

DIN ISO 10381-7

ICS 13.080.05

**Bodenbeschaffenheit –
Probenahme –****Teil 7: Anleitung zur Entnahme von Bodenluftproben (ISO 10381-7:2005)**

Soil quality –

Sampling –

Part 7: Guidance on sampling of soil gas (ISO 10381-7:2005)

Qualité du sol –

Échantillonnage –

Partie 7: Lignes directrices pour l'échantillonnage des gaz du sol (ISO 10381-7:2005)

Gesamtumfang 50 Seiten

Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN
Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise.....	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe	6
4 Vorbereitung.....	9
5 Permanentgase	10
6 Flüchtige organische Verbindungen (VOCs)	23
Anhang A (informativ) Probenahmebericht.....	37
Anhang B (informativ) Anaerober Abbau und Bildung von Methan und Kohlenstoffdioxid.....	39
Anhang C (informativ) Strategie der Bodenluftuntersuchungen	41
Anhang D (informativ) Ausrüstung für die Messung des Gasdurchflusses	45
Anhang E (informativ) Transportable Geräte für die Messung der Permanentgaskonzentrationen	46
Literaturhinweise	50

Nationales Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 190 „Bodenbeschaffenheit“, Unterkomitee SC 2 „Probenahme“ aufgestellt. Für Deutschland war der NA 119-01-02 AA „Abfall- und Bodenuntersuchung“ an der Bearbeitung beteiligt.

Es wird empfohlen, bei den Arbeiten nach dieser Norm Fachleute oder Facheinrichtungen einzuschalten.

Zusätzlich zum Deutschen Normenwerk existiert die Richtlinienreihe VDI 3865 Blatt 1 bis Blatt 4 für die Messung organischer Verunreinigungen in der Bodenluft. Diese Richtlinienreihe stützt sich auf das Konzept, ein komplettes Messverfahren (Messplanung, Probenahme, Analyse, Auswertung) modular in mehreren Blättern zu beschreiben, wodurch unterschiedliche Probenahmeverfahren mit unterschiedlichen Analysenverfahren kombiniert werden können.

Blatt 1 gibt grundlegende Anleitungen zur Messplanung und Messstrategie für Bodenluftuntersuchungen. In Blatt 2 werden Techniken zur aktiven Bodenluft-Probenahme vorgestellt. In den Blättern 3 und 4 werden die zugehörigen, auf die Probenahmeverfahren abgestimmten analytischen Verfahren zur Bestimmung der organischen Verbindungen beschrieben.

Mit der Richtlinienreihe VDI 3865 werden dem Anwender Informationen gegeben, welche Randbedingungen bei der Bodenluftuntersuchung berücksichtigt und in die Bewertung von Schadensfällen einbezogen werden müssen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Möglichkeit besteht, dass einige Teile dieses Dokumentes Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

ISO 10381 *Soil quality — Sampling (Bodenbeschaffenheit — Probenahme)* besteht aus:

- *Part 1: Guidance on the design of sampling programmes (Teil 1: Anleitung zur Aufstellung von Probenahmeprogrammen);*
- *Part 2: Guidance on sampling techniques (Teil 2: Anleitung für Probenahmeverfahren);*
- *Part 3: Guidance on safety (Teil 3: Anleitung zur Sicherheit);*
- *Part 4: Guidance on the procedure for investigation of natural, near-natural and cultivated sites (Teil 4: Anleitung für das Vorgehen bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten);*
- *Part 5: Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination (Teil 5: Anleitung für die Vorgehensweise bei der Untersuchung von Bodenkontaminationen auf urbanen und industriellen Standorten);*
- *Part 6: Guidance on the collection, handling and storage of soil for the assessment of aerobic microbial processes in the laboratory (Teil 6: Anleitung zur Entnahme, Behandlung und Lagerung von Böden für die Bestimmung aerober mikrobieller Prozesse unter Laboratoriumsbedingungen);*
- *Part 7: Guidance on the investigation and sampling of soil gases (Teil 7: Anleitung zur Entnahme von Bodenluftproben);*
- *Part 8: Guidance on the sampling of stockpiles (Teil 8: Anleitung zur Beprobung von Halden).*

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen.

