

## E 2-18 Geotechnische Belange der Deponieentgasung

April 2021

### 1 Allgemeines

Aus Altdeponien und Altablagerungen austretendes Gas kann Mensch, Fauna und Flora sowie Bauwerke und technische Einrichtungen im Umfeld der Deponie gefährden oder beeinträchtigen, entweder durch die Verdrängung von Luft oder infolge seiner explosiblen und brennbaren Eigenschaften. Des Weiteren sind Altdeponien und Altablagerungen eine erhebliche Emissionsquelle anthropogener und klimawirksamer Methanemissionen. Darum ist Deponiegas zu fassen und zu verwerten bzw. zu behandeln, soweit dies technisch möglich und sinnvoll ist.

Seit 2005 dürfen gemäß Deponieverordnung (DepV 2009) nur noch vorbehandelte oder biologisch vergleichsweise inaktive Abfälle deponiert werden, die somit keine Bildung von mit aktiven Maßnahmen behandelbaren Deponiegasmengen mehr erwarten lassen. Jedoch sind gasproduzierende Altdeponien immer noch Gegenstand von Baumaßnahmen, so dass die Kenntnis über den Stand der Technik einer Gasfassung erforderlich ist.

Nach E 2-1 und E 2-2 sind bei der Planung zur Sicherung bzw. Sanierung von Altdeponien oder Altlasten, die Deponiegas emittieren, grundsätzlich die folgenden Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Maß und Dauer der geforderten Emissionsbeherrschung
- spätere Flächennutzung und/oder Rekultivierungsabfolge
- geotechnische Belange der Deponiegasfassung und -entsorgung
- zeitlicher Ablauf der Baumaßnahmen unter Berücksichtigung der Entgasung
- Schutz bei Gefahr von Schadstoffaustritten
- Arbeitsschutz

Gegenstand der hier vorliegenden Empfehlung sind die geotechnischen Gesichtspunkte des Aufbaus von Fassungs- und Ableitungselementen für Deponiegas sowie der Kondensatabscheidung bei Altdeponien aus Siedlungsabfall, die vor 2005 entstanden sind und noch Deponiegas emittieren. Zur Schließung und Rekultivierung von Altdeponien sind entsprechende Untersuchungen und Vorkehrungen zu treffen, um Deponiegas sicher zu fassen und nach Möglichkeit einer Verwertung zuzuführen. Für die Gasfassung in Sonderabfalldeponien oder in Industrieabfalldeponien alten Standards gelten die hier mitgeteilten geotechnischen Grundsätze sinngemäß, sie sind ggf. anzupassen.

In der 2009 außer Kraft gesetzten TA Siedlungsabfall (1993), Anhang C „Deponiegaserfassung, -behandlung und -untersuchung bei Altdeponien“ wurden konkrete Anforderungen an die Fassungs- und Sammelsysteme sowie an die Wirkungskontrolle

der aktiven Deponieentgasung beschrieben. Des Weiteren wird auf die Sicherheitsregeln für Deponien und des Ex-Schutzes des DGUV (2001, 2006, 2021) verwiesen. Weitergehende, bei der Planung von Entgasungssystemen zu berücksichtigende, deponiegastechnische Aspekte sind nicht Bestandteil dieser Empfehlung. Die z. B. für Voruntersuchungen relevanten Messverfahren für Gasaustritte an der Deponieoberfläche, im Deponiekörper und in der nahen Umgebung von Deponien können den VDI-Richtlinien 3860 Blätter 3 und 4 bzw. 3790 Blatt 2 entnommen werden. Die VDI-Richtlinie 3889 Blatt 1 beschreibt den Stand der Technik bei der weitergehenden Verwertung und Behandlung von Deponiegas. Zur Ausführung von Rohren, Schächten und Bauteilen in Deponien ist die SKZ/TÜV-LGA Güterrichtlinie (2017) maßgeblich.

## **2 Entstehung und Zusammensetzung von Deponiegas**

Gase können bei chemischen und biologischen Reaktionen von Abfallstoffen entstehen. In Siedlungsabfalldeponien aus biologisch abbaubaren Abfällen entsteht infolge der Umsetzung biogener Organik unter sauerstofffreien (anaeroben) Bedingungen Deponiegas mit einem Mischungsverhältnis von ca. 55-65 Vol. % Methan und 35-45 Vol. % Kohlendioxid. Der Anteil anderer gasförmiger Verbindungen beträgt i. d. R. nicht mehr als 2 Vol. %. Wenn er hiervon signifikant abweichend > 10 Vol. % beträgt, ist davon auszugehen, dass er im Wesentlichen aus Stickstoff besteht. Stickstoff gelangt mit der Luft, z. B. durch Übersaugen in den Abfallkörper. Noch enthaltener Luftsauerstoff wird weitgehend von Mikroorganismen veratmet oder zur Methanoxidation verbraucht.

Deponiegas entsteht aus biologisch abbaubaren Abfällen in allen Tiefenbereichen einer Deponie. Infolge Auflast und mechanischer Verdichtung ist jedoch die Gaswegsamkeit in größerer Tiefe geringer.

Weitere Erläuterungen zur Entstehung und zum Wirkungspotenzial von Deponiegas sind der einschlägigen Literatur zu entnehmen.

## **3 Grundsätze für Deponiegas - Erfassungssysteme**

Deponiegaserfassung und Deponiegasbehandlung sind erforderlich, um von der Deponie ausgehende gasförmige Emissionen soweit wie technisch möglich zu vermindern sowie Brand- und Explosionsgefahren und Beeinträchtigungen der Deponieumgebung zu verhindern.

