

**LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“**

**Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 10-1  
„Deponiegas“**

vom 10.11.2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
1.1	Einleitung.....	3
1.2	Komponenten der Deponieentgasung .....	4
1.3	Rechtliche Grundlagen .....	6
1.3.1	Deponieverordnung .....	6
1.3.2	Zulassungsverfahren .....	6
1.4	Begriffe .....	7
1.5	Einheiten, Formelzeichen .....	9
<b>2</b>	<b>Bestandsanalyse .....</b>	<b>11</b>
2.1	Grundsätzliches.....	11
2.2	Ordnungsgemäße Deponieentgasung.....	11
2.3	Zustandserfassung .....	11
2.3.1	Zustandserfassung der technischen Einrichtungen der Deponieentgasung.....	11
2.3.2	Zustandserfassung von Abdichtungen und Abdeckungen .....	12
2.3.3	Zustandserfassung durch Messung .....	12
2.4	Ermittlung der Qualität und Quantität des erfassten Gases.....	12
2.5	Deponiegaspotenzial .....	13
2.6	Leistungsfähigkeit des Entgasungssystems .....	14
2.7	Gesamtbewertung, Soll-Ist-Abgleich und Handlungsbedarf .....	14
<b>3</b>	<b>Deponiegaserfassung, -sammlung und -transport.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Behandlungs- und Verwertungsverfahren .....</b>	<b>17</b>
4.1	Grundsätzliches.....	17
4.2	Gasförderung .....	18
4.3	Aufbereitung .....	18
4.4	Speicherung von Deponiegas .....	18
4.5	Behandlungs- und Verwertungsverfahren .....	18
<b>5</b>	<b>In-situ-Stabilisierung .....</b>	<b>19</b>
5.1	Grundsätzliches.....	19
5.2	Bestandserfassung und Überprüfung der Anwendbarkeit .....	19
5.3	Technische Umsetzung .....	19
5.4	Kontrollmaßnahmen .....	20
5.5	Gesamtbewertung der Maßnahme .....	20
<b>6</b>	<b>Sicherheitstechnik.....</b>	<b>21</b>
6.1.	Einleitung.....	21
6.2.	Explosionsschutzdokument .....	22
6.3.	Sicherheitstechnisches Konzept.....	23
<b>7</b>	<b>Betrieb der Deponieentgasung .....</b>	<b>23</b>
7.1	Grundsätzliche Anforderungen .....	23
7.2	Zyklische Überprüfung der Deponieentgasung .....	24
7.3	Konkretisierungen der VDI 3899 Blatt 2 .....	24
7.4	Qualitätsmanagementplan (QMP) „Deponiegas“ .....	25
7.5	Außerbetriebnahme und Rückbau.....	26
<b>8</b>	<b>Technische Bezugsdokumente .....</b>	<b>27</b>
	<b>Anhang 1: Prüfplan für die Anforderungen nach BetrSichV .....</b>	<b>30</b>

# 1 Grundlagen

## 1.1 Einleitung

Seit dem 01.06.2005 dürfen auf Deponien nur noch Abfälle mit geringem biologisch abbaubarem Anteil abgelagert werden, was insgesamt nur zu einer unwesentlichen Deponiegasbildung dieser Abfälle führt.

Nach wie vor fällt auf Deponien oder Deponieabschnitten, auf denen Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Klärschlämme und andere Abfälle mit hohen organischen Anteilen abgelagert wurden, Deponiegas in relevanten Mengen an.

Die Deponiegaserfassung und -behandlung dient der Gefahrenabwehr und der Emissionsminderung. In Bezug auf den Umweltschutz rückt die Umwandlung des Methans im Deponiegas in deutlich weniger klimaschädliches Kohlenstoffdioxid in den Vordergrund. Die energetische Nutzung von Deponiegas mindert durch Substitution fossiler Energieträger zusätzlich die Emissionen von Treibhausgasen.

Infolge rückläufiger Gasbildung und sinkender Methankonzentrationen im gefassten Deponiegas gelangen bestehende Deponiegaserfassungssysteme und klassische Deponiegasbehandlungsverfahren (z. B. Gasmotor, Hochtemperatur-Fackel) auf vielen Standorten zunehmend an ihre Einsatzgrenzen. Dies erfordert deren Anpassung. Es wurden mehrere Verfahren entwickelt, mit denen auch Deponiegas in geringer Menge oder mit geringeren Methankonzentrationen (sogenanntes „Schwachgas“) behandelt werden kann. Modifikationen bei der Deponiegaserfassung können allerdings auch zu einem Anstieg der Methankonzentration führen.

Zur weiteren Emissionsminderung bei Deponien mit geringem Deponiegaspotenzial werden auch Verfahren zur aeroben In-situ-Stabilisierung angewendet. Diese haben das Ziel, das vorhandene organische Potential beschleunigt abzubauen, um die ansonsten über einen längeren Zeitraum auftretenden geringen, aber andauernden Methanemissionen zu verhindern.

Innerhalb der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) fördert das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) u.a. Deponiegasprojekte. In diesem Rahmen hat die Interessengemeinschaft deutsche Deponiebetreiber e. V. (InwesD) im Jahr 2019 gegenüber dem BMU eine freiwillige Selbstverpflichtung zur Verringerung der Deponiegasemissionen abgegeben. Danach werden weitergehende Maßnahmen der aeroben Stabilisierung (Deponiebelüftung) und der optimierten Deponiegaserfassung auf dafür geeigneten Deponien eingeleitet. Diese Maßnahmen gehen über den Stand der Technik hinaus, der im Einzelfall im Planfeststellungsbeschluss, einer Plangenehmigung oder einer Anordnung vor Veröffentlichung dieses BQS festgelegt wurde.

Nach Anhang 5 Nummer 7 DepV ist Deponiegas zu fassen, zu behandeln und nach Möglichkeit energetisch zu verwerten. Deponiegaserfassung, -behandlung und -verwertung sind nach dem Stand der Technik durchzuführen. Die Länder legen hierfür bundeseinheitliche Qualitätsstandards fest. Die Erstellung bundeseinheitlicher Qualitätsstandards erfolgt durch die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“, die die Aufgabe von den Ländern übertragen bekommen hat.

Der vorliegende bundeseinheitliche Qualitätsstandard (BQS) ist die fachliche Grundlage, auf der die Eignung der Maßnahmen zur Deponiegaserfassung, -behandlung und -verwertung von der zuständigen Behörde zu beurteilen ist. Er konkretisiert die Anforderungen an:

- die Bestandsanalyse (Nummer 2),
- die Deponiegaserfassung, -sammlung und -transport (Nummer 3),
- die Deponiegasbehandlung und -verwertung (Nummer 4),
- die In-situ-Stabilisierung (Nummer 5),
- die Sicherheitstechnik (Nummer 6) sowie
- den Betrieb der Deponieentgasung (Nummer 7).

Unter Berücksichtigung des § 22 Absatz 2 DepV sind spätestens zum 01.03.2026 die Maßstäbe dieses BQS als Stand der Technik bei behördlichen Überprüfungen anzulegen.

Für Deponien, die nicht unter den Anwendungsbereich der DepV fallen, kann der vorliegende BQS als Erkenntnisquelle herangezogen werden.

## 1.2 Komponenten der Deponieentgasung

Deponieentgasungsanlagen bestehen aus verschiedenen Einzelkomponenten, die sich danach unterscheiden, ob sie deponiegebunden sind (Tabelle 1). Deponiegebundene Komponenten sind unmittelbar mit dem Deponiekörper verbunden, zum Teil im Deponiekörper (z. B. Gaskollektoren) oder Bestandteil der Oberflächenabdichtung (z. B. Gassammelleitungen) sowie die Methanoxidationsschicht als besondere Form der Rekultivierungsschicht. Die Anforderungen an deponiegebundene Komponenten leiten sich aus dem Abfallrecht ab und bedürfen einer abfallrechtlichen Zulassung.

Die nicht deponiegebundenen Anlagenkomponenten beginnen ab der Übergabestelle zum Verdichter (Flansch Saugseite).

Tabelle 1: Komponenten der Deponieentgasungsanlagen

<b>Deponiegebundene Komponenten</b>	<b>Nicht deponiegebundene Anlagenkomponenten</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaserfassungssystem:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gaskollektoren                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ vertikal (Gasbrunnen)</li> <li>▪ horizontal (Gasdränagen)</li> </ul> </li> <li>○ Gassammelleitungen (zwischen Gaskollektor und Gassammelstation)</li> <li>○ Gassammelstationen (GSS) mit Gassammelbalken und Messstrecken</li> <li>○ ggf. Hauptsammelstationen: Zusammenführung der Leitungen von Gassammelstationen</li> <li>○ Gasansaugleitungen (zwischen Gassammelstation und Gasfördereinrichtung)</li> <li>○ Entwässerungseinrichtungen (Kondensatabscheider) vor der Gasfördereinrichtung und an Tiefpunkten des Deponiegasleitungssystems</li> <li>○ Methanoxidationsschicht, -fenster</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasförderung und -transport               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gasfördereinrichtung (Verdichter)</li> <li>○ Gastransportleitung (zwischen Gasfördereinrichtung und Gasbehandlungsanlage)</li> </ul> </li> <li>• Gasreinigung</li> <li>• Gasspeicherung</li> <li>• thermische Behandlung               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hochtemperaturfackel</li> <li>○ Hochtemperaturfackel für Schwachgas</li> <li>○ Hochtemperaturfackel mit Wärmenutzung</li> <li>○ Schwachgasbrenner</li> <li>○ Flammenlose Oxidation</li> <li>○ Regenerative thermische Oxidation</li> </ul> </li> <li>• Stromerzeugung und ggf. Wärmeauskopplung durch Kraftmaschinen               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gasmotor                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gas-Ottomotor</li> <li>▪ Zündstrahlmotor</li> </ul> </li> <li>○ Gasturbine</li> <li>○ Alternative Techniken</li> </ul> </li> <li>• biologische Behandlung               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Biofilter</li> </ul> </li> </ul>

Die oben genannten Anlagenkomponenten umfassen auch die zugehörigen Regelungs-, Absperr- und Sicherheitseinrichtungen. Abbildung 1 zeigt schematisch die Grundelemente einer Deponieentgasungsanlage.

