

# Handbuch zur Altlastenbehandlung

## Teil 6: Gefährdungsabschätzung, Pfad Luft

*Freistaat Sachsen*

*Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft*

*Landesamt für Umwelt und Geologie*

### 1 Einleitung

Ein Schadherd kann die Umweltmedien Boden, Grundwasser, Oberflächenwasser sowie Luft gefährden und über diese Medien bzw. auf direktem Weg Mensch, Tier oder Pflanze. Die Ausbreitungswege der Schadstoffe werden durch die Wirkungspfade beschrieben.

Der vorliegende Teil des Handbuches zur Altlastenbehandlung betrachtet die Gefährdungsabschätzung von flüchtigen Schadstoffen auf dem Wirkungspfad Boden-Luft-Mensch. Die bereits erschienenen Teile 3 und 4 des Handbuches beinhalten die Gefährdungsabschätzung auf den Wirkungspfaden Boden-Grundwasser-Mensch [1] und Boden-Mensch [2].

Prinzipiell können gasförmige und staubförmige Schadstoffe in die Luft ausgetragen werden. Im vorliegenden Handbuch werden nur gasförmige Schadstoffe betrachtet, da staubförmige Schadstoffe bereits beim Pfad und Schutzgut Boden [2] Berücksichtigung finden, sowohl vom Szenario (Fall 1 und 2), als auch in den Prüf- und Maßnahmenwerten (siehe auch rechtliche Grundlagen).

Auf dem hier zu betrachtenden Wirkungspfad stellt Bodenluft das Transportmedium für Schadstoffe und atmosphärische Luft das Kontaktmedium zum Menschen dar. Luft weist eine besondere Spezifik gegenüber den anderen Umweltmedien auf. Diese Spezifik liegt in der besonders großen Ausbreitungs- und Verdünnungsgeschwindigkeit der Schadstoffe in Luft. Luftschadstoffe, die von Altlasten emittiert werden, breiten sich schnell und weiträumig aus. Die Luft über der Altlast erfährt aber auch eine weiträumige Beeinflussung durch entferntere Gebiete. Eine Bewertung kann deshalb nur hinsichtlich des Schutzgutes Mensch in unmittelbarer Nähe der Altlast erfolgen. Eine Bewertung des Schutzgutes Luft über ökotoxikologische Aspekte oder gar unter Berücksichtigung globaler Umweltaspekte (z.B. Treibhauseffekt,..) kann hier nicht geleistet werden.

Wenn also aufgrund der Spezifik der Luft eine schnelle Verflüchtigung von gasförmigen Schadstoffen stattfindet, ist für einen Teil der Altlastverdachtsflächen der Luftpfad nicht mehr

relevant (vor allem in Abhängigkeit von Zeit, Art und Menge der Schadstoffe). Damit werden wesentlich weniger Fälle im Altlastenbereich bzgl. des Luftpfades bewertet als bzgl. Grundwasser oder Boden. Eine Relevanz ist vor allem für Altstandorte mit Stilllegung jüngerer Datums und für Altablagerungen mit Deponiegasbildung gegeben, wenn sich Gebäude in der Nähe befinden und Auswirkungen auf die Raumluft zu erwarten sind. Für eine effektive Bearbeitung dieser Fälle ist eine stufenweise Bewertung mit Festlegung des Handlungsbedarfes und der Priorisierung notwendig. Der vorliegende Teil Luft ist für eine formale Gefährdungsabschätzung auf Beweismiveau 1 (BN 1), Historische Erkundung, und Beweismiveau 2 (BN 2), Orientierende Untersuchung, geeignet und damit für Fälle, in denen noch keine bzw. orientierende Messungen aus der technischen Erkundung zur Verfügung stehen. Damit ordnet sich der Teil Luft parallel zu den Teilen Grundwasser, Boden, Oberflächenwasser (in Vorbereitung) in die nach Bundes-Bodenschutzgesetz praktizierte Altlastenmethodik ein.

Diese Methodik wird im Handbuch zur Altlastenbehandlung in Sachsen, bestehend aus 10 Handbucheinheiten, umfassend dargestellt mit dem Ziel einer einheitlichen Vorgehensweise bei der Erkundung und Bewertung von Altlastverdachtsfällen. Damit existiert ein Arbeitsmittel für Ingenieurbüros und Umweltbehörden, die mit der Altlastenproblematik befasst sind. Der Teil 1 des Handbuchs enthält Grundsätze der Altlastenbehandlung und eine Übersicht über die einzelnen Handbucheinheiten, siehe [3] und [4].

Die rechtliche Grundlage für die Erkundung, Bewertung und Sanierung von Altlasten liefert das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998 [5] und seine Verordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 [6]. Das wesentliche Ziel des Gesetzes ist die Sanierung von Altlasten, d.h. von Anlagen bzw. Grundstücken, durch die schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit hervorgerufen werden, § 1 und § 2 BBodSchG. Ziel der Erkundung und Bewertung ist eine Gefährdungsabschätzung, die eine Aussage erlaubt, ob eine Altlast vorliegt oder nicht. Dazu sind insbesondere Art und Konzentration der Schadstoffe, die Möglichkeit ihrer Ausbreitung in die Umwelt und ihrer Aufnahme durch Menschen, Tiere, Pflanzen sowie die Nutzung des Grundstücks zu berücksichtigen, § 9 (1) BBodSchG.

Zu Bodenluftuntersuchungen wird folgendes ausgesagt: "Soweit auf Grund der örtlichen Gegebenheiten oder nach den Ergebnissen von Bodenluftuntersuchungen Anhaltspunkte für die Ausbreitung von flüchtigen Schadstoffen aus einer Verdachtsfläche oder altlastverdächtigen Fläche in Gebäude bestehen, soll eine Untersuchung der Innenraumluft erfolgen", § 3 (6) BBodSchV. Probenahmeplanung, Entnahme und Untersuchung von Bodenluft-Proben sind im Anhang 1 der Verordnung ausgeführt.

Bei Beeinträchtigung des Umweltmediums Luft durch Altlasten ist neben dem BBodSchG mit Verordnung, das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [7] mit Verordnungen maßgebend. Ziel des BImSchG ist: Menschen, Tiere und Pflanzen, Boden, Wasser, Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen. Schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne dieses Gesetzes sind Immissionen, die nach Art, Ausmaß und Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen. Immissionen im Sinne dieses Gesetzes sind Luftverunreinigungen (wie Gase, Dämpfe, Geruchsstoffe,...), Geräusche etc., BImSchG, Erster Teil.

Die Bewertung von Schadstoffkonzentrationen erfolgt in der Orientierenden Untersuchung vorwiegend anhand von Prüf- und Maßnahmenwerten entsprechend der BBodSchV oder entsprechender Orientierungswerte § 4(5), unter Beachtung von [8] und [9]. Dabei sind zulässige Innenraumluftkonzentrationen anhand der ergänzenden Ableitungsmethoden und -maßstäbe für flüchtige Schadstoffe abgeleitet worden (siehe Kapitel 3.6).

## 2 Bewertungsverfahren

Die Luft ist als Träger- und Transportmedium (Pfad) zum Schutzgut Mensch zu betrachten.

Ausbreitungsprozesse von Schadstoffen in der Luft erfolgen aufgrund von Diffusions- und/oder Konvektionsprozessen. Diffusionsprozesse beruhen auf Molekularbewegungen durch Konzentrationsunterschiede und können durch das 1. und 2. Fick'sche-Gesetz abgebildet werden. Konvektionsprozesse beruhen auf Stoffübertragungen durch Druckunterschiede bzw. Dichte- oder Temperaturunterschiede und können durch das Darcy-Gesetz dargestellt werden. Ausbreitungsprozesse spielen einmal in der Bodenluft und zum anderen in der Atmosphärenluft eine Rolle.

Der wesentliche Stoffaustausch in der Bodenluft erfolgt i.a. durch Diffusion. Maßgebliche Konvektionsprozesse laufen bei aktiver Gasbildung (z.B. Altablagerungen mit Methangasbildung) ab. Der Boden ist durch den Gleichgewichtszustand zwischen Feststoff, Bodenluft und Bodenwasser gekennzeichnet. Die Verteilung eines Schadstoffes in diesen drei Phasen in der ungesättigten Zone hängt im Wesentlichen ab von: Art des Schadstoffes, Menge und Art der organischen Bodenbestandteile, Porosität des Bodens, Wassergehalt des Bodens, Temperatur. Die Stoffkonzentration in der Bodenluft repräsentiert häufig nur einen geringen Stoffanteil gegenüber den Stoffgehalten im Bodenwasser und im Feststoff [10]. Durch häufig schwankende Einflußfaktoren kommt es auch zu häufigen Gleichgewichtsverschiebungen, die eine sehr anfällige Bodenluftprobennahme bedingen (siehe Kapitel 3.6, Bodenluftwerte).

Gasförmige Schadstoffe können sich über die Bodenluft in die Atmosphärenluft (Außenluft bzw. Innenraumlufte) ausbreiten. Dabei ist der Wirkungspfad Boden-Luft-Mensch zu differenzieren in Bodenluft-Innenraumlufte-Mensch und Bodenluft-Außenluft-Mensch. Zur Verdeutlichung der wesentlichen Ausbreitungsmöglichkeiten (Ausbreitung nach oben, seitliche Ausbreitung, siehe Kapitel 3.2) werden Fallunterscheidungen getroffen. Entscheidend dabei ist die Lage und Art des Schutzobjektes, also der Ort einer möglichen Wirkung von flüchtigen Schadstoffen auf den Menschen. Mit diesen Fallunterscheidungen können Einflußfaktoren gezielt abgefragt werden. Beeinträchtigungen der Außenluft sind i.a. sehr begrenzt und haben kaum Auswirkungen auf den Menschen am Standort. Schadstoffverdünnungen in der Größenordnung von 1: 10 000 können schon wenige dm über dem Boden wirksam werden. Ausnahmen sind Ansammlungen in Gruben oder Geruchsbelästigungen. Die Mehrzahl der Fälle betrifft die Bewertung von Innenraumlufte. Transferfaktoren, die das Verhältnis von Innenraumluftekonzentration zu maximaler Bodenluftkonzentration kennzeichnen, liegen bei den Beispielen nach [10] in den Größenordnungen von 1: 20 bis 1: 5000, siehe auch Kapitel 3.6, Bodenluftwerte.

Prinzipiell ist im Boden auch eine Ausbreitung nach unten, in Richtung Grundwasser möglich. Eine Bewertung des Grundwassers bei Beeinträchtigung durch flüchtige Schadstoffe erfolgt entsprechend [1]. Im Ausnahmefall (hoher Grundwasserstand,...) kann das Grundwasser aber auch als Transportpfad für flüchtige Schadstoffe Richtung Schutzobjekt eine Rolle spielen. Bei einer Ausbreitung mit dem Grundwasserstrom erfolgt eine Verflüchtigung wieder in die ungesättigte Zone (vorwiegend Kapillarsaum) eventuell bis

zu einem Schutzobjekt. Eine Bewertung über Fall 2 ist möglich (wesentliche Ausbreitungsrichtung seitlich).

Prinzipiell erfolgt eine Bewertung für jeden relevanten Wirkungspfad. Damit können Bewertungen für verschiedene Fälle und unterschiedliche Schutzobjekte erforderlich werden. Maßgebend für den Handlungsbedarf ist der Wirkungspfad mit dem größten Risikowert, das ist oft der Pfad mit dem sensibelsten Schutzobjekt.

Unter bestimmten Randbedingungen ist der Luftpfad innerhalb der Gefährdungsabschätzung Altlasten von vornherein auszuschließen. Diese Randbedingungen können sein:

- keine flüchtigen Schadstoffe vorhanden,
- keine Ausbreitung möglich (Versiegelung,...),
- sehr große Verdünnung
- oder Luft in der Nähe der Altlast hat geringe Bedeutung für Mensch.

Grundlage für die vorliegende formale Bewertung ist (wie bei Grundwasser, Boden, Oberflächenwasser) das Baden-Württemberger Bewertungsverfahren. Dieses Analogieverfahren dient der vergleichenden Betrachtung von Altlastverdächtigen Flächen und ermöglicht die Festlegung von Prioritäten. Anhand einer definierten Vergleichslage wird abgeschätzt, ob der reale Fall gefährlicher (Zuschläge) oder ungefährlicher (Abschläge) ist. Mit Hilfe dieses Verfahrens kann eine qualitative Aussage erzielt werden. Für die Ermittlung einer "absoluten", also quantitativen Gefährdungsabschätzung ist das Verfahren nicht geeignet. Dazu erfolgt dann eine Expositionsabschätzung in der Detailuntersuchung.