„Eine zufrieden stellende Gaserfassung lässt sich nur mit Hilfe der aktiven Entgasung erreichen. Die passive Entgasung, bei der das Deponiegas durch Eigendruck entweicht, ist nur bei Altdeponien mit sehr geringem Gasaufkommen in Betracht zu ziehen“ (TA Siedlungsabfall, Anhang C, Ziffer 3.). Dieser Grundsatz gilt für Planung, Bau und Betrieb der Gaserfassungs- und Gasbehandlungsanlagen.

Es gibt unterschiedliche Konzepte der aktiven Deponiegaserfassung. Mit welchem Konzept im Einzelfall die beste Wirkung erzielt werden kann, ist aufgrund von Untersuchungen der aktuellen Situation bei der betreffenden Deponie - ggf. in Verbindung mit einem Probebetrieb - durch einen Sachverständigen für Deponieentgasung zu entscheiden. Dabei können neben den Fragen der Sicherheit und des Umweltschutzes auch wirtschaftliche Aspekte der Energie- oder Abwärmenutzung eine wichtige Rolle spielen. Die gängige Variante besteht darin, das entstehende Deponiegas mit geringem Unterdruck abzusaugen (KRESS 2004). Alternativ kann bei bestimmten Gegebenheiten ein Gaserfassungskonzept der Tiefenabsaugung mit größerem Unterdruck in Frage kommen (KANITZ & FORSTING 2004). Für Altdeponien, die mit Konzepten zur aeroben Stabilisierung betrieben werden, gelten die hier für Fassungselemente mitgeteilten Grundsätze sinngemäß für die Leitungen zur Eintragung der Luft (VKS 2003).

Zwischen Art und Umfang der Oberflächenabdichtung, Größe, Alter und Zusammensetzung des Abfallkörpers sowie dem Entgasungsbetrieb besteht eine enge Wechselwirkung. Deponie-Entgasungsanlagen müssen deshalb auf das jeweilige Konzept der Deponiegaserfassung abgestimmt, sorgfältig geplant und betrieben werden.

Mit dem Ziel eines möglichst hohen Erfassungsgrades haben sich Deponiegasfassungs- und -sammelanlagen zu flexibel steuerbaren Systemen entwickelt. Die einzelnen Einrichtungen zur Deponiegasfassung werden so ausgelegt, dass sie voneinander getrennt gesteuert werden können. Bereiche, in denen mit überwiegend nutzbarem Deponiegaspotential (Gutgas) und Bereiche, in denen mit Deponiegas eher schlechterer Qualität (Schlechtgas, zu geringe Konzentrationen und/oder Volumenströme) gerechnet wird, können bei Bedarf durch eigene Fassungseinrichtungen entsorgt werden.

Es kommen vertikale und horizontale Gasfassungssysteme zur Anwendung. Letztere wurden im Zuge der Abfallablagerung mit eingebaut oder können als Teil eines Deponieoberflächenabdichtungssystems zur Absaugung der Gasdränschicht gem. E 2-4, Bild 2-4.1 eingesetzt werden. Es ist zu beachten, dass vertikale und horizontale Deponiegasfassungselemente mit unterschiedlichen Unterdrücken betrieben werden können.

Vertikale Gasbrunnen werden i. d. R. durch das Abteufen von Bohrungen hergestellt. Wenn Gasbrunnen mit der Abfallablagerung bzw. im Zuge des Baus der Oberflächenabdichtungssystems hochgezogen werden, können wegen der schlechten Verdichtbarkeit des Abfalls in Brunnennähe lokal größere Setzungen des Abfallkörpers und somit ungleichmäßige Verformungen des Abdichtungssystems entstehen. Außerdem ist der Nahbereich von Gasbrunnen im Fall von Undichtigkeiten erheblicher Brand- und Explosionsgefahr ausgesetzt. Gasbrunnen, die mit der Abfallablagerung hochgezogen wurden, erfordern deshalb nach Abschluss des Deponiebetriebs und bei der Herstellung der Profilierung bzw. des Oberflächenabdichtungssystems besondere Sorgfalt.

Im Anschlussbereich an die Sammelleitungen durchdringen die Rohre der Fassungselemente die Oberflächenabdichtung in elastischen Rohrdurchführungen. Diese

Durchdringungen sind unter geotechnischen Aspekten die empfindlichsten Stellen von Deponiegasfassungssystemen und von Oberflächenabdichtungssystemen. Deshalb ist bei ihrer Planung und Ausführung besondere Sorgfalt geboten.

Die Fassungselemente werden an Sammelleitungen angeschlossen, die oberhalb der Oberflächenabdichtung angeordnet und mit der Deponiegasabsaugstation verbunden sind. Die Sammelleitungen werden unterflur, meist innerhalb der Rekultivierungsschicht, verlegt.

Die Deponieverordnung (DepV 2009) lässt zu, dass die Rekultivierungsschicht die Aufgaben einer Methanoxidation von Restgasen übernimmt, sofern keine Gasbildung mehr stattfindet oder so weit zum Erliegen gekommen ist, dass

- keine aktive Entgasung erforderlich ist,
- austretende Restgase ausreichend oxidiert werden und
- schädliche Einwirkungen auf die Umgebung durch Gasmigration ausgeschlossen werden können.