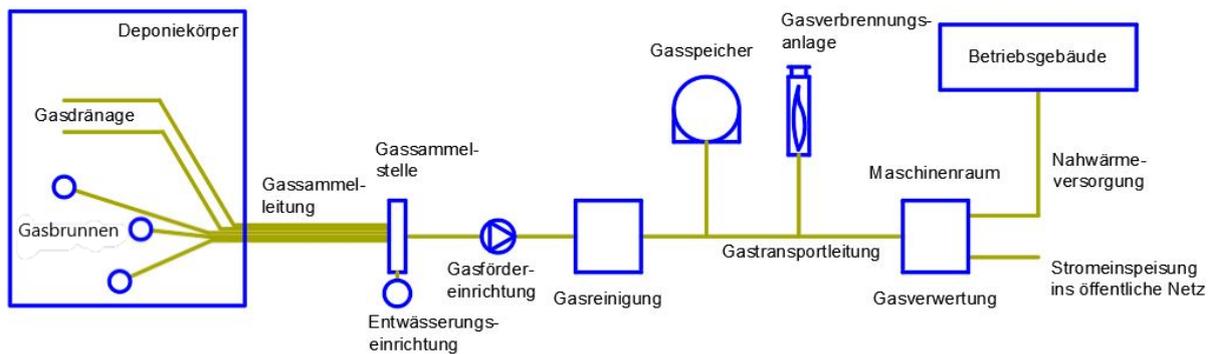


Abbildung 1: Grundelemente einer Deponieentgasungsanlage in Anlehnung an Bild 3 der VDI 3899 Blatt 2

## 1.3 Rechtliche Grundlagen

### 1.3.1 Deponieverordnung

Die Ablagerung von Abfällen auf Deponien unterliegt in Deutschland den abfallrechtlichen Regelungen nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG). Die Anforderungen an Errichtung, Betrieb und Stilllegung sowie Nachsorge von Deponien sind in der Deponieverordnung (DepV) zusammengefasst.

Entstehen relevante Mengen an Deponiegas hat der Deponiebetreiber die Anforderungen nach Anhang 5 Nummer 7 DepV in Bezug auf das Deponiegas zu erfüllen. Relevante Mengen liegen dann vor, wenn Maßnahmen erforderlich sind, um eine hinreichende Emissionsbegrenzung sicherzustellen. Da sich die Mengen der Emissionen derzeit nicht unmittelbar messen lassen, wird hilfsweise auf Werte zurückgegriffen, die mittels Saugglockenverfahren nach VDI 3860 Blatt 3 bestimmt werden. Von einer hinreichenden Emissionsbegrenzung kann u.a. nach dem Arbeitspapier „Grundsätze zur Entlassung von Deponien aus der Nachsorge“ des LAGA ATA-Ad-hoc-Ausschusses dann ausgegangen werden, wenn über mindestens fünf Jahre im Rahmen der Messungen bei passiver Entgasung bei der flächigen Untersuchung gemäß VDI 3860 Blatt 3 Nummer 7.2 eine mittlere Flächenkonzentration von 10 ppm CH<sub>4</sub> nicht überschritten wird. Sofern Einzelwerte 100 ppm CH<sub>4</sub> überschreiten, sind weitere Betrachtungen für die Bewertung erforderlich. Sondermesspunkte sind im Rahmen der Messungen zu berücksichtigen und zu bewerten.

### 1.3.2 Zulassungsverfahren

Eine Deponie ist eine ortsfeste Beseitigungsanlage, die einer Zulassung nach § 35 Absatz 2 (Planfeststellung) oder § 35 Absatz 3 (Plangenehmigung) KrWG bedarf, und umfasst alle dazugehörigen Einrichtungen und Bestandteile für den Betrieb.

Eine Deponieentgasungsanlage ist wesentlicher Bestandteil bei Deponien, in denen bedingt durch biologisch abbaubare Abfallbestandteile Deponiegas gebildet wird (i. d. R. ehemalige Hausmülldeponien).

Das Zulassungsverfahren nach § 35 KrWG bündelt, analog § 13 Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG), alle erforderlichen Erlaubnisse und Genehmigungen nach anderen Rechtsbereichen (Wasserrecht, Immissionsschutzrecht, Baurecht etc.)

Die Genehmigungsbedürftigkeit einer Gasbehandlungsanlage nach Immissionsschutzrecht ergibt sich aus § 1 Absatz 1 i. V. m. Anhang 1 Nummer 8.1 der 4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (4. BImSchV). Die Umsetzung der immissionsschutzrechtlichen Anforderungen erfolgt unmittelbar über eine immissionsschutzrechtliche Zulassung oder gebündelt über eine abfallrechtliche Zulassung nach dem KrWG.

Die Luftschadstoff-Emissionen werden von Deponiegasfackeln unter Berücksichtigung der Anforderungen der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) sowie bei Feuerungs- bzw. Verbrennungsmotoranlagen für den Einsatz von Deponiegas nach den Vorgaben der Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen (44. BImSchV) begrenzt und überwacht.

Eine Methanoxidationsschicht nach BQS 7-3 ist eine Systemkomponente zur Gasbehandlung, die ausschließlich nach Abfallrecht zuzulassen ist.

## 1.4 Begriffe

Begriffe zum Thema Deponiegas sind einschlägig, insbesondere in der Deponieverordnung, den VDI-Richtlinien und der DGUV 114-005 „Deponien“ definiert. Darüber hinaus werden folgende Begriffe im Zusammenhang mit diesem BQS verwendet:

Tabelle 2: Begriffe

Begriff	Definition
Aktive Entgasung	Durch Anlegen eines Unterdruckes an den Gaskollektoren erzeugte Zuführung von Deponiegas in eine Behandlungs- oder Verwertungsanlage
Bestimmungsgemäßer Betrieb	Betrieb, für den die Deponieentgasungsanlage nach ihrem technischen Zweck bestimmt, ausgelegt, geeignet und genehmigt ist. Zum bestimmungsgemäßen Betrieb gehören insbesondere auch das An- und Abfahren, der Probetrieb und Instandhaltungsvorgänge.
Deponiegas	Aus der Ablagerung von organischen Abfällen im Deponiekörper durch mikrobielle Abbauprozesse (Reaktionen) entstehende gasförmige Stoffwechselprodukte einschließlich der aus dem abgelagerten Abfall in die Gasphase übergegangenen Stoffe.
Deponiegasspeichersystem	Technische Anlage zur Sammlung und Speicherung von Deponiegas außerhalb des Deponiekörpers
Gasbildungspotenzial	Unter anaeroben Bedingungen biologisch abbaubarer Kohlenstoff der eingelagerten Abfälle

Begriff	Definition
Gasbrunnenstube	Einfassung für den Schutz des Gasbrunnenkopfes (z. B. mittels Schacht)
Gaserfassungsgrad	Verhältnis der in einem Betrachtungszeitraum (i. d. R. ein Jahr) gefassten zur gebildeten Methanmasse, wobei die gebildete Methanmasse in der Regel durch Prognosen bestimmt wird.
Gasprognose	Der Gashaushalt einer Deponie wird meist mit einer Gasprognose gemäß VDI 3790 Blatt 2 dargestellt. Die Gasprognose geht vom Gasbildungspotenzial aus, also von der unter anaeroben Bedingungen aus biologisch abbaubaren Kohlenstoffverbindungen gebildeten Deponiegasmenge.
Gassammelstation/ Gassammelstelle	Ortsfeste ober- oder unterirdische Bauwerke, in denen die Gassammelleitungen mit Mess- und Regelstrecken an Gassammelbalken bzw. Ringleitungen der Hauptsammelleitungen angeschlossen werden. Die Anschlüsse sind so ausgestattet, dass die jeweilige Gassammelleitung an die Gaskollektoren angeschlossene Gassammelleitung individuell hinsichtlich der Gaszusammensetzung, des Saugdrucks und des Absaugvolumenstroms gemessen und eingestellt werden kann.
In-situ-Stabilisierung	Maßnahmen zur Beschleunigung biologischer Abbauprozesse
Kohlenstoffbilanz	Kohlenstoff-Austrag über den Gaspfad (über die Zeit) im Verhältnis zum mobilisierbaren Kohlenstoff-Gesamtpotenzial
Kontinuierliche Entgasung	Eine kontinuierliche Entgasung liegt vor, wenn sich die Deponieentgasungsanlage mindestens 90% der Jahresstunden im bestimmungsgemäßen Betrieb befindet.
Optimale Gaserfassung	Eine optimale Gaserfassung liegt vor, wenn der Gaserfassungsgrad ausreichend hoch ist, sodass keine relevanten Methanemissionen entstehen. Eine optimale Gaserfassung wird angestrebt, um Methanemissionen weitestgehend zu vermeiden.
Passive Entgasung	Erfassung des Deponiegases in Fassungselementen und dessen Ableitung durch Nutzung von natürlichen Druckgradienten an Durchlässen im Oberflächenabdichtungssystem

