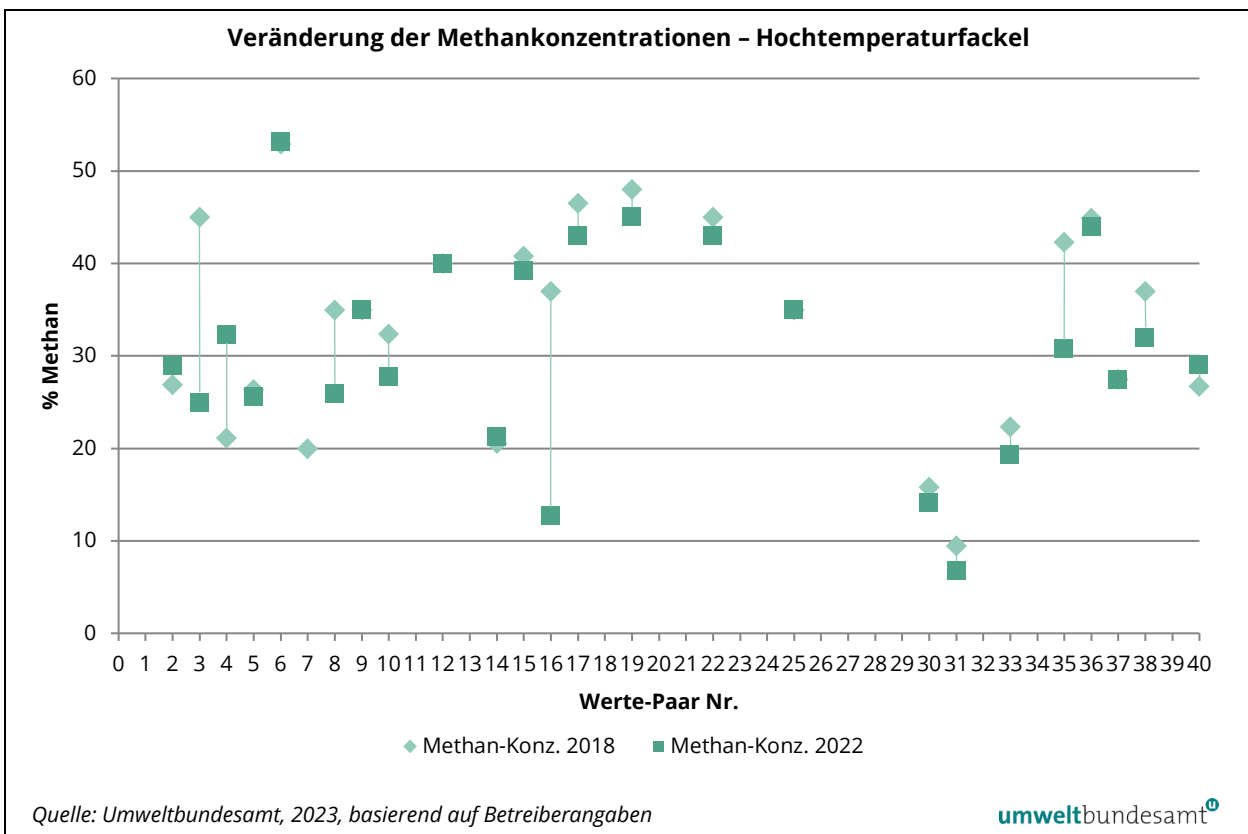


Hochtemperaturfackel

Deponiegas, das sich aus oben genannten Gründen (Methankonzentration, Wirtschaftlichkeit, technische Machbarkeit) nicht für die energetische Verwertung eignete, wurde von Betreibern in der Regel über die Hochtemperaturfackel behandelt. Insgesamt gaben Betreiber von 26 Anlagen an, ihr erfasstes Deponiegas über die Hochtemperaturfackel abzufackeln. Von 25 Anlagen wurden auch die entsprechenden Methankonzentrationen übermittelt, welche in Abbildung 10 dargestellt sind. Ein Großteil der Methangehalte befand sich zwischen 20 % und 50 %. Bei Anlagen mit Methankonzentrationen über 40 % wurde aus technischen (Wartungsarbeiten) oder wirtschaftlichen Gründen (Volumenstrom <100 m³/h) auf die Hochtemperaturfackel ausgewichen. Vier der restlichen sechs Anlagen konnten Methankonzentrationen unterhalb von 20 % vorweisen

(Abfackelung mittels Stützfeuerung). Bei Anlage Nr. 6 lagen die Methangehalte über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg stets über 50 %. Der Grund, warum das Deponiegas dennoch abgefackelt wurde, lag darin, dass die Qualität des Deponiegases im Verlauf des Jahres immer wieder starken Schwankungen unterlag und die Gasmotoren deshalb immer wieder ausgefallen sind. Schließlich entschied man sich, die Gasmotoren ganz abzustellen und von der ursprünglichen gekoppelten Behandlung (Verstromung plus Hochtemperaturfackel) zur reinen Abfackelung überzugehen. Als weiterer Grund für den Umstieg wurden die stark fallenden Strompreise genannt. Die Betreiber von Anlage Nr. 7 führten das Deponiegas von 2018 bis 2021 einer Hochtemperaturfackel zu. Aufgrund eines Defektes der Fackel und Vorbereitungen zur Einspeisung des Gases in eine Biogasanlage wurde die Behandlung im Jahr 2022 jedoch eingestellt.

Abbildung 10: Veränderung der Methankonzentrationen bei Anlagen mit Hochtemperaturfackel zwischen 2018 und 2022 (in %).



Schwachgasbehandlung

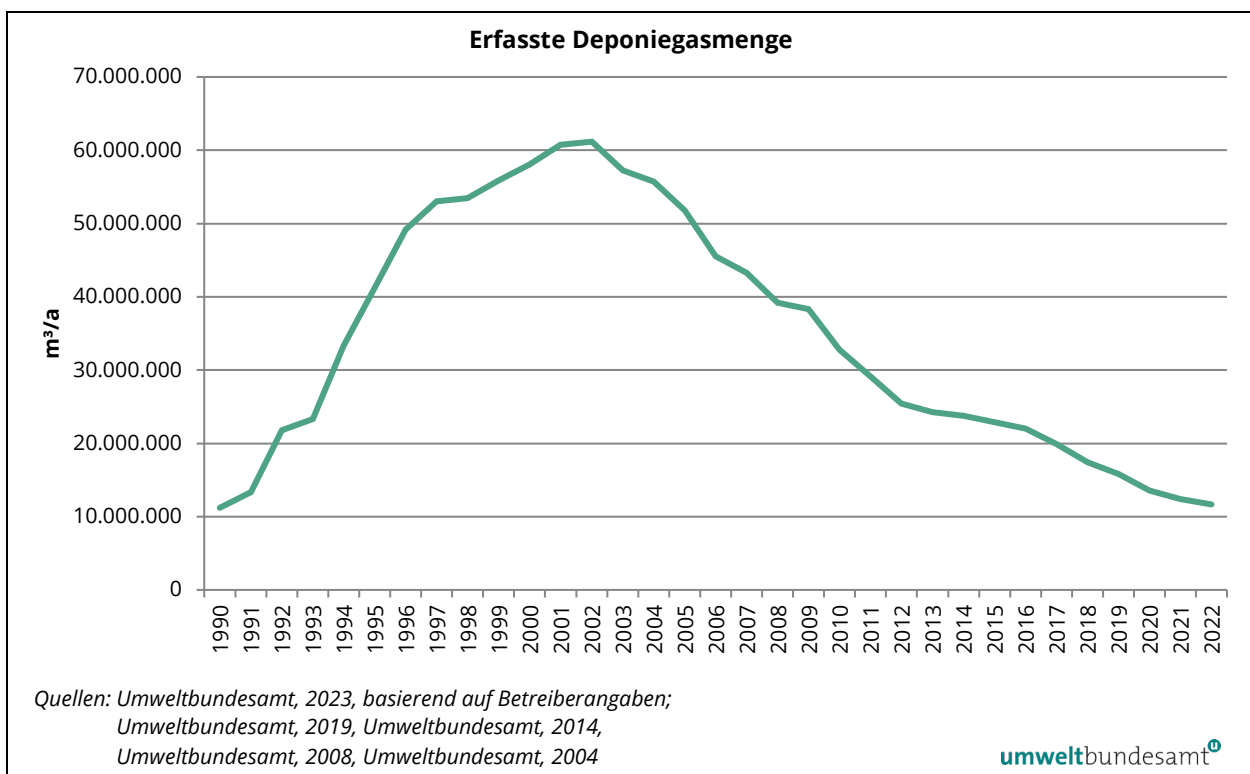
Die Betreiber der restlichen zwei Anlagen führten ihr Deponiegas einer Schwachgasbehandlung zu. Diesbezüglich kam bei einer Anlage aufgrund der noch gering vorhandenen Deponiegasvolumina die Schwachgasfackel zum Einsatz. In der anderen Anlage wurden das im Deponiegas enthaltene Methan über Methanoxidationsfenster abgebaut.

3.5 Entwicklung der erfassten Deponiegasmengen sowie der Methanfrachten von 1990 bis 2022

Erweiterung des Datenstandes Im folgenden Unterkapitel werden die erhobenen Deponiegasmengen sowie Methanfrachten der Vorgängerberichte des Umweltbundesamtes (Zeitreihen 2013–2017, 2008–2012, 2002–2007 und 1990–2001) um den aktuellen Untersuchungszeitraum (2018–2022) erweitert.

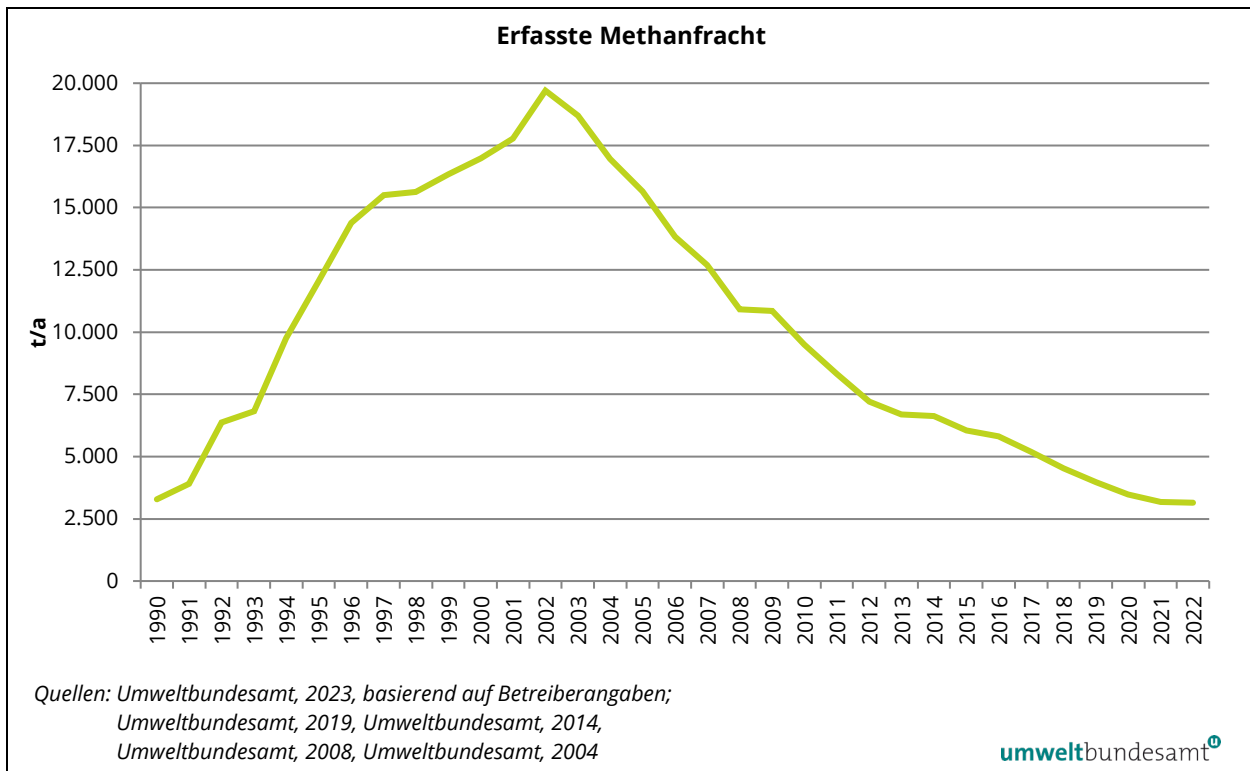
Deponiegasmenge 1990–2022 Im Jahr 1990 (Ausgangsjahr) betrug die erfasste Deponiegasmenge ca. 11,2 Mio. m³. Bis zum Jahr 1997 stieg diese Menge stark und in den weiteren Jahren gemäßigt an. Das Maximum wurde im Jahr 2002 mit einem Deponiegasvolumen von 61,2 Mio. m³ erreicht. Seit diesem Jahr nahm die Deponiegasmenge jedoch stetig ab. Im Jahr 2022 betrug das Deponiegasvolumen ca. 11,7 Mio. m³ und befand sich damit ungefähr auf dem Niveau des Ausgangsjahres (siehe Abbildung 11). Im Jahr 2022 lag die erfasste Deponiegasmenge rund 81 % unter dem Maximum des Jahres 2002.

