



Kanton Zürich  
Baudirektion  
**Amt für  
Abfall, Wasser, Energie und Luft**  
Abfallwirtschaft und Betriebe

Altlasten

# **Beurteilung des Schutzgutes Luft gemäss Art. 11 Altlasten-Verordnung Vollzugshilfe für den Kanton Zürich**

5. Juni 2019



# Inhalt

<b>1. Ausgangslage</b>	<b>3</b>
<b>2. Zweck</b>	<b>3</b>
<b>3. Beurteilung der Bedeutung des Schutzgutes Luft</b>	<b>3</b>
3.1. Freisetzung (Emission) gasförmiger Stoffe vom belasteten Standort	5
3.2. Ausbreitung (Migration) gasförmiger Stoffe an einen Immissionsort	6
3.3. Pflichtenheft für die technische Untersuchung	7
<b>4. Technische Untersuchung</b>	<b>7</b>
4.1. Porenluftmessungen	7
4.2. Messung am Immissionsort (Raumluftmessungen)	8
4.3. Auswertung der Messergebnisse und Standortbeurteilung	12
<b>5. Überwachung des Schutzgutes Luft</b>	<b>13</b>
5.1. Überwachungskonzept	14
5.2. Beurteilung der Überwachungsergebnisse	14
<b>6. Sanierungsbedarf bezüglich Luft</b>	<b>15</b>
6.1. Ziele und Dringlichkeit der Sanierung	15
6.2. Sanierungsmassnahmen	15
6.3. Erfolgskontrolle	17
<b>Begriffe und Definitionen</b>	<b>18</b>

# 1. Ausgangslage

Am 1. Mai 2017 trat die revidierte Altlasten-Verordnung (AltIV) in Kraft. Artikel 11 AltIV "Schutz vor Luftverunreinigungen" wurde um den Überwachungsbedarf erweitert:

*"Art. 11 Schutz vor Luftverunreinigungen*

*<sup>1</sup> Ein belasteter Standort ist hinsichtlich des Schutzes von Personen vor Luftverunreinigungen überwachungsbedürftig, wenn seine Porenluft einen Konzentrationswert nach Anhang 2 überschreitet und die vom Standort ausgehenden Emissionen an Orte gelangen können, wo sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten können.*

*<sup>2</sup> Ein belasteter Standort ist hinsichtlich des Schutzes von Personen vor Luftverunreinigungen sanierungsbedürftig, wenn seine Porenluft einen Konzentrationswert nach Anhang 2 überschreitet und die vom Standort ausgehenden Emissionen an Orte gelangen, wo sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten können."*

Die beiden Absätze unterscheiden sich nur durch das Wort "können", das beim Überwachungsbedarf Verwendung findet, beim Sanierungsbedarf jedoch nicht. Beim Überwachungsbedarf wird nicht vorausgesetzt, dass die Immissionen bereits an Orten festgestellt wurden, wo sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten können. Es reicht bereits die Möglichkeit einer Gefährdung.

## 2. Zweck

Diese Vollzugshilfe beschreibt den Regelfall für das Vorgehen während der Voruntersuchung und Überwachung im Rahmen des Vollzugs der Altlasten-Verordnung im Kanton Zürich. Sie liefert auch Hinweise zu möglichen Sanierungsmassnahmen. Der Schwerpunkt liegt auf der Beurteilung von Ablagerungsstandorten (Deponien) und den daraus freigesetzten Gasen.

Die übergeordnete Vollzugshilfe "Probenahme und Analyse von Porenluft" des Bundesamtes für Umwelt BAFU, 2015, ist in jedem Fall zu berücksichtigen.

## 3. Beurteilung der Bedeutung des Schutzgutes Luft

In der Voruntersuchung gemäss Art. 7 AltIV beurteilt die Gutachterin aufgrund der historischen Untersuchung und der Standorteigenschaften als Erstes, ob das Schutzgut Luft altlastenrechtlich von Bedeutung ist. Das Schutzgut Luft ist gemäss Art. 11 AltIV zu beachten, wenn beide nachfolgend aufgeführten Kriterien mit grosser Wahrscheinlichkeit zutreffen:

- Die Freisetzung (Emission) gasförmiger Stoffe vom Standort ist möglich (Kapitel 3.1)
- Die Ausbreitung (Migration) gasförmiger Stoffe an einen Immissionsort ist möglich (Kapitel 3.2)