## 1.5 Einheiten, Formelzeichen

Tabelle 3: Zusammenstellung von Parametern für die Dokumentation der Entwicklung der Qualität und Quantität des erfassten Deponiegases

Größe	Formelzeichen	Einheit	Erläuterungen
Absolute Temperatur	$T$	K	Kelvin
Betriebsstunden	$Bh$	h	Zahl der in einem definierten Zeitraum (üblicherweise ein Jahr) nachgewiesenen Stunden, die sich eine Anlage im bestimmungsgemäßen Betrieb befunden hat
Brunnentiefe	$h_T$	m	Länge des vertikalen Gaskollektors (Gasbrunnen) gemessen von der Sohle des Brunnens bis zu einem definierten Messpunkt an der Oberkante des Brunnenrohres
Druck	$p$	Pa	absoluter Druck, z. B. zur Umrechnung auf Normbedingungen $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$ im Falle einer Messung: $p = p_0 + p_{Luft}$
Dynamischer Druck	$p_{dyn}$	Pa	dynamischer Druck, Staudruck, gemessen in Strömungsrichtung $p_{dyn} = p - p_{St} - p_{Luft}$
Effektive Filterlänge	$L_{Feff}$	m	Effektive Filterlänge, $L_{Feff} = L_F - h_w$
Einstauhöhe	$h_w$	m	Abstand des Wasserspiegels von der Sohle des vertikalen Gaskollektors
Filterlänge	$L_F$	m	Abstand der Sohle des vertikalen Gaskollektors bis zur Oberkante des Filterrohres (geschlitzter Rohrbereich)
Fläche	$A$	m <sup>2</sup>	Fläche z. B. Querschnitt bei einer Rohrleitung oder einem Luftkanal
Gesamtdruck	$p_0$	Pa	Gesamtdruck, $p_0 = p_{st} + p_{dyn}$ häufig bei betrieblichen Messungen verwendet
Luftdruck	$p_{Luft}$	Pa	Luftdruck
Massenkonzentration eines Stoffes X	$c(X)$	mg/m <sup>3</sup>	häufig bei Spurengasen benutzt, z. B. $c(\text{H}_2\text{S})$

Größe	Formelzeichen	Einheit	Erläuterungen
Höhe der Oberkante des Brunnenrohres	$OK_{\text{Brunnen}}$	m	gekennzeichneter Messpunkt (NHN)
Statischer Druck	$p_{st}$	Pa	statischer Druck, gemessen senkrecht zur Strömungsrichtung, $p_{st} = p - p_{dyn} - p_{Luft}$
Störmeldungen	$n$	-	Zahl der Unterbrechungen des bestimmungsgemäßen Betriebs, bezogen auf einen definierten Zeitraum, üblicherweise auf ein Jahr
Strömungsgeschwindigkeit	$v$	m/s	mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Rohrquerschnitt
Temperatur	$t$	°C	Grad Celsius
Unterdruck	$p_u$	Pa	Unterdruck, falls $p_0 = p - p_{Luft}$ negativ
Überdruck	$p_{\bar{u}}$	Pa	Überdruck, falls $p_0 = p - p_{Luft}$ positiv
Volumenkonzentration eines Stoffes (Hauptkomponenten CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O)	$\sigma(X)$	%	z. B. $\sigma(CH_4)$
Volumenkonzentration eines Stoffes (Nebenkomponten und Spurengase z. B. H <sub>2</sub> S, CO, FCKW, siliziumorganische Verbindungen)	$\sigma(X)$	ppm	z. B. $\sigma(H_2S)$
Volumenstrom	$\dot{v}$	m <sup>3</sup> /h	Volumenstrom des trockenen und auf Normbedingungen (t = 0°C, p = 1013,25 hPa) bezogenen Gases, $\dot{v} = v \cdot A$

## **2 Bestandsanalyse**

### **2.1 Grundsätzliches**

Die VDI 3899 Blatt 2 Nummer 10.1.1 definiert Anforderungen an die Bestandsaufnahme, Nummer 10.1.2 beinhaltet Hinweise zur Beurteilung des Zustandes der Gaserfassung. Diese stellen unter Berücksichtigung nachfolgender Konkretisierungen den Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard für die Bestandsanalyse der Gaserfassung dar.

### **2.2 Ordnungsgemäße Deponieentgasung**

Die für die konkrete Deponie maßgeblichen Regelungen, die die ordnungsgemäße Deponieentgasung beschreiben, sollen in einem Qualitätsmanagementplan (QMP) „Deponiegas“ nach Nummer 7.4 zusammengefasst werden. Eine ordnungsgemäße Deponieentgasung beinhaltet den bestimmungsgemäßen Betrieb einer Deponieentgasungsanlage. Als Grundlage für eine ordnungsgemäße Deponieentgasung sind zu berücksichtigen:

- das unmittelbar für den Deponiebetreiber geltende Recht (siehe auch Nummer 1.3),
- die Deponiezulassung und
- ggf. immissionsschutzrechtliche Anlagenzulassungen.

### **2.3 Zustandserfassung**

#### **2.3.1 Zustandserfassung der technischen Einrichtungen der Deponieentgasung**

Grundlage der Bestandsanalyse ist eine umfassende technische Bestandsdokumentation aller technischen Einrichtungen der Deponieentgasung. Die Ergebnisse der nach VDI 3899 Blatt 2 Nummer 10.1.1 durchzuführenden Prüfungen und Messungen sind in einem Dokument zur Zustandserfassung der technischen Einrichtungen der Deponieentgasung zusammenzufassen.

Bei Deponiegaskollektoren, die sich bereits mehr als zehn Jahre ohne spezifische Ertüchtigungsmaßnahmen in Betrieb befinden, sind Funktionseinschränkungen zu erwarten. Die Funktionstüchtigkeit der einzelnen Gaskollektoren ist daher regelmäßig zu überprüfen. Dahingehend ist über weitere Maßnahmen zu deren Ertüchtigung zu entscheiden. Dies gilt insbesondere vor der Herstellung der endgültigen Oberflächenabdichtung.

### **2.3.2 Zustandserfassung von Abdichtungen und Abdeckungen**

Grundlage der Zustandserfassung ist eine Bestandsdokumentation der Systeme zur Abdichtung oder Abdeckung des Deponiekörpers. Diese muss den Aufbau und die räumliche Ausdehnung dieser Systeme an der Basis und der Oberfläche der Deponie beinhalten. Hierbei ist insbesondere auf die Gasdichtheit von Abdichtungen, Randabschlüssen und Durchdringungen der Oberflächenabdichtung einzugehen.

Eine Zustandserfassung von Basisabdichtungssystemen beschränkt sich in der Regel auf die Überprüfung hinsichtlich festgestellter Emissionen auf dem Luft- und Wasserpfad, z. B. in außerhalb des Deponiekörpers befindlichen Gaspegeln und Grundwassermessstellen. Der Zustand von Oberflächenabdichtungs- oder -abdeckungssystemen wird durch eine umfassende Sichtkontrolle durch Begehung der Deponieoberfläche erfasst. Unterstützend können Leckagemessgeräte eingesetzt werden. Hiermit können auch die Wirksamkeitskontrollen nach Nummer 2.3.3 und 2.4 sowie nach VDI 3790 Blatt 2 Nummer 7.4.3 kombiniert werden.

Bei der Sichtkontrolle sind insbesondere Inhomogenitäten (z. B. Schäden an der Deponieoberfläche und Durchdringungsbauwerken, ungleichmäßige Setzungen), offene Rohrleitungen und frei austretende Dränagen und Vegetationsschäden zu dokumentieren.

Die Vegetation muss in einem Zustand sein, dass Sichtkontrollen möglich sind und Wirksamkeitskontrollen mit Messgeräten nach Nummer 2.3.3 durchgeführt werden können.

### **2.3.3 Zustandserfassung durch Messung**

Der Zustand der Deponieentgasung ist im Hinblick auf Deponiegasaustritte durch oberflächen-nahe Messungen nach VDI 3860 Blatt 1 und 3 und ggf. Messungen der Emissionen nach VDI 3790 Blatt 2 Nummer 7.4 zu kontrollieren. Insbesondere bei gedichteten Deponien sind zusätzliche Messpunkte an potenziellen Gasaustrittsstellen, z. B. an Durchdringungsbauwerken, Schächten und in Brunnenstuben mit einzubeziehen.