Abbildung 11: Erfasste Deponiegasmenge von 1990 bis 2022 (in m³/a).



Methanfracht 1990–2022 Im Jahr 1990 betrug die erfasste Methanfracht 3.276 t. Sie stieg in den Folgejahren bis zum Jahr 2002 auf ein Maximum von 19.701 t an. Seitdem nahm die erfasste Methanmenge stetig ab. Im Jahr 2022 betrug die erfasste Methanmenge 3.147 t und befand sich damit, ähnlich wie schon beim Deponiegasvolumen, ungefähr auf dem Niveau des Ausgangsjahres (siehe Abbildung 12). Im letzten Jahr lag die erfasste Methanfracht um rund 84 % unter dem Maximum von 2002.

Abbildung 12: Erfasste Methanfrachten von 1990 bis 2022 (in t/a).

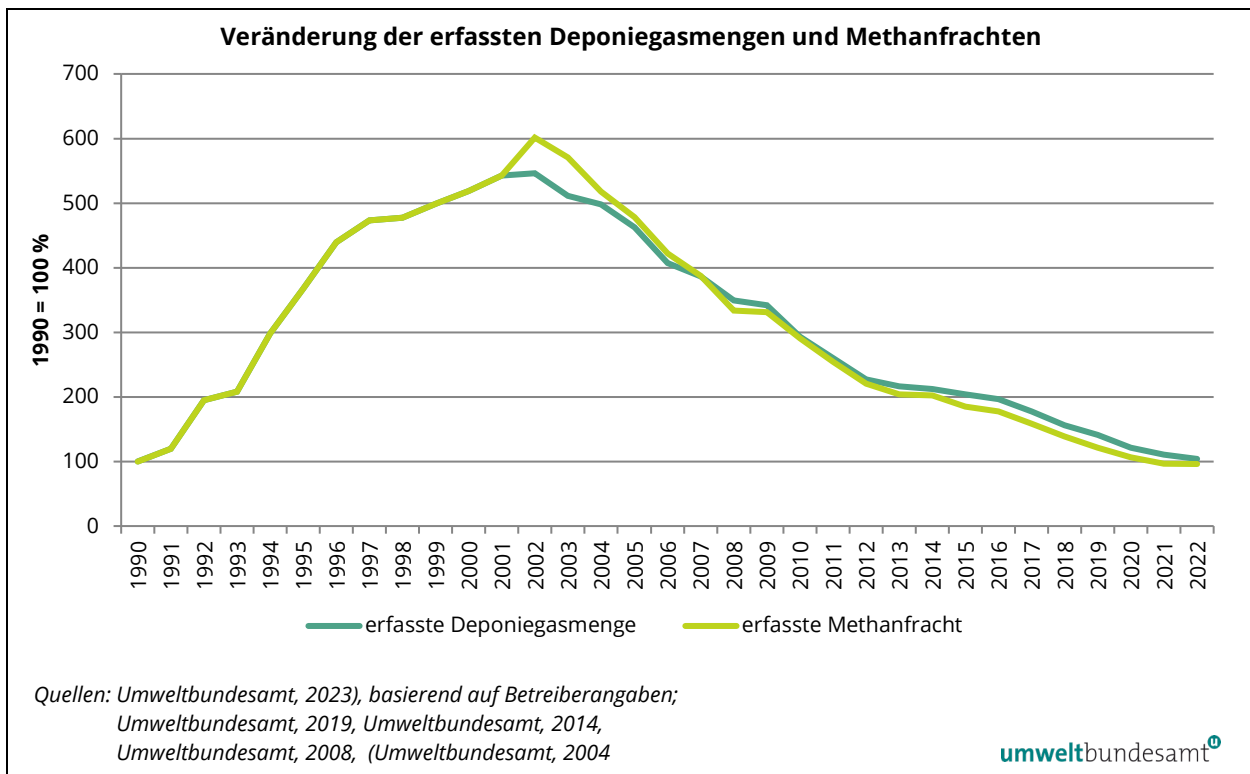


Mengenveränderungen 1990–2022

Anhand von Abbildung 13 erfolgt eine Gegenüberstellung der Veränderung der erfassten Methanfrachten und der Veränderung der erfassten Deponiegasmengen über den Zeitraum von 1990 bis 2022. Die Veränderungen sind in Prozent dargestellt und das Ausgangsjahr entspricht 100 %. Diesbezüglich ist zu beachten, dass sich bei Methan die Veränderungen auf die Methanmenge (in t/a) im Jahr 1990 beziehen. Für das gesamt erfasste Deponiegas beziehen sich die Veränderungen auf das Deponiegasvolumen (in m³/a) im Jahr 1990.

Die erfassten Deponiegasmengen verliefen von 1990 bis 2022 sehr ähnlich wie die erfassten Methanfrachten. Bis zum Jahr 2002 sind die erfassten Methanfrachten verhältnismäßig stärker gestiegen (rund 501 %) als die erfassten Deponiegasmengen (rund 446 %). Seit dem Maximum im Jahr 2002 zeigten sowohl die erfassten Deponiegasmengen (rund -81 %) als auch die Methanfrachten (rund -84 %) eine stetige Abnahme. Von 2010 bis 2022 sanken die Methanfrachten jährlich etwas stärker ab als die erfassten Deponiegasmengen (Ausnahmen in den Jahren 2014, 2020 und 2022). Im letzten Jahr konnten sich die Methanfrachten gegenüber dem Vorjahr wieder ein wenig stabilisieren (-0,7 %).

Abbildung 13: Veränderung der erfassten Deponiegasmengen und der Methanfrachten von 1990 bis 2022 (in %) [Im Zeitraum 1990 bis 2001 wurde ein konstanter Methangehalt angenommen, daher identischer Verlauf der beiden Indikatoren].



3.6 Gegenüberstellung der erfassten Methanfrachten mit den emittierten, oxidierten und gebildeten Methanmengen von 2002 bis 2020

Relevanz für Treibhausbilanz

Bei der Verbrennung von Deponiegas (energetische Nutzung oder Fackel) wird das Methan in Kohlenstoffdioxid umgewandelt. Das dadurch entstandene Kohlenstoffdioxid kann unter einer neutralen Treibhausbilanz geführt werden, da der enthaltene Kohlenstoff biogenen Ursprungs ist (Lampert und Thaler, 2019). Auch andere Treibhausgase, wie Distickstoffmonoxid (N₂O), sind in der Treibhausbilanz von Deponien vernachlässigbar, da sie in erster Linie im Rahmen sonstiger abfallwirtschaftlicher Tätigkeiten, wie der Abwasserbehandlung sowie der biologischen Behandlung von festen Abfällen, emittiert werden. Dementsprechend wurden in der Berechnung der Treibhausgasemissionen für den Bereich Deponien im aktuellen Luftschadstoff-Inventurbericht (OLI) lediglich Methanemissionen berücksichtigt (Umweltbundesamt, 2023).

errechnete und erfasste Methanmengen

Die im Rahmen des Luftschadstoff-Inventurberichts (OLI) errechneten Methanemissionen bildeten zusammen mit den Daten über die erfassten Methanmengen aus den Betreiberangaben die Grundlage für die Errechnung der oxidierten und schlussendlich auch der gebildeten Methanmengen. Der gewählte Betrach-

tungszeitraum beginnt mit dem Jahr 2002 (Jahr mit der höchsten erfassten Deponiegasmenge) und endet mit dem Jahr 2021 (letzter verfügbare Daten aus dem aktuellen Inventurbericht).

Zur Kalkulation der oxidierten Methanmengen wurde ein Verhältnis zum emittierten Methan von eins zu neun angenommen. Diese Annahme ist darauf zurückzuführen, dass in den Vorgängerberichten die oxidierten Methanmengen über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg (beginnend mit 2002) stets einem Neuntel der emittierten Methanmengen entsprachen. Die gebildeten Methanmengen stellen das gesamte in der Deponie entstandene Methangas dar und entsprechen somit der Summe aus den emittierten, oxidierten und erfassten Methanmengen. Die Entwicklung der Methanmengen ist in Abbildung 14 dargestellt.