ISO 10381-1	siehe DIN ISO 10381-1
ISO 10381-2	siehe DIN ISO 10381-2
ISO 10381-3	siehe DN ISO 10381-3
ISO 11074-1	siehe DIN ISO 11074-1
ISO 11259	siehe DIN ISO 11259

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 10381-1, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 1: Anleitung zur Aufstellung von Probenahme-programmen*

DIN ISO 10381-2, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 2: Anleitung für Probenahmeverfahren*

DIN ISO 10381-3, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 3: Anleitung zur Sicherheit*

DIN ISO 11074-1, *Bodenbeschaffenheit — Wörterbuch — Teil 1: Begriffe und Definitionen aus dem Bereich Bodenschutz und Bodenkontamination*

DIN ISO 11259, *Bodenbeschaffenheit — Vereinfachte Bodenbeschreibung*

VDI 3865 Blatt 1, *Messen organischer Bodenverunreinigungen — Messplanung für die Untersuchung der Bodenluft auf leichtflüchtige organische Verbindungen*

VDI 3865 Blatt 2, *Messen organischer Bodenverunreinigungen — Techniken für die aktive Entnahme von Bodenluftproben*

VDI 3865 Blatt 3, *Messen organischer Bodenverunreinigungen — Gaschromatographische Bestimmung von niedrigsiedenden organischen Verbindungen in Bodenluft nach Anreicherung an Aktivkohle oder XAD-4 und Desorption mit organischem Lösungsmittel*

VDI 3865 Blatt 4, *Messen organischer Bodenverunreinigungen — Gaschromatographische Bestimmung von niedrigsiedenden organischen Verbindungen in Bodenluft durch Direktmessung*

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: *Handlungsempfehlung, Durchführung von Deponiegas-messungen bei Altablagerungen, Altlasten und Grundwasserschadensfälle Band 34, 2001*

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: *Handlungsempfehlung, Entnahme von Bodenluftproben, Altlasten und Grundwasserschadensfälle Band 32, 2001*

Bodenbeschaffenheit

Probenahme

Teil 7: Anleitung zur Entnahme von Bodenluftproben

Einleitung

ISO 10381-7 ist Teil einer Gruppe von Normen, die erforderlichenfalls in Verbindung miteinander anzuwenden sind. ISO 10381 (alle Teile) behandelt Probenahmeverfahren für die verschiedenen mit der Bodenuntersuchung im Zusammenhang stehenden Zwecke. Die angegebenen Bodenluft- und Deponiegasmessungen liefern keine quantitativen Aussagen zur Gesamtmenge der in der Bodenluft bzw. dem Boden nachgewiesenen Stoffe. Die Messergebnisse können z. B. durch Temperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck, Mindestentnahmetiefe u. a. beeinflusst werden.

Die allgemein angewendete Terminologie entspricht der vom ISO/TC 190 festgelegten, und dabei speziell der in ISO 11074-2 angegebenen.

Zusätzlich zu den Hauptbestandteilen (Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid) kann Bodenluft weitere Gase (Methan, Kohlenstoffmonoxid, Mercaptane, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Helium, Neon, Argon, Xenon, Radon usw.) enthalten. Sie kann auch leichtflüchtige organische Verbindungen oder anorganische Dämpfe (Quecksilber) enthalten, die im Zusammenhang mit der Untersuchung von Boden- und Grundwasserkontaminationen von besonderem Interesse sind.

Wegen der unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften und Konzentrationsbereiche der im Boden und in Deponien vorhandenen Gase sowie auch aufgrund der großen Bandbreite der Ziele bei der Entnahme von Bodenluftproben ist dieser Teil von ISO 10381 im Anschluss an die allgemeinen Abschnitte 1 bis 4 in zwei Bereiche unterteilt:

- a) Permanentgase der Bodenluft und Deponiegase (Abschnitt 5);
- b) flüchtige organische Verbindungen (VOCs) (Abschnitt 6).

Daher ist es nicht zu vermeiden, bestimmte Einzelheiten in beiden Abschnitten aufzuführen, um die Anleitung umfassend genug zu gestalten.

WARNUNG — Dieser Teil von ISO 10381 behandelt die Felduntersuchung von Bodenluft, für die besondere Vorsichtsmaßnahmen im Hinblick auf die Gesundheit und die persönliche Sicherheit erforderlich sind.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 10381 enthält Leitlinien für die Probenahme von Bodenluft.

Dieser Teil von ISO 10381 gilt nicht für die Messung der Gase, die aus dem Boden in die Atmosphäre austreten, sowie die Probenahme aus der Atmosphäre oder passive Probenahmeverfahren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 10381-1, *Soil quality — Sampling — Part 1: Guidance on the design of sampling programmes*

ISO 10381-2, *Soil quality — Sampling — Part 2: Guidance on sampling techniques*

ISO 10381-3 *Soil quality — Sampling — Part 3: Guidance on safety*

ISO 11074-1, *Soil quality — Vocabulary — Part 1: Terms and definitions relating to the protection and pollution of the soil*

ISO 11074-2, *Soil quality — Vocabulary — Part 2: Terms and definitions relating to sampling*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 11074-1 und ISO 11074-2 und die folgenden Begriffe.