## **2.4 Ermittlung der Qualität und Quantität des erfassten Gases**

Für die Dokumentation der Entwicklung der Qualität und Quantität des erfassten Gases sind vorhandene Messergebnisse gemäß VDI 3899 Blatt 2 Nummern 9.3.1 – 9.3.3 und VDI 3860 Blatt 2 zusammenzustellen, auszuwerten sowie deren Plausibilität zu prüfen. Als Informationsquelle dienen insbesondere die Auswertungen der Messungen und Kontrollen gemäß Anhang 5 Nummer 2.2 DepV (Teil des Deponiejahresberichts) und Informationen zum bisherigen Anlagenbetrieb (z. B. Betriebsstunden, Stillstandszeiten und -ursachen) sowie weitere Besonderheiten des Anlagenbetriebes. Nach Möglichkeit sind in der Dokumentation diese für Gaskollektoren, Gassammelstationen und die Gesamtanlage getrennt anzugeben.

Zur Ermittlung der im erfassten Gasmisch enthaltenen Methanmenge (Methanmassenstrom) muss der über einen definierten Zeitraum gemessene und auf Normbedingungen umgerechnete Volumenstrom mit der über den selben Zeitraum gemeldeten Methankonzentration multipliziert werden. Hieraus ist die erfasste Methanmasse zu ermitteln, aus der unter

Berücksichtigung der Deponiegasprognose der Gaserfassungsgrad unter anaeroben Abbaubedingungen bestimmt werden kann.

Die Nummer 1.5 enthält u. a. eine Zusammenstellung von Parametern für die Dokumentation der Ermittlung der Qualität und Quantität des erfassten Gases.

## 2.5 Deponiegaspotenzial

Das Deponiegaspotenzial ist rechnerisch mittels des Gasprognosemodells IPCC Waste Model 2006 (UNFCCC Model) nach VDI 3790 Blatt 2 Nummer 7.3.3.2 zu ermitteln.

Abweichend von den Default-Werten der IPCC Guidelines und in den bisherigen nationalen Inventarberichten (NIR) bis 2020 genutzten landesspezifischen Werten sind bei der Berechnung des Deponiegaspotenzials für die Parameter Anteil des theoretisch abbaubaren organischen Kohlenstoffs (DOC), unter Deponiebedingungen abbaubarer Anteil des DOC ( $DOC_f$ ) und Halbwertszeit bzw. Abbaukonstante ( $k$ ) die Ergebnisse aus aktuellen Forschungsprojekten des Umweltbundesamtes anzuwenden:

Tabelle 4: Abbaubarkeit organischer Abfälle unter Deponiebedingungen [1]

Abfallfraktion	DOC in -	$DOC_f$ in -	Halbwertszeit in Jahre	K in 1/Jahr
<b>Leicht abbaubar</b> Organik, Klärschlamm	0,15	0,5	4	0,1733
Garten-/ Parkabfälle	0,2	0,5	7	0,0990
Papier / Pappe	0,4	0,5	7	0,0990
<b>Mittel abbaubar</b> Textilien, Windeln	0,24	0,5	12	0,0578
Verbundmaterialien, Leichtverpackungen	0,1	0,5	12	0,0578
MBA Abfälle	0,023	0,5	12	0,0578
<b>Schwer abbaubar</b>				
Holz und Stroh	0,43	0,1	50	0,0139

Auf Grund der Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist zunächst das IPCC Waste Model als Standardmodell anzuwenden.

Sofern für eine Deponie nachvollziehbar belegte deponiespezifische Werte vorliegen, können diese für die Berechnung des Deponiegaspotenzials angewendet werden.

Bei angepassten Halbwertszeiten kann zur Verifizierung der Ergebnisse das Tabasaran-Rettenberger-Modell (VDI 3790 Blatt 2 Nummer 7.3.3.1) eingesetzt werden. Deponiespezifische Bedingungen können durch einen Sachkundigen bei der Erstellung einer Prognose berücksichtigt werden.

Der infolge einer aeroben In-situ-Stabilisierung gemäß Nummer 5 abgebaute Kohlenstoff kann berücksichtigt werden, soweit dieser über den Anteil des Kohlenstoffabbaus, der nach dem IPCC-Modell zu einer Methanbildung führt, hinausgeht. Der Einfluss eines aeroben (Teil-)Abbaus, der nach dem IPCC-Modell erst Jahre später zu einer Methanverminderung führen würde, ist unter Berücksichtigung der Kohlenstoffbilanz nach VDI 3899 Blatt 2 Nummer 6.4 abzuschätzen. Bei der aeroben In-situ-Stabilisierung kommt es zu einer mehr oder weniger großen Unterdrückung einer Methanbildung. Das IPCC-Modell berechnet in diesem Fall nur die vermiedenen Emissionen zum Zeitpunkt der Betrachtung. Die Kohlenstoffdioxidbildung kann nicht vollständig zu einer Ermittlung der Treibhausgasvermeidung berücksichtigt werden, da bei der Aerobisierung auch treibhausgasneutrale Stoffe abgebaut werden, aus denen in langen Zeiträumen kein Methan entsteht.

Durch Untersuchung von Abfallproben, Absaugversuche und bereits vorhandenen Betriebsergebnissen kann das berechnete Deponiegaspotenzial evaluiert werden.

## 2.6 Leistungsfähigkeit des Entgasungssystems

Die Leistungsfähigkeit des Entgasungssystems ist durch Vergleich der Ist-Betriebsdaten mit den Sollvorgaben der vorhandenen Betriebsdaten abzuschätzen. Unter der Leistungsfähigkeit wird in diesem Zusammenhang der mit dem vorhandenen Entgasungssystem ableitbare Methanvolumenstrom bzw. Methanmassenstrom in Abhängigkeit der Methankonzentration im abgesaugten Gas verstanden. Soweit hiermit keine ausreichende oder plausible Abschätzung möglich ist, können mit dem Ziel eines Belastungstests des Entgasungssystems Absaugversuche gemäß VDI 3899 Blatt 2 Nummer 10.2 durchgeführt werden. Die Anforderungen an die Absaugversuche sind im Anhang der VDI 3790 Blatt 2 beschrieben.

## 2.7 Gesamtbewertung, Soll-Ist-Abgleich und Handlungsbedarf

Der ermittelte Zustand bildet die Basis für die Gesamtbewertung und die Ermittlung eines Handlungsbedarfs zur Gewährleistung einer ordnungsgemäßen Deponieentgasung im Sinne des Standes der Technik.

Dabei ist durch einen Vergleich des prognostizierten Deponiegaspotenzials mit der Quantität und Qualität des aktuell gefassten Deponiegases der Gaserfassungsgrad zu ermitteln.

Über den Zeitraum von Belüftungsprojekten kann der Erfassungsgrad aufgrund der unterdrückten Methanproduktion nicht ausschließlich über die Methanfracht im abgesaugten Deponiegas bestimmt werden. Daher sind entweder

- indirekte Emissionsmessungen gemäß Nummer 7.4.3 der VDI 3790 Blatt 2 durchzuführen und der Erfassungsgrad darüber zu ermitteln oder
- die aus der Kohlenstoffdioxidfracht im angesaugten Gas des über eine zur Methankonzentration äquivalenten Kohlenstoffkonzentration hinausgehenden Frachten mit einer moläquivalenten Umrechnung bis zu einer Höchstgrenze der mit dem IPCC-Modell bestimmten Methanfracht zu errechnen und damit die Erfassungsgrade zu bestimmen.

Mögliche Restgaskonzentrationen an Methan im abgesaugten Gas werden berücksichtigt.

Soweit nur Abschnitte einer Deponie aerobisiert werden, kann sich eine entsprechende Berücksichtigung auf die Abschnitte beziehen.

Bei der Berücksichtigung der Kohlenstoffdioxidbildung durch eine aerobe In-situ-Stabilisierung fließen vereinfachend nur die maßgeblichen mikrobiellen Abbauprozesse zur Bildung von Methan und Kohlenstoffdioxid in der Deponie ein. Weitere Prozesse (z. B. Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht), die in der Deponie ablaufen und einen Einfluss auf die Kohlenstoffbilanz haben können, werden als untergeordnet eingeschätzt und daher nicht weiter betrachtet. Ebenso werden technische Prozesse (z. B. Stromverbrauch durch Ventilatoren), die nicht deponieüblich sind und die eine sekundäre Kohlenstoffdioxidbildung verursachen, hier nicht berücksichtigt.

Anhand dieser Ergebnisse ist unter dem Blickwinkel der Verhältnismäßigkeit und Nachhaltigkeit zu prüfen, ob durch

- betriebliche oder
- technische Maßnahmen

der Erfassungsgrad gesteigert werden kann. Der damit verbundene Handlungsbedarf ist konkret zu benennen.

Betriebliche Anpassungen können in der Regel im Rahmen des ordnungsgemäßen Betriebes umgesetzt werden. Technische Maßnahmen hingegen können einer über die ordnungsgemäße Deponieentgasung hinausgehenden Optimierung dienen.

Die Durchführung und die Ergebnisse der Bestandsanalyse sind im QMP „Deponiegas“ gemäß Kap. 7.4 zu dokumentieren.