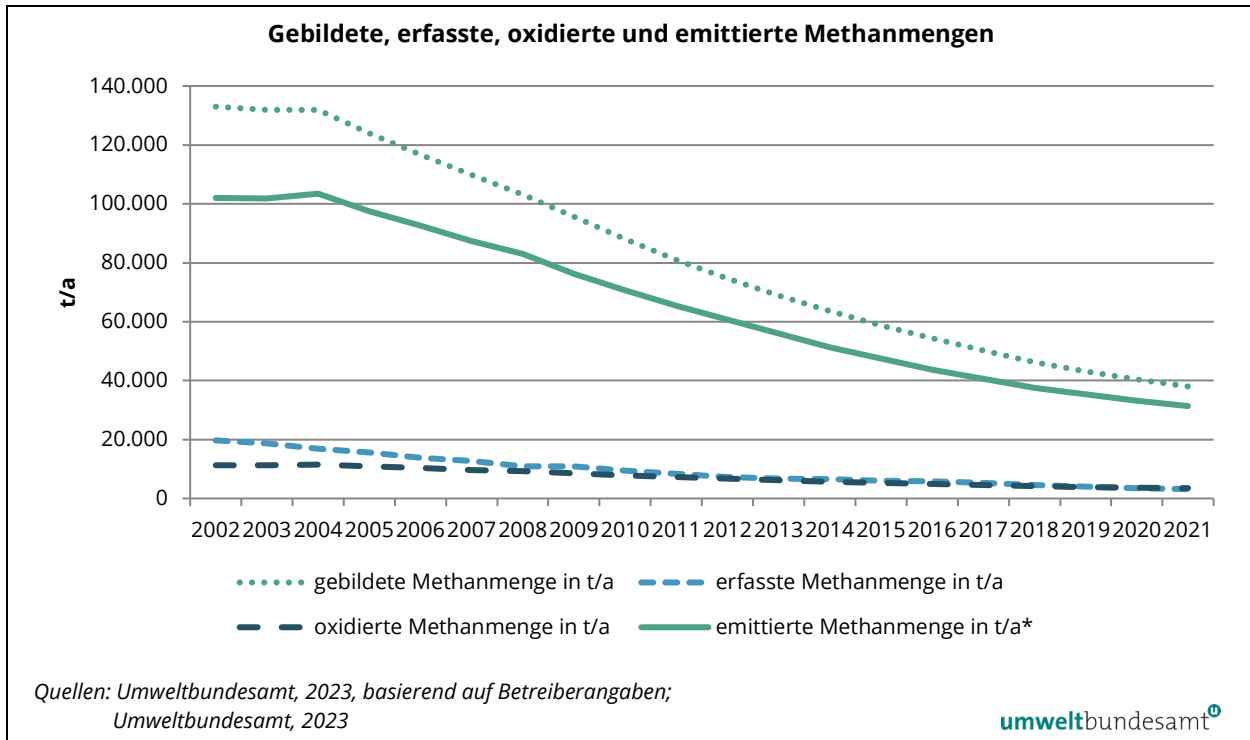
Die rechnerisch ermittelte Gesamtmethanmenge sank von 132.985 t im Jahr 2002 auf 38.018 t im Jahr 2021 ab. Das entspricht einer Abnahme um rund 71 %.

Die erfasste Methanmenge sank im gleichen Zeitraum von 19.701 t auf 3.168 t und somit um rund 84 % ab. Der Anteil des erfassten Methans am gebildeten Methan reduzierte sich damit von 14,8 % im Jahr 2002 auf 8,3 % im Jahr 2021.

Die emittierten Methanmengen entwickelten sich im Betrachtungszeitraum ähnlich wie die gebildeten Methanmengen. Im Jahr 2002 wurden 101.956 t Methan emittiert, im Jahr 2021 betrug die emittierte Methanmenge nur noch 31.365 t. Das entspricht einer Abnahme um 69 %.

Da die errechneten oxidierten Methanmengen im Verhältnis zu den emittierten Methanmengen stehen, ist die Entwicklung dieselbe. Insgesamt sanken die oxidierten Methanmengen von 11.328 t im Jahr 2002 auf 3.485 t im Jahr 2021 ab (-69 %).

Abbildung 14: Veränderung der gebildeten, erfassten, oxidierten und emittierten Methanmengen (t/a).



Gründe für Abweichungen

Die große Differenz zwischen berechneter Methanbildung und tatsächlich erfassten Mengen kann mehrere Gründe haben. Im Folgenden sind zwei plausible Ursachen aufgelistet (siehe hierzu auch Umweltbundesamt, 2019):

- Das Berechnungsmodell überschätzt die im Betrachtungszeitraum gebildeten Deponiegasmengen. Die tatsächliche Gasbildung könnte auch auf einem geringeren Niveau und verzögert erfolgt sein.
- Die Erfassung des gebildeten Deponiegases ist nicht vollständig abgelaufen. Aufgrund unterschiedlicher Faktoren (v. a. technischer Natur) war es den Betreibern nicht möglich, das gebildete Deponiegas zur Gänze zu erfassen.

Die Überschätzung durch das Berechnungsmodell kann folgende Gründe haben (siehe hierzu auch Umweltbundesamt, 2019):

- Die Modellrechnungen gehen von idealen Voraussetzungen (wie etwa ausreichendem Wassergehalt) im Deponiekörper aus. Insbesondere in Gebieten mit geringen Niederschlagsmengen ist mit Abweichungen von diesen Idealbedingungen zu rechnen. Ein Mangel an Wasserreserven könnte beispielsweise den Abbau organischer Substanzen verlangsamt und somit auch die Deponiegasbildung verzögert haben.
- Die genaue Zusammensetzung der in den Massenabfalldeponien abgelagerten Abfälle und damit das tatsächliche Gasbildungspotenzial sind nicht bekannt. Somit könnte es auch hier zu Diskrepanzen zwischen dem Modell und der Realität gekommen sein.

Die unvollständige Gaserfassung kann auf folgende Punkte zurückzuführen sein (siehe hierzu auch Umweltbundesamt, 2019):

- Schon wenige Monate nach der Ablagerung der Abfälle beginnt die Methangasbildung. Selbst in jenen Fällen, in denen die Deponiegasbrunnen mit der Schüttung hochgezogen werden, sind Methanemissionen aus den zuletzt geschütteten Bereichen zu erwarten. Je später die Absaugung nach der Schüttung erfolgt, desto höher sind die zu erwartenden Emissionen.
- Bei einer aktiven Absaugung wird in erster Linie über die bevorzugten Strömungswege abgesaugt. Deponiegas in schwer zugänglichen Bereichen innerhalb der Deponie wird nicht oder nicht ausreichend erfasst und entweicht in weiterer Folge als Emission in die Atmosphäre.
- Ist der Abstand zwischen den Gasbrunnen zu groß, können bestimmte Teilbereiche des Deponiekörpers nicht bzw. nicht ausreichend abgesaugt werden.
- Durch Setzungen des Deponiekörpers kann es zu Verlegungen der Gasleitungen und sogar der Brunnen kommen, was wiederum den Erfassungsgrad weiter reduzieren kann. Ein häufig vorkommendes Problem ist die Bildung von Wassersäcken in Bereichen mit geringem Gefälle, was wiederum für die Förderung von Deponiegas hinderlich ist.
- Gehen die im Deponiekörper gebildeten Gasmengen so weit zurück, dass eine kontinuierliche Erfassung nicht mehr möglich ist, dann können die Betreiber das Deponiegas nur mehr unregelmäßig absaugen. In den daraus resultierenden Absaugpausen kann Methan in die Atmosphäre entweichen und somit nicht mehr erfasst werden.
- Durch die Erhöhung des Unterdrucks in den Saugleitungen versuchen die Betreiber möglichst viel Gasmengen abzusaugen. Dadurch kann es zu einer Mitansaugung von Außenluft kommen. Durch eine resultierende Aerobisierung bestimmter Teilbereiche des Deponiekörpers wird in den betroffenen Segmenten vermehrt Kohlenstoffdioxid gebildet und Methan oxidiert. Gleichzeitig sinkt durch das Vorhandensein von Außenluft der im erfassten Deponiegas enthaltene Methananteil.

Zusammenfassend lässt sich die hohe Diskrepanz zwischen der gebildeten und der erfassten Methanmengen anhand einer möglichen Überschätzung der Gasbildung durch das Modell (Idealbedingungen) und den oben aufgelisteten Limitierungen in der Gaserfassung erklären.

4 WIRKUNG VON TECHNISCHEN MASSNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER DEPONIEGASERFASSUNG

Vorgaben der Deponieverordnung 2008

Gemäß § 39 der Deponieverordnung 2008 hat der Deponieinhaber die technischen Einrichtungen des Deponiekörpers und die Beweissicherungssysteme (z. B. Grundwasserkontrollsonden) in regelmäßigen Abständen so zu warten, instand zu halten und erforderlichenfalls instand zu setzen, dass ihre funktionelle Qualität während der Ablagerungs- und Nachsorgephase erhalten bleibt.

Diesbezüglich sind insbesondere folgende Bereiche zu überprüfen (BGBl. II Nr. 39/2008, 2008):

- das Volumen des eingebauten Abfalls unter Berücksichtigung zeitlicher und standortbedingter (u. a. Einbauflächenmaße, Einbauhöhen, Böschungsnegungen) Faktoren
- Abdeckungs- und Rekultivierungsmaßnahmen
- Lage-, Höhen- und Formveränderungen des Deponiekörpers und der technischen Einrichtungen
- Einrichtungen zur Erfassung und Behandlung von Deponiegas
- Ableitungssysteme für Niederschlags-, Oberflächen- und Grundwasser
- Außenanlagen, Verkehrswege und Umzäunungen
- Grundwasserbeobachtungseinrichtungen

4.1 Technische Maßnahmen zur Verbesserung der Deponiegaserfassung

Maßnahmenüberblick

Von 24 der 48 Deponieanlagen liegen Angaben über allfällig getroffene Maßnahmen zur Reparatur oder zur Verbesserung des Gaserfassungssystems im Untersuchungszeitraum vor. Diesbezüglich beläuft sich die Rücklaufquote auf 50 % und ist damit höher als im Untersuchungszeitraum 2013–2017 (rund 38 %).

Von den 24 Rückmeldungen gaben drei Anlagenbetreiber an, keine Maßnahmen zu treffen. Bei zwölf weiteren Anlagen wurde im Untersuchungszeitraum jeweils eine Maßnahme durchgeführt. Bei den restlichen neun Anlagen wurden zwei bis drei Maßnahmen zur Verbesserung der Deponiegaserfassung getroffen. Somit wurden im aktuellen Untersuchungszeitraum bei 21 (von 48) Anlagen Maßnahmen zur Verbesserung des Gaserfassungssystems durchgeführt. Im Vorgängerbericht konnten entsprechende Maßnahmen bei lediglich 16 (von 47) Anlagen nachgewiesen werden (Umweltbundesamt, 2019).

In Tabelle 3 sind die Maßnahmen zur Verbesserung des Deponiegaserfassungssystems inklusive dem Durchführungsjahr und der von den Anlagenbetreibern

getätigten Abschätzungen (Ja/Nein), ob sich die Maßnahmen auf die erfassten Deponiegasmengen ausgewirkt haben, aufgelistet.