3.1

aktive Entnahme von Bodenluft

Probenahme durch Absaugen eines bestimmten Bodenluftvolumens

3.2

biologischer Abbau

physische und chemische Zersetzung von komplexen Molekülen durch Organismen, hauptsächlich Bakterien und/oder Pilzen

3.3

Bohrloch

ein im Boden oder Deponiematerial gebildetes Loch, in das ein Standrohr für die Durchführung der Gasüberwachung eingeführt werden kann

ANMERKUNG Es wird auch zur Lüftung und zum Absaugen von Gas verwendet.

3.4

Anreicherungs-/Adsorptionsverfahren

die zu bestimmenden Stoffe werden adsorptiv auf einem Adsorbens (z. B. Aktivkohle oder XAD-4-Harz) angereichert und anschließend desorbiert und analysiert

3.5**Totvolumen**

Volumen zwischen der Ansaugöffnung der Bodenluftsonde und dem Septumgläschen, einschließlich des Volumens des Septumgläschens oder des Absorptionsröhrchens

3.6**direktes Verfahren****direktes Messverfahren**

Analyseverfahren, bei dem die Bodenluftprobe (aliquoter Anteil) direkt und ohne Anreicherung in eine geeignete Vorrichtung gegeben und analysiert wird

3.7**direktanzeigendes Prüfröhrchen**

Glasröhrchen, das mit Reagenzien gefüllt ist und, nachdem bestimmte gasförmige Verbindungen hindurchgesaugt wurden, konzentrationsabhängige Farbreaktionen aufweist, und das daher sowohl für qualitative als auch für halb-quantitative Analysen verwendet wird

ANMERKUNG Es ist wichtig, Querempfindlichkeiten zu beachten.

3.8**Gasmigration^{N1)}**

Bewegung von Gasen und Dämpfen aus den Abfällen einer Deponie oder durch den Boden in die angrenzenden Schichten oder die Emission in die Atmosphäre

3.9**Bodenluftmessstelle**

in geeigneter Weise in ein Bohrloch eingeführtes Standrohr, aus dem Gasproben entnommen werden können, um die Bodenluftkonzentration zu messen und Veränderungen in der Zusammensetzung der Bodenluft oder die Bodenluftmigration zu überwachen

3.10**Gasprobenahme**

Zusammentragen einer Materialmenge für Experimente auf eine Weise, dass das entnommene Material für das Gas im Porenraum der Probenahmestelle repräsentativ ist

3.11**Deponie**

Anlage zur Entsorgung von Abfällen durch Ablagerung

ANMERKUNG Sie kann eventuell neue Flächen bilden, die anderweitig genutzt werden können.

3.12**Deponiegas**

Mischung aus Permanentgasen (Hauptbestandteile), überwiegend Methan und Kohlenstoffdioxid, das aus der Zersetzung abbaubaren Abfalls in Deponien entsteht

ANMERKUNG Es kann auch eine große Anzahl VOCs (Spurenbestandteile) enthalten.

3.13**untere Explosionsgrenze****UEG**

geringster Volumenanteil in Prozent eines Gemisches von brennbarem Gas mit Luft, der bei 25 °C und unter atmosphärischem Druck in einem abgeschlossenen Raum zu einer Explosion führen kann

N1) Nationale Fußnote: „Auch: **Gaswanderung**“.

3.14

einstufige Entnahme von Bodenluftproben

Probenahme von Bodenluft, die direkt aus einer ohne Vorbohrung in den Boden eingeführten Bodenluftsonde entnommen wird

3.15

passive Entnahme von Bodenluftproben

Probenahme, die auf der Adsorption von Bodenluft an ein in den Boden gegebenes Absorbens ohne Anlegen eines Unterdruckes beruht

3.16

Permanentgas

Element oder Verbindung mit einem Siedepunkt, der bei atmosphärischem Druck unter -60 °C liegt

3.17

beprobtes Volumen

Bodenvolumen, aus dem die Bodenluftprobe entnommen wird

3.18

Bodenluft

Gas und Dampf im Porenraum von Böden

3.19

Bodenluftmessstelle

Bohrloch, das zur Stabilisierung der Bohrlochwand und/oder zur Abgrenzung des Probenahmebereiches mit einem geeigneten Material ausgebaut ist

ANMERKUNG Abhängig vom Typ und der Stabilität des Einbaus wird zwischen temporären (für einzelne oder kurze wiederholte Bodenprobenahmen) und stationären (für Langzeitbeobachtungen) Bodenluftmessstellen unterschieden.