Die formale Gefährdungsabschätzung erfolgt für die Luft (wie für Grundwasser, Boden, Oberflächenwasser) anhand der Gleichung:

$$r_o \cdot m_I \cdot m_{II} \cdot m_{III} \cdot m_{IV} = r_{IV}$$

$r_o$  = Stoffgefährlichkeit

$m_I$  = Schadstoffaustrag aus dem Schadherd

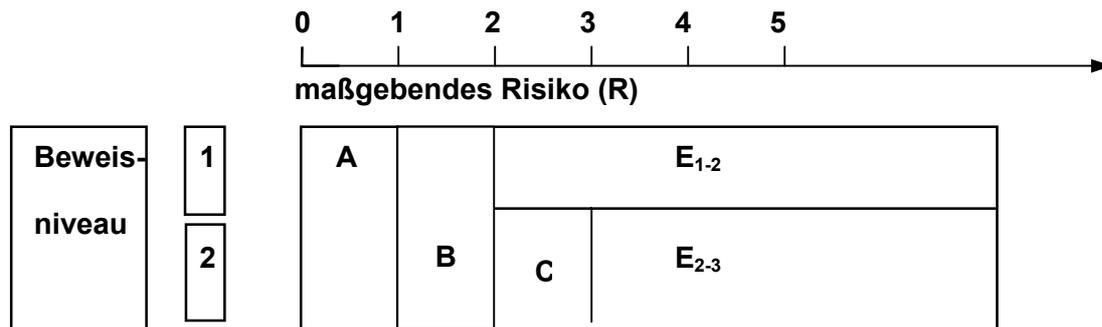
$m_{II}$  = Schadstofftransport im Boden(material)

$m_{III}$  = Schadstoffübergang in die Luft

$m_{IV}$  = Nutzung

$r_{IV}$  = gewichtetes Gefahrenrisiko (entsprechend der Nutzung der Luft)

Dieses gewichtete Gefahrenrisiko kann ein Wert oder ein Bereich sein (siehe Datenqualität). Aus dem gewichteten Gefahrenrisiko wird das maßgebende Risiko R abgeleitet. Anhand der Handlungsmatrix Abbildung 1 werden die Fälle entsprechend des Beweiseniveaus (Kenntnisstand) und des Risikowertes R in die Kategorien: A-Ausscheiden, B-Belassen, C-Überwachung oder E-Weitererkundung eingeordnet.



**Abb. 1: Handlungsmatrix**

- A Ausscheiden aus dem Altlastenkataster
- B Belassen im Altlastenkataster
- C Überwachung (Controlling)
- E<sub>1-2</sub> Weitere Erkundung-Orientierende Untersuchung
- E<sub>2-3</sub> Weitere Erkundung-Detailuntersuchung

### 3 Bewertungsablauf

Als Grundlage für die Bewertung dient das Bewertungsformblatt Luft (Anlage 1) bzw. das PC-Programm GEFA.

Der Kopf des Formblattes enthält die Falldaten entsprechend des Altlastenkatasters, die Angaben zum zutreffenden Beweismiveau (1-Historische Erkundung, 2-Orientierende Untersuchung), sowie die Firma, die die Bewertung durchführt, das Datum und den Standort der Dokumentation.

Entsprechend der Fallzuordnung schließt sich die Bewertung der relevanten Einflußfaktoren anhand von  $r_0$ ,  $m_I$ ,  $m_{II}$ ,  $m_{III}$ ,  $m_{IV}$  an. Das KONTA-Blatt (Anlage 2) ist die Zusammenfassung der Bewertung.

#### 3.1 Stoffgefährlichkeit $r_0$

Ausgangspunkt für die Bewertung von Altlastverdächtigen Flächen ist die Abschätzung der Gefährlichkeit der (vermuteten) Schadstoffe im Abfall (Altablagerung) bzw. im Boden (Altstandort). Die Stoffgefährlichkeit wird auf der Grundlage von Toxizitätswerten festgelegt. Menge und physikalische Stoffeigenschaften spielen erst in  $m_I$  eine Rolle.

Basis für die Festlegung der  $r_0$ -Werte für den Pfad Luft nach [9] ist die chronische Inhalationstoxizität des Schadstoffes. Bei Fehlen dieser Daten stützt man sich auf Werte der akuten Inhalationstoxizität, MAK-Werte, Toxizitätsäquivalente oder Struktur analogien. Grundlage ist also die Humantoxizität. Daten zur Ökotoxizität wurden nicht einbezogen (Schutzgut Mensch steht im Mittelpunkt, unzureichende Datenlage für ökotoxikologische Inhalationstoxizität).

Folgende Faktoren sind für die Stoffgefährlichkeit von Bedeutung:

##### Abfallart (bei Altablagerung, BN 1)

Es sind alle bekannten bzw. vermuteten Abfallarten anzugeben.

Werte bzw. Wertebereiche für  $r_0$  für die Bewertung dieser Abfallarten auf dem Pfad Luft sind in [9] enthalten. Auf der Stufe der Historischen Erkundung (BN 1) sind überwiegend Abfallarten bekannt, ohne Kenntnis von Einzelstoffen. Betriebe der Umgebung mit ihren Produkten und Abfällen sind in die Abschätzung des Schadstoffinventars einzubeziehen, sofern nicht widerlegt werden kann, dass die Betriebe dort entsorgt haben. Eine Spezifizierung des  $r_0$ -Bereiches aus der Abfallart ist durch den Bewertenden möglich.

##### Branche (bei Altstandort, BN 1)

Es sind alle bekannten Branchen, die auf diesem Gelände ansässig waren, anzugeben.

Werte bzw. Wertebereiche für  $r_0$  für die Bewertung von Branchen bzgl. des Luftpfades sind in [9] enthalten. Eine Nutzerspezifizierung durch den Bewertenden ist aufgrund der Kenntnis des konkreten Schadstoffspektrums möglich.

## Konkrete Schadstoffe (bei Altablagerung, bei Altstandort, BN 1 und BN 2)

BN 1:

Konkrete Schadstoffe (Angaben aus historischen Unterlagen oder Zeitzeugen) sollten angegeben und bewertet werden, wenn sie eine Spezifizierung des vorgegebenen  $r_0$ -Bereiches der Branche ermöglichen oder wenn es konkrete Schadstoffe gibt, die nicht typisch für die betrachtete Branche sind und einen höheren  $r_0$ -Wert ergeben.

BN 2:

Konkrete Schadstoffe sind anzugeben, wenn sie in repräsentativen Messungen nachgewiesen wurden. Von den als relevant nachgewiesenen Schadstoffen wird der höchste  $r_0$ -Wert zur Bewertung herangezogen.

Werte für  $r_0$  für die Bewertung konkreter Stoffe und Stoffgruppen auf dem Luftpfad sind in [9] konkret aufgeführt. Die Stoffgruppen werden nach dem gefährlichsten Stoff innerhalb der Stoffgruppe bewertet. Mit der fortschreitenden Erkundung wächst die Kenntnis zu konkreten Schadstoffen am Standort.

## **3.2 Fallzuordnung**

Für die gezielte Abfrage von Einflussfaktoren auf dem Wirkungspfad Boden-Luft-Mensch ist der Pfad zu konkretisieren. Anhand der folgenden Fragestellungen erfolgt eine (oder mehrere) Fallzuordnung(en):

1. Welche Schutzobjekte können betroffen sein (Innenraumluft, Bereich einer Außenluft)?
2. Wie und in welche Richtung erfolgt die Ausbreitung der flüchtigen Schadstoffe?

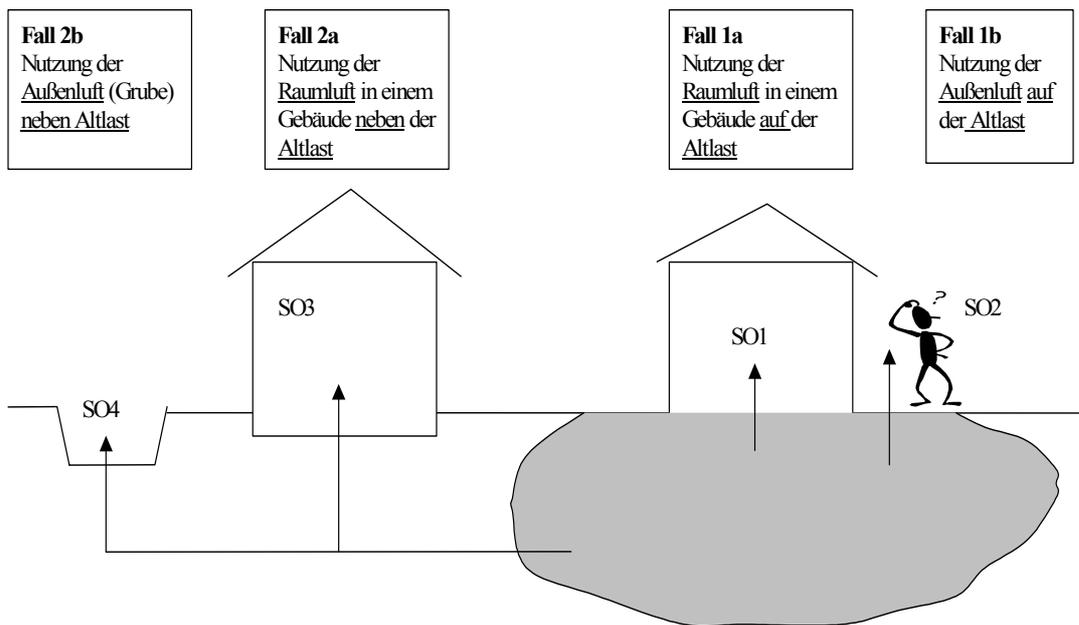
Fall 1: Die Ausbreitungsrichtung nach oben ist die entscheidende, da sich das Schutzobjekt auf der Altlast(verdachtsfläche) befindet.

- a) Als Schutzobjekt wird ein bestimmter Raum (Innenraumluft) definiert, in dem sich der Mensch aufhält.
- b) Als Schutzobjekt wird ein bestimmtes Areal (Außenluft) definiert, in dem sich der Mensch aufhält.

Fall 2: Die seitliche Ausbreitung ist entscheidend (und dann die Ausbreitung nach oben), da sich das Schutzobjekt neben der Altlast(verdachtsfläche) befindet.

- a) Als Schutzobjekt wird ein bestimmter Raum (Innenraumluft) definiert, in dem sich der Mensch aufhält.
- b) Als Schutzobjekt wird ein bestimmtes Areal (Außenluft) definiert, in dem sich der Mensch aufhält.





SO1 – Schutzobjekt 1

SO2 – Schutzobjekt 2

SO3 – Schutzobjekt 3

SO4 – Schutzobjekt 4

**Abb. 2: Fallzuordnungen**

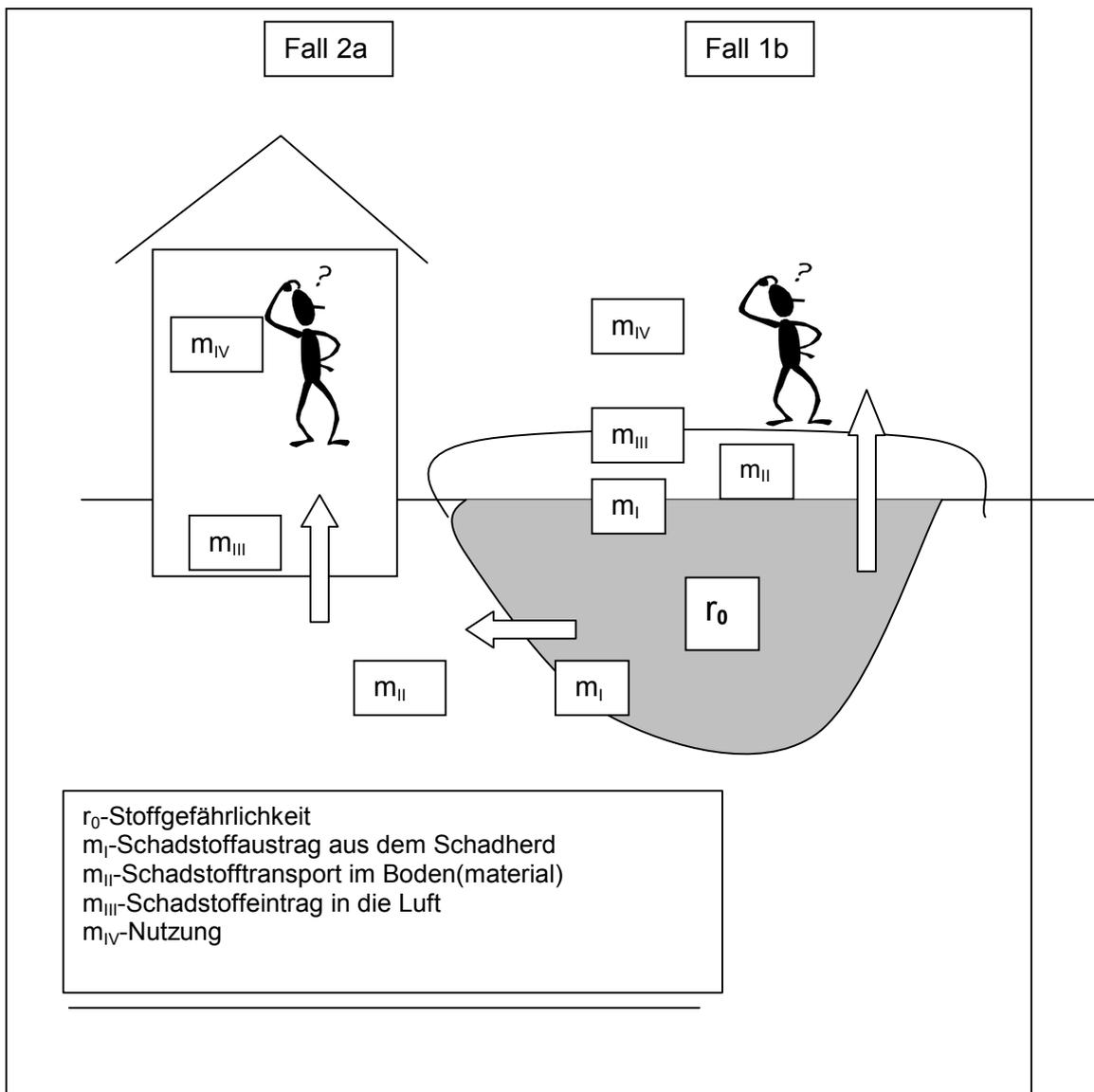


Abb. 3: Ausbreitungsmöglichkeiten, Beispiel für Fall 1b und für Fall 2a

### 3.3 Schadstoffaustrag $m_I$

Beim Schadstoffaustrag spielen die Einflussfaktoren Volumen, Kontaminationsfläche, Austragsfläche, Tiefe der Kontamination, Oberflächenversiegelung, Dampfdruck und Konvektion eine Rolle und werden in Abhängigkeit von der Fallzuordnung und der Art der Altlastverdachtsfläche (Altablagerung oder Altstandort) bewertet.