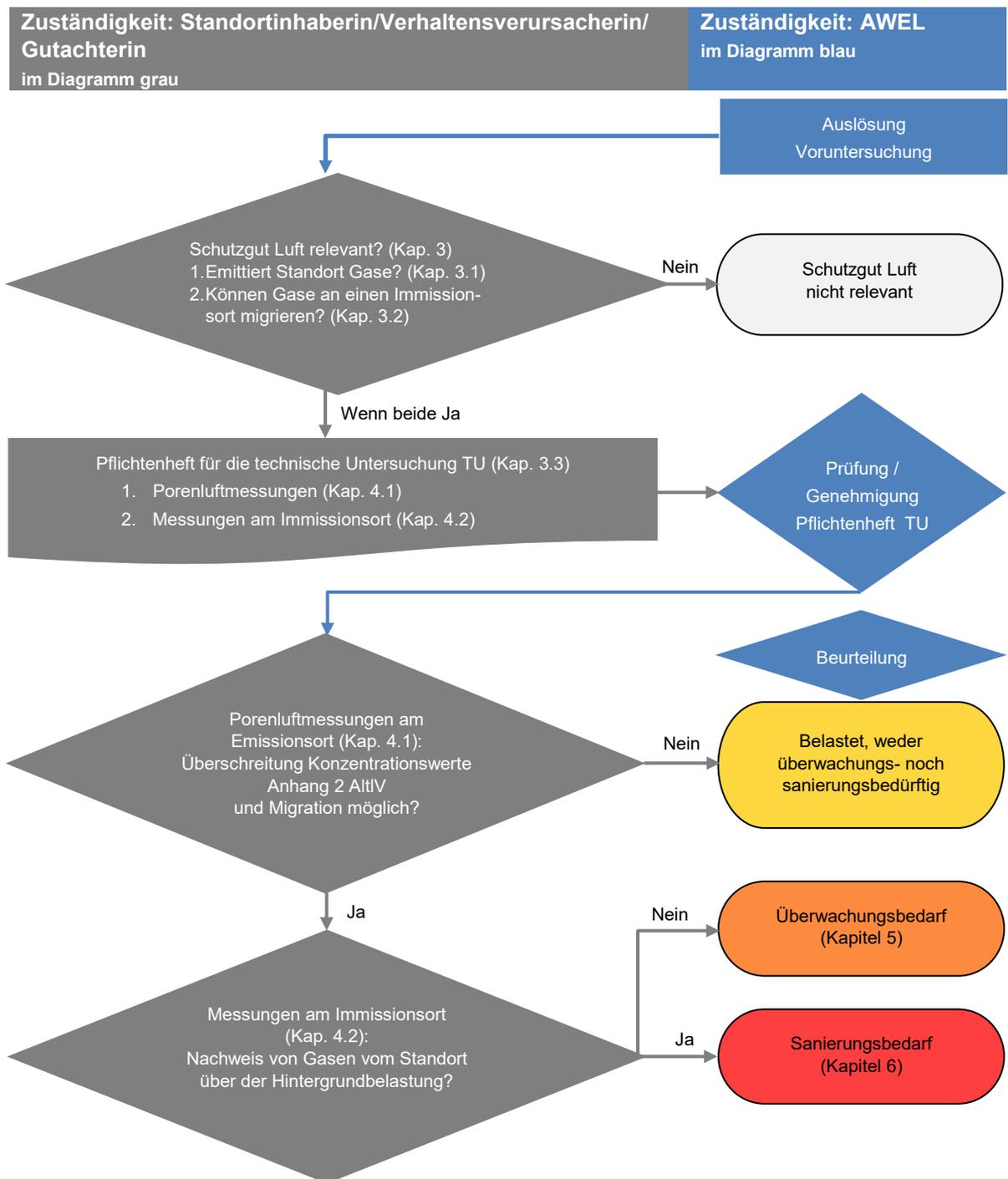


Abbildung 1: Ablaufschema zur Beurteilung des Schutzgutes Luft gemäss Art. 11 AltIV im Rahmen der Voruntersuchung

### 3.1. Freisetzung (Emission) gasförmiger Stoffe vom belasteten Standort

Aus einem belasteten Standort können flüchtige Schadstoffe austreten oder durch chemische Zersetzung oder biogene Abbauprozesse Gase entstehen. Sie stellen möglicherweise eine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar.

- Ablagerungsstandorte (Deponien):

In Deponien mit einem grossen Anteil an organischem Material (z.B. Siedlungsabfälle, Bausperrgut, Grüngut, Klärschlamm, organische Betriebsabfälle) können hohe Konzentrationen von brennbaren und gesundheitsgefährdenden Deponiegasen entstehen. Diese sind abhängig von der Abbaubarkeit und Menge des organischen Materials sowie den herrschenden Bedingungen im Deponiekörper (z.B. Durchlüftung, Feuchte, Temperatur). Die Gasentwicklung verändert sich mit der Zeit und wird in typische Gasphasen unterteilt: In den Anfangsphasen (stabile Methanphase, Langzeitphase) wird viel Methan und Kohlendioxid produziert. Dies kann zu einem Gasüberdruck und zu einer erhöhten Gefahr durch die Deponiegase innerhalb und ausserhalb des Ablagerungsstandortes führen. Mit den Jahren wird weniger Deponiegas produziert und wegen der veränderten Abbaubedingungen ändert sich die Gaszusammensetzung. Die häufigsten Deponiegase sind: Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S), Wasserstoff (H<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid (CO) und Ammoniak (NH<sub>3</sub>). Diese sind als Standardparameter zu analysieren.

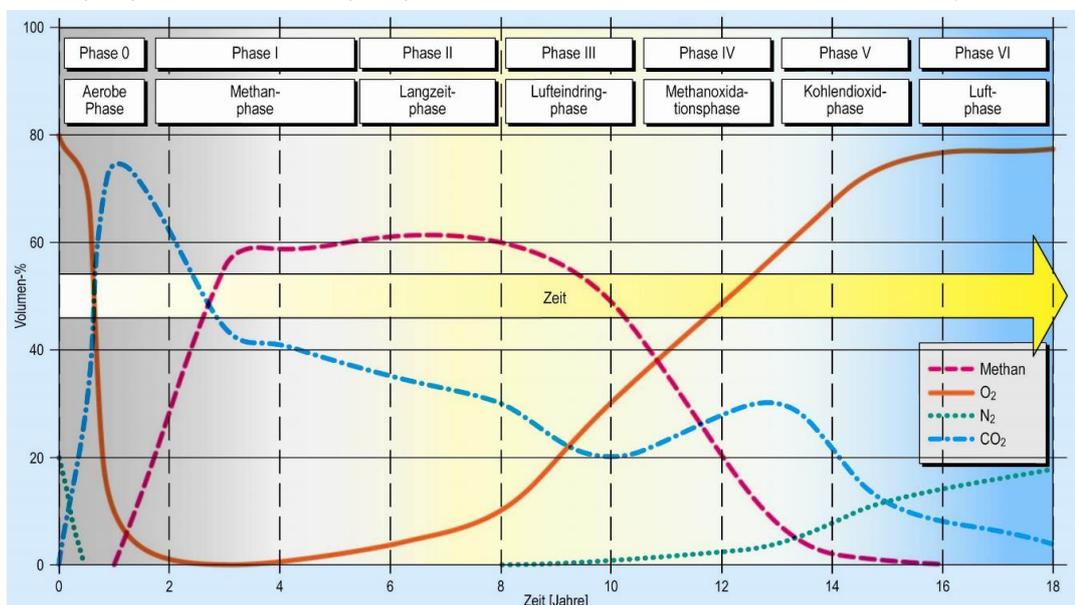


Abbildung 2: Zusammensetzung von Deponiegas in den einzelnen Phasen (Quelle: Vollzugshilfe "Sicherung von Deponie-Altlasten", BAFU, 2007)

- Betriebsstandorte:  
Gasemissionen können bei Verschmutzungen des Untergrundes mit leichtflüchtigen Stoffen wie aliphatischen, aromatischen oder chlorierten Kohlenwasserstoffen entstehen.
- Unfallstandorte:  
Analog Betriebsstandorte.

- **Sonderfälle:**  
Einige Schadstoffe können über den Wasserpfad durch Kellerwände transportiert werden. Beispielsweise kann Chromat nach Verdunstung des Transportmittels Wasser an der Wand als Ausblühung zurückbleiben. Solche Ausblühungen können über den Staubpfad mobilisiert werden und zu Luftverunreinigungen führen.