Tabelle 3: Maßnahmen zur Verbesserung der Gaserfassung 2018–2022.

| Maßnahme | Durchführungsjahr | Auswirkungen (Betreiberangaben) |
|--|--------------------------|--|
| Messungen zur Feststellung des Austritts von Deponiegas | Laufend | Nein |
| Nachrüstung mit einer neuen SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung) | Ende 2021 | Nein |
| Sanierung und Austausch von Sammelleitungen | Frühjahr 2021 | Ja (positiv) |
| Erneuerung des Computersystems | 2019 | Nein |
| Vorbereitung Einspeisung in die Biogasanlage | 2022 | Ja (negativ) |
| Reparatur der Gasfackel | 2022 | Ja (negativ) |
| Wartung der technischen Einrichtungen | Laufend | K. A. |
| Instandsetzung Gasbrunnen und Bewässerung | 2018–2022 | Ja (positiv) |
| Erneuerung der Gasableitungen und Spülung | 2020 | Ja (positiv) |
| Instandsetzung Kondensatabscheidung und Adaptierung von Messgeräten | 2021–2022 | Nein |
| Neuerlegung der Saugleitung am Deponietop | 2022 | Nein |
| Funktionsprüfung, Wartung und Instandhaltung der Absaugleitungen und des Verdichters | Laufend | Nein |
| Wartung der Gasbrunnen und Sammelleitungen | Laufend | Ja (positiv) |
| Sanierung des Gaserfassungssystems | 2018–2020 | Ja (positiv) |
| Bohrung neuer Gasbrunnen | 2019–2020 | Ja (positiv) |
| Neuer Gasmotor | 2022 | Nein |
| Erweiterung von zwei auf sechs Stück Methanoxidationsfenster | 2021–2022 | Ja (positiv) |
| Nachregelungen an den Sammelstationen der einzelnen Gasbrunnen | 2018–2022 | K. A. |
| Oberflächliche Setzungen ausgleichen | 2018–2022 | Nein |
| Reparatur der Gaserfassungsleitungen, Wartungen von Gaserfassungskomponenten und Hebewerken | 2021–2022 | Ja (positiv) |
| Umstellung des Absaugbetriebes | 2021 | Nein |
| Anschließung der Gasbrunnen an die Gasregelstellen, um Zugehörigkeit der Leitungen besser nachvollziehen zu können | 2021 | Nein |
| Erneuerung der Fackel | 2019 | Ja (positiv) |
| Überprüfung der Gasqualität der einzelnen Teilströme und ggf. Regulierung durch Veränderung der Klappenstellung | Laufend | K. A. |
| Erneuerung der Elektronik und Überwachung der Verdichterstation | 2020 | Nein |
| Wartung und Reparatur an Leitungen, Verdichter etc. | 2018–2022 | Nein |
| Erneuerung der Deponiegasbrunnen | 2018–2022 | Ja (positiv) |
| Bewässerungsmaßnahmen | 2018; 2020 | Ja (positiv) |

| Maßnahme | Durchführungsjahr | Auswirkungen (Betreiberangaben) |
|--|-------------------|---------------------------------|
| Kontrolle der Gasströme inkl. Nachjustierung | 2018–2022 | Ja (positiv) |
| Reparatur Gasanalysestern/BINOS | 2018; 2022 | Nein |
| Reparatur Drehantrieb und Durchflussmessung | 2019 | Ja (positiv) |
| Wartung und Instandhaltungsmaßnahmen | Laufend | K. A. |

Quelle: Umweltbundesamt, 2023, basierend auf Betreiberangaben

Insgesamt sind in der oberen Tabelle 32 Maßnahmen aufgelistet. Davon hatten 13 Maßnahmen laut Betreiberangaben keine Auswirkungen auf die erfassten Deponiegasmengen. 15 Maßnahmen wirkten sich auf die erfassten Deponiegasmengen aus, davon 13 positiv und zwei (zumindest kurzfristig) negativ. Die zwei letzteren Maßnahmen (Vorbereitung zur Einspeisung in die Biogasanlage, Reparatur der Gasfackel) hatten zur Folge, dass es im betroffenen Jahr (2022) zu keiner Erfassung und zu keiner Behandlung des Deponiegases gekommen ist. Für die Zukunft (ab 2023) bestehe jedoch die Möglichkeit, dass die erfassten Deponiegasmengen wieder zunehmen werden. Bei den restlichen vier Anlagen wurden hinsichtlich der Auswirkungen auf das erfasste Deponiegas keine Angaben gemacht. Eventuell war es den betroffenen Betreibern nicht möglich, die Auswirkungen ihrer Maßnahmen auf die erfassten Deponiegasmengen realitätsnah abzuschätzen.

4.2 Fallbeispiele von technischen Maßnahmen mit Auswirkungen auf die erfassten Deponiegasmengen

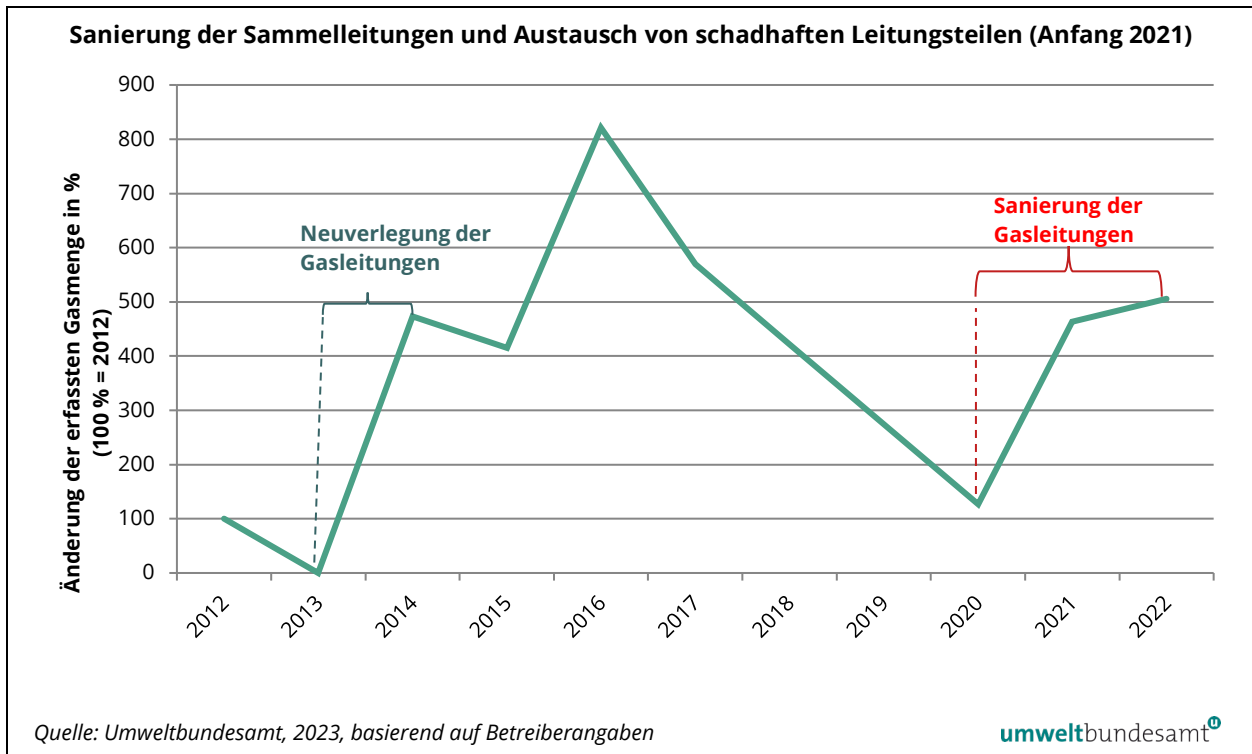
Fallbeispiele 2018–2022

In diesem Unterkapitel wird versucht, mögliche Zusammenhänge zwischen Maßnahmen zur Erhöhung der erfassten Deponiegasmenge und den tatsächlichen Entwicklungen der erfassten Deponiegasmengen anhand von drei Einzelbeispielen (jeweils ein anderer Standort) für den aktuellen Untersuchungszeitraum (2018–2022) zu identifizieren. Um besser abschätzen zu können, ob die Entwicklungen in den erfassten Deponiegasmengen wirklich auf die Maßnahmen im aktuellen Untersuchungszeitraum zurückzuführen sind oder ob sich schon davor ein gewisser Trend abgezeichnet hat, wurde auch die Vorperiode (beginnend mit dem Jahr 2012) zum Vergleich herangezogen.

Wie anhand des Standortes in Abbildung 15 zu sehen ist, kam es bezüglich der erfassten Deponiegasmengen im gesamten Zeitraum von 2012 bis 2022 immer wieder zu Schwankungen. Im Jahr 2013 wurde die Deponiegaserfassung zwischenzeitlich aufgrund einer Neuverlegung der Gasleitungen sogar ganz ausgesetzt. Den Höhepunkt erreichten die erfassten Gasmengen im Jahr 2016, bevor sie bis zum Jahr 2020 kontinuierlich zurückgingen (rund -85 %). Mit der Sanierung der Gasleitungen und dem Austausch von schadhafte Leitungsteilen An-

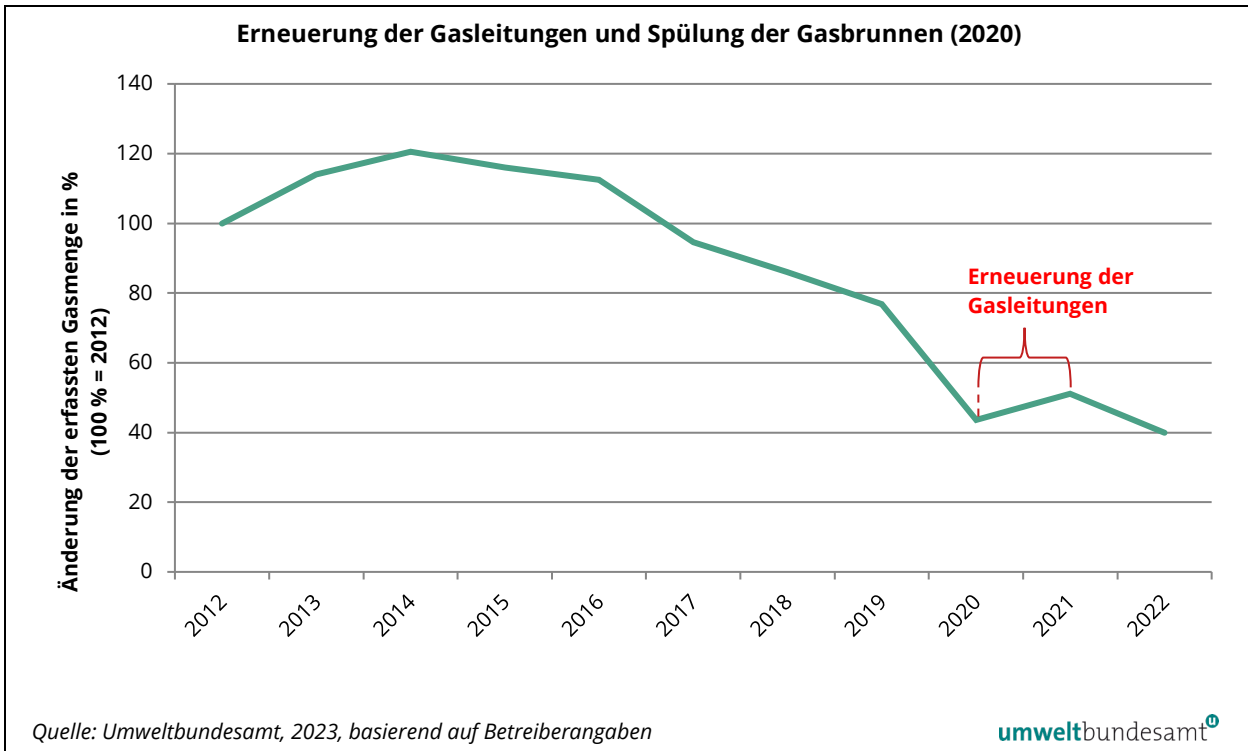
fang 2021 kam es in weiterer Folge wieder zu einem Anstieg der erfassten Deponiegasmengen. Von 2020 auf 2021 stiegen die Mengen um rund 267 % an und von 2021 auf 2022 war eine Zunahme von rund 9 % zu verzeichnen.

Abbildung 15: Erhöhung der erfassten Gasmengen durch Sanierung und Austausch von Sammelleitungen (in %).