3.20

Bodenluftsonde

Entnahmesonde für Bodenluftproben

Sonde, üblicherweise ein Rohr, das direkt in den Boden (einstufige Entnahme von Bodenluftproben) oder in ein Bohrloch (zweistufige Entnahme von Bodenluftproben) eingeführt wird, um Bodenluftproben zu entnehmen

ANMERKUNG Durch Anlegen eines Unterdruckes am oberen Ende der Bodenluftsonde (Kopf) wird die Bodenluft am unteren Ende (Spitze) durch die Ansaugöffnung(en) gesaugt und in eine Vorrichtung zum Sammeln von Gas sowie eine Online-Messvorrichtung (direktes Messverfahren) oder an ein Absorbens (Anreicherungsverfahren) überführt.

3.21

Bodenluftabsaugversuch

über einen längeren, kontrollierten Zeitraum andauernde (meist mehrstündige bis mehrtägige) kontinuierliche Absaugung von Bodenluft aus einer Bodenluftmessstelle

3.22

zweistufige Entnahme von Bodenluftproben

Probenahme durch Anlegen eines Bohrloches mit Hilfe eines Bohrgerätes oder manuell (1. Stufe) und Entnahme von Bodenluft aus einer in das Bohrloch eingeführten Bodenluftsonde (2. Stufe)

3.23

flüchtige organische Verbindungen

VOCs

bei Raumtemperatur (20 °C) flüssige Verbindungen, deren Siedepunkt üblicherweise unter 180 °C liegt

BEISPIELE Insbesondere aromatische Kohlenwasserstoffe mit einem Ring und weitere halogenierte Kohlenwasserstoffe mit niedrigem Siedepunkt, die als Lösemittel oder Kraftstoff verwendet werden, sowie einige Abbauprodukte.

4 Vorbereitung

Die Auswahl des Probenahmeverfahrens muss den Anforderungen an die Untersuchung (einschließlich nachfolgender analytischer Verfahren) entsprechen. Berücksichtigung sollten auch die Beschaffenheit des zu untersuchenden Bodens sowie Art und Verteilung von Kontaminationen, die Geologie und die Hydrogeologie finden. Es sollte alles getan werden, um Querkontaminationen zu vermeiden, und darunter liegende Grundwasserleiter sollten niemals gefährdet werden.

Vor Beginn intrusiver Arbeiten sollte eine umfassende Überprüfung des Bodens erfolgen, um sicherzustellen, dass keine Versorgungseinrichtungen oder Bauwerke gefährdet sind und keine Gefahren vorliegen. (Für mehr Informationen zu Probenahmeverfahren und Sicherheit siehe ISO 10381-2 und ISO 10381-3.)

Bei der Entnahme von Bodenluft in der Nähe der Oberfläche ist die Wirkung des Eindringens von Außenluft zu berücksichtigen. Die Probenahmetiefe wird durch das Vorhandensein einer undurchdringlichen Überdeckung der Geländeoberfläche, den Bodentyp (Porosität, Tongehalt usw.) und die Tiefe des festen Gesteinsuntergrundes bestimmt. Es gilt als unwahrscheinlich, dass in einer Tiefe von weniger als 0,5 m gebrauchsfähige Proben entnommen werden können. Für die routinemäßige Überwachung der Bodenluft wird eine Mindestdiefe von 1 m empfohlen.

Frost erschwert die Entnahme von Bodenluftproben in vielerlei Hinsicht. Bodenfrost schränkt die Beweglichkeit der Luft im Boden stark ein; dies sollte sowohl bei der Planung und Ausführung der Probenahme als auch bei der Auswertung der Messergebnisse berücksichtigt werden. In ähnlicher Weise kann auch ein wassergesättigter Boden die Mobilität einschränken.

Das Hauptproblem bei der Entnahme von Bodenluftproben aus einem Bereich unter gefrorenem Boden stellt der Verlust an luftgefülltem Porenraum aufgrund des hohen Feuchtegehaltes im Bereich zwischen dem gefrorenen und dem nicht gefrorenen Teil des Bodens dar. Folglich ist es erforderlich, die Proben aus einer größeren Tiefe zu entnehmen.

Sämtliche auf nicht gefrorenem Untergrund errichteten Gebäude fungieren als Pfade oder Barrieren für die aufwärts gerichtete Bodenluft-Migration. Unterdruck und Unterschiede in der Konzentration innerhalb der Gebäude können darüber hinaus die Gase dabei unterstützen, die Untergeschosse der Gebäude zu durchdringen.

Durch den Aufstieg von warmer Luft in Gebäuden entstehende Druckschwankungen können das Eindringen von Gasen in Gebäude ermöglichen.

Einige organische Schadstoffe in der Gasphase des Bodens und des Unterbodens können toxikologische Gefahren unterschiedlichen Schweregrades darstellen. Daher sollte das Personal mit den für die (angenommene oder gemessene) potentielle Toxizität geeigneten Schutzausrüstungen ausgestattet sein.