### 3 Deponiegaserfassung, -sammlung und -transport

Die VDI 3899 Blatt 2 Nummer 7, die GDA E 2-18 und die SKZ/TÜV-LGA Güterrichtlinie Nummern 3.3 und 4 stellen unter Berücksichtigung nachfolgender Konkretisierungen den bundeseinheitlichen Qualitätsstandard für die Erfassung, die Sammlung und den Transport von Deponiegas dar:

- Beim nachträglichen Bau von Deponiegasbrunnen ist die Oberfläche entsprechend den Anforderungen der einschlägigen BQS und unter Einbeziehung entsprechender fremdprüfender Stellen wiederherzustellen.
- Sofern eine Gaserfassung mittels Gasbrunnen nicht möglich ist, können Horizontaldrainagen am Deponierand in Kombination mit einer Oberflächenabdichtung Deponiegasemissionen reduzieren.
- Bei Deponien, bei denen organische Ablagerungen mit mineralischen Abfällen ohne Zwischenabdichtung überlagert wurden, sind besondere Anforderungen an die Gestaltung der Gasfassungselemente zu stellen (z. B. Vollrohr im Bereich der mineralischen Ablagerung oder mineralischen Abdichtungen).
- Das Brunnenrohr muss so gestaltet sein, dass Setzungen ausgeglichen werden können. Diese Teleskopierreserve zwischen Brunnenkopf und Gasbrunnenrohr muss größer sein als die jeweiligen zu erwartenden Setzungen am Gasbrunnen. Stellt sich bei den zyklischen Kontrollen und Verformungsmessungen heraus, dass diese Teleskopierreserve nicht mehr ausreichend ist, sind Instandsetzungsmaßnahmen vorzunehmen.
- Ist mit Horizontalverschiebungen in Hangbereichen zu rechnen, sind Gasbrunnenstuben und andere Durchdringungselemente so auszuführen, dass an diesen keine Schäden auftreten können. Starre Verbindungen von Gasbrunnenkopf und Brunnenstubenwand sind grundsätzlich ungeeignet und daher nach Möglichkeit zu vermeiden.
- Bei der Konstruktion der Gasbrunnenstuben ist ein besonderes Augenmerk auf die Verschlussicherheit, Belüftung und eine Deckelarretierung für eine gefahrlose spätere Beprobung zu legen. Die Brunnenstuben sind im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung zum Explosionsschutz zu bewerten. Ggf. sind Maßnahmen zu ergreifen bzw. Ex-Zonen auszuweisen.
- Das Rohraufleger und die Rohrumhüllung (Bild 4 der VDI 3899 Blatt 2) sind bis an die Brunnenstube heranzuführen.
- Saugleitungen innerhalb der Rekultivierungsschicht oberhalb der Oberflächenabdichtungskomponenten sollten aus Gründen der Kamerabefahrbarkeit möglichst in langgezogenen Bögen verlegt werden.
- Bei passiver Entgasung müssen die Gasbrunnenstuben gegen rückströmendes Gas aus der Gasverteilerschicht (VDI 3899 Blatt 2 Bild 6) abgedichtet werden.
- Die Entgasungskomponenten sind derart zu gestalten, dass sie vor einem Zugriff unberechtigter Dritter geschützt sind.
- Kennzeichnungen sind langzeitbeständig auszuführen.

Wenn eine aktive Entgasung technisch nicht mehr möglich oder wirtschaftlich unzumutbar ist, kann diese – nach Zustimmung der zuständigen Behörde – eingestellt und durch eine passive Entgasung ersetzt werden. Eine Umstellung auf die passive Entgasung mit einer flächigen Methanoxidation im Sinne des BQS 7-3 kommt frühestens infrage, wenn die durchschnittliche Methanbildungsrate bezogen auf die für eine passive Methanoxidation zur Verfügung stehende Fläche unter einen Wert von  $0,5 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  gesunken ist (siehe Nummer 5.5; Nachweisverfahren gemäß VDI 3790 Blatt 2) und eine gleichmäßige Verteilung gegeben ist. Soweit andere Systemelemente zur passiven Behandlung, z. B. Biofilter oder Methanoxidationsfenster innerhalb der passiven Entgasung eingesetzt werden sollen, muss nach Maßgabe der VDI 3477 eine entsprechende passive Methanoxidationsleistung gewährleistet werden. Das Abdichten der Deponieoberfläche unterbindet das Eindringen von Luft in den Deponiekörper. Dies kann nach Beendigung der aktiven Entgasung zu einem Wiederanstieg der Methangasbildung und der Methangaskonzentrationen führen. Diese Effekte sind bei einer Umstellung von aktive auf passive Entgasung zu berücksichtigen und erfordert eine entsprechende Planung.

## 4 Behandlungs- und Verwertungsverfahren

### 4.1 Grundsätzliches

Die VDI 3899 Blatt 1 Nummer 6 und die VDI 3899 Blatt 2 Nummer 7.5 stellen unter Berücksichtigung nachfolgender Konkretisierungen den bundeseinheitlichen Qualitätsstandard für die Behandlungs- und Verwertungsverfahren für Deponiegas dar.

Die Anlagentechnik darf eine kontinuierliche Entgasung nicht einschränken. Bei einer energetischen Verwertung (nach Anhang 5 Nummer 7 DepV) sind die Belange der Emissionsminde- rung vorrangig.

Die Anlagentechnik ist an die Entwicklung von Gasmenge und -zusammensetzung so anzupassen, dass ein kontinuierlicher Betrieb der Entgasung möglich ist. Stillstandszeiten (z. B. durch Störungen, Instandhaltung) sind durch die Betriebsführung der Anlage zu minimieren. Für die Wahl einer passenden Anlagentechnik ist unter Beachtung von Anlage 3 KrWG „Kriterien zur Bestimmung des Standes der Technik“ ausschlaggebend, dass möglichst eindeutige Zielbereiche für Methangehalt und Absaugmenge aus der Gesamtbewertung der Deponiegas-situation sowie dem vorgesehenen Betriebskonzept zur Gewährleistung der ordnungsgemä- ßen Deponieentgasung (im Sinne von Abschnitt 2.2) resultieren. Die Anlagentechnik ist so zu wählen, dass der hydraulische und der thermische Arbeitsbereich sowie die für den autother- men Betrieb notwendige Mindestmethankonzentration einen sicheren und bestimmungsgemä- ßen Betrieb über den gesamten planerisch ermittelten Betriebszeitraum ermöglichen.

Aus Sicht der Anlagentechnik lassen sich folgende Zielbereiche für Methan und Absaugvolu- menstrom unterscheiden:

- $\sigma(\text{CH}_4) \geq 12 \%$  in Verbindung mit einem gering bzw. deutlich erhöhten Absaugvolu- menstrom gegenüber der Gasbildung und

- $\sigma(\text{CH}_4) < 12 \%$  in Verbindung mit einem wesentlich erhöhten Absaugvolumenstrom oberhalb der Gasbildung unter Berücksichtigung des Luftanteils (VDI 3899 Blatt 2 Nummer 6.2), der ein Vielfaches der Gasbildung beträgt.

Für gastechnisch abgrenzbare Bereiche eines Deponiestandorts können die Zielbereiche für Methangehalt und Absaugmenge einzeln definiert werden, der Parallelbetrieb unterschiedlicher Anlagentechniken realisiert und die Veränderung der räumlichen Ausdehnung der einzelnen Bereiche bei Verfolgung der unterschiedlichen Betriebskonzepte zeitlich berücksichtigt werden.

## 4.2 Gasförderung

Die Gasförderstation muss auf die Anforderungen der Deponie (Fördermenge, Druckverhältnisse und Gaszusammensetzung) und der nachgelagerten Behandlungs- und Verwertungsanlage abgestimmt sein.

## 4.3 Aufbereitung

Das aus dem Deponiekörper austretende Deponiegas muss u.a. durch Kondensatabscheidung, evtl. zusätzliche Gasentfeuchtung oder Gasreinigung so konditioniert werden, dass es vom nachfolgenden Behandlungs- oder Verwertungsverfahren genutzt werden kann und ein störungsfreier Betrieb gewährleistet ist (nach VDI 3899 Blatt 1 Nummer 6.1).

## 4.4 Speicherung von Deponiegas

Die externe Deponiegasspeicherung kann optional zur Unterstützung der kontinuierlichen Entgasung des Deponiekörpers bei flexiblem Einsatz der Verwertungstechnologien genutzt werden und kann ggf. zur Verlängerung der Gasverwertung führen. Der Einsatz eines Gasspeichers setzt voraus, dass mit der gewählten Behandlungs- oder Verwertungsanlage die Ziele der Emissionsminderung erreicht werden.

## 4.5 Behandlungs- und Verwertungsverfahren

Tabelle 2 der VDI 3899 Blatt 1 Nummer 6.6 enthält eine Übersicht der Einsatz- und Regelbereiche verschiedener Behandlungs- und Verwertungsverfahren. Die Tabelle hat keinen abschließenden Charakter. Die Anwendungsgrenzen der einzelnen Verfahren unterliegen dem Wandel des technischen Fortschritts. Die geeignete Anlagentechnik wird immer unter der Beachtung der übergeordneten Ziele des BQS gewählt und obliegt der Fachplanung.

Die Entscheidung über den Einsatz eines biologischen Verfahrens (einschließlich Methanoxidationsschicht gemäß BQS 7-3) beruht auf den Ergebnissen des mehrjährigen Entgasungsbetriebs nach Abbildung 2 in Nummer 7.2.