Hierzu kann das Deponiegas z. B. kontrolliert über gezielte Öffnungen im Abdichtungssystem oder unter Nutzung der vorhandenen Gasbrunnen in eine als Rekultivierungsschicht ausgeführte „Methanoxidationsschicht“ oder auch in Methanoxidationsfenster eingeleitet werden. Diese sind im Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard (BQS) 7-3 (LAGA 2020) festgelegt. Wechselwirkungen der Methanoxidation und des Wasserhaushalts der Rekultivierungsschicht sind zu bewerten. Alternativ ist die Aufstellung eines in die Rekultivierungsschicht integrierten oder aber auf der Oberfläche angeordneten, eingehausten Methanoxidationsfilters (z. B. in Containerbauweise) möglich. Eine ausreichende Methanoxidation des Restgases ist nachzuweisen. Hinweise zu Planung, Betrieb und Überwachung von Methanoxidationssystemen finden sich auch in GEBERT et al. (2017).

Bei Planung, Ausführung und Betrieb von Anlagen zur Deponiegasfassung und -ableitung sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften - z. B. BG-Bau und DGUV - zu beachten.

## **4 Beanspruchungen der Gasfassungssysteme**

Die im Deponiekörper eingebauten Gasfassungselemente, Rohre, Leitungen und sonstigen Ausrüstungen unterliegen folgenden Beanspruchungen:

- chemischen und biochemischen Angriffen durch Deponiegas, Gaskondensat und Sickerwasser,
- thermischen Beanspruchungen durch im Deponiekörper über lange Zeiträume herrschende hohe Temperaturen, die infolge chemischer und/oder biochemischer Umsetzungsprozesse entstehen können (bis um 50°C bei biologisch aktiven Siedlungsabfällen),

- mechanischen Beanspruchungen durch die vertikalen und horizontalen bzw. räumlich unterschiedlichen Verformungen des Abfallkörpers (Setzungen).

Diese Verformungen können als

- Stauchung
- Dehnung
- Biegung
- Abscheren

der eingebauten Teile wirksam werden.

Statische Modelle, Lastannahmen und Grenzwerte für zulässige Verformungen etc. für Festigkeitsberechnungen der Entgasungsrohrleitungen in Abfallkörpern liegen nicht vor. Zur Vermeidung von Schäden aus den o. g. Beanspruchungen ist deshalb die Einhaltung konstruktiver Mindestanforderungen notwendig. In Bereichen außerhalb des Deponiekörpers sind für die Rohrleitungen mit definierbaren bodenmechanischen Bedingungen der Rohrbettung und Überschüttung die üblichen erdstatischen Bemessungsansätze für Kunststoffrohrleitungen nach ATV-DVWK, Merkblatt A 127 anzuwenden.

## **5 Konstruktive Anforderungen an Gasfassungselemente**

### **5.1 Anforderungen an Gestaltung, Dränmaterial und Rohrleitungen**

Im Folgenden werden für vertikale und horizontale Fassungselemente sowie für Gassammelleitungen die konstruktiven Anforderungen aus geotechnischer Sicht dargestellt und erläutert, wobei beispielhaft ein Gasbrunnen, eine horizontale Gasdränage sowie eine Gassammelleitung betrachtet werden. Die konstruktiven Anforderungen an vergleichbare andere Fassungselemente können daraus abgeleitet werden.

Die hierzu wesentlichen Rohrleitungen sind möglichst so anzuordnen, dass sie durchgehend gereinigt und kontrolliert werden können. Die Gasbrunnen müssen über die Gasbrunnenköpfe und wichtige Leitungen über Schächte oder an Gasregelstationen etc. zugänglich sein. Die Schächte, Brunnenköpfe und Leitungsenden sind so anzuordnen, dass sie von schweren Wartungsfahrzeugen auf befestigten Wegen erreicht werden können.

Da in allen Bereichen des Deponiekörpers, in denen sich Gas bewegt, auch mit Flüssigkeit (Gaskondensat) zu rechnen ist, müssen alle Fassungselemente und Rohrleitungen stets sicher (möglichst im freien Gefälle) entwässerbar sein. Die Fassungselemente müssen in allen Bau- und Betriebszuständen wegen des Unterdruckbetriebs sicher gegen Luftzutritte abgedichtet werden. Das Material der Gasfassungselemente einschließlich aller Rohrleitungen muss den im Kapitel 4 genannten Beanspruchungen dauerhaft standhalten.

Hieraus ergeben sich folgende Anforderungen:

### **Dränmaterial**

Als Dränmaterial eignen sich natürliche Kiese und Mineralgemische. In den Gasdränagen soll langfristig ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert  $k \geq 1 \cdot 10^{-3}$  m/s erhalten bleiben. Im Einbauzustand soll deshalb  $k \geq 1 \cdot 10^{-2}$  m/s eingehalten werden. Die Materialien sollten kalkfrei sein, um Versinterungen durch Reaktion mit dem im Deponiegas enthaltenen Kohlendioxid zu vermeiden (HUMER & LECHNER 2001). Im Übrigen gilt E 2-14. Der Einsatz von Recyclingmaterial ist im Einzelfall mittels Durchführung eines Eignungsnachweises hinsichtlich mechanischer und chemischer Beständigkeit zu prüfen.

### **Rohrleitungen**

Als Material der Rohre sind Kunststoffe mit einer breiten Beständigkeitsskala gegen organische und anorganische Inhaltsstoffe geeignet. Bei der Auswahl sind außerdem die zu erwartenden physikalischen Beanspruchungen (Druck-, Zug-, Biege- und Scherkräfte sowie Temperatureinwirkungen) zu berücksichtigen. Bei Temperatureinwirkungen bis 40° C sind z. B. PEHD-Rohre bei einer vorgesehenen Lebensdauer von 100 Jahren geeignet. Falls in der Deponie höhere Temperaturen und/oder besondere chemische Einwirkungen auftreten, können zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit unter Langzeitaspekten andere Werkstoffe erforderlich werden.