Bestimmte organische Dämpfe können in Verbindung mit Luft explosionsfähige Gemische erzeugen (Explosionsgrenze und Selbstentzündungstemperatur sollten berücksichtigt werden). Daher empfiehlt es sich, elektrische Ausrüstungsgegenstände und Werkzeuge zu verwenden, die für die Anwendung in explosionsfähigen Atmosphären geeignet sind.

Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit sollten stets berücksichtigt werden. Das Personal sollte speziell ausgebildet werden, sodass sichergestellt ist, dass es mit den erforderlichen Vorsichtsmaßnahmen vertraut ist. (Für mehr Informationen zur Sicherheit siehe ISO 10381-3.)

5 Permanentgase

5.1 Untersuchungsziele

5.1.1 Bodenluft

Die Ziele der Untersuchung von Permanentgasen in der Bodenluft bestehen in der

- Analyse der Bodenluftzusammensetzung; und der
- Ermittlung von Konzentrationsunterschieden auf einer Fläche.

5.1.2 Deponiegas

Das Ziel der Untersuchung von Deponiegasen in der Bodenluft ist die

- Analyse der Deponiegaszusammensetzung.

5.1.3 Weitere Ziele

Weitere Ziele können sein:

- Beurteilung der möglichen Ursachen für Störungen des Pflanzenwachstums;
- Optimierung bzw. Kontrolle von Abdichtungen oder Gassammelvorrichtungen;
- grobe Abschätzung des Potentials für die Gasgewinnung sowie die Dauer dieser Gewinnung;
- Feststellung von unterirdisch stattfindenden Verbrennungsvorgängen;
- Planung von Gasschutzmaßnahmen in Gebäuden.

5.2 Grundsätze

5.2.1 Physikalische und chemische Grundlagen

Ist biologisch abbaubares Material in Deponien oder in der Matrix von Auffüllungsböden auf Altlastenstandorten vorhanden, entsteht durch die mikrobielle Aktivität stets Deponiegas. Ähnliche Gase können auch in alluvialen Ablagerungen und in im Abbau befindlichem natürlichem organischem Material entstehen (siehe Anhang B). Deponiegas besteht vorwiegend aus Methan und Kohlenstoffdioxid, in Abhängigkeit von der mikrobiellen Aktivität kann sich das Verhältnis jedoch ändern und liegt in etwa im Verhältnis 60 : 40; dazu kommt eine Anzahl weiterer Spurengase.

Permanentgas kann auch aus Kohlenvorkommen, Torf, sedimentären Fest- und Lockergesteinen (z. B. Kreide und alluvialen Ablagerungen), aus Undichtigkeiten an Gasleitungen (Erdgas) und Gasen aus Abwasserkanälen und -leitungen stammen. Angaben zu den Verfahren für die Identifizierung der Herkunft des Gases sind unter 5.2.3 zu finden.

Methan ist in der Luft in Konzentrationen mit einem Volumenanteil zwischen 5 % und 15 % explosionsfähig; bei Konzentrationen unter 5 % reicht das Gas nicht aus, um die Verbrennung zu fördern, und bei Konzentrationen mit einem Volumenanteil über 15 % reicht der Sauerstoff nicht aus, um die Verbrennung zu fördern. Kohlenstoffdioxid ist ein Stickgas, das sich in Konzentrationen mit einem Volumenanteil über 0,5 % negativ auf die Gesundheit auswirken kann.

Deponiegas ist üblicherweise mit Feuchtigkeit gesättigt und korrodierend. Durch Verdrängung des Sauerstoffs aus dem Wurzelbereich der Pflanzen sowie auch durch das Vorliegen phototoxischer Verbindungen kann es zum Absterben der Vegetation führen. Die Dichte des Deponiegases hängt vom Verhältnis des Kohlenstoffdioxides zum Methan ab: je höher die Konzentration an Kohlenstoffdioxid ist, umso höher ist die Dichte.

Der Gasdruck im Untergrund hängt von der Gasentstehungsrate, der Durchlässigkeit der Abfallmasse und den umgebenden Schichten sowie Veränderungen des Sickerwasserstandes und des Grundwassers im Deponiekörper ab. Weitere wichtige Faktoren sind die Temperatur und der Luftdruck.

In Abhängigkeit von der am Standort angewendeten Technik und der örtlichen Geologie kann das Gas über beträchtliche Distanzen migrieren und eine Gefährdung für nahe gelegene Konstruktionen darstellen. Im Falle von Grubengas kann das Beenden der Wasserhaltung zu einem Anstieg des Grundwasserspiegels führen, wodurch sich der Gasdruck sowie auch die Oberflächenemissionen von Gas erhöhen können. Es ist daher erforderlich, Wissen hinsichtlich der Gaskonzentrationen und Durchflüsse zu erlangen, um das Potential für eine Migration außerhalb des Standortes oder Emissionen an die Atmosphäre festzustellen.

