

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREEmissionsminderung
Deponiegas
Deponiegasverwertung und -behandlung
Emission control
Landfill gas
Utilisation and treatment of landfill gasVDI 3899
Blatt 1 / Part 1Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.

This draft of this standard has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	4
2 Begriffe	4
3 Abkürzungen	5
4 Rechtliche Grundlagen	5
5 Grundlagen der Entgasung	7
5.1 Theoretischer zeitlicher Verlauf der Deponiegasbildung	7
5.2 Erfassung von Deponiegas	9
5.3 Zusammensetzung	12
5.4 Sicherheitsgerichtete Überwachung der Gaszusammensetzung	13
5.5 Betreuung der Deponie und des Deponieentgasungssystems	15
6 Verfahren zur Behandlung und Verwertung von Deponiegas	18
6.1 Gaskonditionierung	18
6.2 Behandlung und Verwertung des Gases	19
6.3 Biologische Verfahren	19
6.4 Thermische Verfahren	21
6.5 Kraftmaschinen	26
6.6 Vergleichende Darstellung der Anwendungsbereiche der Verfahren	29
6.7 Sonstige Verfahren	30
7 Entstehung, Vermeidung und Verminderung von Emissionen	30
7.1 Entstehung von Abgasemissionen	30
7.2 Maßnahmen zu Emissionsminderung	33
8 Anleitung für Emissionsmessungen	34
Schrifttum	39

Contents	Page
Preliminary note	2
Introduction	2
1 Scope	4
2 Terms and definitions	4
3 Abbreviations	5
4 Legal basis	5
5 Fundamentals of landfill gas extraction	7
5.1 Theoretical time line of landfill gas production	7
5.2 Landfill gas collection	9
5.3 Composition	12
5.4 Safety monitoring of the gas composition	13
5.5 Maintenance of the landfill site and the LFG extraction system	15
6 Landfill gas treatment and utilisation technologies	18
6.1 Gas conditioning	18
6.2 Gas treatment and utilisation	19
6.3 Biological processes	19
6.4 Thermal technologies	21
6.5 Prime movers	26
6.6 Comparison of applicability ranges of the individual technologies	29
6.7 Other technologies	30
7 Formation, prevention and control of emissions	30
7.1 Formation of air emissions	30
7.2 Emission control measures	33
8 Emission measurement instructions	34
Bibliography	39

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL
Fachbereich UmweltschutztechnikVDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 2: Emissionsminderung I
VDI-Handbuch Energietechnik

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3899.

Einleitung

Deponiegas entsteht durch biologische Abbauprozesse biogen-organischer Abfallbestandteile unter anaeroben Bedingungen im Deponiekörper. Es ist ein Gemisch, das etwa zur Hälfte aus Methan und Kohlenstoffdioxid und einer Vielzahl von Spurenstoffen besteht. Austretendes Deponiegas kann Mensch, Fauna und Flora sowie Bauwerke und technische Einrichtungen im Umfeld einer Deponie gefährden oder beeinträchtigen. Des Weiteren ist Deponiegas – aufgrund des hohen Potenzials des Methans – eine bedeutende Emissionsquelle für Treibhausgasemissionen.

Seit Anfang der 1990er-Jahre fordern in Deutschland rechtliche Vorgaben Maßnahmen zur Minderung und Vermeidung der Gasemissionen aus Deponien. Sofern in Deponien eine signifikante Gasbildung stattfindet, ist das Deponiegas zu fassen und zu behandeln. Soweit möglich soll dies unter Nutzung des Energiegehalts des Deponiegases erfolgen. In der Praxis kommen bei Deponien mit ergiebiger Gasbildung überwiegend Gasmotoranlagen zur Stromerzeugung und – sofern eine Energienutzung nicht möglich ist – Hochtemperaturfackeln zum Einsatz.

Seit Juni 2005 ist die Ablagerung von biologisch abbaubaren Abfällen in Deutschland stark begrenzt, sodass die nach diesem Zeitpunkt abgelagerten Abfälle nur unwesentlich zur Deponiegasbildung beitragen. Auch wurden bereits in den Jahren vor 2005 hunderte ehemalige Hausmülldeponien geschlossen. Die Gasbildung in deutschen Deponien erfolgt ausschließlich aus älteren Ablagerungen und ist daher mit voranschreitendem biologischem Abbau rückläufig. Aufgrund der

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/3899.