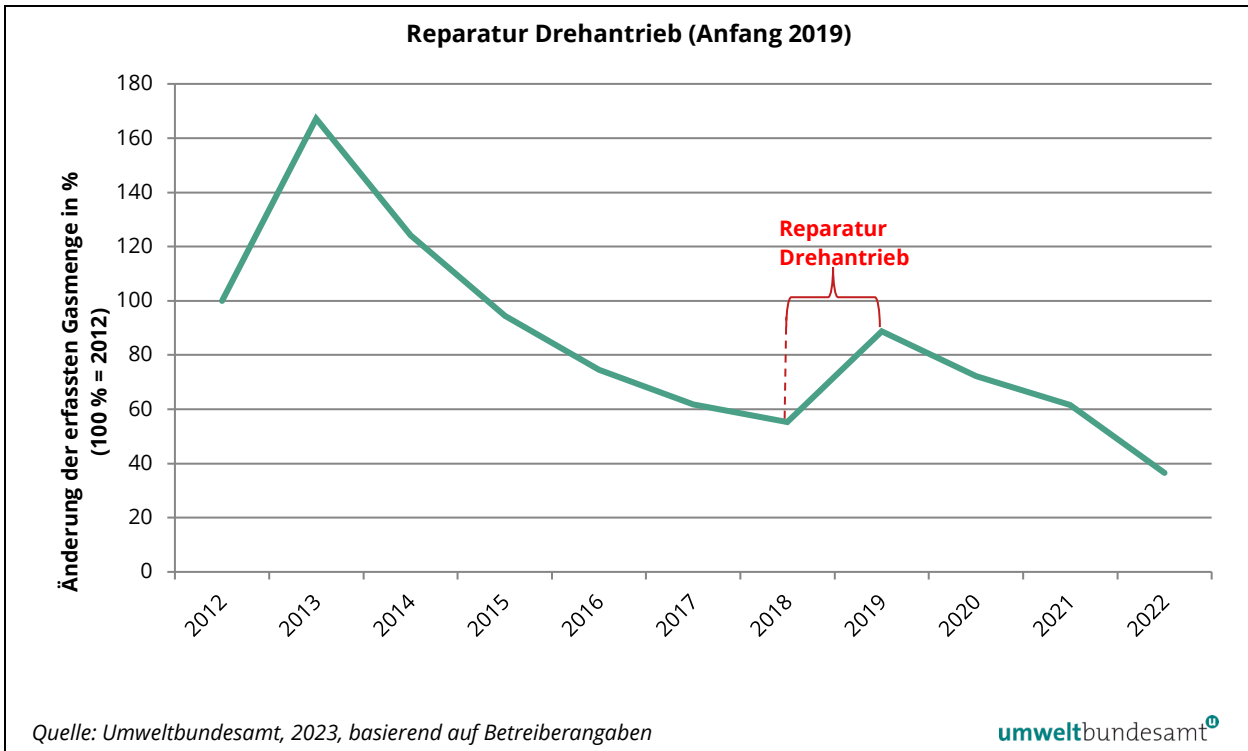
Beim Standort in Abbildung 16 zeigt sich der Höhepunkt der erfassten Deponiegasmengen bereits im Jahr 2014. Bis zum Jahr 2020 gingen die Deponiegasmengen um rund 64 % zurück. Durch die im selben Jahr gesetzten Maßnahmen, wie die Erneuerung von Gasleitungen bei diversen Brunnen und die Spülung einzelner vertikaler Gasbrunnen, konnten die erfassten Gasmengen kurzfristig im Jahr 2021 um rund 17 % erhöht werden. Im Jahr 2022 sanken die erfassten Gasmengen gegenüber dem Vorjahr aber wieder um rund 22 % und waren damit sogar unterhalb des Niveaus von 2020 (rund -8 %).

Abbildung 16: Erhöhung der erfassten Gasmenge durch Erneuerung der Gasleitungen und Spülung der Brunnen (in %).



Der Standort in Abbildung 17 verzeichnete bezüglich der erfassten Deponiegasmengen sein Maximum im Jahr 2013. Bis zum Jahr 2018 nahmen die erfassten Deponiegasmengen um rund 67 % ab. Nach Rücksprache mit dem entsprechenden Betreiber stellte sich heraus, dass es in jenem Jahr aufgrund eines Defektes des Drehantriebs (technischer Bauteil an der Luftklappe der Fackel) zu erhöhten Stehzeiten gekommen ist, weshalb in weiterer Folge auch die erfasste Gasmenge zurückging. Mit der Fertigstellung der Reparaturarbeiten Anfang 2019 konnte der Betrieb wieder wie gewohnt und ohne Zwischenfälle aufgenommen werden. Aufgrund der erhöhten Stehzeiten im Vorjahr hatte sich in der Zwischenzeit vermehrt Deponiegas angesammelt. Beide Faktoren führten zu einer Erhöhung der erfassten Deponiegasmengen im Jahr 2019 (rund 61 %). In den darauffolgenden Jahren gingen diese Mengen jedoch wieder kontinuierlich zurück. Im Vergleich zum Jahr 2019 haben die erfassten Deponiegasmengen im Jahr 2022 um rund 59 % abgenommen. Die Gasmengen befanden sich damit sogar unterhalb des Niveaus von 2018 (rund -34%).

Abbildung 17: Erhöhung der erfassten Gasmenge durch Reparatur des Drehantriebs (in %).



4.3 Fortführung der Fallbeispiele aus dem Vorgängerbericht

**Fallbeispiele
2013–2017**

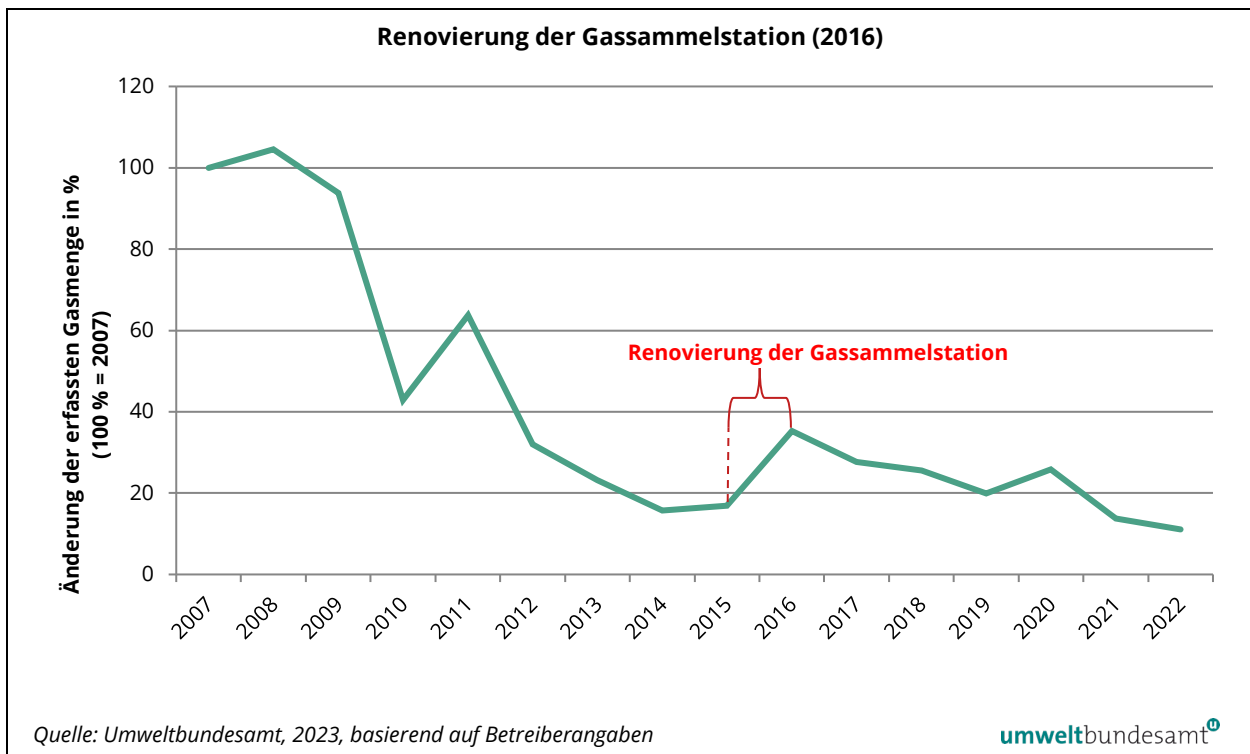
Auch im Vorgängerbericht wurden drei anonym gehaltene Anlagen ausgewählt, um einen Zusammenhang zwischen den gewählten Maßnahmen zur Erhöhung der erfassten Deponiegasmengen und den tatsächlichen Entwicklungen der erfassten Deponiegasmengen ziehen zu können. Neben dem damals aktuellen Untersuchungszeitraum (2013–2017) wurde zusätzlich die Vorperiode (ab dem Jahr 2007) zum Vergleich herangezogen, um sehen zu können, wie sich die erfassten Deponiegasmengen vor den entsprechenden Maßnahmen entwickelt hatten.

Da diese technischen Maßnahmen teilweise gegen Ende des damaligen Untersuchungszeitraumes (2016) stattgefunden haben, macht es Sinn, für diese drei Standorte die erfassten Deponiegasmengen fortzuführen. Auf diese Art und Weise können neben den kurzfristigen auch die langfristigen Auswirkungen der in der Vorperiode gesetzten Maßnahmen identifiziert werden.

Die Deponieanlage in Abbildung 18 zeigt bei den erfassten Deponiegasmengen von 2007 bis 2022 immer wieder Schwankungen auf. Im Jahr 2008 waren die erfassten Deponiegasmengen auf dem Höchststand. Bis zum Jahr 2014 nahmen diese Mengen um rund 85 % ab. Im darauffolgenden Jahr kam es wieder zu einer leichten Zunahme (rund +7 %) der erfassten Gasmengen. Durch die Reno-

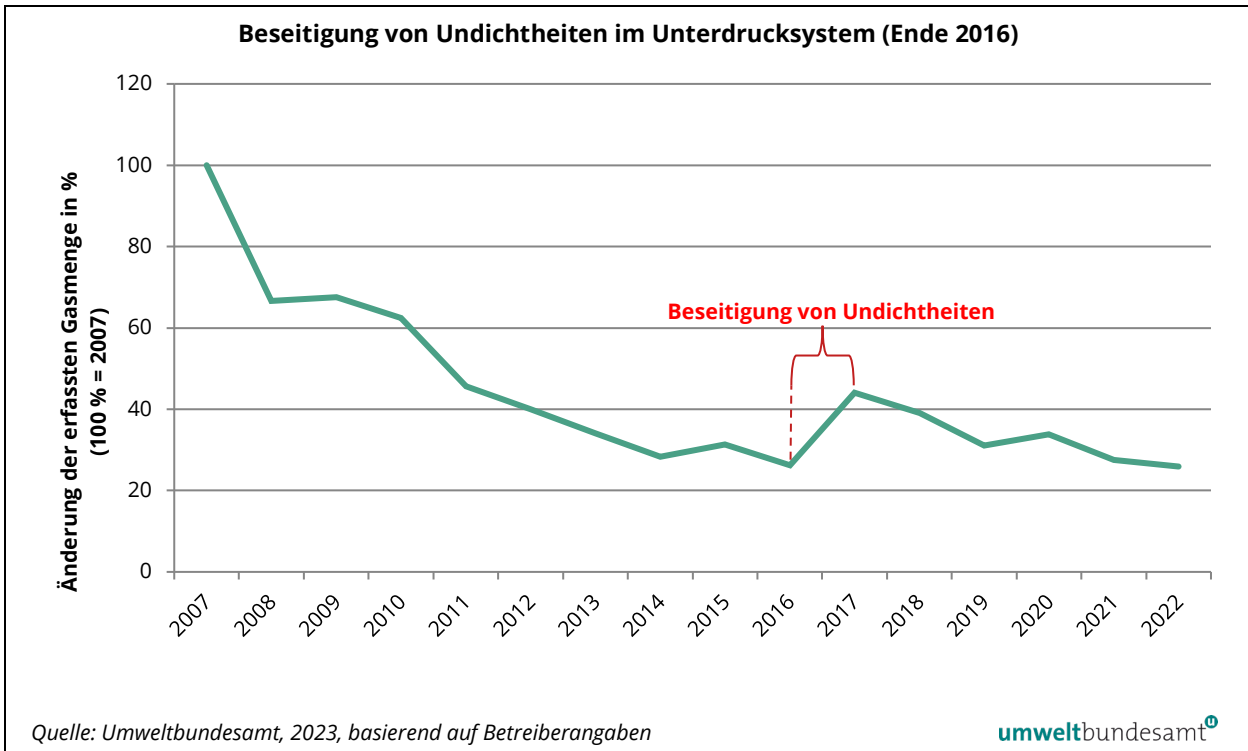
vierung der Gassammelstation im Jahr 2016 konnte die erfasste Gasmenge gegenüber dem Vorjahr nochmals deutlich erhöht werden (rund +109 %). In den darauffolgenden Jahren gingen diese Mengen jedoch wieder zurück. Lediglich im Jahr 2020 gab es gegenüber dem Vorjahr eine Zunahme um rund 30 %. Da im Zeitraum von 2018 bis 2022 jedoch keine Maßnahmen vom Betreiber gesetzt wurden, lässt sich diese zwischenzeitliche Zunahme lediglich auf äußere Bedingungen (z. B. erhöhte Niederschlagsmenge) zurückführen. In den Jahren 2021 und 2022 nahmen die erfassten Deponiegasmengen wieder kontinuierlich ab. Im Vergleich zum Hochstand im Jahr 2016 waren die erfassten Deponiegasmengen im Jahr 2022 um rund 69 % niedriger.