5.2.2 Randbedingungen

Während der Überwachung eines Standortes müssen für 3 bis 4 Tage vor und während der Probenahme die vorherrschenden atmosphärischen Bedingungen aufgezeichnet werden. Auch die während der Überwachung örtlich vorliegenden meteorologischen Bedingungen sollten aufgezeichnet werden. Diese Informationen können bei der Auswertung der Daten von Nutzen sein. Die wichtigsten aufzuzeichnenden Parameter sind:

- atmosphärischer Druck und
- Niederschlag.

Weitere Parameter, die von Nutzen sein können, sind:

- Temperatur (Außenluft und Bodenluft);
- Windgeschwindigkeit/-richtung und
- Lage des Grundwasserspiegels.

In Trockenzeiten können sich Risse bilden; dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der Standort mit Ton abgedeckt ist. Die Folge ist ein Anstieg der Gasemissionen an der Oberfläche. Bei nassem Wetter wird der Ton feucht, wodurch er quillt und Risse verschlossen werden. Dadurch verringert sich die Oberflächen-Gasemission, was wiederum zu erhöhten Gaskonzentrationen und verstärkter lateraler Migration führen kann. Bei der Beurteilung dieser Auswirkungen kann eine Messung der Bodendurchlässigkeit und des Wassergehaltes von Nutzen sein.

Ein beispielsweise durch Regen verursachter Grundwasserspiegelanstieg kann das Gas unter Druck setzen und es an die Oberfläche drücken, er kann jedoch auch Migrationspfade blockieren. Die Sättigung von Auftragsböden kann zu Einschränkungen des Entweichens von Deponiegas führen. Dies kann zu Schwankungen des Gasdruckes und der Gaskonzentration führen.

Ein sinkender atmosphärischer Druck kann zu erhöhten Emissionsraten führen. Ein steigender atmosphärischer Druck kann das Gegenteil bewirken. Das Ausmaß dieser Wirkung hängt von der Bodendurchlässigkeit und der Geschwindigkeit der Druckänderung ab.

Allgemein kann es sich jedoch als schwierig erweisen, den Grund für die Konzentrations- und Emissionsänderungen festzustellen, da dieser in einer Kombination der genannten Faktoren bestehen kann.

5.2.3 Identifizierung der Herkunft des Gases

Die Identifizierung der Herkunft des Gases ist von Bedeutung, wenn es darum geht, Entscheidungen hinsichtlich dessen Überwachung und Kontrolle zu treffen. Die Kenntnis der Zusammensetzung eines Gases kann bei dieser Identifizierung von Nutzen sein. So gilt beispielsweise Folgendes:

- Gas aus einer geologischen Quelle kann einen höheren Anteil an Methan aufweisen als Deponiegas;
- im Allgemeinen enthält Gas aus geologischen Quellen bis zu 15 % Ethan und höhere Kohlenwasserstoffe, während biogenes Methan nur Spuren davon enthält;
- sofern die genaue Zusammensetzung des Gases aus dem lokalen Versorgungsleitungsnetz bekannt ist, ist es möglich, Gas aus Versorgungsleitungen von anderem Gas zu unterscheiden. Dem Gas aus den Versorgungsleitungen können geruchsverändernde Verbindungen, wie Sulfide und Mercaptane, zugesetzt sein, um ihm einen charakteristischen Geruch zu verleihen; dieses Gas kann auch langkettige Kohlenwasserstoffe, wie Octan und Nonan, enthalten. Helium wird dem Gas aus den Versorgungsleitungen häufig entzogen.

Wenn im Abfall Stoffe vorliegen, die solche Gase und Dämpfe erzeugen oder freisetzen, kann Deponiegas auch höhere als die üblichen Konzentrationen an höheren Kohlenwasserstoffen enthalten.

Die Identifizierung der verschiedenen Bestandteile kann jedoch eingeschränkt sein, da diese durch chemische Veränderungen, die während der Migration im Boden stattfinden, durch Auflösen im Grundwasser und durch Adsorption an Ton usw. beeinflusst werden können.

Biogenes (durch mikrobiologische Aktivität erzeugtes) und thermogenes (durch den thermischen Abbau organischer Substanz bei höheren Temperaturen und unter höherem Druck erzeugtes) Methan enthalten unterschiedliche Anteile an den Kohlenstoffisotopen ^{12}C und ^{13}C , die zum Zwecke der Identifizierung der Herkunft des Gases gemessen werden können. Dies kann jedoch nur in einem darauf spezialisierten Labor durchgeführt werden.

5.3 Allgemeine Überlegungen zur Probenahme

Die Strategie sollte standortspezifisch sein und auf den am jeweiligen Standort vorliegenden Randbedingungen sowie auf den erforderlichen Informationen aus der Standortuntersuchung beruhen (siehe Anhang C).