## **5 In-situ-Stabilisierung**

### **5.1 Grundsätzliches**

Die Gasproduktion der ehemaligen Siedlungsabfalldeponien in Deutschland ist seit der Beendigung der Ablagerung organischer Abfälle im Jahr 2005 rückläufig. Insbesondere in einer fortgeschrittenen Phase der Deponiegasbildung kann die kontinuierliche Erfassung und Behandlung der gasförmigen Emissionen durch einen steigenden Stickstoff-Anteil und eine Reduzierung des CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>-Verhältnisses infolge aerober Prozesse zunehmend beeinträchtigt werden. Dies kann durch eine fehlende Oberflächenabdichtung oder eine ungeeignete Entgasungsanlage begünstigt sein.

Für die In-situ-Stabilisierung werden vorwiegend unterschiedliche Belüftungsverfahren eingesetzt. Zur Aufrechterhaltung und Intensivierung biologischer Abbauprozesse kann ergänzend zu Belüftungsverfahren eine Infiltrationsmaßnahme nach § 25 Absatz 4 DepV vorgenommen werden. Die VDI 3899 Blatt 2 Nummer 8 stellt den bundeseinheitlichen Qualitätsstandard für die In-situ-Stabilisierung dar und beinhaltet eine ausführliche Beschreibung beider Verfahren. Bei erfolgreicher Durchführung der In-situ-Stabilisierung ist ein geänderter Aufbau des Oberflächenabdichtungssystems nach Anhang 1 Tab. 2 Fußnote 6 DepV möglich.

### **5.2 Bestandserfassung und Überprüfung der Anwendbarkeit**

Um eine Maßnahme zur In-situ-Stabilisierung ordnungsgemäß umzusetzen, muss die Leistungsfähigkeit des Gasfassungssystems überprüft und das Restgasbildungspotenzial durch Gasabsaug- und Belüftungsversuche (z. B. zur Dimensionierung der Belüftungseinrichtungen) entsprechend Nummer 2.6 bestimmt worden sein. Gegebenenfalls sind die Versuche mit Untersuchungen zur Abfallbeschaffenheit sowie zu Eigenschaften und Aufbau des Deponiekörpers zu ergänzen. Letzteres ist insbesondere bei Infiltrationsmaßnahmen von Relevanz, um sicherzustellen, dass der Deponiekörper möglichst homogen mit Wasser beaufschlagt werden kann.

### **5.3 Technische Umsetzung**

Für die aerobe In-situ-Stabilisierung bedarf es Einrichtungen zur gezielten und kontrollierten Belüftung, Ablufferfassung und -behandlung nach § 25 Absatz 4 DepV. Es können insbesondere folgende Verfahrensweisen eingesetzt werden:

- Druck-Saugverfahren und
- Deponiebelüftung durch Übersaugung.

Die Anforderungen und Verfahren werden in der VDI 3899 Blatt 2 Nr. 8.1.3 und 8.1.4 weiter konkretisiert.

Darüber hinaus sind zur Infiltration entsprechende Einrichtungen zur gezielten Wasserzugabe in den Deponiekörper nach VDI 3899 Blatt 2 Nr. 8.2 erforderlich.

Die Anlagentechniken sind durch einen Fachplaner zu konzipieren und zu dimensionieren. Dabei sind insbesondere geplante Laufzeiten unter Berücksichtigung der genannten Werte für Restemissionen, Betriebsparameter, elektrischer Energiebedarf sowie die vorgesehene Anschlussphase nach Betriebsende darzustellen. Maßnahmen zum Explosions- und Brandschutz sind zu planen.

## 5.4 Kontrollmaßnahmen

Nach Anhang 5 Nummer 3.2 DepV ist das Mess- und Kontrollprogramm durchzuführen. Aufbauend auf den daraus erfassten Daten sind nach § 25 Absatz 4 Ziffer 3 DepV regelmäßig der Wasser- und der Gashaushalt, die Temperaturentwicklung und die Setzungen des Deponiekörpers DepV zu bewerten. Zur rechtzeitigen Erkennung von Brandgefahren sind zusätzlich regelmäßig Kohlenstoffmonoxid und die Temperatur im Deponiekörper oder im Abluftstrom zu messen. Das Setzungsverhalten ist hinsichtlich der Auswirkungen auf technische Einrichtungen und Abdichtungssysteme zu erfassen und zu bewerten.

Ergänzend zu VDI 3899 Blatt 2 Nummer 8.1.5 können Emissionsuntersuchungen gemäß VDI 3790 Blatt 1 und 2 sowie VDI 3860 Blatt 3 durchgeführt werden.

## 5.5 Gesamtbewertung der Maßnahme

Für die Ergebnisbewertung und Erfolgskontrolle von In-Situ-Stabilisierungsmaßnahmen sind die Kohlenstoffbilanz sowie die Vermeidung potenzieller Methanemissionen mittels IPPC-Modell der Deponie zu ermitteln. Die abschließende Beurteilung der Temperatur- und Setzungsverläufe sind als wesentliche Kriterien heranzuziehen. Die Deponiebelüftung mit oder ohne Infiltration kann als erfolgreich angesehen werden, wenn nach deren Abschluss eine verbleibende Restgasentstehung schadlos passiv behandelt werden kann. Nach BQS 7-3 „Methanoxidationsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ kann ein Orientierungswert für die Methanbildungsrate von  $0,5 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  für eine ausreichende Methanoxidation angenommen werden.

## 6 Sicherheitstechnik

### 6.1. Einleitung

Deponien oder Deponieabschnitte, bei denen die Fassung und Behandlung von Deponiegas erforderlich ist, unterliegen den Anforderungen, die Deponiegas als Gefahrstoff mit sich bringt. Im Zusammenhang damit ergeben sich für den Betrieb direkte Anforderungen und Pflichten, insbesondere aus

- der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV),
- der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV),
- der Deponieverordnung,
- TA Luft und
- 44. BImSchV.

Eine sicherheitstechnische Prämisse bei der Gaserfassung, dem Gastransport, der Gasbehandlung und -verwertung sowie dem Betrieb ist die Vermeidung von Gefährdungen durch Deponiegas. Dieses setzt übergreifend voraus, dass diese Gefährdungen umfassend ermittelt und beurteilt werden sowie darauf abgestimmte Maßnahmen in einem Explosionsschutzdokument (siehe Nummer 6.2) als Grundlage des sicherheitstechnischen Konzeptes festgelegt werden. Das Explosionsschutzdokument ergibt zusammen mit dem Instandhaltungsplan und dem Prüfplan das sicherheitstechnische Konzept. Dieses ist Bestandteil des QMP „Deponiegas“.

Der Instandhaltungsplan beinhaltet die Maßnahmen zur Überwachung, Wartung, Instandsetzung, Schwachstellenbeseitigung und die Eigenüberwachung. Dieser ist anlagenspezifisch festzulegen.

Der Prüfplan beinhaltet die Ermittlung und Organisation der erforderlichen Prüfungen der gesamten Anlage vor, während und nach der Inbetriebnahme sowie wiederkehrend. Dieser umfasst

- die Prüfungen nach BetrSichV (siehe Anhang 1),
- die Prüfungen nach DGUV 114-005 Nummern 10.2, 10.3, 10.4 und 10.5,
- die Prüfungen im Rahmen der Eigenüberwachungen sowie
- die Überprüfungen nach § 7 Absatz 7 GefStoffV.

Prüfungen zur Eigenüberwachung berücksichtigen u. a. Herstellervorgaben sowie Vorgaben aus einschlägigen Regelwerken.

## 6.2. Explosionsschutzdokument

Durch die Verlagerung der materiellen Anforderungen zum Brand- und Explosionsschutz in die GefStoffV ist das Explosionsschutzdokument Bestandteil der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung.

Die Gefährdungen durch gefährliche explosionsfähige Gemische sind in einem Explosionsschutzdokument gemäß § 6 Absatz 9 GefStoffV besonders auszuweisen. Aus diesem muss hervorgehen:

- dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und einer Bewertung unterzogen worden sind,
- dass angemessene Vorkehrungen getroffen werden, um die Ziele des Explosionsschutzes zu erreichen,
- ob und welche explosionsgefährdeten Bereiche entsprechend Anhang I Nummer 1.7 GefStoffV in Zonen eingeteilt wurden,
- für welche Bereiche Explosionsschutzmaßnahmen nach § 11 und Anhang I Nummer 1 GefStoffV getroffen wurden,
- wie die Vorgaben nach § 15 GefStoffV (Zusammenarbeit verschiedener Firmen) umgesetzt werden und
- welche Überprüfungen nach § 7 Absatz 7 GefStoffV und welche Prüfungen zum Explosionsschutz nach Anhang 2 Abschnitt 3 BetrSichV durchzuführen sind.

Die Gefährdungsbeurteilung ist:

- erstmals vor Aufnahme der Tätigkeit zu dokumentieren,
- regelmäßig zu überprüfen und bei Bedarf unter Angabe des Änderungsdatums zu aktualisieren und
- umgehend zu aktualisieren, wenn maßgebliche Veränderungen oder neue Informationen dies erfordern.

Das Explosionsschutzdokument ist für die gesamte Deponieentgasungsanlage, die sowohl die deponiegebundenen Komponenten als auch die nicht deponiegebundenen Anlagenkomponenten umfasst, vor Inbetriebnahme durch eine fachkundige Person im Sinne der GefStoffV zu erstellen und durch den verantwortlichen Betreiber in Kraft zu setzen. Es ist regelmäßig zu prüfen und bei Bedarf zu aktualisieren. Maßgebliche Veränderungen sind zu dokumentieren und das Explosionsschutzdokument ist fortzuschreiben (§ 6 Absatz 10 GefStoffV).