### 3.2. Ausbreitung (Migration) gasförmiger Stoffe an einen Immissionsort

- **Immissionsort:**  
Gemäss Art. 11 AltIV ist das Schutzgut Luft dann in Betracht zu ziehen, wenn "Orte, an denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten können" betroffen sind. Damit sind im Regelfall bewohnte, geschlossene Räume gemeint. Im Einzelfall können aber auch weitere Orte an denen sich genügend Gas ansammeln kann, um eine unmittelbare Gefahr zu bilden, betroffen sein (z.B. sehr hohe CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in Schächten, Senken oder Gruben). Die Gutachterin hat abzuklären, ob sich schwere oder allenfalls entzündliche Gase z.B. in Treppenhäusern, Abstellräumen, Keller-, Lager- und Archivräumen oder Tiefgaragen usw. ansammeln können und zu einer Gefährdung führen können.
- **Gasmigration:**  
Es können auch Immissionsorte betroffen sein, die nicht direkt auf dem Standort liegen. Gasförmige Emissionen von belasteten Standorten können z.B. in gasgängigem Untergrund (Kies) oder entlang von Werkleitungen über weite Strecken migrieren. Die Distanz hängt von den chemisch-physikalischen Eigenschaften der Gase, dem Gasdruck und dem Luftdruck ab. Je höher die Gaskonzentration, der gemessene Gasdruck und je gasgängiger die Migrationswege sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass relevante Konzentrationen an einen Immissionsort gelangen. Optische Anhaltspunkte können beispielsweise Vegetationsschäden auf bewachsenen Flächen sein (gelbliche Verfärbungen, Ausfall von Bewuchs).

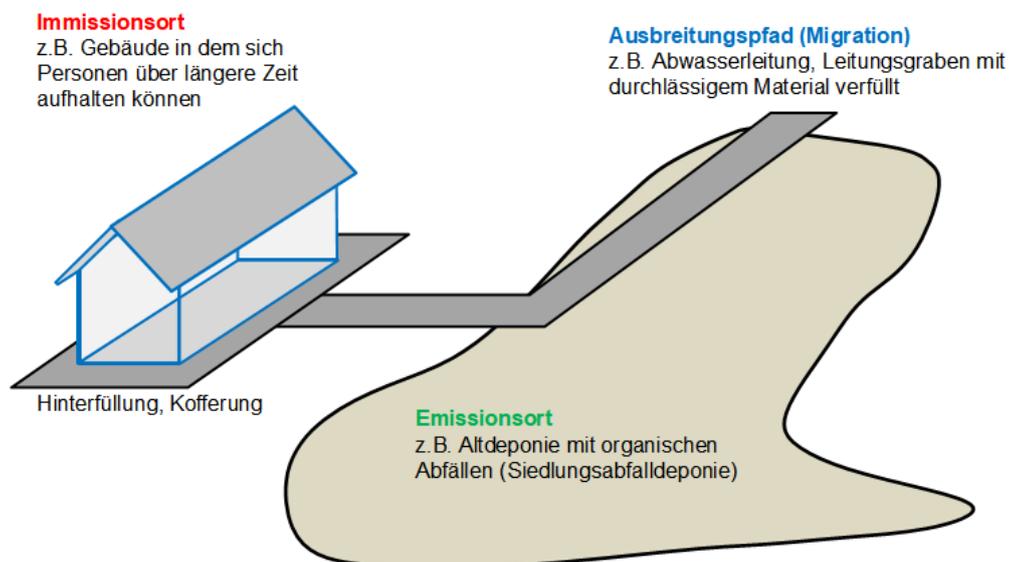


Abbildung 3: Schematische Darstellung Quelle, Migrationspfad und Immissionsort (nach "Probenahme und Analyse von Porenluft", BAFU, 2015)

### **3.3. Pflichtenheft für die technische Untersuchung**

Im Rahmen der historischen Untersuchung beschafft die Gutachterin alle Informationen über den belasteten Standort (z.B. Art und Menge des Deponiematerials, Alter und Mächtigkeit der Ablagerung, Betriebsprozesse und eingesetzte Stoffe, mögliche Migrationswege, Werkleitungen usw.). Sie hält die Ergebnisse dieser Abklärungen im Pflichtenheft für die technische Untersuchung fest.

Basierend darauf plant sie die technische Untersuchung. In der Regel ist ein etappiertes Vorgehen zweckmässig. Die einzelnen Etappen müssen bereits im Pflichtenheft geplant sein. Das Pflichtenheft für die technische Untersuchung muss Angaben zu folgenden Punkten enthalten.

#### **Etappe 1**

Der Emissionsort wird untersucht (Kapitel 4.1):

- Untersuchungsprogramm für den belasteten Standort (Emissionsort)
- Abklärung möglicher Ausbreitungspfade (Migration).

#### **Etappe 2**

Zeigen die Porenluftmessungen eine Überschreitung von Konzentrationswerten gemäss Anhang 2 AltIV und sind Ausbreitungspfade vorhanden, dann müssen auch die Immissionsorte untersucht werden (Kapitel 4.2):

- Untersuchungsprogramm für den Immissionsort.

Bei Gasmessungen muss die Arbeitssicherheit gewährleistet sein. Für die Einhaltung der Sicherheitsstandards ist die Gutachterin verantwortlich. Sie reicht dem AWEL das Pflichtenheft für die technische Untersuchung zur Genehmigung ein.

## **4. Technische Untersuchung**

### **4.1. Porenluftmessungen**

Porenluftmessungen sind eine orientierende Messmethode, mit der Aussagen über Art und Konzentration der Gase am belasteten Standort gemacht werden. Sie sind für leicht- und mittelflüchtige Stoffe mit einem Siedepunkt von bis zu rund 200 °C einsetzbar.

Bei der Durchführung der Porenluftmessung ist gemäss Vollzugshilfe "Probennahme und Analyse von Porenluft", BAFU, 2015, vorzugehen. Die Vollzugshilfe beschreibt das vom Standorttyp abhängige Beprobungsraster, die Probenahmeverfahren und die Analytik bei untersuchungsbedürftigen belasteten Standorten und bei Bauvorhaben. Zur Probenahme haben sich aktive Verfahren (direkte und anreichernde Verfahren) durchgesetzt, bei denen entweder mittels Hohlsonde oder durch einen Packer Luft angesaugt wird.