### Das Risiko des Schadstoffaustrages steigt:

Altablagerung (AA), Schutzobjekt befindet sich über der AA  
(Fall 1)

- je größer das Volumen der AA,
- je größer die Austragsfläche zum Schutzobjekt,
- je größer der Dampfdruck der relevanten Schadstoffe,
- je relevanter der Austrag durch Konvektion.

Altablagerung (AA), Schutzobjekt befindet sich seitlich der AA  
(Fall 2)

- je größer das Volumen der AA,
- je tiefer die Ausdehnung der AA,
- je umfassender eine Oberflächenversiegelung auf der AA,
- je größer der Dampfdruck der relevanten Schadstoffe,
- je stärker Konvektionsprozesse eine Rolle spielen.

Altstandort (AS), Schutzobjekt befindet sich über der Kontaminationsfläche  
(Fall 1)

- je größer die Kontaminationsfläche des AS,
- je größer die Austragsfläche zum Schutzobjekt,
- je größer der Dampfdruck der relevanten Schadstoffe,
- wenn Konvektionsprozesse relevant sind.

Altstandort (AS), Schutzobjekt befindet sich seitlich des Schadherdes  
(Fall 2)

- je größer die Kontaminationsfläche des AS,
- je tiefer der seitliche Austrag stattfindet,
- je größer der Dampfdruck der relevanten Schadstoffe,
- wenn Konvektionsprozesse relevant sind.

### Vergleichslage :

Die Vergleichslage ist eine Altlastverdachtsfläche, die mit  $m_1 = 1,0$  bewertet wird und an folgende Randbedingungen geknüpft ist:

Es gibt einen wesentlichen Schadstoffaustrag von leichtflüchtigen Schadstoffen zu einem darüber befindlichen Schutzobjekt und

- bei Altablagerungen beträgt das Volumen ca. 20 000 m<sup>3</sup>, die Tiefe ca. 6m und die Austragsfläche zum Schutzobjekt ca. 600 m<sup>2</sup>,
- bei Altstandorten beträgt die Kontaminationsfläche ca. 1000 m<sup>2</sup> und die Austragsfläche zum Schutzobjekt ca. 600 m<sup>2</sup>.

Eine relevante Abweichung von der Vergleichslage vermindert oder erhöht das Risiko des Schadstoffaustrages und damit den  $m_1$ -Wert.

## Charakterisierung der einzelnen Einflussfaktoren:

- **Fallzuordnung**  
Die Fallzuordnung nach Kapitel 3.2 führt zu einer Grund- $m_1$ -Einstufung. Der Fall 1 ist i.a. durch eine größere Ausbreitungsgeschwindigkeit als der Fall 2 gekennzeichnet, da durch Dichte- und Konzentrationsunterschiede zur atmosphärischen Luft die Triebkraft größer ist. Damit wird Fall 1 mit einem größeren Grund- $m_1$ -Wert als Fall 2 belegt.
- **Volumen (Altablagerung)**  
Es ist das geschätzte Volumen anzugeben.
- **Kontaminationsfläche (Altstandort)**  
Es sind die Kontaminationsflächen auf einem Standort zu ermitteln, in der flüchtige Schadstoffe vermutet werden. Diese sind zu einer Gesamtkontaminationsfläche zusammenzufassen. Bei Unkenntnis der Sachlage kann das auch die Betriebsfläche sein.
- **Austragsfläche**  
Im Fall 1 ist die Fläche entscheidend, durch die flüchtige Schadstoffe zum Schutzobjekt ausgetragen werden können (z.B. Grundfläche eines Hauses und Kellerwandflächen). Mögliche Austragsflächen mit Abdichtungen sind hier nicht einzubeziehen. Die Austragsfläche ist  $\leq$  der Kontaminationsfläche.
- **Tiefe**  
Im Fall 2 ist die Tiefe der Kontamination (tiefster Punkt ausgehend von Geländeoberfläche der Umgebung) ein Maß für die weitere seitliche Ausbreitung. Je tiefer eine Kontamination mit flüchtigen Schadstoffen reicht, desto größer ist der Austragsradius und damit auch der mögliche seitliche Ausbreitungsweg.
- **Oberflächenversiegelung**  
Im Fall 2 ist eine Oberflächenversiegelung auf der altlastverdächtigen Fläche für eine seitliche Ausbreitung förderlich. Als Oberflächenversiegelung soll eine Abdeckung, die nicht oder wenig wasserdurchlässig ist, verstanden werden.
- **Dampfdruck**  
Der Dampfdruck von Schadstoffen ist die wesentliche Eigenschaft, die eine gasförmige Ausbreitung in die Luft ermöglicht. Je flüchtiger ein Stoff ist, desto leichter ist der Austrag.
- **Konvektion**  
Sind neben Diffusionsprozessen auch Konvektionsprozesse relevant, wird der Schadstoffaustrag entscheidend erhöht. Das ist bei aktiver Gasbildung der Fall. Bei Altablagerungen kann die Methangasbildung durch Zuordnung zu einer Deponiephase I bis IX nach VDI 3790 [11] abgeschätzt werden. In der Historischen Erkundung ist eine Zuordnung nach den Merkmalen der Altablagerung: Alter, Größe, Höhe, Zusammensetzung und Einbau entsprechend [12] überschlägig möglich (siehe auch Anlage 9). Innerhalb der Orientierenden Untersuchung ist eine Einordnung in die Phasen entsprechend den aktuellen Messwerten nach [11] bzw. [12] vorzunehmen. Dabei sind die Phasen IV (stabile Methanphase) und V (Langzeitphase) durch eine besonders hohe Gasproduktion gekennzeichnet, die das Risiko des Schadstoffaustrages wesentlich erhöht. Die Phase VI (Luft eindringphase) ist durch das Sinken des Gasüberdruckes gekennzeichnet. Die Methangasproduktion geht wesentlich zurück, kann aber noch zu einem erhöhten Schadstoffaustritt führen. Zu beachten ist, dass besonders große Altablagerungen auch durch mehrere Deponiephasen (örtlich differenziert) gekennzeichnet sein können. Dann ist der hinsichtlich des Schutzobjektes relevante Teil der Altablagerung zu bewerten (i.a. die Phase mit dem höchsten  $\Delta m$ ).

### 3.4 Schadstofftransport im Boden(material) $m_{II}$

Beim Schadstofftransport spielen die Einflußfaktoren Transportweg und Durchlässigkeit des Bodens bzw. des Abdeckmaterials eine Rolle.

Das Risiko des Schadstoffaustrages steigt:

- je kürzer der Weg zum Schutzobjekt,
- je durchlässiger der Boden bzw. die Abdeckung/Abdichtung sind.

Vergleichslage:

Die Vergleichslage ist eine Altlastverdachtsfläche, die mit  $m_{II} = 1,0$  bewertet wird und an folgende Randbedingungen geknüpft ist:

Die flüchtigen Schadstoffe breiten sich durch ca. 2 m mächtigen Boden(material) mit einem  $k_f$ -Wert von ca.  $10^{-5}$  m/s aus. Der Boden ist dabei wasserungesättigt und besitzt einen mittleren organischen Anteil.

Eine relevante Abweichung von der Vergleichslage vermindert oder erhöht das Risiko des Schadstofftransportes und damit den  $m_{II}$ -Wert.

Charakterisierung der einzelnen Einflussfaktoren:

- (Transport)weg  
Entscheidend hierfür ist der Weg von der Altlast zum Schutzobjekt (z.B. einem Gebäude) innerhalb des Bodens oder der Abdeckung/Abdichtung. Der Weg kann horizontal oder vertikal verlaufen.  
Fall 1: Weg durch die Abdeckung/Abdichtung  
Fall 2: Weg durch den anstehenden Boden  
Im Ausnahmefall kann der Schadstofftransport mit dem Grundwasser zu einem oberirdischen Schutzobjekt über den Fall 2 abgeschätzt werden. Dann ist der (Transportweg) als Weg durch die ungesättigte Bodenzone (Weg zum Grundwasser), die gesättigte Bodenzone (Transport mit dem Grundwasser) und wieder die ungesättigten Bodenzone (Weg zum Schutzobjekt) definiert. Je nach Einzelfall (der Weg durch die ungesättigte Zone ist größer oder kleiner als der Weg durch die gesättigte Zone) kann eine Bewertung nach Anlage 6 für Boden bzw. Abdeckschichten oder für Rohrleitungssysteme oder andere bevorzugte Ausbreitungswege erfolgen.
- Durchlässigkeit  
Die Gaswegsamkeit des Bodens bzw. Bodenmaterials wird in Analogie zum vertikalen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  nach DIN 18130 [13] bewertet. Bei der Ausbreitung der flüchtigen Schadstoffe zur Seite und nach oben kann die Anisotropie eine Rolle spielen. Die Durchlässigkeit in horizontaler Richtung ist ca. 2 bis 10 mal größer als in vertikaler Richtung. Da im Fall 1 nur die vertikale Richtung relevant ist, im Fall 2 beide Richtungen eine Rolle spielen, ist der vertikale  $k_f$ -Wert ein ausreichendes Kriterium für die Orientierende Untersuchung.

### 3.5 Schadstoffeintrag in die atmosphärische Luft $m_{III}$

Beim Schadstoffeintrag in die atmosphärische Luft (Innenraumlufte bzw. Außenluft) spielen die Einflussfaktoren: Hindernisse, Verdünnungseffekte und Abbaueffekte eine Rolle.

Das Risiko des Schadstoffeintrages steigt:

- je geringer die Hindernisse beim Eintrag in das Schutzobjekt
- je geringer die Verdünnung
- je größer die Abbaueffekte (fotolytische Halbwertszeit) der Schadstoffe sind.

Vergleichslage:

Die Vergleichslage ist eine Altlastverdachtsfläche, die mit  $m_{III} = 1,0$  bewertet wird und an folgende Randbedingungen geknüpft ist:

Der Schadstoffeintrag in die atmosphärische Luft erfolgt über ein rissiges Betonfundament in einen Innenraum. Abbaueffekte sind gering (mindestens ein Schadstoff hat eine fotolytische Halbwertszeit von mehr als 100 Tagen).

Eine relevante Abweichung von der Vergleichslage vermindert oder erhöht das Risiko des Schadstoffeintrages und damit den  $m_{III}$ -Wert.

Charakterisierung der einzelnen Einflussfaktoren:

- **Hindernisse beim Eintrag**  
Es werden hier die künstlichen (durch den Menschen geschaffene) Hindernisse bewertet (Fundamente,...)
- **Verdünnungseffekte**  
Der Verdünnungseffekt kann vom Bewertenden anhand der angegebenen Kriterien und entsprechend dem Einzelfall abgeschätzt werden.
- **Abbaueffekte**  
Die fotolytische Halbwertszeit gibt einen Hinweis zu Abbaueffekten und damit zur Verweilzeit der flüchtigen Schadstoffe in Luft (siehe auch Anlage 10).

### 3.6 Nutzung $m_{IV}$

Bei der Nutzung spielen die Einflussfaktoren: Art der Nutzung, aktuelle Belastungssituation anhand von Analysenwerten und Geruch eine Rolle. Im BN 1, Historische Erkundung, wird der  $m_{IV}$ -Wert allein durch die vorhandene bzw. geplante Art der Nutzung und dem Geruch bestimmt. Im BN 2, Orientierende Untersuchung, kommt die Bewertung von Analysenwerten dazu.

Das Risiko bei der Nutzung steigt:

- je länger die Nutzung der atmosphärischen Luft durch den Menschen,
- je höher die Schadstoffkonzentrationswerte in der atmosphärischen Luft (bzw. in der Bodenluft) sind.

### Vergleichslage:

Die Vergleichslage ist eine Altlastverdachtsfläche, die mit  $m_{IV} = 1,0$  bewertet wird und an folgende Randbedingungen geknüpft ist:

In Innenräumen, die als Keller genutzt werden, liegen die Analysenwerte der Kellerraumluft über den Besorgniswerten. Der Geruch ist nicht relevant.

Eine relevante Abweichung von der Vergleichslage vermindert oder erhöht das Risiko bei der Nutzung und damit den  $m_{IV}$ -Wert.

### Charakterisierung der einzelnen Einflussfaktoren:

- **Analysenwerte**

Diese sind i.a. erst im BN 2 vorhanden. Man muss zwischen Bodenluftwerten, Innenraumluftwerten (einschließlich Arbeitsraumlufte) und Außenluftwerten unterscheiden. Bei Anhaltspunkten für eine Gefährdung aus der Historischen Erkundung ist eine Orientierende Untersuchung durchzuführen. Um eine belastbare Aussage zur Gefährdung zu erhalten, ist das relevante Kontaktmedium zum Menschen zu analysieren (Innenraumlufte bzw. Außenluft). Ist das nicht (oder noch nicht) möglich, sind für eine erste Einschätzung Bodenluftwerte heranzuziehen. Bei der Bewertung der Analysenwerte sind die lokalen Hintergrundbelastungen einzubeziehen.