Das Explosionsschutzdokument einer Deponieentgasungsanlage hat i. d. R. einen Ex-Zonenplan (Unterscheidung nach GefStoffV) sowie einen Feuerwehrrübersichtsplan (Zonenplan) nach DIN 14095 zu beinhalten.

Unter Einbezug der Anforderungen nach § 22 Absatz 2 DepV soll mindestens alle vier Jahre ein Sachkundiger nach GefStoffV das Explosionsschutzdokument dahingehend prüfen, ob ein Bedarf an einer Fortschreibung besteht.

### **6.3. Sicherheitstechnisches Konzept**

Aus den Vorgaben des Explosionsschutzdokumentes ergeben sich Maßnahmen gegen Gefährdungen durch Explosionen und Brände (Schutzmaßnahmen), die in einem sicherheitstechnischen Konzept umzusetzen sind. Hierbei sind unter Beachtung der DGUV 114-005 u. a. der Unterschied von Anlagenteilen mit Unterdruck oder Überdruck zu berücksichtigen sowie anlagenspezifisch sicherzustellen, dass im bestimmungsgemäßen Betrieb keine explosionsfähige Atmosphäre in der Gasförderstation auftreten kann.

Zur Gewährleistung der Ziele dieses sicherheitstechnischen Konzeptes ist gemäß § 7 Absatz 7 GefStoffV regelmäßig, mindestens jedoch jedes dritte Jahr, eine Überprüfung der Funktion und der Wirksamkeit der technischen Schutzmaßnahmen vor Gefährdungen durch Deponiegas durchzuführen (siehe Anhang 1 Prüfplan).

Bei einer betrieblichen Nachnutzung auf der Deponieoberfläche sind Wechselwirkungen zwischen den technischen Einrichtungen zur Deponiegasfassung und -behandlung und der Nachnutzung zu beachten. Dies gilt insbesondere für passive Entgasungssysteme, bei denen Migrationen in Nebenbereiche nicht auszuschließen sind.

## **7 Betrieb der Deponieentgasung**

### **7.1 Grundsätzliche Anforderungen**

Eine Deponie mit relevantem Gasaufkommen muss kontinuierlich entgast werden. Um dieses Ziel zu erreichen, muss die Anlage unter Betriebsbedingungen jederzeit technisch verfügbar und geeignet sein. Hierfür sind innerhalb der Betriebsführung alle relevanten Maßnahmen und Regelungen dahingehend festzulegen, die Stillstandszeiten zu minimieren.

Im besonderen Fall eines vorübergehend diskontinuierlichen Betriebs, z. B. vor der Anpassung der Anlagentechnik an sinkende Methangehalte, muss nachgewiesen werden, dass durch diesen Betrieb keine Zustände zu erwarten sind, die erhöhte Deponiegasemissionen hervorrufen können. Zum Nachweis sind u. a. Emissionsmessungen in den jeweiligen unterschiedlichen Betriebszuständen erforderlich.

Im Hinblick auf die Anforderungen nach § 4 DepV ist sicherzustellen, dass das eingesetzte Personal über die erforderliche Fach- und Sachkunde im Umgang mit Deponiegas (u. a. Sicherheitstechnik, Gefahrstoffe, Explosionsgefahren) verfügt.

## 7.2 Zyklische Überprüfung der Deponieentgasung

Die zuständige Behörde hat nach § 22 Absatz 2 DepV die behördlichen Entscheidungen nach § 21 DepV alle vier Jahre darauf zu überprüfen, ob zur Einhaltung des Standes der Technik weitere Bedingungen, Auflagen oder Befristungen angeordnet oder bestehende geändert werden müssen. Demnach ist als Entscheidungsgrundlage für die zuständige Behörde auch die Deponieentgasung zyklisch wiederkehrend regelmäßig gemäß der Abbildung 2 zu überprüfen und ggf. anzupassen.

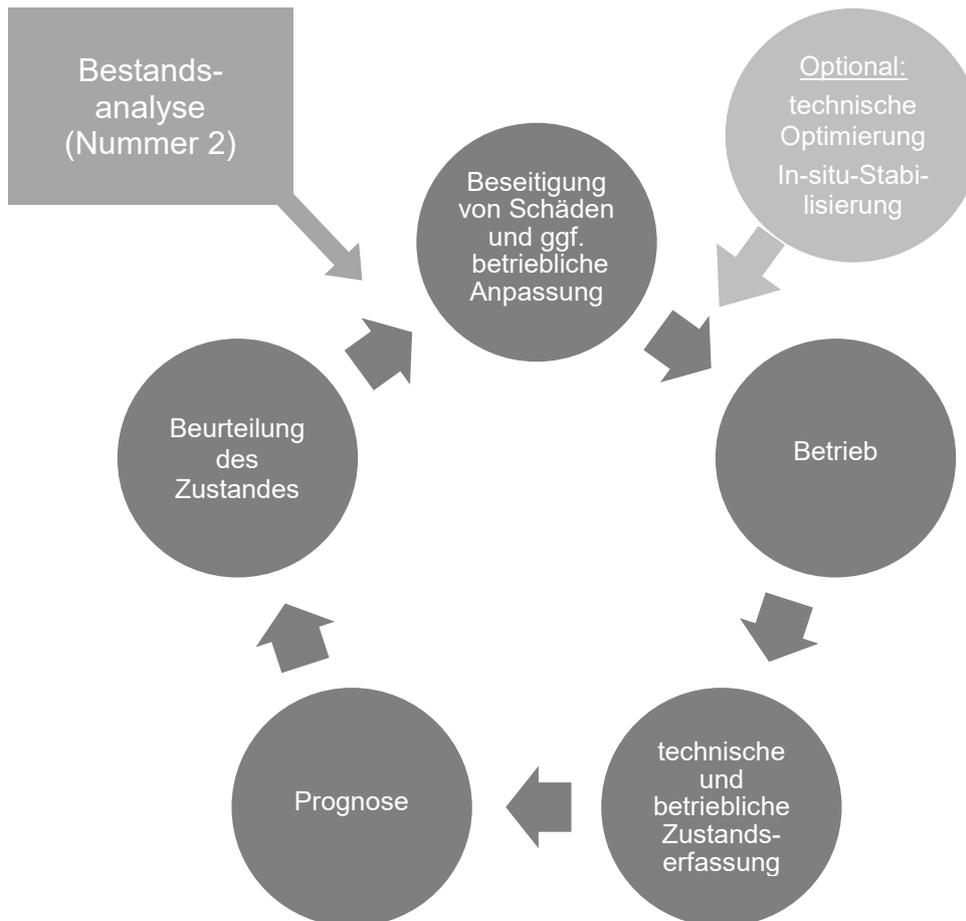


Abbildung 2: Zyklische Überprüfung der Deponieentgasung

## 7.3 Konkretisierungen der VDI 3899 Blatt 2

Die VDI 3899 Blatt 2 Nummern 9 und 10 stellen unter Berücksichtigung nachfolgender Konkretisierungen den bundeseinheitlichen Qualitätsstandard für den Betrieb der Deponieentgasung dar.

### Automatisierte Messungen in der Gasfördereinrichtung (VDI 3899 Blatt 2 Nummer 9.3.1)

Ein Einsatz von Fernwirkssystemen kann die Regelung und Kontrolle von Elementen der Deponiegaseraufbereitung unterstützen. Dies gilt insbesondere auch für komplexe und größere Anlagen. Dies ist mit den sicherheitstechnischen Maßnahmen in Einklang zu bringen.

### **Manuelle Funktions- und Wirkungskontrolle (VDI 3899 Blatt 2 Nummer 9.3.2)**

Zugängliche Gaskollektoren sind viertel- bis halbjährlich messtechnisch (Temperatur, Volumenstrom und Druck) zu überwachen und zu kontrollieren (z. B. auch Dichtheit). Zusätzliche Messungen an den Gaskollektoren sind bei Auffälligkeiten in den Gassammelstationen vorzunehmen.

### **Inspektion (VDI 3899 Blatt 2 Nummer 9.4.2)**

#### Zu Anmerkung 1:

Die Inspektion eines Gasbrunnens, speziell über TV-Untersuchungen, kann hauptsächlich den Zustand des perforierten Rohres dokumentieren. Aussagen über den Zustand oder die Funktionsfähigkeit der Filterstrecke der Kiessäule und des Umgebungsbereiches sind kaum möglich.

Sind im Innenrohr noch freie Lochdurchmesser vorhanden, aber erhebliche Ablagerungen ersichtlich, ist von einer eingeschränkten Gasdurchlässigkeit im äußeren Brunnenbereich auszugehen. Gegebenenfalls sind in diesen Fällen Maßnahmen gemäß VDI 3899 Blatt 2 Nummer 9.4.3 zur Instandsetzung von Gaskollektoren heranzuziehen.