Für Dränleitungen in Gasfassungselementen sind gelochte Rohre geeignet. Die Löcher sollen gleichmäßig auf der gesamten Rohroberfläche verteilt sein. Der Lochdurchmesser ist auf die Körnung des umgebenden Dränmaterials abzustimmen. Schadensbilder haben gezeigt, dass die Art der Perforierung der Dränrohre für ihre Formstabilität von ausschlaggebender Bedeutung ist. Sowohl längs als auch quer zur Rohrachse angeordnete Schlitzungen haben zu Kerbwirkungen geführt und sich für die Verformungssteifigkeit der Rohre als ungünstig erwiesen.

Die einzelnen Rohrschüsse sollen mittels Schweißung stoff-, und formschlüssig miteinander verbunden werden. Beim Schweißen entstandene Schweißwülste dürfen das Einführen von Reinigungs- und Kontrollgeräten (z. B. Kamerainspektionen, Höhen-, Temperatur- und Wasserspiegelmessungen) sowie das Absenken von Tauchpumpen zur Entwässerung von Gasbrunnen nicht behindern.

## **5.2 Gasbrunnen (vertikale Gasfassung)**

Gasbrunnen werden nach Erfordernis des Gasfassungskonzepts gemäß Kapitel 3 angelegt. Hier werden nur die geotechnischen Gesichtspunkte behandelt.

Für die mit geringem Unterdruck betriebenen Systeme werden die Gasbrunnen rasterförmig in einem Grundnetz mit geringerem gegenseitigem Abstand angeordnet als bei Gasfassungsanlagen, die mit höherem Unterdruck betrieben werden. Zur Erhö-

hung der Förderkapazität können bei Bedarf später zwischen den Hauptbrunnen zusätzliche Brunnen ausgeführt werden.

Für Gasbrunnen mit geringen Ausbautiefen können bei entsprechender Standfestigkeit des Abfallkörpers unverrohrte Greiferbohrungen abgeteuft werden. Dabei wird eine Herabsetzung der Gaswegsamkeit in der Bohrlochwandung durch Verschmierung infolge der Verrohrungsarbeiten weitgehend vermieden. Einsturzgefährdet sind insbesondere Bereiche mit Monochargen, z. B. Erdaushub in den Deponien. Ebenfalls stärker gefährdet ist der obere Randbereich der Bohrung, weshalb sich hier eine Aussteifung (Verrohrung) durchaus anbieten kann. Außerdem werden häufig auch Bohrungen mittels Schneckenbohrern durchgeführt.

Bei größeren Bohrtiefen sind verrohrte Bohrungen erforderlich. Dabei ist der Bohrlochdurchmesser auf den geplanten Ausbau mit Gasfassungselementen abzustimmen. Für Gasbrunnen mit Rohrdurchmesser ca. 200 mm haben sich Bohrlochdurchmesser von 800 bis 900 mm bewährt. Bei Systemen der Tiefenabsaugung, die mit höheren Unterdrücken arbeiten und mit kleineren Rohrdurchmessern ausgestattet werden, kommen auch geringere Bohrdurchmesser zur Anwendung.

Jede Bohrung bietet einen Aufschluss im Abfallkörper und liefert Erkenntnisse über Art und Zusammensetzung des Abfalls. Sie ermöglicht:

- Schicht- bzw. Materialbeschreibung gem. E 1-6 und E 1-7
- Erstellung von Temperatur- und Wasserprofilen.

Gasbrunnen dürfen das in E 2-3, Bild 2-3.1 dargestellte Basisabdichtungs- und Basisentwässerungssystem nicht beeinträchtigen. Um einen pneumatischen Kurzschluss mit der Basisentwässerung zu vermeiden, müssen die Brunnenbohrungen mit einem Mindestabstand von 2 m über der Oberfläche der Basisentwässerung enden.

Da der Bohrdurchmesser bei der Errichtung von Gasbrunnen für die Eintrittsfläche des Deponiegases wichtig ist, sollte dieser möglichst groß gewählt werden. Auch aus bautechnischen Gründen sollte der Bohrdurchmesser mindestens 600 mm, besser 800 oder bis 1000 mm betragen. Das Gasbrunnenrohr zur Erfassung des Deponiegases sollte einen Innendurchmesser von mindestens 200 mm aufweisen, so dass im Bedarfsfalle eine Pumpe oder eine TV-Kamera eingebracht werden kann.

Nach Einbau des Dränrohrs wird der Ringraum der Brunnenbohrung mit Dränmaterial verfüllt und mit nicht-gasgängigem Material abgedichtet. Die Material- und Einbauqualität sind sinngemäß nach den Anforderungen E 3-12 und E 5-6 nachzuweisen. Es ist besonders darauf zu achten, dass jeglicher Außenlufteintrag über die Deponieoberfläche und/oder über die Basisentwässerung verhindert wird. Bei hohen Altdeponien sollte die Verfilterung von ca. 5 m unterhalb Deponieoberfläche bis 2 m über die Basisentwässerung reichen.