Die Analyse leichtflüchtiger organischer Schadstoffe erfolgt in der Regel mittels Gaschromatographie GC-ECD/FID oder GC-MS. Die einzelnen Komponenten werden getrennt, identifiziert

und quantifiziert. Nachweisgrenze, Selektivität sowie die Anzahl detektierbarer Stoffe werden von der verwendeten Technik bestimmt. Die Konzentrationen von CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, Sauerstoff (O<sub>2</sub>) und H<sub>2</sub>S können häufig mit Gasmessgeräten während der Probenahme (online) bestimmt werden. Bei O<sub>2</sub>-Konzentrationen über 20% besteht der dringende Verdacht, dass anstatt Porenluft Aussenluft angesogen wurde.

Bei Ablagerungsstandorten weisen CH<sub>4</sub>-Konzentrationen von mehr als 40% auf ein hohes Emissionspotenzial hin. Bei Betriebsstandorten können mit Porenluftmessungen leichtflüchtige Lösungsmittel und/oder Betriebsstoffe (Benzin, Petrol, Diesel, Heizöl) meist direkt nachgewiesen werden.

## 4.2. Messung am Immissionsort (Raumluftmessungen)

Raumluftmessungen werden durchgeführt, wenn in der Porenluft mindestens ein Konzentrationswert gemäss Anhang 2 AltIV überschritten wurde. Die Messungen am Immissionsort beschreiben den Grad der Gefährdung von Personen durch Luftverunreinigungen, die vom belasteten Standort ausgehen. Zunächst sind mindestens zwei Messungen im Abstand von ungefähr sechs Monaten durchzuführen. Die Gaskonzentrationen müssen an folgenden Stellen gemessen werden:

- bei möglichen Eintrittspfaden für Immissionen (z.B. Werkleitungen, Risse, Fugen, Schächte),
- an möglichen Fremdquellen (z.B. neue Anstriche → Hinweise auf Quellen für Hintergrundbelastung).
- Zudem ist die durchschnittliche Raumluftbelastung zu bestimmen (in etwa 1.4 m Höhe und 2 m Abstand von Wänden).

Hinweise zur Raumluftmessungen gibt die Vollzugshilfe "Probenahme und Analyse von Porenluft", BAFU, 2015. Sie verweist auf die Messmethoden und Normen des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) bzw. der Suva.

- Vor der Durchführung der Raumluftmessungen sind
  - die relevanten Gase bzw. Schadstoffe zu identifizieren und zu beschreiben (quellenabhängige Zusammensetzung gemäss historischer Untersuchung und Porenluftmessung),
  - die richtigen Messmethoden und Geräte zu bestimmen,
  - die zu untersuchenden Immissionsorte festzulegen (Pläne),
  - die Liegenschaftsinhaber zu informieren und die Zugänglichkeit aller Räume sicherzustellen,
  - das Protokoll vorzubereiten,
  - entfernbare Fremdquellen (z.B. Lager von Lösungsmitteln oder Treibstoffen, Putzmitteln usw.) soweit wie möglich zu entfernen und die Räume danach mindestens 48 Stunden zu lüften,

- andere Fremdquellen im untersuchten Raum vor und während der Messung zu identifizieren und wenn möglich zu quantifizieren (z. B. Ölheizungen, Öltanks, Farben, Lösungsmittel im Teppichleim),
  - die zu untersuchenden Räume unmittelbar vor der Immissionsmessung mindestens acht Stunden geschlossen zu halten (Türen, Fenster und Öffnungen verschliessen).
- Vor der Immissionsmessung müssen die Messbedingungen festgestellt und dokumentiert werden:
    - Grunddaten (Adresse des Messortes, Datum und Zeit der Messung, Name des Mess-technikers, Kalibrierung der Messgeräte),
    - Meteorologische Bedingungen (Luftdruck: Messungen dürfen nur bei stabilem oder (leicht) fallendem Luftdruck durchgeführt werden, weil bei steigendem Luftdruck mögliche Ausgasungen stark verringert werden; Temperatur am Messort; Wetter; Wind: wo relevant, muss der Windeinfluss dokumentiert werden),
    - Erfassung der örtlichen Gegebenheiten inkl. Fotodokumentation der Räume und möglicher / festgestellter Eintrittspfade (Art, Funktion und Grösse der geschlossenen Räume, Schächte usw.; Alter, Bauart und Zustand der Gebäude; Art des Kellerbodens; mögliche Schwachstellen wie Schächte, Werkleitungen, Risse, Fugen).
- Durchführung der gastechnischen Messung an möglichen Eintrittspfaden, Fremdquellen sowie Raumlufmessung:
    - Orientierende Messungen im Gebäude an sämtlichen möglichen Eintrittspfaden im Bauwerk (Fugen, Verbindungsstellen, Risse, Schächte, Leitungseinführungen usw.) bzw. dort, wo erfahrungsgemäss mit den höchsten Gasgehalten zu rechnen ist sowie an möglichen Fremdquellen. Die Messungen an den Eintrittspfaden zeigen, ob Gase in den Raum gelangen. In der Regel werden Flammenionisationsdetektoren (FID) oder Photoionisationsdetektoren (PID) oder ähnliche Messgeräte und Glockensonden eingesetzt. Mit FID oder PID werden Kohlenwasserstoffe gemessen.
    - Im Falle möglicher, wesentlicher Immissionen sind ergänzend dazu kontinuierliche Messungen über einen längeren Zeitraum angebracht, damit die Werte besser interpretiert und Spitzenwerte erfasst werden. Dazu können Mehrgasmessgeräte mit Infrarot- oder Elektrochemischen-Sensoren eingesetzt werden, um die Konzentration von CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S oder O<sub>2</sub> zu bestimmen. Raumlufmessungen in etwa 1.4 m Höhe in der Mitte des Raumes geben Hinweise auf die durchschnittliche Exposition durch Luftverunreinigungen (durchschnittliche Raumlufwerte).
    - Zu prüfen ist auch eine Gasprobeentnahme und Analyse der Proben im Labor.
    - Protokoll für jeden Messwert pro Raum/Schacht (inklusive Nullmessungen). Zwecks Vergleichbarkeit mit Anhang 2 AltIV sind sämtliche Messwerte in ml/m<sup>3</sup> anzugeben.
    - Zur Durchführung "klassischer" Raumlufmessungen muss ein zertifiziertes Fachbüro beigezogen werden, das eine standardisierte Messung gemäss Stand der Technik gewährleisten kann (Liste der zertifizierten Büros unter [www.s-cert.ch](http://www.s-cert.ch) → Leistungen → Innenraumluf → Probenahmestellen für Raumluf → Liste gültiger Zertifikate Probenahmestellen).
- Bedeutung der Hintergrundbelastung:  
Immissionen vom belasteten Standort sind nicht immer einfach von der Hintergrundbelastung eines Raumes abzugrenzen.