Es sollte bedacht werden, dass jedes invasive Vorgehen die Migrationsmuster beeinträchtigen kann und als Pfad für das Gas fungiert.

Zusätzlich zur Gasüberwachung können Bohrlöcher auch dazu genutzt werden, um hydrogeologische und geotechnische Informationen sowie Informationen zu Kontaminationen zu erlangen und stellen daher vielfältig einsetzbare Hilfsmittel dar.

Sind Messungen der Gaskonzentration in unterschiedlichen Tiefen erforderlich, so ist durch die mit den Querkontaminationen verbundenen Gefahren die Anwendung von Multi-Level-Bohrlöchern ungeeignet, und es sind Mehrfach-Messstellen zu bevorzugen.

Müssen Ergebnisse miteinander verglichen werden, und insbesondere bei der Überwachung mit Standrohren, sollten die angewendeten Verfahren einheitlich sein, sodass bei unterschiedlichem Personal, Verfahren und Überwachungszeiträumen vergleichbare Ergebnisse erzielt werden können. Um dies zu erreichen, müssen die unter 5.10 angegebenen Maßnahmen zur Qualitätssicherung befolgt werden.

Die Messung der Gaskonzentration kann mit Einsatz transportabler Geräte erfolgen (siehe Tabelle E.1), die Proben können auch für die Laboranalyse außerhalb des Standortes entnommen werden. Es empfiehlt sich, Gasproben zu entnehmen, die für eine Kontrollanalyse an ein Labor geschickt werden, um die Ergebnisse der Überwachung am Standort zu überprüfen.

5.4 Anforderungen an die Probenahme

5.4.1 Möglichkeiten der Probenahme

Die Überwachung von Gas kann mit Hilfe unterschiedlicher Probenahmeverfahren erfolgen (siehe Tabelle 1).

Obwohl jedes Verfahren in bestimmten Fällen Anwendung findet, scheinen, sofern ein detailliertes Wissen über das Langzeitverhalten des Standortes erforderlich ist, in Bohrlöcher eingebaute Überwachungsmessstellen das bevorzugte Verfahren zu sein.

5.4.2 Anlegen des Bohrloches

Während des Anlegens des Bohrloches sollte die Atmosphäre im Bohrloch mit einer vor Ort befindlichen Ausrüstung in Abständen von 1 m überwacht werden. Wird Grundwasser vorgefunden, können durch die Messung der Gaskonzentrationen unmittelbar über dem Wasserspiegel und in Abständen von 1 m entlang des Bohrloches nützliche Informationen zum Gasgehalt im darunter liegenden Boden gewonnen werden.

5.4.3 Ort der Probenahme

Die Anordnung und Konstruktion der Überwachungsmessstellen oder die anderen gewählten Verfahren sollten rechtzeitig im Voraus und entsprechend den Zielen der Standortuntersuchung, entsprechend dem begrifflichen Standortmodell und nach weiteren Überlegungen, einschließlich gesundheits- und sicherheitsbezogener Aspekte und Berücksichtigung unterirdischer Versorgungseinrichtungen usw., geplant werden (siehe Tabellen A.1 bis A.5). Es sollte ein detaillierter Plan entwickelt und befolgt werden. Sämtliche Abweichungen von diesem Plan sollten aufgezeichnet werden.

In Gebieten, in denen starke Kontaminationen vermutet werden, kann das Errichten von Bohrlöchern zu bevorzugten Migrationspfaden führen, daher sollten Informationen zu speziellen Vorkehrungen für das Bohren eingeholt werden.

Der Abstand zwischen den Bohrlöchern hängt von den Eigenschaften der Schichten ab.

Die Tiefe, in der die Proben entnommen werden, wird von den Zielen der Probenahme bestimmt. Informationen zu den Konzentrationen in den unterschiedlichen Tiefen sind von Vorteil, da sie ein besseres Verständnis der Neigung des Gases zur Migration zulassen.