Introduction

Landfill gas is a byproduct of biological decomposition of biogenic organic waste components under anaerobic conditions in the landfill body. It is a gas mixture comprised of roughly 50 % methane, 50 % carbon dioxide and a variety of trace compounds. If released to the atmosphere, landfill gas may pose hazards or a nuisance to humans, fauna and flora and cause damage to buildings and technical facilities. Due to the high global warming potential of methane, landfill gas is also a major source of greenhouse gas emissions.

In Germany, statutory regulations requiring the reduction and prevention of gas emissions from landfill sites have been in place since the beginning of the 1990s. Where significant gas production occurs at landfill sites, the landfill gas must be collected and treated, recovering its energy content to the extent practicable. In practice, landfill sites with high gas production rates predominantly use combustion engine plants for electricity generation. Where energy recovery is not feasible, the extracted landfill gas is disposed of via high-temperature flares.

Since June 2005, landfilling of biodegradable waste has been severely restricted in Germany so that waste deposited after that time makes only a minor contribution to landfill gas production. Moreover, hundreds of former municipal solid waste landfill sites were already closed down in the years before 2005. Gas production at German landfills sites stems exclusively from older waste deposits and is therefore declining as the biological decomposition of the waste progresses. Due to the

rückläufigen Gasmengen und der sinkenden Methangehalte im gefassten Deponiegas gelangen die klassischen Deponiegasbehandlungsverfahren (z.B. Gasmotor, Fackel) auf vielen Standorten zunehmend an ihre Einsatzgrenzen. Aus Gründen des Klimaschutzes ist eine weitergehende Fassung des Deponiegases und dessen Behandlung gefordert. Mehrere Firmen haben daher in den letzten Jahren Verfahren entwickelt, mit denen auch Deponiegas in geringerer Menge und mit geringeren Methangehalten (sogenanntes Schwachgas) behandelt werden kann.

Zum Betrieb des Entgasungssystems und der Deponiegasnutzung bzw. -behandlung mit Gasmotoren und Fackeln bei Deponien mit starker Gasbildung liegen jahrzehntelange Erfahrungen vor; hier hat sich eine gute fachliche Praxis etabliert. Schwachgasbehandlungsverfahren ergänzen seit einigen Jahren das Spektrum der Deponiegasbehandlung. Die Betriebserfahrungen sind bislang auf einen vergleichsweise geringen Zeitraum und eine überschaubare Anlagenzahl begrenzt. Die Richtlinienreihe VDI 3899 fasst den aktuellen Entwicklungsstand von Deponiegaserfassung, -wertung und -behandlung zusammen.

Durch den Ausbau der Deponiegaserfassung und die Umsetzung des Ablagerungsverbots für biologisch abbaubare Abfälle konnten nach den Berechnungen des Umweltbundesamts im NIR 2012 [1] die Methanemissionen der Deponien von 1,7 Mio. t im Jahr 1990 auf 0,4 Mio. t im Jahr 2010 reduziert werden. Mit dieser Emissionsminderung von 27 Mio. Jahrestonnen CO₂-Äquivalente, die ca. 3 % der gesamten Treibhausgasemissionen Deutschlands im Jahr 1990 entspricht, leistet die Abfallwirtschaft bereits heute einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz.

Mit den biologischen Abbauprozessen in den Deponien werden gemäß NIR 2012 derzeit noch jährlich ca. 800 000 t Methan gebildet; hiervon emittieren trotz Fassung und Behandlung etwa die Hälfte in die Atmosphäre. Diese biologischen Abbauprozesse und die damit verbundene Methanbildung werden erst in einigen Jahrzehnten vollständig zum Erliegen kommen. Der Einsatz, der Ausbau und die Weiterentwicklung der Deponiegastechnik sind daher aus Klimaschutzgesichtspunkten auch weiterhin von zentraler Bedeutung.