#### Zu Anmerkung 2:

Eine Dichtheitsprüfung mit schaubildenden Mitteln ist nur bei überdruckbelasteten Leitungen möglich. Eine ausreichende Dichtheit zur Entgasung ist auch dann gegeben, wenn sich bei geeigneten Unterdruckverhältnissen im Rahmen der Besaugung die Gaszusammensetzung nicht ändert. Dies setzt das Vorhandensein entsprechender Prüfpunkte am Anfang und am Ende der Prüfstrecke sowie Geräte mit einer Messgenauigkeit von 10 ppm voraus.

## **7.4 Qualitätsmanagementplan (QMP) „Deponiegas“**

Der QMP „Deponiegas“ dient der Sicherstellung und der Kontrolle einer ordnungsgemäßen Deponieentgasung. Er ist gemäß den Ausführungen für einen „Anpassungs- und Optimierungsbericht“ nach VDI 3899 Blatt 2 Nummer 10.1 zu erstellen, bei Bedarf fortzuschreiben und der zuständigen Behörde vorzulegen.

Der QMP muss insbesondere Folgendes beinhalten:

- Dokumentation der Bestandsanalyse (Nummer 2),
- Betriebshandbuch für Deponiegas (Normalbetrieb, Instandhaltung/Wartung und Betriebsstörung),
- Explosionsschutzdokument (Nummer 6.2),
- Technische und organisatorische Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen,
- Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten bei der Überwachung,
- Dokumentation der Prüfungen gemäß Prüfplan nach Nummer 6.1 und
- Abgleich mit Zielwerten und Zustandsbewertung im Rahmen zyklischer Überprüfungen (Nummer 7.2).

## **7.5 Außerbetriebnahme und Rückbau**

Nicht mehr erforderliche Systemkomponenten oder Teile sind außer Betrieb zu setzen und nach Erfordernis in Abstimmung mit der zuständigen Behörde zurückzubauen. Ein Rückbau ist dann erforderlich, wenn deponietechnische Belange dies erfordern oder eine regelmäßige sicherheitstechnische Prüfung nicht mehr gewährleistet werden kann. Nicht zurückgebaut werden müssen Komponenten unterhalb der Oberflächenabdichtung.

## 8 Technische Bezugsdokumente

### REGELUNGEN DES BUNDES UND DER LÄNDER

Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG -) vom 24.02.2012, zuletzt geändert am 27.07.2021 (BGBl. I Nr. 49, S. 3146)

Deponieverordnung - DepV- vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 1533)

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG -) vom 17.05.2013 (BGBl. I Nr. 25, S. 1274), zuletzt geändert am 27.09.2021 (BGBl. I Nr. 69, S. 4458)

Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV vom 31. Mai 2017, zuletzt geändert am 12.01.2021 (BGBl. I Nr. 2 S. 69)

Vierundvierzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen - 44. BImSchV vom 06.07.2021 (BGBl. I Nr. 42, S. 2514)

Neufassung der Ersten Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft -; GMBI. Nr. 48 bis 54, S. 1050 vom 18.08.2021

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV -) vom 03.02.2015 (BGBl. I S.49), zuletzt geändert am 27.07.2021 (BGBl. I Nr. 49, S. 314)

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV -) vom 26.11.2010 (BGBl. I S.1643 / FNA 8053-6-34), zuletzt geändert am 21.07.2021 (BGBl. I Nr. 48, S. 3115)

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-3 "Methanoxidationsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen"; 13.04.2016; [www.laga-online.de](http://www.laga-online.de)

LAGA ATA Ad-hoc Ausschuss „Entlassung von Deponien aus der Nachsorge“:

Arbeitspapier „Grundsätze zur Entlassung von Deponien aus der Nachsorge“, Mai 2018; [https://www.laga-online.de/documents/endfassung\\_arbeitspapier\\_grundsaeetze-zur-entlassung-von-deponien-aus-der-nachsorge\\_2018-05-09\\_2\\_1561458707.pdf](https://www.laga-online.de/documents/endfassung_arbeitspapier_grundsaeetze-zur-entlassung-von-deponien-aus-der-nachsorge_2018-05-09_2_1561458707.pdf)

## NORMEN

DIN 14095: 2007-05

Feuerwehrpläne für bauliche Anlagen

(Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin)

## EMPFEHLUNGEN TECHNISCHER FACHVERBÄNDE

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V.:

DGUV-Regel 114-005 (GUV-R 127) „Deponien“; Februar 2001; [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DDGT): Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“:

GDA E 2-18 - Geotechnische Belange der Deponieentgasung; April 2021

[www.gdaonline.de](http://www.gdaonline.de)

Süddeutsches Kunststoffzentrum/TÜV Rheinland-LGA:

SKZ/TÜV-LGA Güterrichtlinie Rohre, Schächte und Bauteile auf Deponien; Juni 2017

[www.laga-online.de/Publikationen-50-Informationen-Bundeseinheitliche-Qualitaets-standards.html](http://www.laga-online.de/Publikationen-50-Informationen-Bundeseinheitliche-Qualitaets-standards.html)

TRBS 1201 - Technische Regeln für Betriebssicherheit

Prüfung und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen;  
2019-03; [www.baua.de](http://www.baua.de)

Verein Deutscher Ingenieure ([www.vdi.de](http://www.vdi.de)):

VDI 3477: 2016-03

Biologische Abgasreinigung - Biofilter

VDI 3790 Blatt 1: 2015-07

Umweltmeteorologie - Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen  
Quellen - Grundlagen

VDI 3790 Blatt 2: 2017-06

Umweltmeteorologie - Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen  
Quellen – Deponien

VDI 3860 Blatt 1: 2006-05

Messen von Deponiegas - Grundlagen

VDI 3860 Blatt 2: 2019-05

Messen von Deponiegas - Messungen im Gaserfassungssystem

VDI 3860 Blatt 3: 2017-11

Messen von Deponiegas - Messen von Methan an der Deponieoberfläche mittels Saug-  
glockenverfahren

VDI 3899 Blatt 1: 2016-05

Emissionsminderung - Deponiegas - Deponiegasverwertung und -behandlung

VDI 3899 Blatt 2: 2020-11

Emissionsminderung - Deponiegas - Systeme zur Deponiegaserfassung und Belüftung

### FORSCHUNGSVORHABEN

- [1] Umweltbundesamt, Umweltforschungsplan Vorhaben FKZ 3714343170 „Überprüfung der methodischen Grundlagen zur Bestimmung der Methanbildung in Deponien“

## Anhang 1: Prüfplan für die Anforderungen nach BetrSichV

Im Rahmen der Anforderungen zur Prüfung einer Deponieentgasungsanlage als überwachungsbedürftige Anlage im Sinne der BetrSichV ist ein Prüfplan mit Übersicht über die Erst- und Wiederholungsprüfungen zu erstellen. Die Prüfung kann durch eine befähigte Person im Sinne der BetrSichV oder durch einen Sachverständigen nach BImSchG erfolgen.

Tabelle: Prüfplan für Deponieentgasungsanlage als überwachungsbedürftige Anlage

Erforderliche wiederkehrende Prüfungen nach § 16 BetrSichV			Jahresangabe						
Prüfung gemäß	Prüfung durch	Prüfintervall (Häufigkeit)	Jahr der Inbetriebnahme (JIB)	JIB +1	JIB +2	JIB +3	JIB +4	JIB +5	JIB +6
Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 5.3 BetrSichV	Befähigte Person nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 3.1 BetrSichV („Sachkundiger“)	jährlich	<i>Abnahmeprüfung vor der Inbetriebnahme gemäß § 15 BetrSichV erforderlich durch: Zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) nach Anhang 2 Abschnitt 1 BetrSichV</i>	X	X	X	X	X	X
Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 5.2 BetrSichV	Befähigte Person nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 3.1 BetrSichV („Sachkundiger“)	alle 3 Jahre	<i>oder befähigte Person nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 3.1 bis 3.3 BetrSichV („Sachverständiger“)</i>			X <sup>1)</sup>			X <sup>1)</sup>
Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 5.1 BetrSichV	Befähigte Person nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 3.3 („Sachverständiger“)	alle 6 Jahre							X

- 1) Prüfung kann entfallen bei Vorliegen der Voraussetzung nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 5.4 BetrSichV

Im Rahmen der gemäß § 17 BetrSichV erforderlichen Prüfaufzeichnungen umfassen die Erst- und Wiederholungsprüfungen an Deponieentgasungsanlagen somit folgende Mindestanforderungen:

Alle 6 Jahre (Prüfungen nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 5.1 BetrSichV):

- Ordnungsprüfung
- Festlegung des Prüfumfanges der technischen Prüfung
- Technische Prüfung vor Ort inkl. Detailprüfungen zum Explosionsschutz
- Bewertung der Explosionssicherheit und Erstellung der Prüfbescheinigung

Alle 3 Jahre (Prüfungen nach Anhang 2 Abschnitt 3 Ziffer 5.2 BetrSichV):

- Technische Prüfung gemäß TRBS 1201
- Ordnungsprüfung gemäß TRBS 1201

Jährlich (Prüfung nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 5.3 BetrSichV):

- Technische Prüfung gemäß TRBS 1201

Notwendige, durch den Deponiebetreiber vorzulegende Unterlagen zur Durchführung einer Erst- oder Wiederholungsprüfung sind u. a.:

- Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (R&I-Schema)
- Schaltpläne
- Explosionsschutzdokument
- Anlagendokumentationen
- Alarmplan
- Übersichtsplan
- Dokumentation der Medien-Kennzeichnung / Beschriftung
- Servicenachweise