Der obere Abschluss des Brunnens kann als frei stehender Brunnenkopf (Kollektorkopf) oberirdisch oder unterflur in einem Schacht ausgeführt werden. In Schachtbauwerken ist wegen diffuser Gaswegigkeiten entlang des Gasbrunnenrohres immer mit Gas zu rechnen. Arbeiten an einem Brunnenkopf im Schacht erfordern daher stets besondere Sicherheitsvorkehrungen (siehe DGUV 2001).

Der Durchdringungsbereich des Gasbrunnens durch die Abdichtungskomponenten und der Brunnenkopf sind potenzielle Schwachstellen für das Oberflächenabdichtungssystem und für die Gasfassung. Aufgrund von Setzungen im unmittelbaren Gasbrunnenbereich kann es zu Bewegungen zwischen Brunnenkopf und Filterrohr kommen, die zu Ablösungen einer oder beider Abdichtungskomponenten vom Rohr führen können. Der Abschluss des Brunnenkopfes und die Anbindung an das Oberflächenabdichtungssystem sind daher verformungstolerant auszubilden. Ein Beispiel für eine bewährte einfache Konstruktion, die diesen Anforderungen gerecht wird, ist in Bild 2-18.1 skizziert.

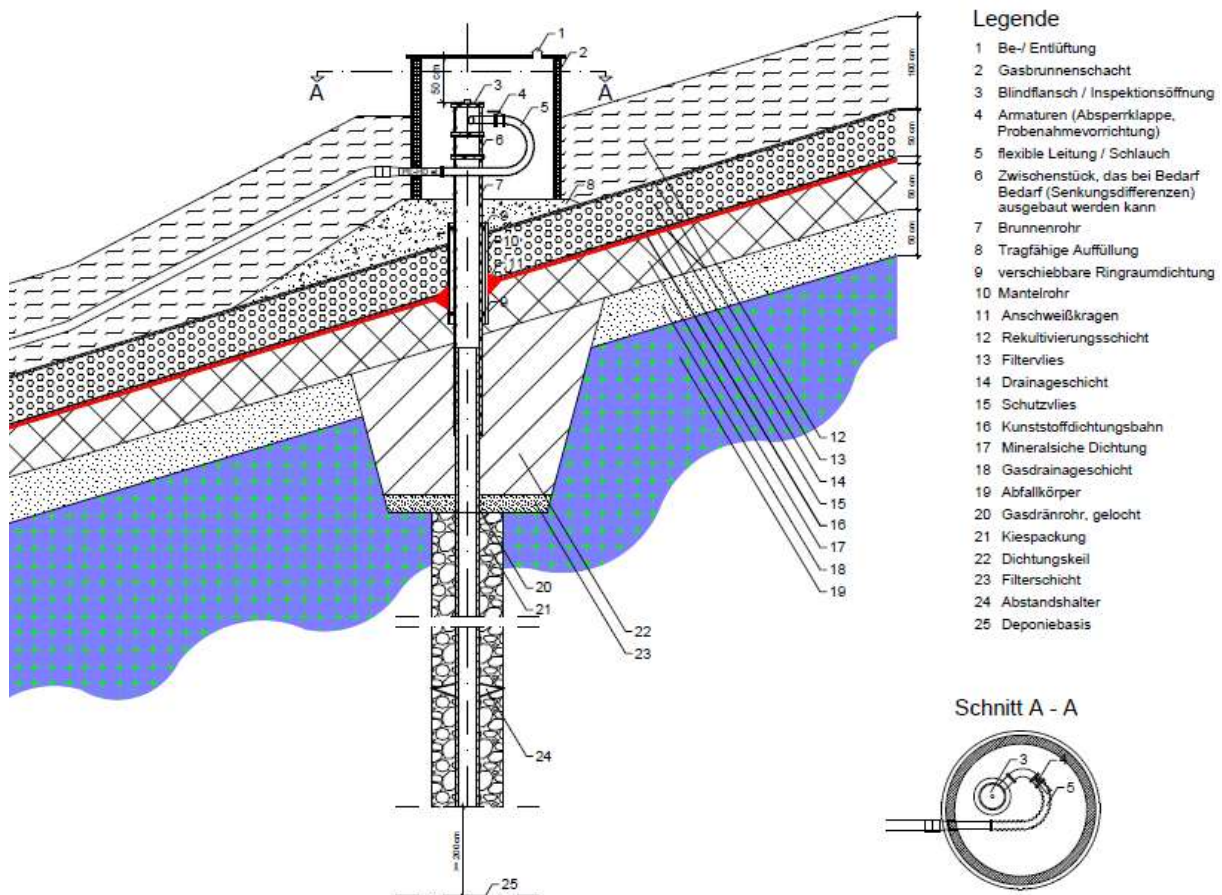


Bild 2-18.1: Beispiel für die Ausbildung eines oberirdischen Gasbrunnenkopfes

Die Konstruktion des Brunnenkopfes im Schacht (unterflur) ist aufwändiger. Ein mit Erfolg ausgeführtes Beispiel wurde von KRESS (2005) beschrieben.



Wurde ein Abfallkörper aufgrund erwarteter Setzungen nur vorläufig abgedeckt, ist bei der späteren Herstellung der Oberflächenabdichtung die Umgebung des Gasbrunnens in mind. 1,0 m Abstand gegen Erdbau-Großgeräte abzusperren und der freigehaltene Arbeitsraum sorgfältig an die Abdichtungskomponenten anzuschließen. Die Qualitätssicherung bei der Herstellung der Durchdringung des Oberflächenabdichtungssystems ist im Qualitäts-Managementplan (E 5-2) als Sondermaßnahme zu berücksichtigen.