*Innenraumlufte:* Für die Bewertung von Innenraumluftwerten wurden Besorgnis- und Dringlichkeitswerte als Orientierungswerte abgeleitet [9]. Sind die Besorgniswerte unterschritten, ist der Gefahrenverdacht ausgeräumt. Sind die Besorgniswerte überschritten, ist eine Detailuntersuchung notwendig, in der eine konkrete Expositionsabschätzung durchgeführt werden muss. Sind die Dringlichkeitswerte überschritten, ist eine Detailuntersuchung dringend, also mit höherer Priorität, erforderlich. Die Dringlichkeitswerte für Innenraumlufte ergeben sich aus der gefahrenbezogenen Luftkonzentration entsprechend den ergänzenden Ableitungsmethoden und –maßstäben [14], B 060 Seite 13. Die Besorgniswerte wurden aus den Dringlichkeitswerten durch Herausrechnen des Gefahrenfaktors abgeleitet. Expositionsannahme ist dabei eine ganztägige, also 24 Stunden Nutzung der belasteten Luft. Bei Parametern, zu denen keine Orientierungswerte in [9] enthalten sind, ist eine Bewertung nach der Verwaltungsvorschrift Baden-Württemberg [15] möglich. Im Ausnahmefall, d.h. bei einer Expositionsannahme einer arbeitstägigen Nutzung durch Erwachsene, können als Dringlichkeitswerte die MAK-Werte (bzw. TRK-Werte) herangezogen werden. Die Besorgniswerte werden dann per Konvention als  $0,1 \cdot \text{MAK}$  (bzw. TRK) festgelegt.

*Außenluftwerte:* Für die Bewertung von Außenluftwerten wurden Besorgniswerte als Orientierungswerte entsprechend den WHO-Leitwerten (24 Stunden Nutzung) festgelegt. Bei Parametern, zu denen keine Besorgniswerte in [9] enthalten sind, ist eine Bewertung nach Kühling [16] möglich. Bei Unterschreitung der Besorgniswerte ist der Gefahrenverdacht ausgeräumt. Bei deren Überschreitung wird eine Detailuntersuchung mit konkreter Expositionsabschätzung (Aufenthaltszeiten, Nutzergruppen) notwendig.

*Bodenluftwerte:* Bodenluftwerte sind stark abhängig von verschiedenen Einflußfaktoren wie Art der Probennahme, meteorologische Bedingungen. Eine Qualitätssicherung entsprechend VDI Richtlinie 3865 [17] sowie [18] und [19] ist unbedingt zu beachten. Eine Bewertung von Bodenluftmessungen kann nur hinsichtlich einer Aussage erfolgen: Gefährdung ausgeschlossen ja/ nein (Ausscheidokriterium), ohne absolute Aussagen zur Gefährdung. Liegen die Bodenluftkonzentrationen bei einer repräsentativen Beprobung

unter bestimmten Besorgniswerten, so ist eine Gefährdung ausgeschlossen. Besorgniswerte sind nutzungsunabhängig. Sie sind hoch genug, um sich von der Hintergrundkonzentration abzuheben, aber auch niedrig genug, um eine Gefährdung mit Sicherheit zu erkennen (auch wenn z.B. die Meßstelle nicht im Kontaminationsherd liegt). Sind die Besorgniswerte überschritten, besteht ein Gefahrenverdacht, der in einer weiteren Messung (Innenraumluftmessung bzw. Außenluftmessung) ausgeschlossen oder bestätigt werden muss. Sind (noch) keine Messungen der Innenraumluft möglich, sind erste Abschätzungen über Transferfaktoren möglich, die das Verhältnis von Innenraumluftkonzentrationen zu maximalen Bodenluftkonzentrationen abbilden. Für worst case Betrachtungen kann man mit folgenden Transferfaktoren arbeiten:  
 TF 1: 1000 (nur diffusiver Transport, Fundamente in relativ gutem Zustand oder gering durchlässiger Boden)  
 TF 1: 100 (diffusiver Transport und konvektiver Transport infolge witterungsbedingter Einflüsse)  
 TF 1: 10 (diffusiver Transport und konvektiver Transport durch aktive Gasbildung)

- **Nutzungskriterien**  
 Die Nutzungskriterien sind für BN 1 und BN 2 relevant. Es wird differenziert zwischen Innenraumluft und Außenluft und der jeweiligen Nutzungsdauer bzw. Nutzergruppe. Auf BN 1 erfolgt eine Bewertung als Grund- $m_{IV}$ -Wert. Auf BN 2 erfolgt eine Bewertung als Zu- bzw. Abschlag zum  $m_{IV}$ -Wert.
- **Geruch**  
 Der Geruch kann in seltenen Fällen eine solche herausragende Rolle spielen, dass weitere Untersuchungen (Detailuntersuchung) notwendig werden, auch wenn Einzelschadstoffe toxikologisch nicht relevant sind. Deshalb ist eine Aussage zum Geruch zu treffen und eine parallele Bewertung von Nutzungs- bzw. Analysedaten und Geruch durchzuführen. Der höhere der beiden Werte führt dann zum abschließenden  $m_{IV}$ -Wert. Ist der Geruch maßgebend, muß in der Detailuntersuchung anhand eines Geruchsgutachtens entsprechend der sächsischen Geruchsrichtlinie, geklärt werden, ob eine erhebliche Belästigung (Häufigkeit von Geruchsstunden) vorliegt.

### 3.7 Datenqualität

Die Datenqualität wird einmal durch das Beweismiveau bestimmt und zum anderen innerhalb des Beweismiveaus durch den Bereich des ermittelten Risikowertes  $r_{IV}$ . Ein Bereich des Risikowertes kann entstehen, wenn einzelne Einflussfaktoren nicht angegeben wurden und die mögliche Bewertung als Bereich in die weitere Berechnung eingeht.

**Tab. 1: Anzahl der bewertungsrelevanten Einflussfaktoren in Abhängigkeit vom Beweismiveau**

BN	Anzahl der bewertungsrelevanten Einflussfaktoren	Anzahl der zwingend erforderlichen Einflussfaktoren

BN 0	Ca. 5	-
BN 1	Ca. 16	Ca. 13
BN 2	Ca. 16 und Analyseparameter	Ca. 16 und Analyseparameter

Die Anzahl der bewertungsrelevanten Einflussfaktoren differiert in Abhängigkeit von der Art der Altlastverdachtsfläche (deshalb ca. Angaben).

Im Beweismiveau 1 müssen folgende Einflussfaktoren eingegeben werden:

Branche bzw. Abfallart, Fallzuordnung, Volumen bzw. Kontaminationsfläche, Austragsfläche, Oberflächenversiegelung, Dampfdruck, Deponiephase bei Altablagerungen für Konvektion, Transportweg zum Schutzobjekt, Durchlässigkeit des Bodens bzw. Bodenmaterials, Hindernisse, Verdünnungseffekte, Nutzung, Geruch (Häufigkeit).

Im Beweismiveau 2 müssen folgende Einflussfaktoren zusätzlich eingegeben werden:

Konkrete Schadstoffe, Tiefe der Kontamination, Konvektion bei Altstandorten, Abbaueffekte, Analysenwerte der Kontaktluft bzw. Bodenluft.

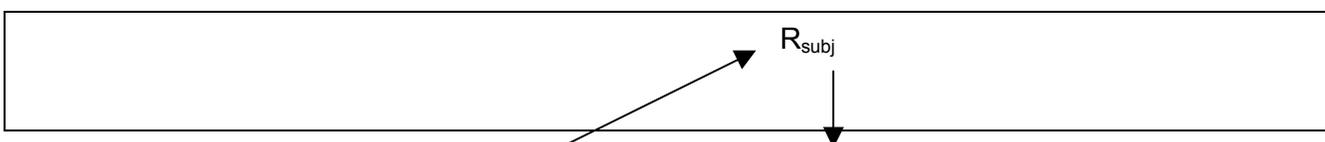
### 3.8 Bestimmung des Handlungsbedarfes und der Priorisierung

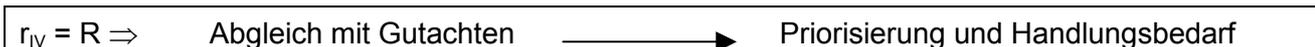
Für jedes Schutzobjekt gibt es einen  $r_{IV}$ -Wert oder einen  $r_{IV}$ -Bereich mit  $r_{IV,min}$ ,  $r_{IV,gmittel}$ ,  $r_{IV,max}$ . Maßgebend ist das Schutzobjekt, welches den höchsten  $r_{IV}$ -Wert erreicht.

Die Priorisierung wird anhand des  $r_{IV}$ -Wertes bzw.  $r_{IV,gmittel}$  bestimmt.

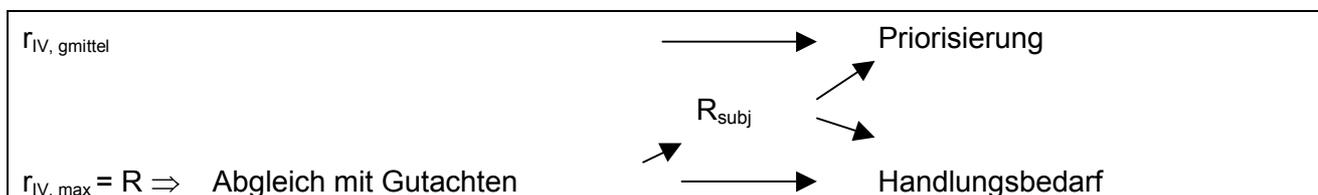
Der Handlungsbedarf ergibt sich auf BN 1 anhand von Anhaltspunkten ( $r_{IV}$  bzw.  $r_{IV,max}$ ) und auf BN 2 anhand eines hinreichenden Gefahrenverdacht für das Vorliegen einer Altlast ( $r_{IV}$  bzw.  $r_{IV,max}$ , insbesondere aber auch aufgrund von Prüfwertvergleichen, wenn vorhanden).

Nach der formalen Berechnung des  $r_{IV}$ -Wertes oder des  $r_{IV}$ -Bereiches ist das Ergebnis mit dem Gutachten abzugleichen, d.h. ergeben sich aus dem Gutachten weitere Aspekte bei der Gefährdungsabschätzung bzw. andere Wichtungen, ist ein  $R_{subj}$  festzulegen. Dieses  $R_{subj}$  bestimmt dann Priorisierung und Handlungsbedarf (Abbildungen 4 und 5).





**Abb. 4: Vorgehen bei der Priorisierung und Festlegung des Handlungsbedarfes, ausgehend von einem  $r_{IV}$ -Wert je Schutzobjekt**



**Abb. 5: Vorgehen bei der Priorisierung und Festlegung des Handlungsbedarfes, ausgehend von einem  $r_{IV}$ -Bereich ( $r_{\text{min}}$ ;  $r_{\text{mittel}}$ ;  $r_{\text{max}}$ ) je Schutzobjekt**

## 4 Dokumentation der Ergebnisse

Die Dokumentation der Ergebnisse der formalen Bewertung kann im Bewertungsformblatt nach Anlage 1 erfolgen oder mit Hilfe des Programmes GEFA (siehe Kapitel 5).

### Ohne Programm GEFA:

Die Zusammenfassung der relevanten Einflussfaktoren und die Ergebnisse der Bewertung werden im Bewertungsformblatt Luft dokumentiert. Im KONTA-Blatt erfolgt noch einmal eine Zusammenfassung in übersichtlicher Form. Vorhandene oder gewonnene Proben- und Analysendaten für Außenluft Luft bzw. Bodenluft werden in die Datenerfassungsblätter nach Anlage 3 wie folgt eingetragen:

- Ausfüllen der Probandaten im Listenkopf
- Beschreibung der Probenentnahmeart für jeden Parameter mit Schlüssel nach Anlage 4.
- Angabe der Gesamtanzahl der Messwerte für jeden Parameter
- Angabe der Anzahl der davon kritischen Messwerte
- Angabe des maximalen Messwertes je Parameter
- Nicht aufgelistete Parameter sind zu ergänzen und die Gesamtanzahl der Messwerte sowie der maximale Messwert sind einzutragen.

### mit Programm GEFA:

Steht das Programm GEFA mit dem Bewertungsteil Luft zu Verfügung, so erfolgt die Datendokumentation durch das Bewertungsprotokoll, das KONTA-Blatt und das Analysenprotokoll und wird durch das Programm realisiert.

Die Dokumentation zu einer Altlastverdachtsfläche besteht aus dem Gutachten, einem Kurzgutachten (bei umfangreichen Gutachten), einer formalen Bewertung und eventuell weitergehenden Datendokumentationen (Anlage 11).

## 5 EDV-Unterstützung

Das Programm GEFA ist ein PC-Programm zur Erfassung bewertungsrelevanter Einflussfaktoren, zur Bewertung und Dokumentation der formalen Gefährdungsabschätzung für Altlastverdachtsfälle auf dem Beweismiveau 1 (Historische Erkundung) und Beweismiveau 2 (Orientierende Untersuchung).

Der Programmablauf erfolgt analog Pfad und Schutzgut Grundwasser und Pfad und Schutzgut Boden.

GEFA kann über das Internet, [www.lfug.de/veroeffentlichungen/verzeichnis/Abfall-Altlasten/SalfaWeb/salfweb-nt/index.html](http://www.lfug.de/veroeffentlichungen/verzeichnis/Abfall-Altlasten/SalfaWeb/salfweb-nt/index.html) bezogen werden (Altlastenfachinformationssystem SALFA-Web).