Die Treibhauswirkung einer Tonne Methanemission entspricht 25 t Kohlenstoffdioxid aus fossilen Kohlenstoffquellen. Ist der Kohlenstoff im CO₂ – wie bei Bestandteilen oder Verbrennungsprodukten des Deponiegases – biogener Herkunft, wird das CO₂ als treibhausgasneutral eingestuft, da diese Emissionen keine Anreicherung der Biosphäre mit fossilem

diminishing gas production rates and falling methane levels of the captured landfill gas, conventional landfill gas treatment technologies (e.g. gas engine, flare) are increasingly reaching their practical limits at many sites. For reasons of climate protection, extended capture and treatment of the landfill gas is, however, required. Against this background, technologies that also allow the treatment of low-volume low-methane landfill gas streams have been developed by several companies over the past few years.

For landfills with high gas yields, decades of operating experience are available for the gas collection system and gas utilisation and treatment by engines and flares respectively. Here, good management practice has become established. In recent years, lean gas treatment techniques have been complementing the spectrum of landfill gas treatment technology. Operating experience with such techniques is so far limited to a relatively short period and a small number of plants. The series of standards VDI 3899 summarises the current state of the art of landfill gas collection, utilisation and treatment.

According to calculations of the German Federal Environmental Agency published in the NIR 2012 [1], methane emissions from landfill sites have been reduced from 1,7 million tons in 1990 to 0,4 million tons in 2010 through the construction of landfill gas collection systems and the implementation of a landfill ban on biodegradable waste. With this emission reduction of 27 million tpa of CO₂ equivalents accounting for approximately 3 % of the total greenhouse gas emissions in Germany in 1990, the waste management sector is already making a major contribution to climate protection.

According to the NIR 2012, biological decomposition processes at landfill sites currently still generate some 800 000 tons of methane per year, of which approximately 50 % is emitted to the atmosphere despite capture and treatment. It will still take several decades before these biological decomposition processes and the resulting methane formation come to a complete halt. From climate protection aspects, the application, extension and further development of landfill gas technology will therefore continue to be of key importance.

The greenhouse gas effect of one ton of methane emissions is equivalent to 25 tons of carbon dioxide from fossil carbon sources. If the carbon in the CO₂ is of biogenic origin – as is the case with the components or combustion products of landfill gas – CO₂ emissions are classified as climate-neutral as they do not affect fossil carbon concentrations in the

Kohlenstoff verursachen. Die primäre Zielstellung in Bezug auf den Klimaschutz ist die Fassung des Deponiegases und die Umwandlung des Methans zu deutlich weniger klimaschädlichem Kohlenstoffdioxid. Die energetische Nutzung von Deponiegas mindert durch die Substitution fossiler Energieträger zusätzlich die Emission von Treibhausgasen. Die Minderungseffekte durch die energetische Nutzung sind jedoch deutlich geringer als die Klimaschutzeffekte der Deponiegaserfassung und -behandlung. Eine Fassung und Behandlung des Deponiegases ist aus Klimaschutzgründen auch bei Deponien, auf denen eine Deponiegasnutzung aufgrund rückläufiger Gasmengen und Methangehalte nicht mehr möglich ist, in der Regel noch über längere Zeiträume erforderlich.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt für solche oberirdischen Deponien oder Abtablagerungen, in denen aufgrund der Zusammensetzung der abgelagerten Abfälle mit der Bildung von signifikanten Mengen methanhaltiger Gase gerechnet werden muss. Schwerpunktartig werden technische Verfahren und Anlagen zur Behandlung und Nutzung des Deponiegases beschrieben. Die Richtlinie dient als Arbeitshilfe bei der Wahl einer optimal an die jeweiligen Deponiegasmengen und Methangehalte angepassten verfahrenstechnischen Lösung.

atmosphere. The primary objective with regard to climate protection is the capture of the landfill gas and conversion of the methane to carbon dioxide which has a significantly lower global warming potential. By substituting fossil energy sources, energy recovery from landfill gas has the additional effect of reducing greenhouse gas emissions. The mitigation effects achieved through landfill gas-to-energy conversion are, however, significantly less pronounced than the climate protection effects achieved through landfill gas capture and treatment. For reason of climate protection, landfill gas capture and treatment will generally be required for many years into the future even at sites where landfill gas utilisation is no longer practicable due to declining gas production rates and methane concentrations.

1 Scope

This standard applies to above-ground landfills or closed landfill sites where the formation of significant amounts of methane-containing gases is to be expected due to the decomposition of the deposited waste. It focuses on processes and systems for the treatment and utilisation of landfill gas. This standard is intended to provide guidance for the selection of a technology solution optimally matched to the specific landfill gas production rates and methane concentrations.