Im unteren Brunnenbereich ist mit Sickerwasseransammlung, ggf. mit Sickerwassereinstau und in der Folge mit Beeinträchtigungen der Gasfassung zu rechnen. Da die Brunnenentwässerung im freien Gefälle nicht möglich ist, muss eine Ausrüstung zum Abpumpen vorgesehen werden. Bei der Auswahl geeigneter Pumpen sind die in Kapitel 4 angeführten Beanspruchungen zu berücksichtigen, insbesondere die

- hohe chemische und biochemische Aggressivität des Deponiegases, des Gaskondensats und des Sickerwassers im Brunnen,
- evtl. hohe Temperatur im Brunnen (ggf. bis 70° C),
- Brand- und Explosionsgefahren im gesamten Brunnenbereich,
- große Brunnentiefe (meistens tiefer als 10 m, somit größer als die Pumpen-Saughöhe),
- Montage- und Demontagemöglichkeiten.

### 5.3 Horizontale Gasdränagen (Rigolen)

Ebenso wie die in Ziffer 5.2 beschriebenen Gasbrunnen werden auch horizontale Gasdränagen nach den Erfordernissen des Gaserfassungskonzeptes angelegt. Die Rigolen werden parallel zueinander in versetzter Anordnung über den einzelnen Verfüllbenen im Zuge der Abfallablagerung eingebaut (Abstände horizontal z. B. 25 m, vertikal z. B. 20 m), sofern für nach Stand der Technik gem. DepV betriebenen Deponien überhaupt erforderlich.

Horizontale Gasdränagen können mit quadratischem, rechteckigem oder trapezförmigem Rigolenquerschnitt (Breite und Tiefe  $\geq 1$  m) ausgeführt werden. Mittig im Rigolenquerschnitt wird eine mit Dränmaterial umhüllte Dränleitung eingelegt. Der gesamte Rigolenquerschnitt ist auf ganzer Länge mit dem oben beschriebenen Dränmaterial vollständig zu verfüllen. Dieses ist mit einem Trennvlies (z. B. Geotextilrobustheitsklasse GRK 4, 300 g/m<sup>2</sup>) gegen das umgebende Material zu schützen. Das Dränmaterial sollte zur Vermeidung von Versinterungen kalkfrei sein.

Bisherige Betriebserfahrungen und Kamerainspektionen ergaben z. T. erhebliche Beeinträchtigungen horizontaler Gasdränagen durch Sickerwassereinstau. Es zeigten sich Verformungen in der Längsachse der Dränleitungen mit Unterbögen, die z. T. vollständig mit Sickerwasser gefüllt waren. Zur Entwässerung sollen die Dränleitungen einschließlich der Rigolen mit großem Gefälle (z. B. 10 %) eingebaut und möglichst im freien Gefälle entwässert werden. An Tiefpunkten sind im Abfallkörper Dränkammern, Tiefe  $\geq 4$  m, auszuheben und mit dem oben beschriebenen Dränmaterial zu füllen. Bild 2-18.2 zeigt ein Beispiel für eine horizontale Gasdränage.

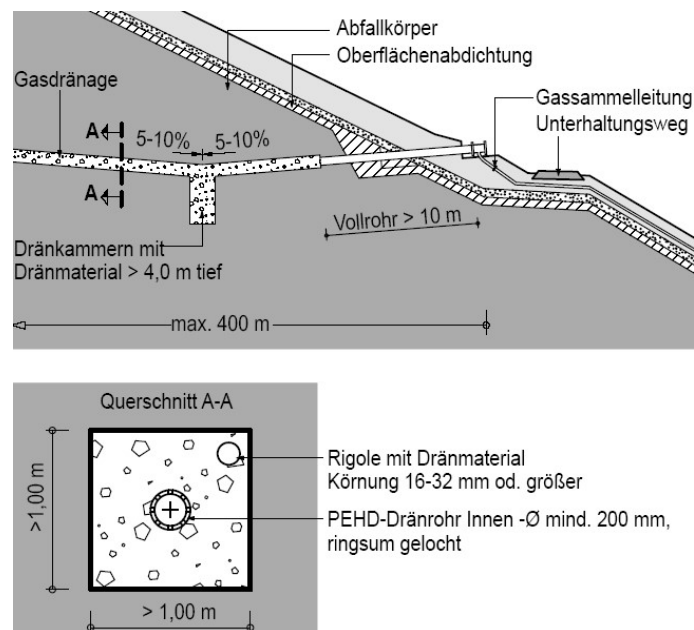


Bild 2-18.2: Beispiel für eine horizontale Gasdränage – Schnitt durch Deponiekörper

Bei der Gasfassung mittels Rigolen ist zu beachten, dass pneumatische Kurzschlüsse der Rigolen untereinander und zur Gasdränageschicht unter dem Oberflächenabdichtungssystem vermieden werden. Wenn es notwendig ist, Kollektoren direkt aus Gasrigolen durch die Oberflächenabdichtung hindurchzuführen, bilden die Durchdringungen - wie bei den vertikalen Systemen - das empfindlichste geotechnische Element im System. Die Ausführung von Durchdringungen, z. B. nach Bild 2-18.3, erfordert besondere Sorgfalt. Die Qualitätssicherung bei der Herstellung der horizontalen Rohrdurchführungen ist im Qualitätssicherungsplan (E5-2) als Sondermaßnahme zu berücksichtigen. Zur Vermeidung von Falschlufteintritten von außen soll die Länge des Vollrohres mindestens 10 m betragen. Die Überdeckung mit Abfall soll mindestens 5 m betragen.