## 6 Abkürzungsverzeichnis

A	Ausscheiden eines Altlastverdachtsfalles
AA	Altablagerung
AS	Altstandort
B	<b>B</b> elassen eines Altlastverdachtsfalles im Altlastenkataster
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BN	Beweisniveau
B-Wert	Besorgniswert
C	Altlastenüberwachung
D-Wert	Dringlichkeitswert
E	weitere <b>E</b> rkundung eines Altlastverdachtsfalles
$k_f$	Durchlässigkeitsbeiwert (vertikal) des Bodens hinsichtlich Wasser
$m_I$	Schadstoffaustrag aus dem Schadherd
$m_{II}$	Schadstofftransport im Boden(material)
$m_{III}$	Schadstoffeintrag in die atmosphärische Luft
$m_{IV}$	Nutzung der atmosphärischen Luft
$m_{geruch}$	$m_{IV}$ -Wert, der sich aus dem Geruch ergibt
$m_{nutzung}$	$m_{IV}$ -Wert, der sich nach Berücksichtigung der Nutzungsaspekte ergibt
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
$r_o$	Stoffgefährlichkeit auf dem Pfad Luft
$r_{IV}$	gewichtetes Gefahrenrisiko entsprechend der Nutzung
R	maßgebendes Gefahrenrisiko
$R_{subj}$	subjektives Gefahrenrisiko
SMUL	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
SMU	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt, jetzt SMUL
TF	Transferfaktor Innenraumlufte zu Bodenluft
WHO	Weltgesundheitsorganisation

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995): Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Grundwasser. Handbuch zur Altlastenbehandlung Teil 3, Dresden
- [2] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995): Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Boden. Handbuch zur Altlastenbehandlung Teil 4, Dresden
- [3] Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (in Vorbereitung): Grundsätze der Altlastenbehandlung. Handbuch zur Altlastenbehandlung Teil 1, Dresden
- [4] Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (1996): Altlasten-Aktuell Nr. 1. Materialien zur Altlastenbehandlung, Dresden
- [5] Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17.März 1998 (BGBl I S. 502)
- [6] BUNDES-BODENSCHUTZ- UND ALTLASTENVERORDNUNG vom 16.12. Juli 1999 (BGBl I S. 1.554)
- [7] BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZ IN DER FASSUNG DER BEKANNTMACHUNG VOM 14. MAI 1990 (BGBl. I S. 880), zuletzt geändert durch Art. 9 Zweites ZuständigkeitslockerungsG v. 3.5.2000 (BGBl. I S. 632)
- [8] BUNDESANZEIGER NR. 161 A (18. JUNI 1999): Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung.
- [9] SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (IN VORBEREITUNG): Handhabung von Orientierungswerten sowie Prüf- und Maßnahmenwerten zur Gefahrenverdachtsermittlung für die Altlastenbehandlung in Sachsen. Materialien zur Altlastenbehandlung in Sachsen, Dresden
- [10] SEEGER, KLAUS-J. (1999): Fachliche Grundlagen zur Beurteilung von flüchtigen organischen Substanzen in der Bodenluft bei Altlasten. Hessische Landesanstalt für Umwelt, Arbeits- und Umweltschutz Heft 263, Wiesbaden
- [11] VDI 3790, BLATT 2 (2000): Deponien. Umweltmeteorologie, Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen
- [12] LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1992): Der Deponiegashaushalt in Altablagerungen -Leitfaden Deponiegas-. Handbuch Altlasten, Karlsruhe
- [13] DIN 18130: Durchlässigkeitsbeiwert
- [14] UBA (1999): Berechnung von Prüfwerten zur Bewertung von Altlasten. Erich scgmidt Verlag, Berlin
- [15] LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN WÜRTTEMBERG, LANDESGESUNDHEITSAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (1996): Verwaltungsvorschrift über Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen: Beurteilung von Bodenluftwerten, Karlsruhe
- [16] KÜHLING, W.; PETERS, H-J. (1995): Die Bewertung der Luftqualität bei Umweltverträglichkeitsprüfungen. UVP Spezial 10, Dortmund, 2. Auflage
- [17] VDI 3865, BLATT 1 (1992), BLATT 2 (1998): Messen organischer Bodenverunreinigungen
- [18] BIRKLE, M. ; OTTENSTEIN, J. (IN VORBEREITUNG): Handlungsempfehlung Entnahme Bodenluftproben, Karlsruhe
- [19] LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1999): Handlungsempfehlung Durchführung von Deponiegasmessung bei Altablagerungen
- [20] INGENIEURBÜRO FÜR GEOTECHNIK IFG (2000): Testung der Bewertungsmethodik Teil Luft innerhalb der Sächsischen Altlastenmethodik, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, unveröffentlicht

## 8 Beispiele

In einer Testphase wurden 5 praxisrelevante Beispiele ausgewählt, um die Eignung der Methodik zu prüfen. Die Ergebnisse sind in [20] zusammengefasst. Nachfolgend sind drei Beispiele dargestellt.

### Beispiel 1

Tankstelle A - Historische Erkundung – Fall 2a

### Beispiel 2

Tankstelle B - Orientierende Untersuchung – Fall 1a

### Beispiel 3

Deponie C - Orientierende Untersuchung – Fall 2a

## **Beispiel 1: Tankstelle A – Historische Erkundung – Fall 2a**

Wirkungspfad: Schadherd-Bodenluft-Innenraumluft-Mensch

Bewertungsfall: Wohnbebauung (Innenraumluft) seitlich von Tankstelle

### ***Situation:***

Die Tankstelle A für Vergaserkraftstoffe wurde von 1940 - 1999 betrieben. Ein Tankstellenneubau ist vorgesehen. Derzeit erfolgt ein Rückbau der bestehenden Altanlagen der Tankstelle. Unmittelbar südlich vom Standort befindet sich Wohnbebauung mit Unterkellerung. Die Oberfläche ist großflächig mit Asphalt/Beton versiegelt.

Stufe der Altlastenbehandlung: Historische Erkundung (Altstandort), BN 1

In der Historischen Erkundung wurden u.a. folgende Daten ermittelt:

- Der Standort besitzt eine Flächengröße von ca. 2.000 m<sup>2</sup>, davon werden ca. 500m<sup>2</sup> als belastet eingeschätzt.
- Der Untergrund besteht aus Geschiebelehm unter einer bis zu 3 m mächtigen kiesig-sandigen Auffüllung.
- Der Grundwasserflurabstand beträgt nach Kartenauswertungen mehr als 6 m.
- Es liegen keinerlei Messergebnisse vor.

### ***Bewertung:***

Es erfolgt eine Bewertung für das hier relevante Schutzobjekt: Innenraumluft im angrenzenden Wohngebäude. Dafür ist eine Ausbreitung seitlich über den Boden in den Keller bzw. seitlich über das Grundwasser (bei hohen Kontaminationen und ausgasendem Grundwasser) Richtung Keller zu beurteilen.

Die Bewertung erfolgt entsprechend der vorgegebenen Bewertungsmethodik und ist anhand des Bewertungsformblattes und KONTA-Blattes nachvollziehbar dargelegt. Das Berechnungsergebnis sieht wie folgt aus:

Formal ergibt sich ein Risikowert von  $R = 4,7$ .

Es wird aufgrund der fachlichen Einschätzung eine weitere Erkundung vorgeschlagen. In der Orientierenden Untersuchung sollte die Innenraumluft im Keller des Wohngebäudes beprobt werden.

# ALTLASTENPROGRAMM DES LANDES SACHSEN – BEWERTUNGSFORMBLATT - Luft

BEWERTUNGSFORMBLATT Pfad Luft				BEWEISNIVEAU: <b>BN 1</b>
Altlastenkennziffer:				Gemeinde.....
Standortbezeichnung: <b>Tankstelle A</b>				Art der Fläche: <b>AS</b>
Teilflächennummer:			*	Bezeichnung d. Teilfläche* o. d. Schadstoffherdes:
Flurstück: **	Hoch-/Rechtswert ...../..... **			
Bewertungsdatum:.....				Firma: .....
Standort der Dokumentation: .....				
* Angabe erfolgt nur, wenn eine Aufteilung der Fläche erfolgt				** Angabe erfolgt für die Teilfläche bzw. die Gesamtfläche

Bewertung bereits erfolgt: Grundwasser  Oberflächenwasser  Boden

Stoffgefährlichkeit $r_o$	Bewertungsrelevante Sachverhalte	$r_o$ (hum)
1. Branche bzw. Abfallarten $(r_{o, \text{hum}})_{\text{max}} = 4,0$	Tankstelle	$r_o$
2. Betriebe aus der Umgebung, die möglicherweise abgelagert haben (nur AA)	-	
3. Konkrete Schadstoffe ...		
4. Technologie (nur AS)		
5. Schadstoffherde (nur AS) ...	Umschlagbereich, Zapfsäulen, Tanklagerbereich	
6. Ablagerungs- bzw. Produktionsbeginn/-ende	1940-1999	
7. Gemeindegröße bzw. Beschäftigtenzahl	-	

Schadstoffaustrag $m_i$	Bewertungsrelevante Sachverhalte	$m_i$ bzw. $\Delta m_i$ -Wert
8. Fallzuordnung (mit Schutzobjekten SO)	Fall 2a: der Austrag zur Seite ist bestimmend für die Gefährdung des Schutzobjektes	0,8

9. Kontaminationsfläche	ca. 500 m <sup>2</sup>	-0,1
10. Fall 2:		
Tiefe der Kontamination	vermutet werden ca. 6 m	±0
Oberflächenversiegelung	vorhanden	+0,2
11. Dampfdruck	Dampfdruck	
	Benzol= 1,0 · 10 <sup>4</sup> Pa (bei 20°C)	±0
12. Konvektion	nicht relevant	

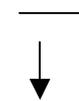


m<sub>I</sub> (Fall 2a) für SO<sub>1</sub> = 0,9

$$r_{I \max} \text{ (Fall 2a) für } SO_1 = r_{o \text{ (hum)max}} \cdot m_I \text{ (Fall 2a)} = 3,6$$

Schadstofftransport m <sub>II</sub>	Bewertungsrelevante Sachverhalte	m <sub>II</sub> bzw. Δm <sub>II</sub> -Wert
-------------------------------------	----------------------------------	---

13. Transportweg	Gebäude ist ca. 5m neben Tankstellengelände	1,2
14. Durchlässigkeit	durchlässiger Boden mit k <sub>f</sub> ca. 10 <sup>-5</sup> bis 10 <sup>-6</sup> m/s	±0



m<sub>II</sub> (Fall 2a) für SO<sub>1</sub> = 1,2

$$r_{II \max} \text{ (Fall 2a) für } SO_1 = r_{I \max} \cdot m_{II} \text{ (Fall 2a)} = 4,3$$

Schadstoffeintrag m <sub>III</sub>	Bewertungsrelevante Sachverhalte	m <sub>III</sub> bzw. Δm <sub>III</sub> -Wert
------------------------------------	----------------------------------	---

15. Hindernisse	älteres Betonfundament	0,8
16. Verdünnungseffekte	kaum Verdünnungseffekte, da Innenraumluft	+0,2
17. Abbaueffekte	fotolytische Halbwertszeit für Benzol beträgt 16 Tage	-0,1



m<sub>III</sub> (Fall 2a) für SO<sub>1</sub> = 0,9

$$r_{III \max} \text{ (Fall 2a) für } SO_1 = r_{II \max} \cdot m_{III} \text{ (Fall 2a)} = 3,9$$

Nutzung/ Bedeutung	$m_{IV}$	$m_{IV}$ bzw. $\Delta m_{IV}$ -Wert
--------------------	----------	-------------------------------------

18. Analysenwerte      keine Bodenluftmessungen,  
keine Raumlufmessungen

19. Nutzungskriterien      Innenraumluf mit seltener Nutzung (Abstellraum)      1,2

20. Geruch      keine belästigende Wirkung

┌  
└─  
▼

$m_{IV}$  (Fall 2a) für  $SO_1 = 1,2$

$$r_{IV \max} \text{ (Fall 2a) für } SO_1 = r_{III \max} \cdot m_{IV} \text{ (Fall 2a)} = 4,7$$

Risiko      R aus  $r_{IV \max}$  : 4,7

Subjektives Risiko  $R_{\text{subj}}$       nein

Begründung:

Handlungsbedarf nach:       $R=4,7$        $\longrightarrow$        $E_{1-2}$  weitere Erkundung,  
Orientierende Untersuchung

Priorisierung nach:       $R=4,7$

## Bewertungsblatt KONTA Luft

Altlastenkennziffer:

BN: 1

Bezeichnung der Fläche: Tankstelle A

Gemeinde:

Bezeichnung der Teilfläche oder des Schadstoffherdes:

Art der Verdachtsfläche: Altstandort

Bewertungsdatum:

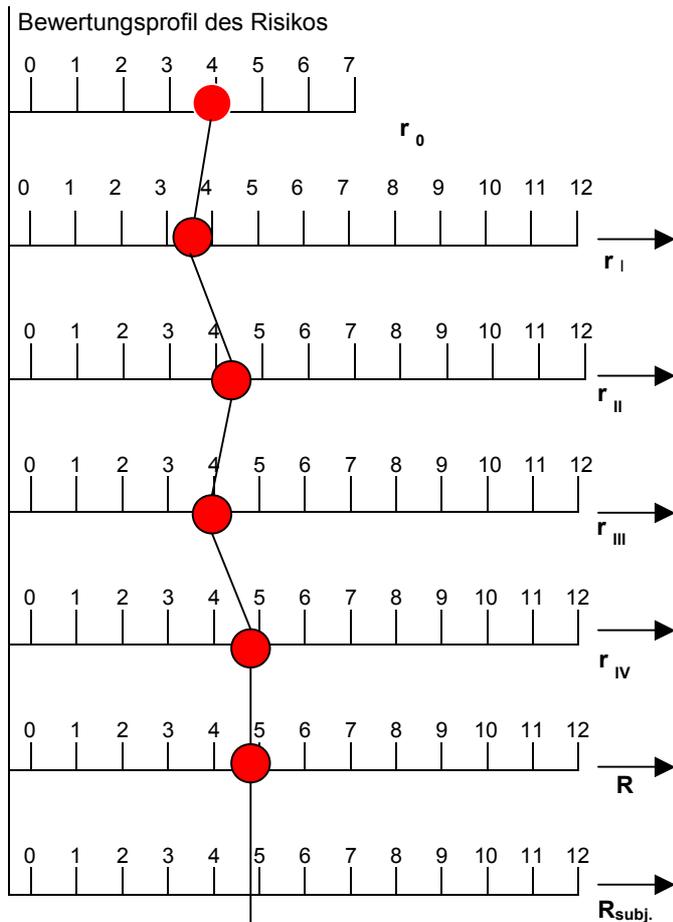
Firma/Bearbeiter:

max. Bewertung erfolgte nach Fall : 2a  
mit SO: Innenraumluft (Wohnbebauung)

Bewertung weiterer Medien:

Grundwasser X Boden X Oberflächenwasser -

0. Stoffgefährlichkeit	
$r_0$ (hum)max=4,0	
I. Austrag	
$m_I = 0,9$	$r_I = 0,4-3,6$
II. Transport	
$m_{II} = 1,2$	$r_{II} = 0,5-4,3$
III. Eintrag	
$m_{III} = 0,9$	$r_{III} = 0,4-3,9$
IV. Nutzung/Bedeutung	
$m_{IV} = 1,2$	$r_{IV} = 0,5-4,7$
Maßgebendes Risiko	
$R = 4,7$	
Subjektives Risiko	
$R_{subj.} =$	



Priorisierung	
nach: 4,7	
Handlungsbedarf	
nach: 4,7	
Kommentar	

BN			
1			● $E_{1-2}$
2	A	B	C
			● $E_{2-3}$

## Beispiel 2: Tankstelle B – Orientierende Untersuchung – Fall 1a

Wirkungspfad: Schadherd-Bodenluft-Innenraumluft-Mensch

Bewertungsfall: Wohnbebauung über ehemaliger Tankstelle

### **Situation:**

Die Tankstelle B wurde 1991 geschlossen. Es erfolgte ein teilweiser Austausch des kontaminierten Bodens um am Standort ein Ärzte- und Geschäftshaus mit Tiefgarage zu errichten. Das Fundament war aus wasserundurchlässigem Beton mit eingelegter PE-Folie und Gasdrainage geplant.

Stufe der Altlastenbehandlung: Pfad Luft, Orientierende Untersuchung (Altstandort),  
BN 2 Pfade GW, Boden: BN 3 und BN 4

Aus der Technischen Erkundung (auch der anderen Pfade) wurden folgende Daten ermittelt:

- Der Boden ist auf einer Fläche von ca. 1000 m<sup>2</sup> belastet.
- Der Untergrund besteht aus sandig, kiesigem Boden.
- Der GW-Wechselbereich (7 – 8 m u OKG) sowie das GW sind stark belastet.
- Es wurden hohe Konzentrationen an BTEX, MKW, Methan in der Bodenluft festgestellt.
- Mit einer GW-Sanierung und entsprechender Bodenluftabsaugung wurde begonnen.
- Parallel dazu erfolgten Bodenluftprobennahmen an 5 Bodenluftpegeln.
- Auftretende GW-Schwankungen beeinflussen nachweislich die Bodenluftmessungen: bei hohem GW-Stand wurden geringere Schadstoffbelastungen festgestellt.

Bodenluft-	1994	max. 4630 mg BTEX /m <sup>3</sup> in der Bodenluft am
Messergebnisse:		Schadherd (Schrägpegel unter dem Gebäude)
	2000	max. 70 mg BTEX/m <sup>3</sup> in der Bodenluft am
		Schadherd (Schrägpegel unter dem Gebäude)

Es war eine Gefährdungsabschätzung für den Pfad Luft durchzuführen.

### **Bewertung:**

Es erfolgte eine Bewertung für das hier relevante Schutzobjekt: Keller im über dem Schadherd befindlichen, geplanten Gebäude. Dafür war eine Ausgasung nach oben in den Keller (Tiefgarage und Kellerräume) zu beurteilen. Es konnte bei den Messungen nur von Bodenluftuntersuchungen ausgegangen werden. Die Bewertung ist anhand des Bewertungsformblattes und des KONTA-Blattes nachvollziehbar dargelegt. Das Berechnungsergebnis sieht wie folgt aus: Formal ergibt sich ein Risikowert von  $R = 1,9$ . Aufgrund der fachlichen Einschätzung und dem Ergebnis der formalen Bewertung ist eine Gefährdung des Menschen über den o.g. Wirkungspfad nach dem Bau des geplanten neuen Gebäudes mit Gasdrainage nahezu auszuschließen. Der Fall wird im Altlastenkataster belassen.

# ALTLASTENPROGRAMM DES LANDES SACHSEN – BEWERTUNGSFORMBLATT - Luft

BEWERTUNGSFORMBLATT Pfad Luft				BEWEISNIVEAU: <b>BN 2</b>
Altlastenkennziffer:				Gemeinde.....
Standortbezeichnung: <b>Tankstelle B</b>				Art der Fläche: AA/AS/AA+AS Altstandort AS
Teilflächennummer:			*	Bezeichnung d. Teilfläche* o. d. Schadstoffherdes:
Flurstück: **				Hoch-/Rechtswert ...../..... **
Bewertungsdatum:.....				Firma: .....
Standort der Dokumentation: .....				
* Angabe erfolgt nur, wenn eine Aufteilung der Fläche erfolgt				** Angabe erfolgt für die Teilfläche bzw. die Gesamtfläche

Bewertung bereits erfolgt: Grundwasser  Boden  Oberflächenwasser

Stoffgefährlichkeit $r_o$	Bewertungsrelevante Sachverhalte	$r_o$ (hum)
1. Branche bzw. Abfallarten	Tankstelle	
2. Betriebe aus der Umgebung, die möglicherweise abgelagert haben (nur AA)	-	
3. Konkrete Schadstoffe	Nachweis der Schadstoffe: BTEX, MKW als relevant nachgewiesener Schadstoff mit dem höchsten $r_o$ -Wert: Benzol:	3,5
4. Technologie (nur AS)		
5. Schadstoffherde (nur AS) ...	Umschlagbereich Zapfsäulen, Tanklager, Havariebereich	
6. Produktionsbeginn und-ende	1960 - 1991	
7. Gemeindegroße bzw. Beschäftigtenzahl	-	

Schadstoffaustrag $m_i$	Bewertungsrelevante Sachverhalte	$m_i$ bzw. $\Delta m_i$ -Wert
8. Fallzuordnung (mit Schutzobjekten SO)	Fall 1a (Innenraumluft Tiefgarage)	1,0
9. Volumen bzw. Kontaminationsfläche	ca. 1000 m <sup>2</sup>	± 0
10. Fall 1: Austragsfläche	Austragsfläche ca. 400 m <sup>2</sup> (Grundfläche des Ärzte- und Geschäftshauses)	- 0,1
11. Dampfdruck	den höchsten Dampfdruck von den relevanten Schadstoffen hat	

Benzol mit:  $1,0 \cdot 10^4$  Pa (bei 20 °C),

hoher Dampfdruck

$\pm 0$

12. Konvektion

nein



$$m_I \text{ (Fall 1a) für } SO_1 = 0,9$$

$$r_I \text{ (Fall 1a) für } SO_1 = r_{o(\text{hum})} \cdot m_I \text{ (Fall 1a)} = 3,1$$

Schadstofftransport $m_{II}$	Bewertungsrelevante Sachverhalte	$m_{II}$ bzw. $\Delta m_{II}$ -Wert
------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------

13. Transportweg

ca. 2m zwischen belastetem Boden  
(bis dahin ausgekoffert) und Tiefgarage

1,2

14. Durchlässigkeit

Bodendurchlässigkeit: stark durchlässig,  $> 10^{-4}$  m/s  
+0,2



$$m_{II} \text{ (Fall 1a) für } SO_1 = 1,4$$

$$r_{II} \text{ (Fall 1a) für } SO_1 = r_I \cdot m_{II} \text{ (Fall 1a)} = 4,4$$

Schadstoffeintrag $m_{III}$	Bewertungsrelevante Sachverhalte	$m_{III}$ bzw. $\Delta m_{III}$ -Wert
-----------------------------	----------------------------------	---------------------------------------

15. Hindernisse

Fundamentausbildung mit zus. Sicherung  
(Folie und Gasdrainage)

0,2

16. Verdünnungseffekte

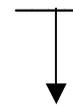
kaum, da abgeschlossener Kellerraum  
neben Tiefgarage

+0,2

17. Abbaueffekte

fotolytische Halbwertszeit Benzol: 16 Tage:

-0,1



$$m_{III} \text{ (Fall 1a) für } SO_1 = 0,3$$

$$r_{III} \text{ (Fall 1a) für } SO_1 = r_{II} \cdot m_{III} \text{ (Fall 1a)} = 1,3$$

Nutzung/ Bedeutung	$m_{IV}$	$m_{IV}$ bzw. $\Delta m_{IV}$ -Wert
--------------------	----------	-------------------------------------

18. Analysenwerte      Bodenluftmessungen im Umkreis von 20 m um geplantes Gebäude  
 BTEX: < 70 mg/m<sup>3</sup>      > D      1,2

19. Nutzungskriterien      Die Kellerräumen sind mit einer seltenen Nutzung konzipiert. Die darüberliegenden Räume weisen aber eine tägliche Nutzung (bis 24 Stunden) auf, so dass die Gefährdungsabschätzung auf die sensiblere Nutzung ausgerichtet werden muss.

20. Geruch      Es ist kein relevanter Geruch vorhanden.      +0,2

$m_{IV}$  (Fall 1a) für SO<sub>1</sub> = 1,4

$$r_{IV} \text{ (Fall 1a) für SO}_1 = r_{III} \cdot m_{IV} \text{ (Fall 1a)} = 1,9$$

**Risiko**      **R aus  $r_{IV}$ :**      **1,9**  
**Handlungsbedarf :**      **Subjektives Risiko  $R_{subj}$ :**      **-**  
**Kommentar:**      **Belassen**



### Beispiel 3: Deponie C – Orientierende Untersuchung – Fall 2a

Wirkungspfad: Schadherd-Bodenluft-Innenraumluft-Mensch

Bewertungsfall: Wohnbebauung neben Hausmülldeponie

Stufe der Altlastenbehandlung: Pfad Luft, Orientierende Untersuchung (Altablagerung), BN 2

#### **Situation:**

Auf der Deponie C, einer ehemaligen Sandgrube, wurde von 1987 bis 2000 vor allem Bauschutt, Gewerbeabfälle und feste Siedlungsabfälle (ehemals Klassifizierung Stoffklassen I–III) kontinuierlich verkippt. Seit 1991 wurden Kompaktoren zur Müllverdichtung eingesetzt. Die Jahresgeruchshäufigkeit im angrenzenden Wohngebiet beträgt > 10 %. Es erfolgten mehrere Deponiegasmessungen an 10 stationären Pegeln und eine Raumluftmessung in Kellern von Gebäuden im nahe der Hausmülldeponie gelegenen Wohngebiet.

Aus der Orientierenden Untersuchung sind folgende Daten bekannt:

- Der Untergrund besteht aus sandig, kiesigem Boden.
- Die Flächengröße beträgt ca. 5 ha.
- Die Sandgrube war etwa 40 m tief . Die Mächtigkeit der Altablagerung beträgt ca. 60 m, (also 20 m Überhöhung).
- Das Volumen wird mit ca. 3.000.000 m<sup>3</sup> angegeben.
- Die Gasproduktion der Deponie beträgt ca. 1.700 m<sup>3</sup>/h, wobei nur ca. 100 m<sup>3</sup>/h durch Gasbrunnen abgeschöpft werden.

Deponiegas-Messung : Methan: 8 Vol%; CO<sub>2</sub>: 16 Vol%; O<sub>2</sub>: 6 Vol%  
BTEX: max. 6 mg/m<sup>3</sup>; LHKW: 8 mg/m<sup>3</sup>

Raumluft-Messungen : max. 60 mg CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup>; 3.560 mg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>; 0,012 mg H<sub>2</sub>S/m<sup>3</sup>;  
0,11 mg Toluol/m<sup>3</sup>; 0,12 mg Benzol/m<sup>3</sup>; 0,48 mg Xylol/m<sup>3</sup>;  
0,33 mg Dichlorethan/m<sup>3</sup>; 0,03 mg Trichlormethan/m<sup>3</sup>; 0,03  
mg Trichlorethen/m<sup>3</sup>

#### **Bewertung:**

Es erfolgte eine Bewertung für das hier relevante Schutzobjekt: Keller in der Nähe der Deponie. Dazu war die seitliche Ausbreitung von flüchtigen Schadstoffen von der Deponie Richtung Keller und die anschließende Ausbreitung nach oben durch das Fundament in den Keller zu bewerten. Neben Deponiegasmessungen wurden Kellerraumluftmessungen durchgeführt. Die Bewertung ist anhand des Bewertungsformblattes und des KONTA-Blattes nachvollziehbar dargelegt. Die Berechnung ergibt einen Risikowert von R = 4,2 . Aufgrund der fachlichen Einschätzung und dem Ergebnis der formalen Bewertung wird eine weitere Untersuchung in den oberen Wohnräumen, vor allem bezüglich Benzol, vorgeschlagen (E<sub>2-3</sub>).