- Aussenluft: Von den im Anhang 2 AltIV aufgeführten Schadstoffen kommen nur CO<sub>2</sub> mit etwa 380 ml/m<sup>3</sup> und CH<sub>4</sub> mit etwa 1.7 ml/m<sup>3</sup> als natürliche Bestandteile der Atmosphäre vor.
- Innenluft: Der CO<sub>2</sub>-Gehalt variiert je nach Lüftung und Anwesenheit von Menschen (Atmung) erheblich. Der Konzentrationswert gemäss Anhang 2 AltIV für CO<sub>2</sub> beträgt 5000 ml/m<sup>3</sup>. Der Hintergrundwert in Innenräumen schwankt von etwa 1000 ml/m<sup>3</sup> (hygienisch unauffällig) bis zu über 3000 ml/m<sup>3</sup> bei schlechter Lüftung und intensiver Nutzung. Für CO<sub>2</sub> kann häufig nicht einfach unterschieden werden, ob der Einfluss vom belasteten Standort stammt oder nicht. Auch Gebäudeschadstoffe (z.B. VOC) und sonstige Fremdquellen (z.B. Reinigungsmittel, Teppichleim, Farbanstriche) sind oft Teil der Hintergrundbelastung. Hinweise auf eine durchschnittlich zu erwartende, normale Raumbelastung geben die Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF, [www.agoef.de](http://www.agoef.de)).

Um die Hintergrundbelastung zu ermitteln, sind ergänzende Untersuchungen am belasteten Standort selber und am Immissionsort sowie eine Betrachtung der Raumnutzung und des Gebäudes durchzuführen.

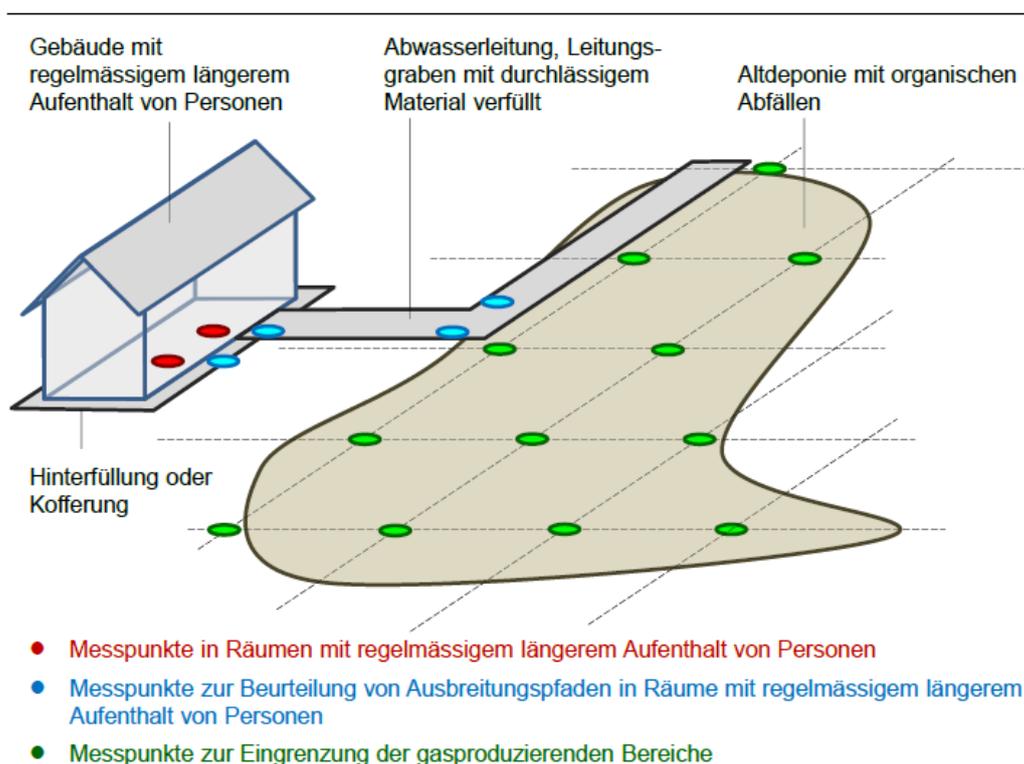
Können die Messwerte nicht sicher interpretiert werden, sind gegebenenfalls ergänzende technische Untersuchungen für die Ermittlung von Schadstoffen und Eintrittsstellen nötig. Für die gezielte Suche nach einzelnen Stoffen am Immissionsort können sensiblere Messmethoden verwendet werden. Hinweise dazu geben die Listen mit den maximalen Arbeitsplatzkonzentrationswerten für gesundheitsgefährdende Stoffe (MAK-Werte) der Suva. In diesen Tabellen ist für die einzelnen Stoffe jeweils die geeignete Messmethode vorgeschlagen. Geeignete Methoden und Vorgehensweisen sind mit dem AWEL abzusprechen.

Es gibt sehr viele Messmethoden für die Gasdetektion. Einige davon haben sich für die Raumluftmessung an Immissionsorten etabliert und bewährt. Andere sind zu stark beeinflussbar durch andere Gase oder die Umgebung. Die Wahl der Messmethoden muss auf die Bedingungen und Zielsetzungen der Immissionsmessungen abgestimmt sein. Folgende Messgeräte können für die Immissionsmessungen zum Einsatz kommen:

Gerätetyp (Beispiel)	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
<p><b>FID Flammenionisationsdetektor</b></p> 	<p>Gasleckdetektion, Überwachung der CH<sub>4</sub>-Emission auf Deponien sowie Raumlüftüberwachung auf Kohlenwasserstoffe (Detektion von "Gesamt"-kohlenwasserstoff).</p>	<p>Hochempfindlich, robust, zuverlässig.</p>	<p>Misst Gesamtkohlenwasserstoffe, nur bedingt selektiv. Für die Flamme ist H<sub>2</sub> als Brenngas notwendig Für die Kalibration ist ein Prüfgas notwendig.</p>
<p><b>PID Photoionisationsdetektor</b></p> 	<p>Gasleckdetektion, Überwachung von Arbeiten in Schächten und geschlossenen Räumen, Arbeitsplatzüberwachung, Messung bei Chemikalienunfällen. Wird zur Erkennung und Analyse von chemischen Verbindungen in der Umgebungsluft (aromatische Kohlenwasserstoffe, Lösungsmittel, organische Substanzen) eingesetzt (Detektion von "Gesamt"-kohlenwasserstoff, VOC).</p>	<p>Hochempfindlich, robust, Benutzerfreundlichkeit, mobile Anwendung (tragbare Geräte) Misst NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, halogenierte und aromatische Kohlenwasserstoffe, Lösungsmittel, BTEX und eine Vielzahl organischer Substanzen.</p>	<p>Keine selektive Messung, nur Summenparameter. Für die Kalibration ist ein Prüfgas notwendig.</p>
<p><b>Dräger-Röhrchen</b></p>  <p>Das Dräger-Röhrchen ist ein geschlossenes Glasröhrchen, welches beim Kontakt mit Gas oder Dampf durch Farbänderung reagiert. Es gibt Kurzzeit-Röhrchen und Langzeit-messsysteme.</p>	<p>Bestimmung der Schadstoffbelastung durch Gase, Dämpfe und Aerosole für mehr als 350 unterschiedliche Stoffe.</p>	<p>Direktanzeigende Dräger-Kurzzeitröhrchen: Messergebnisse unmittelbar nach der Messung, keine Kalibrierung notwendig, einfaches Prinzip, geringe Gas-mengen reichen. Einzelmessungen oder geringe Messfrequenzen reichen, geringe Kosten, sehr leichte Bedienbarkeit. Hohe Anzahl messbarer Gase im Vergleich zu direktanzeigenden Messinstrumenten.</p> <p>Direktanzeigende Langzeitröhrchen: keine Pumpe zur Probenahme nötig, hoher Tragekomfort, werden für Messungen zwischen 0.5 bis 8 Stunden eingesetzt.</p>	<p>Semiquantitativer Nachweis, bedingt geeignet für Raumlüftmessungen, da selektiv auf einzelne Gase.</p>

## 4.3. Auswertung der Messergebnisse und Standortbeurteilung

- Schematische Darstellung Quelle, Migrationspfad und Immissionsort



Quelle: Reto Philipp, Magma AG 2014

Abbildung 4: Schematische Darstellung Quelle, Migrationspfad und Immissionsort (Deponiestandort) mit Probenahmeraster (Quelle: "Probenahme und Analyse von Porenluft", BAFU, 2015)

- **Überwachungsbedarf:**  
Werden an den Messpunkten zur Eingrenzung der gasproduzierenden Bereiche (Porenluftmessungen, grün in Abbildung 4) Konzentrationswerte gemäss Anhang 2 AltIV überschritten und gibt es einen Ausbreitungspfad in Räume, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten können (grauer Pfad bzw. blau in Abbildung 4) dann besteht gemäss Art. 11 Abs. 1 AltIV ein Überwachungsbedarf.
- **Sanierungsbedarf:**  
Ergeben die Raumluftmessungen (rot in Abbildung 4), dass Schadstoffe, die vom Standort stammen in Räume gelangt sind, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten können, so besteht gemäss Art. 11 Abs. 2 AltIV ein Sanierungsbedarf. Die Beurteilung erfolgt aufgrund der gemessenen Einzelwerte und nicht basierend auf durchschnittlichen Gaskonzentrationen. Das heisst: ein Standort ist bereits sanierungsbedürftig, wenn an einer einzigen Stelle die Immission von Gas vom belasteten Standort nachgewiesen wurde.

# 5. Überwachung des Schutzgutes Luft

Besteht ein Überwachungsbedarf, verlangt das AWEL ein Überwachungskonzept. Dieses basiert auf den Erkenntnissen der Voruntersuchung. Es enthält neben den eigentlichen Überwachungsmaßnahmen auch Alarmierungs- und Interventionsmassnahmen.