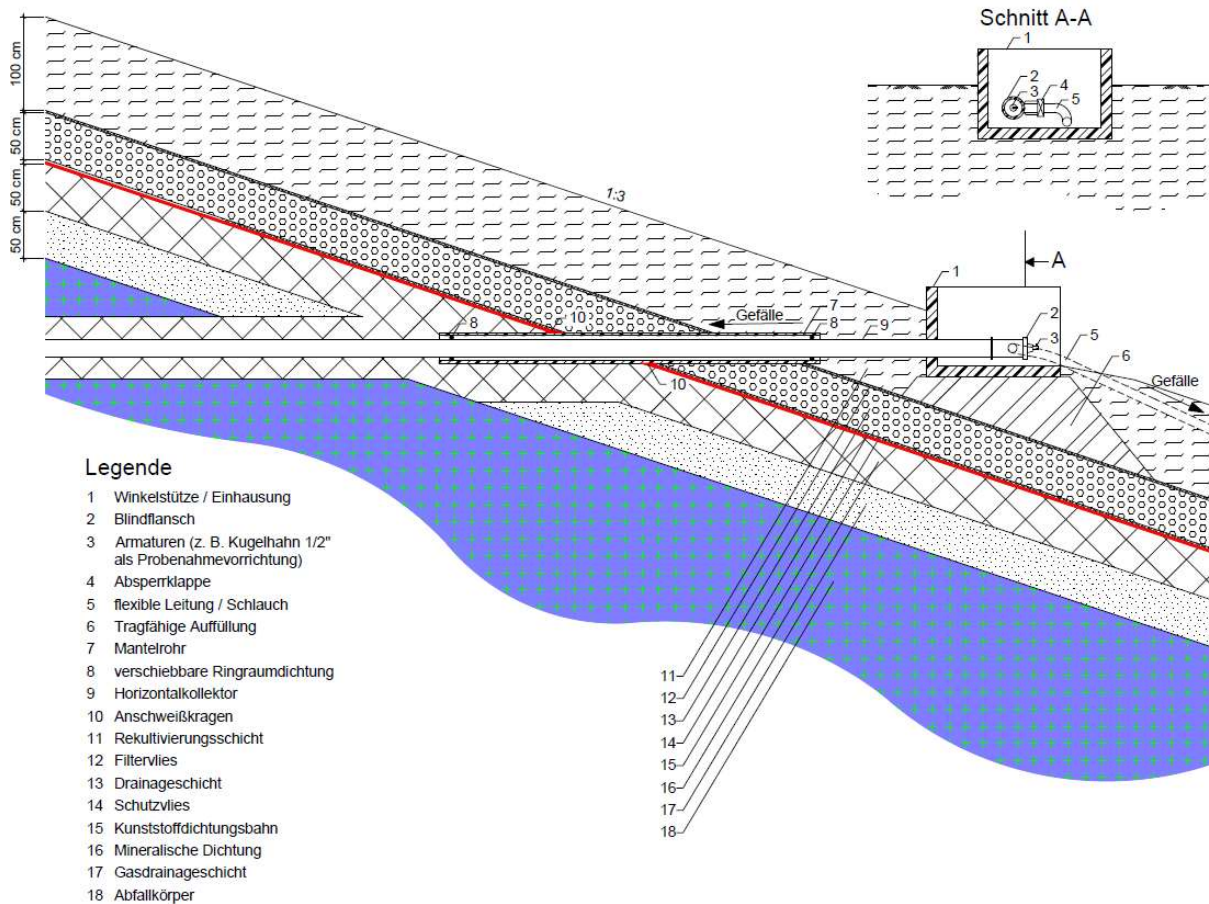


Bild 2-18.3: Randbereich einer horizontale Gasdränage, Durchdringung der Oberflächenabdichtung

Vertikale Gasbrunnen können auch mit horizontalen Kiesrigolen kombiniert werden. Hierbei werden die Rigolen sternförmig um die vertikalen Gasbrunnen angelegt. Die vertikalen Gasbrunnen können entweder mit dem Abfalleinbau hochgezogen oder nachträglich gebohrt werden (vgl. Ziffer 5.2). Das Dränmaterial der Rigolenfüllung schließt stumpf an die Dränage des Brunnen-Ringraumes an. Bei dieser Anordnung werden in die Rigolen keine Dränrohre eingebaut, weil sie nicht zugänglich wären und weil horizontale Rohranschlüsse an die vertikalen Brunnenrohre infolge unterschiedlicher Verformungen abscheren würden.

Generell sollte jedoch eine Verbindung verschiedener Kollektoren vermieden werden, weil dies die Regelbarkeit herabsetzt. Wenn zwei Kollektoren miteinander in Verbindung stehen, lassen sie sich nicht mehr unabhängig voneinander regeln. Noch größer ist diese Gefahr, wenn Kollektoren über die Gasdränschicht oder die Sickerwasserdränschicht miteinander in Verbindung stehen.

#### 5.4 Gassammelleitungen

Die zuverlässige Funktion der im Oberboden verlegten Gassammelleitungen ist abhängig von

- der gesicherten Kondensatableitung durch unverändert bleibende Gefällerrichtungen,
- der ordnungsgemäßen Bettung und Überdeckung,
- der Frostfreiheit über die gesamte Leitungslänge,
- der schadlosen Aufnahme von Längenänderungen bei Temperaturbeanspruchung, insbesondere bei provisorischen, „fliegenden Leitungen“. Auch hier müssen ausreichende Gefälleverhältnisse und die Entwässerung sichergestellt werden.
- Die erforderlichen anfänglichen Leitungsgefälle betragen unterflur > 5,0 % und oberflur > 2,5 %. In setzungsunempfindlichen Bereichen, z. B. bei Ringleitungen außerhalb des Abfallkörpers betragen die Mindestneigungen > 1,0 %.