# ALTLASTENPROGRAMM DES LANDES SACHSEN – BEWERTUNGSFORMBLATT - Luft

BEWERTUNGSFORMBLATT Pfad Luft					BEWEISNIVEAU: <b>BN 2</b>
Altlastenkennziffer:					Gemeinde.....
Standortbezeichnung: <b>Deponie C</b>					Art der Fläche: AA/AS/AA+AS Altablagerung (AA)
Teilflächennummer:				*	Bezeichnung d. Teilfläche* o. d. Schadstoffherdes:
Flurstück: **					Hoch-/Rechtswert ...../..... **
Bewertungsdatum:.....					Firma: .....
Standort der Dokumentation: .....					
* Angabe erfolgt nur, wenn eine Aufteilung der Fläche erfolgt					** Angabe erfolgt für die Teilfläche bzw. die Gesamtfläche

Bewertung bereits erfolgt: Grundwasser  Boden  Oberflächenwasser

Stoffgefährlichkeit $r_o$	Bewertungsrelevante Sachverhalte	$r_o$ (hum)
1. Branche bzw. Abfallarten	Hausmüll, Gewerbemüll	
2. Betriebe aus der Umgebung		
3. Konkrete Schadstoffe	LHKW, BTEX Stoffe mit höchster Stoffgefährlichkeit Inhalativer Aufnahme Dichlorethan und Trichlormethan	3,9
4. Technologie (nur AS)		
5. Schadstoffherde (nur AS) ...		
6. Ablagerungs- bzw. Produktionsbeginn/ -ende	1987-2000	
7. Gemeindegröße bzw. Beschäftigtenzahl	-	

Schadstoffaustrag $m_i$	Bewertungsrelevante Sachverhalte	$m_i$ bzw. $\Delta m_i$ -Wert
8. Fallzuordnung (mit Schutzobjekten SO)	Fall 2a	0,8
9. Volumen	3.000.000 m <sup>3</sup>	+0,2
10. Fall 2:		
Tiefe der Kontamination	40 m	+0,2
Oberflächenversiegelung	z.T. vorhanden durch Straßen und befestigte Flächen	+0,1

- |                |  |      |
|----------------|--|------|
| 11. Dampfdruck | 8,7 · 10 <sup>3</sup> Pa (bei 20°C) für Dichlorethan | ±0   |
| 12. Konvektion | z.Zt. im wesentlichen<br>Deponiegasphase IV          | +0,2 |



$m_I$  (Fall 2a) für  $SO_1 = 1,5$

$$r_{I \max} \text{ (Fall 2a) für } SO_1 = 3,9 \cdot 1,5 = 5,8$$

Schadstofftransport $m_{II}$	Bewertungsrelevante Sachverhalte	$m_{II}$ bzw. $\Delta m_{II}$ -Wert
------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------

- |                     |  |     |
|---------------------|--|-----|
| 13. Transportweg    | ca. 120 m  | 0,6 |
| 14. Durchlässigkeit | durchlässig, $k_f$ ca. 10 <sup>-4</sup> bis 10 <sup>-5</sup> m/s | ±0  |



$m_{II}$  (Fall 2a) für  $SO_1 = 0,6$

$$r_{II} \text{ (Fall 2a) für } SO_1 = 5,8 \cdot 0,6 = 3,5$$

Schadstoffeintrag $m_{III}$	Bewertungsrelevante Sachverhalte	$m_{III}$ bzw. $\Delta m_{III}$ -Wert
-----------------------------	----------------------------------	---------------------------------------

- |                        |  |      |
|------------------------|--|------|
| 15. Hindernisse        | Betonfundament mit Rissen, Baujahr der Häuser ca. 1990   | 0,8  |
| 16. Verdünnungseffekte | kaum, da Kellerraumlufte                                 | +0,2 |
| 17. Abbaueffekte       | fotolytische Halbwertszeit: 246 Tage<br>Für Dichlorethan | ±0   |



$m_{III}$  (Fall 2a) für  $SO_1 = 1,0$

$$r_{III \max} \text{ (Fall 2a) für } SO_1 = 3,5 \cdot 1,0 = 3,5$$

Nutzung/ Bedeutung	$m_{IV}$	$m_{IV}$ bzw. $\Delta m_{IV}$ -Wert
--------------------	----------	-------------------------------------

18. Analysenwerte	Dichlorethan: 0,33mg/m <sup>3</sup>	>D-Wert, (<MAK-Wert)	
	Trichlormethan: 0,03 mg/m <sup>3</sup>	>D-Wert, (<MAK-Wert)	
	Trichlorethen: 0,03 mg/m <sup>3</sup>	>D-Wert, (<MAK-Wert)	1,4
	Benzol: 0,12 mg/m <sup>3</sup>	>>D-Wert, (<MAK-Wert)	
	Toluol: 0,11 mg/m <sup>3</sup>	<B-Wert, (<MAK-Wert)	
	Xylol: 0,48 mg/m <sup>3</sup>	>B-Wert, (<MAK-Wert)	
	keine Raumlufmessungen		

19. Nutzungskriterien	Kellerräume werden nicht täglich genutzt	-0,2
-----------------------	--	------

21. Geruch	belästigende Wirkung vorhanden mit <10% Jahreshäufigkeit (ca. 22%)	keine Erhöhung des $m_{IV}$ notwendig
------------	---	---------------------------------------



$$m_{IV} \text{ (Fall 2a) für } SO_1 = 1,2$$

$$r_{IV} \text{ (Fall 2a) für } SO_1 = 3,5 \cdot 1,2 = 4,2$$

Risiko	R aus $r_{IV}$ : 4,2
--------	----------------------

Subjektives Risiko  $R_{subj}$  -

Handlungsbedarf	Detailuntersuchung
-----------------	--------------------

Priorisierung nach:	4,2
---------------------	-----

Kommentar: Die Höhe der Überschreitung besonders von Benzol, aber auch von Dichlorethan und Trichlormethan führen zu der Einschätzung, dass eine Ausbreitung bis in kritische Konzentrationsbereiche in die höheren Wohnräume nicht ausgeschlossen werden kann. Es ist in einer weiteren Erkundung zu prüfen, ob Konzentrationswerte in den darüberliegenden Wohnungen (24-h-Nutzung möglich) die Besorgniswerte überschreiten (besonders bei Benzol). Ansonsten ist die Anwendung der MAK-Werte in den Kellerbereichen im vorliegenden Einzelfall nach Aussage des Gutachters ausreichend.



## **Anlagen 5 – 11**

Anlagen 1 – 4 siehe "Formulare"  
unter „Neu im SalfaWeb“

# Anlage 1

## Schadstoffaustrag aus Schadherd - $m_i$

### Vergleichslage:

Altablagerung mit gasförmigem Austrag bei einem Volumen von  $>10\ 000\ m^3$  und einer Tiefe von 6 m.

Altstandort mit gasförmigen Austrag aus Boden bei einer Kontaminationsfläche von  $1000\ m^2$  und einer geschätzten Kontaminationstiefe bis zum Grundwasserspiegel von 5 m

			Bewertung
Fallzuordnung	<b>Fall 1</b>	gasförmiger Austrag nach oben	$m_i = 1,0$
	<b>a</b>	in Innenraumluft	
	<b>b</b>	in Außenluft (Grube, Geruch)	
	<b>Fall 2</b>	seitlicher gasförmiger Austrag	$m_i = 0,8$
	<b>a</b>	in Innenraumluft	
	<b>b</b>	in Außenluft (Grube, Geruch)	

Einflußfaktoren	mögliche Werte	Bewertung
Volumen (bei Altablagerung)	$> 500\ 000\ m^3$	$\Delta m_i = +0,2$
	$> 150\ 000\ m^3 \dots 500\ 000\ m^3$	$\Delta m_i = +0,1$
	$> 50\ 000\ m^3 \dots 150\ 000\ m^3$	$\Delta m_i = \pm 0$
	$> 10\ 000\ m^3 \dots 50\ 000\ m^3$	$\Delta m_i = -0,1$
	$\leq 10\ 000\ m^3$	$\Delta m_i = -0,2$
Kontaminationsfläche (bei Altstandort)	$> 2000\ m^2$	$\Delta m_i = +0,2$
	$> 1000\ m^2 \dots 2000\ m^2$	$\Delta m_i = +0,1$
	$> 500\ m^2 \dots 1000\ m^2$	$\Delta m_i = \pm 0$
	$> 100\ m^2 \dots 500\ m^2$	$\Delta m_i = -0,1$
	$\leq 100\ m^2$	$\Delta m_i = -0,2$
Austragsfläche (Fall 1)	$> 2000\ m^2$	$\Delta m_i = +0,2$
	$> 1000\ m^2 \dots 2000\ m^2$	$\Delta m_i = +0,1$
	$> 500\ m^2 \dots 1000\ m^2$	$\Delta m_i = \pm 0$
	$> 100\ m^2 \dots 500\ m^2$	$\Delta m_i = -0,1$
	$\leq 100\ m^2$	$\Delta m_i = -0,2$

Einflußfaktoren	mögliche Werte	Bewertung
Tiefe (Fall 2)	> 20 m	$\Delta m_1 = +0,2$
	> 10 m...20 m	$\Delta m_1 = +0,1$
	> 5 m...10 m	$\Delta m_1 = \pm 0$
	> 2 m...5 m	$\Delta m_1 = -0,1$
	$\leq 2$ m	$\Delta m_1 = -0,2$
Oberflächenversiegelung (Fall 2)	vorhanden	$\Delta m_1 = +0,2$
	zum Teil vorhanden	$\Delta m_1 = +0,1$
	nicht vorhanden	$\Delta m_1 = \pm 0$
Dampfdruck (Fall 1,2)	hoher Dampfdruck ( $> 1 \cdot 10^3$ Pa) <sup>1</sup>	$\Delta m_1 = \pm 0$
	mittlerer Dampfdruck ( $10 \dots 1 \cdot 10^3$ Pa)	$\Delta m_1 = -0,3$
	niedriger Dampfdruck ( $< 10$ Pa) <sup>2</sup>	$\Delta m_1 = -0,7$
Konvektion	wesentliche Konvektion vorhanden (Deponiephasen IV, V) <sup>3</sup>	$\Delta m_1 = +0,2$
	Konvektion vorhanden (Deponiephase VI) <sup>3</sup>	$\Delta m_1 = +0,1$
	sonst	$\Delta m_1 = \pm 0$

<sup>1</sup>) Ablagerungen mit Stoffgemischen werden i.a. hier eingeordnet (Ausnahme: Stoffgemische sind bekannt und der Dampfdruck der Einzelkomponenten ist  $\leq 1 \cdot 10^3$  Pa)

<sup>2</sup>) Ein Dampfdruck von weniger als 1 Pa ist für den Luftpad nicht relevant

<sup>3</sup>) Im allgemeinen wird nur der Schadstoffaustrag durch Diffusion betrachtet. Ein Austrag durch Konvektion ist dann anzunehmen, wenn ein Trägergas wie Methan den Schadstoffaustrag der Spurenstoffe fördert oder andere wesentliche Triebkräfte eine Rolle spielen. Mit Hilfe der Typisierung (Anlage 9) läßt sich zur aktiven Gasbildung von Ablagerungen eine Aussage machen.

## Anlage 2

### Schadstofftransport im Boden(material) - $m_{II}$

#### Vergleichslage:

Die flüchtigen Schadstoffe müssen durch ca. 2m natürlichen Boden (seitwärts) bzw. Bodenabdeckung (nach oben) mit einem  $k_F$  ca.  $10^{-5}$  m/s (wasserungesättigt) zum Schutzobjekt transportiert werden.

Das Risiko steigt:

- je kürzer der Transportweg zum Schutzobjekt und
- je größer die Durchlässigkeit des Bodens bzw. der Abdeckung/Abdichtung sind.

Einflußfaktoren	mögliche Werte	Bewertung	
Transportweg	Entfernung Altlast -Schutzobjekt Luft über:		
	Boden <sup>1</sup> bzw. Abdeckschichten	Rohrleitungssystem o.ä. <sup>2</sup>	
	> 200 m	> 400 m	$m_{II} = 0,2$
	≤ 200 m	≤ 400 m	$m_{II} = 0,4$
	≤ 150 m	≤ 300 m	$m_{II} = 0,6$
	≤ 100 m	≤ 200 m	$m_{II} = 0,8$
	≤ 50 m	≤ 100 m	$m_{II} = 0,9$
	≤ 20 m	≤ 40 m	$m_{II} = 1,0$
	≤ 10 m	≤ 20 m	$m_{II} = 1,1$
≤ 5 m	≤ 10 m	$m_{II} = 1,2$	
Durchlässigkeit ( $k_F$ -Wert) <sup>3</sup>	> $10^{-4}$ m/s (stark durchlässig)	$\Delta m_{II} = +0,2$	
	$10^{-4} \dots 10^{-6}$ m/s (durchlässig)	$\Delta m_{II} = \pm 0$	
	$10^{-6} \dots 10^{-8}$ m/s (gering durchlässig)	$\Delta m_{II} = -0,2$	
	< $10^{-8}$ m/s (sehr gering durchlässig)	$\Delta m_{II} = -0,4$	

<sup>1)</sup> Es wird der Transportweg durch den natürlichen Boden (bei seitlichem Austrag) bzw. durch eine Abdeckung/Abdichtung (bei vertikalem Austrag) bewertet.