Abbildung 18: Erhöhung der erfassten Gasmenge durch Renovierung der Gassammelstation (in %).



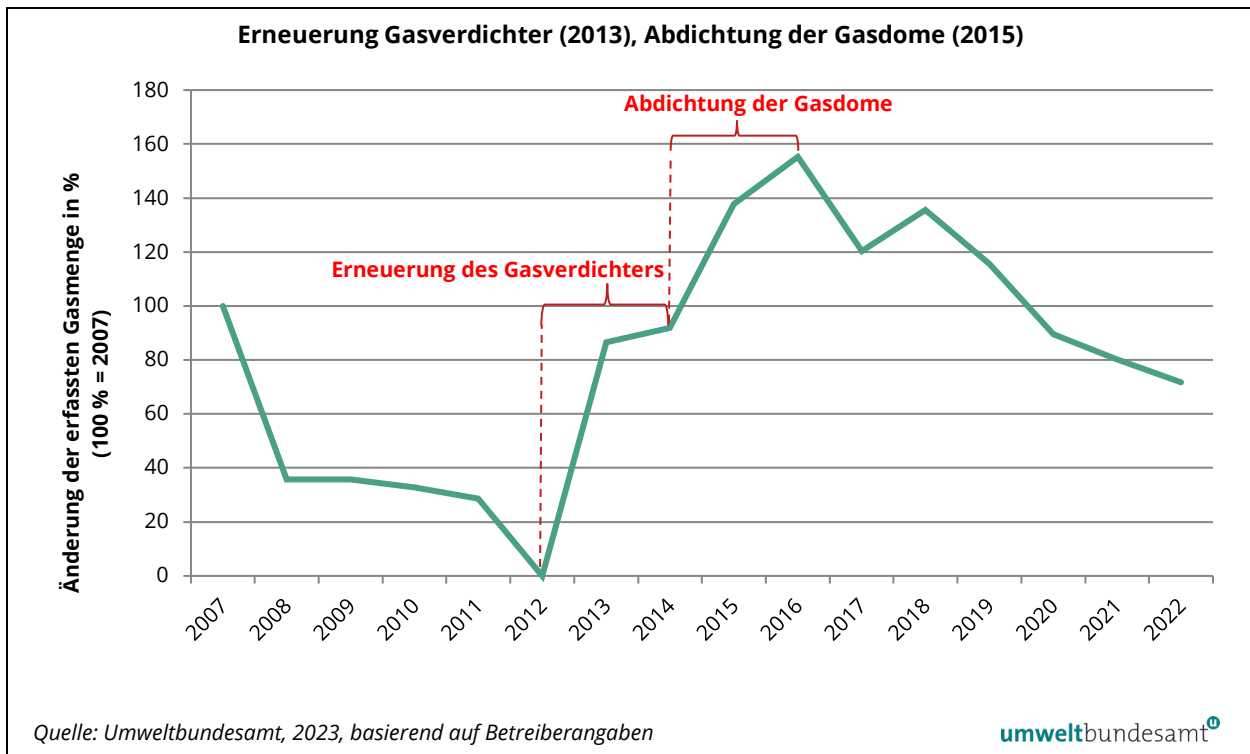
Die Anlage in Abbildung 19 hatte im Jahr 2007 das Maximum der erfassten Deponiegasmengen erreicht. Unter Berücksichtigung von ein paar Zwischenhochs zeigte sich seitdem ein Abwärtstrend. Bis zum Jahr 2014 gingen die erfassten Deponiegasmengen um rund 72 % zurück. Nach einer leichten Zunahme (rund +11 %) im darauffolgenden Jahr nahmen diese Mengen anschließend wieder ab (rund -16 %). Ende 2016 wurden im Unterdrucksystem der Gasregelstation Undichtheiten festgestellt und beseitigt. Im darauffolgenden Jahr kam es in weiterer Folge wieder zu einer deutlichen Zunahme (rund +68 %) der erfassten Deponiegasmengen. In den Folgejahren nahmen diese Mengen wieder langsam ab. Im Jahr 2020 kam es aufgrund äußerer Bedingungen (z. B. erhöhte Niederschlagsmenge) wieder zu einer leichten Zunahme (rund +9 %) der erfassten Deponiegasmengen. In den letzten beiden Jahren gingen diese Mengen aber wieder zurück. Im Jahr 2022 waren die erfassten Deponiegasmengen um rund 41 % niedriger als noch während des Hochstandes im Jahr 2017.

Abbildung 19: Erhöhung der erfassten Gasmenge durch Sanierung von Undichtheiten im Unterdrucksystem (in %).



Die erfassten Deponiegasmengen der Anlage in Abbildung 20 zeigten von 2007 bis 2012 eine starke Abnahme (-100 %). Im Jahr 2012 wurde die Erfassung von Deponiegas aufgrund der bevorstehenden Erneuerung des Gasverdichters (Wechsel von Seitenverdichter auf Radialverdichter) zwischenzeitlich eingestellt. Aufgrund der Erneuerung des Verdichtungssystems nahm die erfasste Deponiegasmenge in den Folgejahren entsprechend zu. Dank zusätzlicher Abdichtungsmaßnahmen rund um die Gasdome im Jahr 2015 konnten die erfassten Deponiegasmengen noch weiter erhöht werden, bis im Jahr 2016 der Höchststand erreicht wurde. Im Vergleich zum Jahr 2013 sind im Jahr 2016 die erfassten Deponiegasmengen um rund 79 % gestiegen. Von 2016 auf 2017 sanken diese Mengen um rund 23 % ab, bevor sie sich bis zum Jahr 2018 wieder um rund 13 % erhöhen konnten. Wie schon bei den anderen beiden Anlagen ist diese kurze Erholungsphase aber nicht auf Betreibermaßnahmen zurückzuführen, sondern aller Wahrscheinlichkeit nach durch äußere Einflüsse (z. B. erhöhte Niederschlagsmenge) bedingt. Von 2018 bis 2022 sanken die erfassten Deponiegasmengen kontinuierlich ab. Im Jahr 2022 waren die erfassten Deponiegasmengen um rund 54 % niedriger als noch während des Hochstandes im Jahr 2016.

Abbildung 20: Erhöhung der erfassten Gasmenge durch Erneuerung der Verdichterstation und Abdichtungsschritte (in %).



4.4 Fazit zu den getroffenen Maßnahmen

Einflussfaktoren

Wie anhand der insgesamt sechs Fallbeispiele zu sehen ist, führten die technischen Maßnahmen über einen kurzen Zeitraum von ein bis zwei Jahren zu einer Erhöhung der erfassten Deponiegasmengen. Diese Zunahme in den erfassten Deponiegasmengen ist nicht nur auf den Austausch alter sanierungsbedürftiger technischer Bestandteile mit neuen Ersatzteilen zurückzuführen. So haben Wartungsarbeiten in der Regel immer wieder Stehzeiten zur Folge, in denen kein Deponiegas erfasst wird und es dadurch zu einer Anreicherung von Deponiegas im Deponiekörper kommt. Sowohl das Mehrangebot an Deponiegas als auch die neuen Bauteile in vergleichsweise besserem technischen Zustand (u. a. Dichtheit, Leistungsfähigkeit) können eine Erhöhung des erfassten Volumensstroms bedingen.

Mit der Zunahme der erfassten Deponiegasmengen geht in weiterer Folge auch eine verzögerte Abnahme einher. Selbst nach einem erneuten Rückgang befinden sich die erfassten Deponiegasmengen in den Folgejahren meist auf einem höheren Niveau als noch zum Zeitpunkt vor der entsprechenden Maßnahme.

Die Entwicklungen der erfassten Deponiegasmengen sind nicht ausschließlich den gesetzten technischen Maßnahmen geschuldet. So kann die gebildete Gasmenge durch eine Vielzahl anderer Einflussfaktoren mitbestimmt werden. Dazu gehören die Art der abgelagerten Abfälle (z. B. organisch, nicht organisch), der

Zeitpunkt der Ablagerung (z. B. Winter, Sommer), die Wassergehalte in den verschiedenen Deponieabschnitten, die Art sowie Häufigkeit von Bewässerungsmaßnahmen, die jährliche Niederschlagsmenge und die Art der Oberflächenabdeckung.

Trotz dieser zahlreichen zusätzlichen Einflussfaktoren lässt sich die Aussage treffen, dass ohne die in diesem Kapitel aufgelisteten Maßnahmen die erfassten Deponiegasmengen geringer und somit die Gesamtemissionen an Treibhausgasen größer wären. Deshalb liefern die Deponiebetreiber mit ihren Maßnahmen einen wichtigen Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen, insbesondere im Sektor Abfallwirtschaft.

5 TEMPORÄRE ABDECKUNG UND MAßNAHMEN ZUR OPTIMIERUNG DES WASSERHAUSHALTES

Vorgaben der Deponieverordnung 2008

Gemäß § 29 (2) der Deponieverordnung 2008 ist bei Kompartimenten, in denen Abfälle mit hohen biologischen abbaubaren Anteilen abgelagert wurden (insbesondere Siedlungsabfälle), zur Steuerung des Wasserhaushaltes und zur Steigerung des Deponiegaserfassungsgrades eine temporäre Oberflächenabdeckung auf maximal 20 Jahre zu errichten. Zusätzlich wird in Anhang 3, Kapitel 6.1. angeführt, dass Bewässerungsmaßnahmen zu setzen sind, sofern der Wassergehalt für den Abbauprozess zu gering ist. Diese Maßnahmen sollen dabei helfen, biologische Abbauprozesse im Deponiekörper gezielt zu intensivieren (BGBl. II Nr. 39/2008, 2008).

resultierende Fragestellungen

Angelehnt an die Vorgaben der Deponieverordnung wurden folgende Punkte abgefragt:

- Welche Fläche wurde seit wann mit einer temporären Abdeckung versehen?
- Entspricht die temporäre Abdeckung den Vorgaben der Deponieverordnung 2008 (Anhang 3, Kapitel 6.1)?
- Wie groß ist die noch nicht abgedeckte Fläche und bis wann wird eine temporäre Abdeckung in diesen Bereichen erfolgen?
- Werden Bewässerungsmaßnahmen gesetzt und falls ja, welche Bewässerungssysteme (horizontal, vertikal etc.) kommen zum Einsatz?
- Gibt oder gab es Probleme bei der Bewässerung (z. B. Vernässung oder Stau, Wasserdurchbruch, Verlegung der Infiltrationssysteme)?
- Haben die temporäre Abdeckung und die allenfalls gesetzten Bewässerungsmaßnahmen zu einer Steigerung der erfassten Gasmengen geführt?