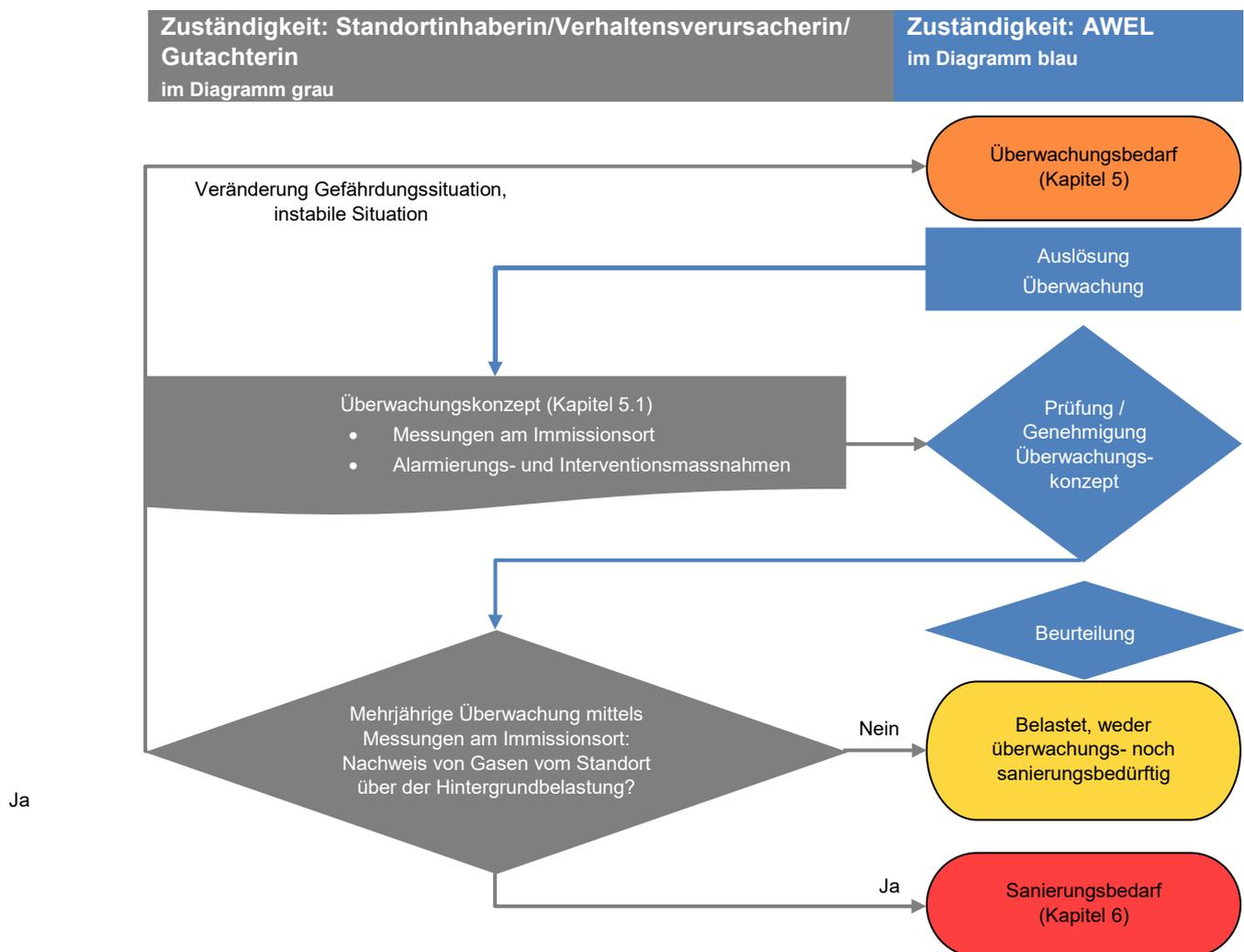


Abbildung 5: Ablaufschema zur Überwachung des Schutzgutes Luft gemäss Art. 11 AltIV

## 5.1. Überwachungskonzept

Die Raumluftmessungen werden im Wesentlichen gleich vorbereitet und durchgeführt wie in der technischen Untersuchung. Die Gutachterin reicht dem AWEL das Überwachungskonzept zur Genehmigung ein.

Darin sind zunächst mindestens zwei Messungen im Abstand von rund 18 Monaten vorzusehen. Eine der Messungen sollte während der Heizperiode erfolgen. In stark genutzten Räumen müssen CO<sub>2</sub>-Messungen kontinuierlich durchgeführt werden, da mit grossen Schwankungen der Konzentration zu rechnen ist, die sich sonst nur ungenügend interpretieren lassen.

Das Überwachungskonzept muss auch beschreiben, welche Alarmierungs- und Interventionsmassnahmen zu ergreifen sind, wenn die Überwachung zeigt, dass unmittelbar eine konkrete Gefahr für Personen besteht. In speziellen Situationen können nämlich Sofortmassnahmen nötig sein. Das gilt insbesondere für Gase oder Gaskonzentrationen, die akut ein grosses Risiko darstellen, wie beispielsweise:

- O<sub>2</sub> < 14 Vol.-%: akute Erstickungsgefahr,
- CO<sub>2</sub> > 5 Vol.-%: akute Erstickungsgefahr,
- 4.6 Vol.-% < CH<sub>4</sub> < 16.5 Vol.-%: akute Explosionsgefahr,
- H<sub>2</sub>S: akute Vergiftungsgefahr.

## 5.2. Beurteilung der Überwachungsergebnisse

Ergibt die Überwachung, dass Emissionen, die vom belasteten Standort stammen, in Räume gelangt sind, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten können, so besteht gemäss Art. 11 Abs. 2 AltIV ein Sanierungsbedarf.

Gemäss "Erläuterndem Bericht zur Revision der Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltIV)" des BAFU vom 22. März 2017 gilt: "Stellt sich bei einem überwachungsbedürftigen Standort nach mehrjähriger Überwachung heraus, dass aufgrund des Verlaufs der Schadstoffkonzentration und der Standorteigenschaften mit grosser Wahrscheinlichkeit keine vom Standort ausgehenden Emissionen an Orten zu erwarten sind, wo sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten können, kann die Überwachung beendet werden. Für diesen Entscheid sind neben den Messreihen auch die standortspezifischen Gegebenheiten mit zu berücksichtigen. Werden beispielsweise in einem Wohnhaus auf einer ehemaligen Deponie während einer mehrjährigen Überwachung nie Immissionen im Keller festgestellt, ist vor Beendigung der Überwachung sicherzustellen, dass keine Setzungen mehr zu erwarten sind, die zu Rissbildungen führen könnten. Der Standort kann anschliessend als weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig klassiert werden."

Das AWEL verlangt, dass im Rahmen der Voruntersuchung und der Überwachung zunächst mindestens je zwei Raumluftmessungen durchgeführt werden. Danach ist eine Zwischenbeurteilung durchzuführen und dem AWEL vorzulegen. Wurden nach mindestens zwei zusätzlichen Messkampagnen niemals Immissionen festgestellt, die vom belasteten Standort stammen und ergibt die Gefährdungsabschätzung, dass die vom Standort ausgehenden Emissionen nicht an die Orte gelangen können, wo sich Personen regelmässig während längerer Zeit

aufhalten können, so kann die Überwachung eingestellt werden. Das AWEL beurteilt den Standort dann bezüglich des Schutzgutes Luft gemäss Art. 8 Abs. 2 Bst. c AltIV als weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig.

Falls jedoch im Einzelfall eine Veränderung der Gefährdungssituation zu erwarten ist oder eine instabile Situation besteht, muss die Überwachung fortgesetzt werden. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn:

- der Ursprung der nachgewiesenen Gase ungenügend klar ist,
- die Gaskonzentration auf eine örtliche oder zeitliche Anreicherung durch aktive Gasentstehung hindeutet oder die Fracht zunimmt,
- die Gaszusammensetzung auf nicht abgeschlossene Gasentwicklung oder möglicherweise sogar zunehmende Konzentrationen hindeutet,
- Spurengase in unerwarteter Zusammensetzung nachgewiesen werden,
- Setzungen zu erwarten sind.

## **6. Sanierungsbedarf bezüglich Luft**

Im Falle eines Sanierungsbedarfs ist gemäss Art. 13ff AltIV fortzufahren: Pflichtenheft für die Detailuntersuchung, Detailuntersuchung, Variantenstudium, Sanierungsprojekt, Ausführungskonzept, Sanierung, Erfolgskontrolle. Der Standort ist bis Abschluss der Erfolgskontrolle zu überwachen.

### **6.1. Ziele und Dringlichkeit der Sanierung**

Das AWEL legt aufgrund der Detailuntersuchung gemäss Art. 14 AltIV die Ziele und Dringlichkeit der Sanierung fest (Art. 15 AltIV). Neben dem Immissionsort ist auch die Emissionsquelle zu berücksichtigen. Der volle Umfang des Schadstoffpotenzials, die Verteilung der Schadstoffe sowie das genaue Ausmass der Gefährdung sind vertieft abzuklären.

### **6.2. Sanierungsmassnahmen**

Das Ziel der Sanierung ist gemäss Art. 15 Abs. 1 AltIV die Beseitigung der Einwirkungen oder der konkreten Gefahr solcher Einwirkungen, die zur Sanierungsbedürftigkeit gemäss Art. 11 Abs. 2 AltIV geführt haben.