Tabelle 1 — Möglichkeiten zur Probenahme von Permanentgasen

Verfahren	Beschreibung	Vorteile	Nachteile
Flachsonden	Hohles perforiertes Rohr wird in den Boden gedrückt und mit einem Gasdetektor verbunden	Sehr schnell Billig Leicht einzuführen	Maximale Tiefe 2 m Kann blockiert werden Bestätigung des Vorhandenseins, nicht jedoch der Abwesenheit von Gas möglich
Schneckenbohrer	Zum Bohren in den Boden wird eine Handbohrschnecke verwendet	Billig und leicht anzuwenden Lässt die unspezifische Entnahme von Feststoffen zu Tiefer reichend als Flachsonden	Körperlich anstrengend Durchdringen schwieriger Untergründe nicht möglich Kann zeitaufwendig sein
Eingeführte Sonden	Hohles Rohr mit geschlossener Spitze. Wird mechanisch in den Boden getrieben. Überwachungsrohr wird in dieses Rohr eingeführt. Rohr wird ohne dessen Spitze aus dem Boden herausgezogen	Äußerst geringe Störung des Bodens Leicht transportabel, Zugangsprobleme daher unwahrscheinlich Max. Tiefe 10 m Lässt Bestimmung des Bodenluftprofils durch den Boden zu	Kann Hindernisse nicht durchdringen Kann zu Verschmierungen der Bohrlochwand bei tonigen Böden führen und dadurch den Zutritt der Bodenluft einschränken
Bohrungen (ohne Spülhilfe)	Verrohrtes Bohrloch wird durch Freifallbohrung abgeteuft, und perforiertes Standrohr wird in dieses eingebaut. Rohr wird mit Kies umgeben und die Verrohrung entfernt	Große Tiefen zugänglich Äußerst geringe Störung des Bodens Mehrere Standrohre können in ein Bohrloch eingeführt werden, was die Messung in unterschiedlicher Tiefe ermöglicht Beim Bohren Entnahme von Proben aus Schichten in unterschiedlicher Tiefe möglich Überwachung des Grundwassers möglich Lässt Bestimmung des Bodenluftprofils durch den Boden zu	Relativ langsam und teuer Zugangsprobleme können auftreten Bringt kontaminiertes Material an die Oberfläche Vorsicht ist erforderlich, um die Kontamination einer darunter liegenden Grundwasserleitschicht zu vermeiden

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Verfahren	Beschreibung	Vorteile	Nachteile
Bohrungen (mit Spülhilfe)	Ähnliches Vorgehen wie oben, Loch wird jedoch mit einem kreisenden Werkzeug gebohrt und mit Luft oder Wasser gespült, um das Durchdringen des Gesteins zu erleichtern	Wie oben, aber: — Schneller als Freifallbohrung — Relativ mobiler Prüfstand	Wie oben, aber: — Nicht eigensicher, Funken können an Stellen zu Gefährdungen führen, an denen Gas entsteht — Durch das Spülen mit Wasser können sich Kontaminationen ausbreiten — Durch das Spülen mit Luft kann es zur Verlagerung von Bodenluft kommen Vorsicht ist erforderlich, um die Kontamination einer darunter liegenden Grundwasserleitschicht zu vermeiden Lässt aufgrund der Wirkungen der Spülung keine Bestimmung des Bodenluftprofils zu

5.4.4 Probenahmevermolumina und Pumprate

Im Falle punktueller Entnahme von Bodenluftproben wird ein kleines Volumen (etwa 10 ml) horizontal entnommen, um so einen möglichst nicht beeinflussten Nachweis des mit Gas gefüllten Porenvolumens zu erhalten. Bei der Entnahme größerer Volumen (bis zu mehreren Litern) ist der Probenahmebereich diffus, und dessen Position kann nicht bestimmt werden. Die Entnahme von Bodenluftproben aus einem Bohrloch, dessen Durchmesser über dem der Sonde liegt, wird als integrierend bezeichnet, da das Gas über die gesamte Länge gefördert werden kann. Bei der Beprobung von Deponiegasen sollten größere Probenmolumina entnommen werden, um die Zusammensetzung des Gases für einen größeren Bereich zu ermitteln.

Der Gasdurchfluss ist zu ermitteln, eine Anzahl von Verfahren zur Messung der Gasdurchflüsse sowie deren Vor- und Nachteile sind in Anhang D aufgeführt.

5.5 Technische Ausrüstung

5.5.1 Allgemeines

Mit unterschiedlichen Geräten können unterschiedliche Gase über unterschiedliche Konzentrationsbereiche gemessen werden, wobei jedes Gerät seine Vorteile und Beschränkungen aufweist. Der Anwender muss eine genaue Kenntnis der Gasüberwachungsausrüstung sowie darüber haben, welche Art von Geräten in den unterschiedlichen Situationen angewendet werden sollte.

Eine Anzahl von transportablen Geräten, die analysierten Gase sowie die betrieblichen Vor- und Nachteile sind in Tabelle 2 aufgeführt. Für weitere Einzelheiten siehe Anhang E.

Welche Geräte benötigt werden, ist von den jeweils am Standort vorliegenden Bedingungen abhängig; daher ist es nicht angebracht, bestimmte Geräte festzulegen.

Transportable Geräte, die an mit Gas kontaminierten Standorten eingesetzt werden müssen, sollten eigensicher sein; dies trifft insbesondere dann zu, wenn das Gerät für den Einsatz in einem abgeschlossenen Raum vorgesehen ist.