Rückmeldungen zur temporären Abdeckung und zu Bewässerungsmaßnahmen fielen lückenhaft aus. Das liegt vor allem daran, dass einige Anlagen trotz des Vorhandenseins einer temporären Oberflächenabdeckung keine Bewässerungsmaßnahmen gesetzt haben.

Die dargestellten Ergebnisse in den folgenden Unterkapiteln ermöglichen einen Einblick in die durchgeführten Praktiken der befragten Anlagenbetreiber, wenn es um die Steuerung des Wasserhaushaltes und die Steigerung des Deponiegaserfassungsgrades geht.

5.1 Temporäre Abdeckung

Betreiberangaben

Bezüglich der temporären Abdeckung lagen Informationen von 32 Anlagen vor. 14 dieser Anlagen verfügten im aktuellen Untersuchungszeitraum über keine temporäre Oberflächenabdeckung. Davon gaben vier Betreiber an, dass ihre Anlagen bereits vollständig abgedeckt sind.

Wenn man die temporären Abdeckungen der restlichen 18 Anlagen aufsummiert, kommt man auf eine Fläche von 67,6 ha für das Jahr 2022. Pro Deponie sind das rund 3,8 ha. Im Vergleich dazu betrug die Gesamtfläche der temporären Abdeckungen im Jahr 2017 nur 55,9 ha. Allerdings war im Jahr 2017 diese Gesamtfläche auf lediglich 13 Anlagen zurückzuführen, wodurch die temporär abgedeckte Fläche pro Deponie mit im Schnitt 4,3 ha etwas höher ausfiel.

Bei zehn der 18 Anlagen entsprach, den Betreiberangaben zufolge, die temporäre Oberflächenabdeckung den Vorgaben der EU. Diese zehn Anlagen nahmen im Jahr 2022 eine Fläche von rund 28,9 ha ein. Sechs Anlagenbetreiber gaben an, dass ihre Oberflächenabdeckung nicht den Vorgaben der Deponieverordnung entsprechen würde. Die temporäre Abdeckung dieser Anlagen nahm im Jahr 2022 eine Fläche von rund 31,9 ha ein. Bei den restlichen zwei Betreibern lagen bezüglich der Konformität mit den Vorgaben der Deponieverordnung keine Informationen vor (2017: 2,5 ha; 2022: 6,8 ha). Gemäß dem Vorgängerbericht dürfte zumindest einer dieser beiden Betreiber über eine temporäre Oberflächenabdeckung im Sinne der Deponieverordnung verfügen (Umweltbundesamt, 2019). Der zweite Betreiber besitzt erst seit 2018 eine temporäre Oberflächenabdeckung, weshalb für die Vorperiode diesbezüglich keine Informationen vorlagen.

Hinsichtlich zusätzlicher geplanter temporärer Abdeckungen liegen Informationen von elf Betreibern vor. Insgesamt sollen noch 36,1 ha an Deponieoberfläche in eine temporäre Abdeckung übergehen, davon 33,6 ha im Zeitraum von 2023 bis 2035. Ein Anlagenbetreiber behält sich noch offen, wann die restliche Abdeckung erfolgen soll. Ein weiterer Betreiber legte zwar fest, die noch offene Fläche mit 2035 temporär abzudecken, jedoch fehlten Angaben bezüglich dieser noch nicht abgedeckten Flächengröße.

5.2 Bewässerungsmaßnahmen

Betreiberangaben Insgesamt lagen bezüglich der Bewässerungsmaßnahmen Informationen von 40 Anlagen vor. Bei elf Anlagen wurden von den Betreibern diverse Bewässerungssysteme eingesetzt. Für eine dieser Anlagen lagen zwar Informationen vor, dass Bewässerungsmaßnahmen durchgeführt wurden, jedoch nicht darüber, welche Systeme diesbezüglich zum Einsatz kamen. Bei den zehn anderen Anlagenbetreibern kamen folgende Bewässerungssysteme zum Einsatz:

- Drei Betreiber setzten **horizontal flächige Systeme** ein. In einer dieser Anlagen wurde dieses System in Kombination mit vertikalen Schluckbrunnen eingesetzt. Ein weiterer Standort griff für die Bewässerungsmaßnahmen auf drei Systeme (horizontal flächig, horizontal linienförmig und vertikale Schluckbrunnen) zurück. Eine dieser Anlagen verwendete ausschließlich horizontal flächige Bewässerungssysteme.
- **Horizontal linienförmige Bewässerungssysteme** kamen bei insgesamt sieben Betreibern zum Einsatz. Davon kombinierten zwei Anlagenbetreiber

diese Systeme entweder ausschließlich mit vertikalen Schluckbrunnen oder, wie oben bereits erwähnt, mit vertikalen Schluckbrunnen und horizontal flächigen Bewässerungssystemen.

- **Vertikale Schluckbrunnen** kamen bei insgesamt vier Anlagen zum Einsatz. Diese Brunnen wurden entweder jeweils in Kombination mit horizontal flächigen Bewässerungssystemen, zusammen mit horizontal linienförmigen Bewässerungssystemen, in Kombination mit sowohl horizontal flächigen als auch horizontal linienförmigen Bewässerungssystemen oder als einziges Bewässerungssystem verwendet. Diesbezüglich ist darauf zu achten, dass sämtliche systemübergreifenden Bewässerungsmaßnahmen (z. B. vertikale Schluckbrunnen und flächige Bewässerungssysteme) oben bereits aufgelistet wurden.

Probleme beim Einsatz Zu den auftretenden Problemen bei Bewässerungsmaßnahmen lagen Angaben von insgesamt acht Betreibern vor. Davon haben drei Anlagenbesitzer gemeint, dass es keinerlei Probleme gegeben hat. Die restlichen fünf Anlagenbetreiber haben in diesem Zusammenhang Themen wie erschwerte Bewässerungsbedingungen aufgrund von Setzungen im Deponiekörper, das Ausbleiben von Sickerwasser aufgrund von Trockenheit, Wasserdurchbrüche, Stauvernässungen in einzelnen Sektoren und fehlende positive Auswirkungen auf die Gasbildung aufgelistet. Bei den restlichen Anlagenbetreibern wurden keine Bewässerungen durchgeführt.

Niederschlagsmengen Sämtliche Anlagen mit Bewässerungsmaßnahmen hatten im Untersuchungszeitraum einen Jahresniederschlag von unter 1.000 mm. Im Jahr 2022 betrug das österreichweite Flächenmittel rund 941 mm (GeoSphere Austria, 2023). Acht dieser Anlagen befinden sich in trockenen Gebieten mit einem Jahresniederschlag von 200 bis 800 mm. Die restlichen drei Anlagen wiesen einen Jahresniederschlag von 800 bis 950 mm auf. Trotz dieser Spannweite kann eine Tendenz für den Einsatz von Bewässerungssystemen an eher trockenen Standorten (Jahresniederschlag < 800 mm) erkannt werden.

Bei 29 Anlagen wurden im Untersuchungszeitraum keine Bewässerungsmaßnahmen durchgeführt. Ein Großteil (19) der Anlagen ohne Bewässerungssysteme befanden sich in Gebieten mit einem Jahresniederschlag von 800 bis 1.300 mm. Die restlichen zehn Deponien wiesen jährliche Niederschlagsmengen von 390 mm bis 800 mm auf.

5.3 Wirkung von temporären Abdeckungen und Bewässerungsmaßnahmen auf die Deponiegasbildung

Betreiberangaben Bezüglich der positiven Auswirkungen von temporären Oberflächenabdeckungen und der Bewässerungsmaßnahmen auf die Gasbildung lagen Angaben von insgesamt zehn Betreibern vor. Davon haben fünf Anlagenbesitzer behauptet, dass es keine nachweislichen Auswirkungen gegeben hat. Bei zwei Angaben

wurde hervorgehoben, dass ohne eine temporäre Oberflächenabdeckung die Gaserfassung nicht möglich sei. Die anderen drei Betreiber gaben an, dass aufgrund einer mit der Oberflächenabdeckung einhergehenden besseren Abdichtung weniger Gas in die Atmosphäre entweichen konnte und somit die erfassten Gasmengen zumindest in den Folgejahren gestiegen sind.

6 AEROBE IN-SITU-STABILISIERUNG

Vorgaben der Deponieverordnung 2008

Geht die Deponiegasproduktion so weit zurück, dass eine Verwertung oder Beseitigung (z. B. über eine Gasfackel) nicht mehr möglich ist, sind für eine beschleunigte Reduzierung der Restemissionen gezielte Maßnahmen zur aeroben in-situ-Stabilisierung zu setzen. Siehe hierzu Anhang 3, Kapitel 6.1 der Deponieverordnung 2008 (BGBl. II Nr. 39/2008, 2008).

Prozessbeschreibung

Im Rahmen der in-situ-Stabilisierung wird in der Regel Luft, beispielsweise über Gasbrunnen, in den Deponiekörper eingebracht. Die entstehende Abluft wird in dem Fall parallel abgesaugt und einer entsprechenden Behandlung (z. B. Schwachgasfackel) zugeführt. Damit laufen die biologischen Abbauprozesse hauptsächlich unter aeroben Verhältnissen ab. Es wird dadurch organischer Kohlenstoff abgebaut und hauptsächlich als Kohlenstoffdioxid (CO₂) ausgetragen. Durch die Aerobisierung der Deponiesegmente wird die Bildung von Methan unterbunden. Die ablaufenden biologischen Abbauprozesse können kontrolliert beschleunigt werden. Auf diese Art und Weise wird eine möglichst schnelle Überführung des Deponiekörpers in einen emissionsarmen Zustand ermöglicht (Abfallwirtschaft Landkreis Rottenburg, 2018).

Fragestellungen und Angaben der Betreiber

Im Rahmen der Studie wurde abgefragt, welche Maßnahmen zur gezielten aeroben in-situ-Stabilisierung im Untersuchungszeitraum gesetzt wurden bzw. für wann derartige Schritte geplant sind.

Insgesamt wurden von elf Anlagenbetreibern diesbezüglich Angaben gemacht. Der einzige Betreiber mit Maßnahmen zur aeroben in-situ-Stabilisierung führte im Rahmen eines Projektes gemeinsam mit Partnern Versuche zum Abbau und zur Umwandlung von Methan und Sauerstoff in Kohlendioxid und Wasser durch. Zehn weitere Betreiber setzten im aktuellen Untersuchungszeitraum keine Maßnahmen zur aeroben in-situ-Stabilisierung und haben auch keine Maßnahmen für die absehbare Zukunft geplant. Begründet wurde das unter anderem damit, dass noch genügend Methan für die Verbrennung zur Verfügung stehe und auch ein mögliches Durchführungsjahr noch nicht abschätzbar wäre. Ein weiterer Betreiber erklärte das Fehlen von Maßnahmen hingegen mit der langen Stilllegungsdauer des Deponiekörpers und der daraus resultierenden geringen Gasausbeute.