<sup>2)</sup> oder andere bevorzugte Ausbreitungswege (wie z.B. in Phase über Grundwasser)

<sup>3)</sup> Die Gaswegsamkeit des Bodens wird über den Durchlässigkeitsbeiwert  $k_F$  des Bodens (oder Bodenmaterials) bewertet (Einteilung nach DIN 18130). Bei der Ausbreitung der flüchtigen Schadstoffe zur Seite und nach oben kann die Anisotropie eine Rolle spielen. Die Durchlässigkeit in horizontaler Richtung ist ca. 2 bis 10 mal größer als in vertikaler Richtung. Da beide Richtungen im Fall 2 aber relevant sind und die horizontale Richtung eine faktorielle Abschätzung zur vertikalen Richtung darstellt, ist der  $k_F$ -Wert ein ausreichendes Kriterium in der Orientierenden Untersuchung.

## Anlage 3

### Schadstoffeintrag in die Luft - $m_{III}$

#### Vergleichslage:

Der Schadstoffeintrag in die Luft erfolgt über einen volldurchlässigen Kellerboden in Raumlufte.

Das Risiko sinkt:

- je größer die Hindernisse beim Eintrag ins Schutzobjekt
- je größer die Verdünnung,
- je geringer die photolytische Halbwertszeit des Schadstoffes ist.

Einflußfaktoren	mögliche Werte	Bewertung
Hindernisse beim Eintrag in die Luft (künstlich)	keine Hindernisse (volldurchlässig)	$m_{III} = 1,2$
	Eintrag über Rohrleitungssystem	$m_{III} = 1,1$
	über teilweise durchlässigen Kellerboden	$m_{III} = 1,0$
	über Betonfundament mit Rissen	$m_{III} = 0,8$
	über dichte Betonplatte	$m_{III} = 0,6$
	über Fundamentausbildung mit zusätzlicher Sicherung (Folie oder Gasdrainage o.ä.)	$m_{III} = 0,2$
Verdünnungseffekte	Innenraumlufte	$\Delta m_{III} = +0,2$
	Mulde/Grube	$\Delta m_{III} = 0 \text{ bis } -0,2$
	Ebene	$\Delta m_{III} = -0,2 \text{ bis } -0,6$
	Erhebung	$\Delta m_{III} = -0,4 \text{ bis } -0,8$
Abbaueffekte	Fotolytische Halbwertszeit $t_{1/2}$ :	
	$t_{1/2} > 100 \text{ Tage}$	$\Delta m_{III} = \pm 0$
	$10 \text{ Tage} < t_{1/2} \leq 100$	$\Delta m_{III} = -0,1$
	$t_{1/2} \leq 10 \text{ Tage}$	$\Delta m_{III} = -0,2$

# Anlage 4

## Nutzung- $m_{IV}$

### Vergleichslage:

In Innenräume, die als Keller genutzt werden, liegen die Analysenwerte der Kellerraumlufth über den Besorgniswerten.

Das Risiko steigt:

- je intensiver die Nutzung der Luft durch den Menschen ist und
- je höher die Schadstoffkonzentrationswerte in der Bodenluft bzw. Luft sind.

Einflussfaktoren	mögliche Werte		Bewertung		
Analysenwerte vorhanden?	ja	Werte für Bodenluft <sup>1</sup>	< B-Wert*		$m_{IV}=0,3^{***}$
			$\geq$ B-Wert*		$m_{IV}=1,0$
			$\geq$ D-Wert**		$m_{IV}=1,2$
		Werte für Kontaktluft <sup>2</sup>	< B-Wert*	$m_{IV}=0,3^{***}$	
		$\geq$ B-Wert*	$m_{IV}=1,2$		
		$\geq$ D-Wert**	$m_{IV}=1,4$		
Nutzung	Innenraumlufth	tägliche Nutzung	$m_{IV}=1,4$		$\Delta m_{IV}=+0,2$
		Seltene Nutzung	$m_{IV}=1,2$	$\Delta m_{IV}=-0,2$	$\Delta m_{IV}=\pm 0$
	Außenluft	Wohngebiet	$m_{IV}=1,0$		$\Delta m_{IV}=-0,2$
		Kinderspielplatz	$m_{IV}=1,0$		$\Delta m_{IV}=-0,2$
		Sport- und Freizeitfläche	$m_{IV}=1,0$		$\Delta m_{IV}=-0,2$
		Gewerbe-/Industriefläche	$m_{IV}=0,6$		$\Delta m_{IV}=-0,2$
Geruch	erhebliche Belästigung <sup>3</sup> vorhanden und $m_{IV}$ aus Analysenwert und Nutzung < 1,2		Erhöhung des $m_{IV}$ auf 1,2		
	sonst		keine Änderung des $m_{IV}$		

- \* - B-Besorgniswert: Wert, unterhalb dessen der Verdacht einer Altlast bzgl. schädlicher Bodenluft/Luftveränderung ausgeschlossen ist, siehe auch [7].
- \*\* - D-Dringlichkeitswert: Wert, der für eine Priorisierung festgelegt wird, siehe auch [7].
- \*\*\*- Sind die Analysenwerte repräsentativ und liegen unter den Besorgniswerten, kann der Verdachtsfall dann ausgeschieden werden (A), wenn die Konzentrationswerte auch bei einer täglichen Nutzung durch Kleinkinder unkritisch sind, ansonsten ist der Fall im Altlastenkataster zu belassen (B).
- <sup>1</sup> - Bodenluftwerte sind nutzungsunabhängig, deshalb wird danach noch eine Nutzungsdifferenzierung durchgeführt
- <sup>2</sup> - Kontaktluft zum Mensch kann einmal die Innenraumlufte und zum anderen die Außenluft sein.  
Bei der Nutzungsart: "seltene Nutzung der Innenraumlufte" erfolgt zusätzlich ein Abschlag, wenn die herangezogenen Besorgnis- und Dringlichkeitswerte auf eine tgl. Nutzung der Innenraumlufte (24 Stunden) ausgerichtet sind, also nicht bei Anwendung von MAK-Werten.
- <sup>3</sup> - Bei erheblichen Belästigungen sind Geruchsschwellenwerte überschritten und der Geruch stellt ein Problem oder ein zu erwartendes Problem (Wohnbebauung entsteht) dar. Geruchsprobleme können auch vorhanden sein, ohne daß die Überschreitung eines Geruchsschwellenwertes nachweisbar ist (Wirkung von Schadstoffgemischen).

## Anlage 5

### Deponiephasen

Für die Abschätzung des Gashaushaltes einer Altablagerung eignet sich die Typisierung, also die Zuordnung zu einer Deponiephase. Diese Einteilung in Deponiephasen ist in der Literatur unterschiedlich vorgenommen worden .

- Deponiephasen nach Farquhar – 4 Phasen, klassische Abbaustufen (I bis IV), siehe [10]
- Deponiephasen nach Rettenberger – 6 Phasen für das Langzeitverhalten einer Deponie (I bis VI), diese Phasen schließen sich an die Phasen nach Farquhar an, siehe [10]
- Deponiephasen nach VDI 3790 Blatt 2- 9 Phasen der Deponieentwicklung. Diese neun Phasen ergeben sich aus den 4 Anfangsphasen nach Farquhar und den 5 Phasen nach Rettenberger (dabei entspricht die Phase I nach Rettenberger der Phase IV nach Farquhar) siehe [9] und [15].

Für BN 1, Historische Erkundung, erfolgt eine Typisierung anhand der folgenden Tabellen nach [10]. Im BN 2, Orientierende Untersuchung, ist die Deponiephase durch Messungen nachzuweisen. Die folgenden 2 Tabellen enthalten das Vorgehen bei einer Typisierung BN 1.

**Tabelle 1: Einflussfaktoren bei der Festlegung von Deponiephasen**

Einflussfaktoren	mögliche Werte	Bewertung
Alter	0-5 Jahre	1
	6-10 Jahre	2
	11-15 Jahre	3
	16-20 Jahre	4
	21-25 Jahre	5
	26-30 Jahre	6
	über 30 Jahre	7
Größenklasse	bis 10.000 m <sup>3</sup>	1
	10.000 bis 50.000 m <sup>3</sup>	2
	50.000 bis 150.000 m <sup>3</sup>	3
	150.000 bis 500.000 m <sup>3</sup>	4
	Über 500.000 m <sup>3</sup>	5
Zusammen- setzung <sup>4</sup>	Anteil ca. 30 % Hausmüll + Klärschlamm	1
	Anteil ca. 50 % Hausmüll + Klärschlamm	2
	Anteil ca. 100% Hausmüll + Klärschlamm	3
Höhenklasse	bis 1m	1
	1 bis 2m	2
	2 bis 5m	3
	5 bis 10m	4
	Über 10m	5
Einbau	Brände, Vorrotte	1
	Kippkante	2
	Lagenweise	3

**Tabelle 2: Zuordnung der Einflussfaktoren G, H, Z, E zu A**

		Alter (A)						
		1	2	3	4	5	6	7
Größe (G)	5	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5
	4	2	2,5	2,7	2,9	3,4	3,7	4
	3	3	3,75	3,9	3,9	4	4,2	4,5
	2	3,5	4	4,5	4,7	4,9	5	5,5
	1	4	4,5	4,7	5	5,3	5,6	6
Höhe (H)	5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
	4	1,5	2	3	3,5	3,7	4	5
	3	3	3	4,25	4,4	4,5	4,5	5
	2	4,5	4,5	5	5	6	6	6
	1	5	5	5	6	6	6	6
Zusammen- setzung (Z)	3	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
	2	2	2,2	2,8	3,6	4	4,6	5
	1	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
Einbau (E)	3	1	1,33	2	2,5	2,7	3	3,3
	2	2	2,25	3	3,6	3,8	4	4,6
	1	3	3,5	4	4,5	5	5,5	5,5

Aus der Tabelle 2 ergeben sich 4 Werte bei der Einschätzung einer Altablagerung anhand der 5 Einflussfaktoren G, H, Z, E, A. Aus diesen 4 Werten ist der Mittelwert zu bilden und zu runden.

Im vorliegenden Handbuch wird bei der Einschätzung der Konvektion auf die Deponiephaseneinteilung von I bis IX abgestellt. Deshalb ist eine Umrechnung erforderlich, wenn eine andere Einteilung zugrundeliegt. Nach Tabelle 1 und 2 erfolgt eine Einteilung nach I bis VI nach Rettenberger. Deshalb wird eine Umrechnung notwendig, eine Addition von drei.

Beispiel nach [10]:

Bewertung einer Altablagerung bezogen auf das Jahr 1991:

Jahr des Deponieabschlusses: 1976,

Größe: 300.000 m<sup>3</sup>,

Höhe: bis 9 m,

Zusammensetzung: 70% Hausmüll, 20% Bauschutt, 10% Sperrmüll, Einbau: ungeordnet

Aus den Tabellen 1 und 2 ergeben sich folgende Werte:

(G):	2,7
(H):	3
(Z):	2
(E):	3
<hr/>	
	10,7

Dieser Wert ist durch die Anzahl der eingesetzten Merkmale zu teilen:  $10,7 / 4 = 2,6$

Durch Rundung ergibt sich die Deponiephase III nach Rettenberger und die Deponiephase VI nach VDI 3790.

Die Konvektion wird also nach Deponiephase VI bewertet.

## Anlage 6

### Fotolytische Halbwertszeit

Stoff	Fotolytische Halbwertszeit $t_{1/2}$
	(Tage)
Acenaphthen	0,3
Anilin	0,13
Benzol	16
Monochlorethen	2,3
Chlorbenzol	20
Trichlormethan	80
Dichlordifluormethan	$2,5 \cdot 10^6$
Dichlormethan	115
1,2-Dichlorethan	246
1,2-Dichlorbenzol	40
1,2-Dibromethan	60
Ethylbenzol	2
Epychlorhydrin	8
Nitrobenzol	107
Phenol	0,6
Tetrachlorethen	94
Tetrachlormethan	160400
1,1,1-Trichlorethan	1337
Trichlorethen	7,3
Toluol	2,67
1,2,4-Trichlorbenzol	32
Xylol	1,2

## **Anlage 7**

### **Weitergehende Datendokumentation**

Im Rahmen der Altlastenerkundung, -untersuchung und -behandlung sind Daten zur Umwelt zu erheben, die nach sächsischer Rechtslage z.T. meldepflichtig sind und in das Umweltinformationssystem (UIS) eingespeist werden.

Dazu gehören vorallem geologische sowie bodenkundliche, bodenphysikalische und bodenchemische Daten, die mit dem Altlastengutachten an die Umweltbehörde zu übergeben sind. Im einzelnen betrifft das folgende Inhalte:

Für jeden Aufschluss (Brunnen, Schurf, Sondierung, Probennahmepunkt u.s.w.) sind zu erfassen:

- Grunddaten geologischer Aufschlüsse
- bodenkundliche Stammdaten
- Horizont- und Schichtdaten
- Probandaten
- bodenphysikalische und bodenchemische Analysendaten

Die gültigen Erfassungsvorschriften sowie geeignete PC-Datenerfassungsprogramme werden vom LfUG, Referat Bodenschutz bei Bedarf zur Verfügung gestellt.

Bei Daten aus Luftmessungen ist in Abstimmung mit dem Referat Gebietsbezogener Immissionsschutz, Dr. Jacob, zu prüfen, ob eine Übernahme in die Luftdatenbank Sachsens sinnvoll ist.