Im Hinblick auf eine langfristige Funktionssicherheit sind Kunststoffrohre SDR 17 ausreichend, die erfahrungsgemäß auch den erdstatischen Erfordernissen in Anlehnung an ATV-DVWK, Merkblatt A 127 (2008) für erdverlegte Rohrleitungen, genügen. Im Einzelfall können statische Nachweise für die Rohre erforderlich sein.

## 6 Überwachung

Die Durchdringung der mineralischen Oberflächenabdichtung sowie die Trassenbereiche der Sammelsysteme sind als Sonderbauteile in die regelmäßigen Verformungsmessungen des Deponiekörpers mit aufzunehmen (E 2-16). In die regelmäßigen FID-Messungen auf evtl. Gasemissionen sind die Oberflächenbereiche der Sonderbauteile, insbesondere die vertikalen und horizontalen Rohrdurchführungen, zu integrieren (Schwachstellenanalyse).

### Literatur zu E 2-18:

- GEBERT, J., GRÖNGRÖFT, A. & E.-M. PFEIFFER (2017): Systeme zur Methanoxidation auf Deponien. Leitfaden II des Forschungsverbundes MiMethox. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten Band 81 (II). ISSN 0724-6382.
- HUMER, M. & P. LECHNER (2001): Technischer Aufbau eines Methanoxidationssystems für Deponien. KA – Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 48, 510-513.
- KANITZ, J. & J. FORSTING (2004): Innovative Deponie-Entgasungskonzepte – energetische Nutzung und Aerobisierung. Veröffentlichungen des LGA- Grundbauinstituts, Nürnberg, Heft 82, S. 207-220.
- KRESS, D. (2004): Deponiebewirtschaftung in der Nachsorgephase. Veröffentlichungen des LGA-Grundbauinstituts, Nürnberg, Heft 82, S. 87-100.

KRESS, D. (2005): Deponiegas- und Sickerwassermanagement der Deponie „Im Dienstfeld“, Aurach. Veröffentlichungen des LGA-Grundbauinstituts, Nürnberg, Heft 84, S. 67-81.

VKS VERBAND KOMMUNALE ABFALLWIRTSCHAFT UND STADTREINIGUNG E.V. (2003): Leitfaden zur Deponiestilllegung. ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., 400 S.

## **Regelwerke:**

ATV-DVWK-A 127 (2008): Statische Berechnung von Abwasserkanälen und –leitungen, 3. Auflage 08 / 2000, korrigierter Nachdruck 04 / 2008. Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser u. Abfall e.V. (DWA), Hennef; 88 S., Selbstverlag ISBN 978-3-933707-37-6.

DepV – Deponieverordnung (2009): Verordnung über Deponien und Langzeitlager vom 27. April 2009, BGBl. I S. 900, zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 1533)

DGUV (2001): DGUV Regel 114-004 – Deponien (bisher: BGR 127), Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Februar 2001, 82 S.

DGUV (2006): DGUV Regel 101-004 - Kontaminierte Bereiche (bisher: BGR 128). Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Fachausschuss "Tiefbau" der BGZ, Ausgabe April 1997, aktualisierte Fassung Februar 2006, 66 S.

DGUV (2021): DGUV- Regel 113-001 - Explosionsschutz-Regeln (EX-RL) (bisher: BGR 104). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Januar 2021

LAGA (2020): Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard (BQS) 7-3 „Methanoxidationsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“, LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ vom 02.12.2020

SKZ/TÜV-LGA (2017): Güterichtlinie „Rohre, Schächte und Bauteile auf Deponien“ Süddeutsches Kunststoffzentrum, TÜV-Rheinland - Landesgewerbeamt (LGA) Bautechnik GmbH, Juni 2017, 46 S. plus Anhang.

TA Siedlungsabfall – Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen: Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift

zum Abfallgesetz vom 14. Mai 1993. BAnz. Nr. 99a vom 29.05.1993. Mit Wirkung zum 16. Juli 2009 außer Kraft gesetzt.

VDI 3790 Blatt 2 (2017): Umweltmeteorologie - Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen – Deponien. VDI-Richtlinie 3790 Blatt 2:2017-06 – Stand Juni 2017. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 63 S.

VDI 3860 Blatt 3 (2017): Messen von Deponiegasen - Messung von Methan an der Deponieoberfläche. VDI-Richtlinie 3860 Blatt 3:2017-11, Stand November 2017. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 10 S.

VDI 3860 Blatt 4 (Juni 2012): Messen von Deponiegasen - Messungen im Untergrund. VDI-Richtlinie 3860 Blatt 4:2012-06. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 22 S.

VDI 3899 Blatt 1 (2020): Emissionsminderung - Deponiegas – Deponiegasverwertung und –behandlung. VDI-Richtlinie 3899 Blatt 1:2020-11, Stand November 2020. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 41 S.

Stand: April 2021

Bearbeiter: Beate Vielhaber, Gerd Burkhardt, Julia Gebert

Ansprechpartner: Dr. Beate Vielhaber  
Berliner Stadtreinigung  
beate.vielhaber@bsr.de