Aus den Antworten zu diesem Thema ergibt sich die Erkenntnis, dass die aerobe in-situ-Stabilisierung für die befragten Deponiebetreiber aktuell, aber auch in naher Zukunft, noch keine hohe Priorität besitzt und daher kaum berücksichtigt wird.

7 SCHLUSSFOLGERUNG

Die Studie zeigt den Status quo der Umsetzung von Anforderungen der Deponieverordnung im Hinblick auf die Erfassung und Behandlung der Deponiegase von österreichischen Massenabfalldeponien. Damit leistet die Studie einen wichtigen Beitrag zur Evaluierung der Emissionssituation bei Massenabfalldeponien im Bereich des Sektors Abfallwirtschaft für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur (OLI). Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Studie konnten nachfolgende Schlussfolgerungen gezogen werden.

Entwicklung der Deponiegasmengen und Methanfrachten

Der seit dem Jahr 2002 anhaltende **Rückgang an erfassten Deponiegasmengen und Methanfrachten** hat sich für den Zeitraum 2018–2022 fortgesetzt und wird sich auch in der Zukunft fortsetzen. Nicht nur das erfasste Deponiegas, sondern auch die gebildeten, oxidierten und emittierten Methanmengen werden dem bisherigen Abwärtstrend folgen. Die abnehmenden Deponiegasmengen resultieren an den Standorten vermehrt in einem Übersaugen von Deponiesegmenten und damit in einer Abnahme der Bildung von Methan.

Auswirkung geringerer Methangehalte auf die Behandlungswege

Das sich langfristig zeigende leichte **Absinken der Methangehalte in den erfassten Deponiegasen** kann eine höherwertige Verwertung (z. B. Verstromung) erschweren, wodurch vermehrt der Einsatz von z. B. Fackelanlagen mit einer Stützfeuerung notwendig wird. Auf längere Sicht werden die abnehmenden Deponiegasmengen und Methangehalte dazu führen, dass Behandlungs- und Verwertungsanlagen zunehmend überdimensioniert sind und Anlagenbetreiber auf Maßnahmen zur Schwachgasbehandlung (z. B. Schwachgasfackel) und in weiterer Folge auch zur Beseitigung von Restemissionen (in-situ-Stabilisierung) ausweichen werden müssen.

Wirkung von technischen Maßnahmen

Wie sich anhand der Fallbeispiele gezeigt hat, führen **technische Maßnahmen** wie die Sanierung von Sammelleitungen oder die Renovierung einer Gassammelstation in der Regel zumindest kurzfristig zu einer Steigerung des Gasertrags. Ein wichtiger langfristiger Effekt ist die daraus resultierende verzögerte Abnahme der erfassten Deponiegasmengen. Ergänzende Schritte, wie temporäre Oberflächenabdeckungen und Bewässerungsmaßnahmen, können den Erfassungsgrad zusätzlich noch steigern. Ohne die durch die Betreiber gesetzten Maßnahmen hätte sich das erfasste Deponiegas in den Folgejahren auf einem niedrigeren Niveau als bisher bewegt. Daher ist der Einsatz von technischen Maßnahmen zur Erhöhung der erfassten Deponiegasmengen auch in Zukunft sinnvoll.

aerobe in-situ-Stabilisierung

Im aktuellen Untersuchungszeitraum (2018–2022) hat nur ein einziger Betreiber Maßnahmen zur Beseitigung von **Restemissionen im Deponiekörper** durchgeführt. Betreiber von Massenabfalldeponien sollen die aerobe in-situ-Stabilisierung zukünftig stärker aufgreifen und implementieren. Früher oder später wird das erfasste Deponiegas einen so niedrigen Methangehalt aufweisen, dass eine energetische Verwertung oder ein Abfackeln nicht mehr möglich ist. Wenn dieser Fall eingetreten ist, sind zur beschleunigten Reduzierung der Restemissio-

nen Maßnahmen zur aeroben in-situ-Stabilisierung zu setzen.⁶ Andernfalls besteht die Gefahr, dass die Entlassung der Deponie aus der Nachsorgephase verzögert wird.

⁶ Entsprechend Anhang 3, Kapitel 6.1 der Deponieverordnung 2008.

8 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

| | |
|--------------------------|--|
| a..... | Jahr |
| EDM | Elektronisches Datenmanagement |
| GWP ₁₀₀ | Global Warming Potential bezogen auf 100 Jahre |
| HTF | Hochtemperaturfackel |
| Nm ³ | Normkubikmeter |
| OLI | Österreichische Luftschadstoff-Inventur |
| Zareg | Zentrales Anlagenregister |

9 LITERATURVERZEICHNIS

- ABFALLWIRTSCHAFT LANDKREIS ROTTENBURG, Hg., 2018. *Aerobe in situ Stabilisierung der Deponie Helvesiek. Eine Umweltschutzmaßnahme mit Förderung der Nationalen Klimaschutzinitiative* [online]. IFAS - Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft. Hamburg [Zugriff am: 30. August 2023]. Verfügbar unter: <https://www.lk-awr.de/media/veroeffentlichungen/NKI-Foerderung-Basisinfos-Stand-26.11.2018.pdf>
- AMANN, A., T. BOGOLTE, M. D. SANTOS, I. HAGENAUER, M. HUBER-HUMER, W. PAULINY, T. REICHENAUER und A. WATZINGER UND B. WIMMER, 2008. *Leitfaden Methanoxidationsschichten. Erstellt im Rahmen der ÖVA-Arbeitsgruppe „Leitfaden Methanoxidationsschichten“* [online]. Wien [Zugriff am: 21. September 2023]. Verfügbar unter: http://www.altlastenmanagement.at/home/documents/ak_tl/Leitfaden_Methanox%20.docx.pdf
- BGBL. II NR. 39/2008, 2008. *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien. Deponieverordnung 2008 - DVO 2008* [online] [Zugriff am: 6. September 2023]. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/20005653/DVO%202008%2c%20Fassung%20vom%2006.09.2023.pdf>
- GEOSPHERE AUSTRIA, 2023. *Klimamonitoring* [online]. *Jahressumme des Niederschlags für 2022* [Zugriff am: 20. September 2023]. Verfügbar unter: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/klimamonitoring/?param=rr&period=period-y-2022>
- UMWELTBUNDESAMT, 2004. *Erfassung von Deponiegas. Statusbericht von österreichischen Deponien*. Wien. Reports. REP-0238.
- UMWELTBUNDESAMT, 2008. *Erfasste Deponiegasmengen auf österreichischen Deponien - Zeitreihe für die Jahre 2002 bis 2007*. Wien. Reports. REP-0100.
- UMWELTBUNDESAMT, 2014. *Stand der temporären Abdeckung von Deponien und Deponiegaserfassung*. Wien. Reports. REP-0484.
- UMWELTBUNDESAMT, 2019. *Deponiegaserfassung 2013-2017*. Wien. Reports. REP-0679.
- UMWELTBUNDESAMT, 2023. *Austria's National Inventory Report 2023*. Wien. Reports. REP-0852.

10 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | | |
|---------------|---|----|
| Abbildung 1: | Erfasste Deponiegasmengen (in m ³ /a) und Methanfrachten (in t/a) von 1990 bis 2022. | 8 |
| Abbildung 2: | Erfasste Deponiegasmengen in den Jahren 2018 bis 2022 (in m ³ /a). | 21 |
| Abbildung 3: | Summenkurve der erfassten Deponiegasmengen einzelner Standorte 2022 (nach Größe geordnet in %). | 22 |
| Abbildung 4: | Veränderung der Methankonzentrationen zwischen 2018 und 2022 (in %). | 23 |
| Abbildung 5: | Erfasste Methanfrachten von 2018 bis 2022 (in t/a). | 24 |
| Abbildung 6: | Behandelte Deponiegasmengen von 2018 bis 2022 (in m ³ /a). | 27 |
| Abbildung 7: | Relative Anteile der Behandlungswege am gesamt behandelten Deponiegas von 2018 bis 2022 (in %). | 27 |
| Abbildung 8: | Behandelte Methanmengen von 2018 bis 2022 (in t/a). | 28 |
| Abbildung 9: | Veränderung der Methankonzentrationen bei Anlagen mit energetischer Verwertung zwischen 2018 und 2022 (in %). | 29 |
| Abbildung 10: | Veränderung der Methankonzentrationen bei Anlagen mit Hochtemperaturfackel zwischen 2018 und 2022 (in %). | 30 |
| Abbildung 11: | Erfasste Deponiegasmenge von 1990 bis 2022 (in m ³ /a). | 31 |
| Abbildung 12: | Erfasste Methanfrachten von 1990 bis 2022 (in t/a). | 32 |
| Abbildung 13: | Veränderung der erfassten Deponiegasmengen und der Methanfrachten von 1990 bis 2022 (in %) [Im Zeitraum 1990 bis 2001 wurde ein konstanter Methangehalt angenommen, daher identischer Verlauf der beiden Indikatoren]. | 33 |
| Abbildung 14: | Veränderung der gebildeten, erfassten, oxidierten und emittierten Methanmengen (t/a). | 35 |
| Abbildung 15: | Erhöhung der erfassten Gasmengen durch Sanierung und Austausch von Sammelleitungen (in %). | 40 |
| Abbildung 16: | Erhöhung der erfassten Gasmenge durch Erneuerung der Gasleitungen und Spülung der Brunnen (in %). | 41 |
| Abbildung 17: | Erhöhung der erfassten Gasmenge durch Reparatur des Drehantriebs (in %). | 42 |
| Abbildung 18: | Erhöhung der erfassten Gasmenge durch Renovierung der Gassammelstation (in %). | 43 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 19: Erhöhung der erfassten Gasmenge durch Sanierung von Undichtheiten im Unterdrucksystem (in %). | 44 |
| Abbildung 20: Erhöhung der erfassten Gasmenge durch Erneuerung der Verdichterstation und Abdichtungsschritte (in %). | 45 |

11 TABELLENVERZEICHNIS

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Erfasste Deponiegasmengen 2018–2022 (in m ³ /a). | 21 |
| Tabelle 2: Erfasste Methanfrachten von 2019 bis 2022 (in t/a). | 23 |
| Tabelle 3: Maßnahmen zur Verbesserung der Gaserfassung 2018–2022..... | 38 |

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at

In der vorliegenden Studie wurden die Erfassung und Behandlung von Deponiegas bei 48 Massenabfalldeponien über den Untersuchungszeitraum 2018-2022 betrachtet. In weiterer Folge wurde die zuvor von 1990 bis 2017 geführte Zeitreihe bis zum Jahr 2022 erweitert.

Neben den erfassten sowie behandelten Deponiegasmengen wurden auch Informationen über die von den Deponiebetreibern durchgeführten Maßnahmen zur Erhöhung der Deponiegaserfassung sowie über das Ausmaß temporärer Oberflächenabdeckungen, Bewässerungsmaßnahmen und Vorkehrungen zur Reduzierung von Restemissionen erhoben.

Im Rahmen der Schlussfolgerung erfolgt eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse sowie ein kurzer Ausblick über die zukünftige Entwicklung der erfassten Deponiegasmengen und die von den Betreibern zu setzenden Maßnahmen im Umgang mit den verbleibenden Deponiegas.