Dazu können Massnahmen am Emissionsort und/oder am Immissionsort ergriffen werden. Nachfolgend sind Beispiele für Sanierungsmassnahmen zur Reduktion der Gefährdung durch Gasimmissionen von einem belasteten Standort aufgeführt. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Sanierungsmassnahmen	Bemerkungen
<b>Massnahmen am Emissionsort</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Aktive Entgasung mittels horizontaler Gasrigolen und Gebläse (blasend oder saugend)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gasfenster</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gasfackel</li> </ul>	
<b>Massnahmen am Immissionsort</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lüftung der Untergeschosse</li> </ul>	Passive Sicherungs- / Sanierungsmassnahmen sind i.d.R. aktiven vorzuziehen, da diese sicherer, bzw. weniger «störungsanfällig» sind.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Passive Belüftung durch: Lüftungsschlitze in Türen und Fenstern, Abhobeln von Türen</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Aktive Belüftung / Entlüftung von Räumen</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Risse abdichten</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Warnhinweise: Beschriftung der Schächte</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzungseinschränkungen</li> </ul>	Allenfalls sind Nutzungseinschränkungen zu prüfen. Grundsätzlich sollten keine Hohlräume ohne Unterlüftung auf dem Gelände erstellt werden (Treibhäuser, Gartenhäuser, Container, usw.).

Bei Bauvorhaben auf belasteten Standorten muss sichergestellt werden, dass die Anforderungen gemäss Art. 3 AltIV eingehalten werden. Es muss folglich mit geeigneten Massnahmen verhindert werden, dass Gase in das neue Gebäude eindringen können. Im Zusammenhang mit neuen Bauprojekten erforderliche Überwachungs- oder Schutzmassnahmen sind nicht als altlastenrechtliche Massnahmen zu klassieren. Diese sind rein baubedingt und die daraus entstehenden Kosten können nicht den ursprünglichen Verursachern der Belastung überbunden werden.

Beispiele sind:

Mögliche Massnahmen bei Neubauten/ Gebäudeschutzmassnahmen	Bemerkungen
Statische Nachweise für die Stabilität des Baugrundes, um Setzungen zu vermeiden.	
Foundation und Konstruktion der Bodenplatte mit minimalem Setzungsmass. Risse in der Bodenplatte sollten vermieden werden. Hohe Verdichtung des Planums mit wenig gasgängigem Material.	Hochwertiger Zement mit rissarmen Abbindecharakter («Weisse Wanne»).
Erstellung einer gasgängigen Schicht unter der Bodenplatte mit Entgasungsleitungen.	In den Grobporen direkt unterhalb der Bodenplatte kann sich Deponiegas ansammeln und bei allfälligen Rissen oder bei Durchdringungen in das Gebäude gelangen.
Einbau einer grobporenarmen Schicht direkt unter der Bodenplatte damit kein Gas sich direkt unter der Bodenplatte ansammeln kann.	
Einbau einer verschweissten PE Dichtungsbahn als verlorene Schalung unter der Bodenplatte.	
Leitungseinführungen gasdicht ausgestalten.	

<b>Begleitende Massnahmen</b>	<b>Bemerkungen</b>
Arbeitssicherheitsmassnahmen	<p>Bei einer Gasgefährdung ist zwingend ein Arbeitssicherheitsplan zu erstellen. Die wichtigsten Massnahmen beinhalten die gastechnische Überwachung der Baugrube und die persönliche Schutzausrüstung mit entsprechenden Gaswarngeräten.</p> <p>Keine Grabarbeiten durchführen / keine unterirdischen Leitungen verlegen in Gräben tiefer 1.5 m ohne vorgängige Prüfung der Grabenluft mit Gaswarngerät. Schächte und Vertiefungen dürfen nur nach vorgängiger Kontrolle der Schachtluft begangen werden.</p>
Beschriftungen	Beschriftung aller Schächte und Kanäle mit mehr als 1.5 m Tiefe mit Warningschildern.

### 6.3. Erfolgskontrolle

Dem AWEL ist nach der Sanierung nachzuweisen, dass die Sanierungsziele erreicht worden sind. Die Überwachung ist nach Abschluss der Sanierung solange fortzuführen, bis die Sanierungsmassnahmen Wirkung zeigen und nicht mehr mit einer Veränderung der Situation zu rechnen ist. Dazu sind mindestens drei Messungen durchzuführen:

1. Messung direkt nach Abschluss der Massnahmen,
2. Messung etwa sechs Monate später,
3. Messung rund zwei Jahre später.

Wird nachgewiesen, dass die Sanierungsziele erreicht wurden, beurteilt das AWEL den Standort bezüglich des Schutzgutes Luft gemäss Art. 8 Abs. 2 Bst. c AltIV als weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig.

## **Begriffe und Definitionen**

**Ausbreitungspfad:** Bodenmatrix/Untergrund, Hohlräume und Leitungen, entlang derer sich Gase über Diffusion und Konvektion ausbreiten.

**Emission:** Freisetzung gasförmiger Stoffe aus belasteten Standorten.

**Fremdquelle:** Gebäudeschadstoffe, Luftverunreinigungen am Immissionsort, welche nicht vom belasteten Standort stammen.

**Gasförmige Stoffe:** Stoffe gemäss Anhang 2 AltIV (z.B. CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, BTEX, LCKW, ...) sowie weitere Schadstoffe, welche aus belasteten Standorten ins Schutzgut Luft emittiert werden können (Umweltschutzgesetz Art. 7 Abs. 5).

**Hintergrundbelastung:** Luftverunreinigungen am Immissionsort, die nicht vom belasteten Standort stammen, sondern von anderen Quellen (Gebäudematerialien, Sedimente in Schächten, Belastungen der Gebäudesubstanz von betrieblichen Prozessen oder der Aussenluft.)

**Immission:** Gasförmige Stoffe von einem belasteten Standort werden am Ort ihres Einwirkens als Immissionen bezeichnet.

**Immissionsort:** Örtliche Definition für Räume am Ende des Ausbreitungspfad, an dem sich Menschen aufhalten können.

**Luftverunreinigungen:** Luftverunreinigungen sind Veränderungen des natürlichen Zustandes der Luft, namentlich durch Rauch, Russ, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe, Gerüche oder Abwärme (Art. 7 Abs. 3 Umweltschutzgesetz).

**Raumluft:** Gesamter Gaskörper am Immissionsort.