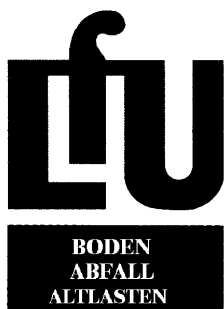
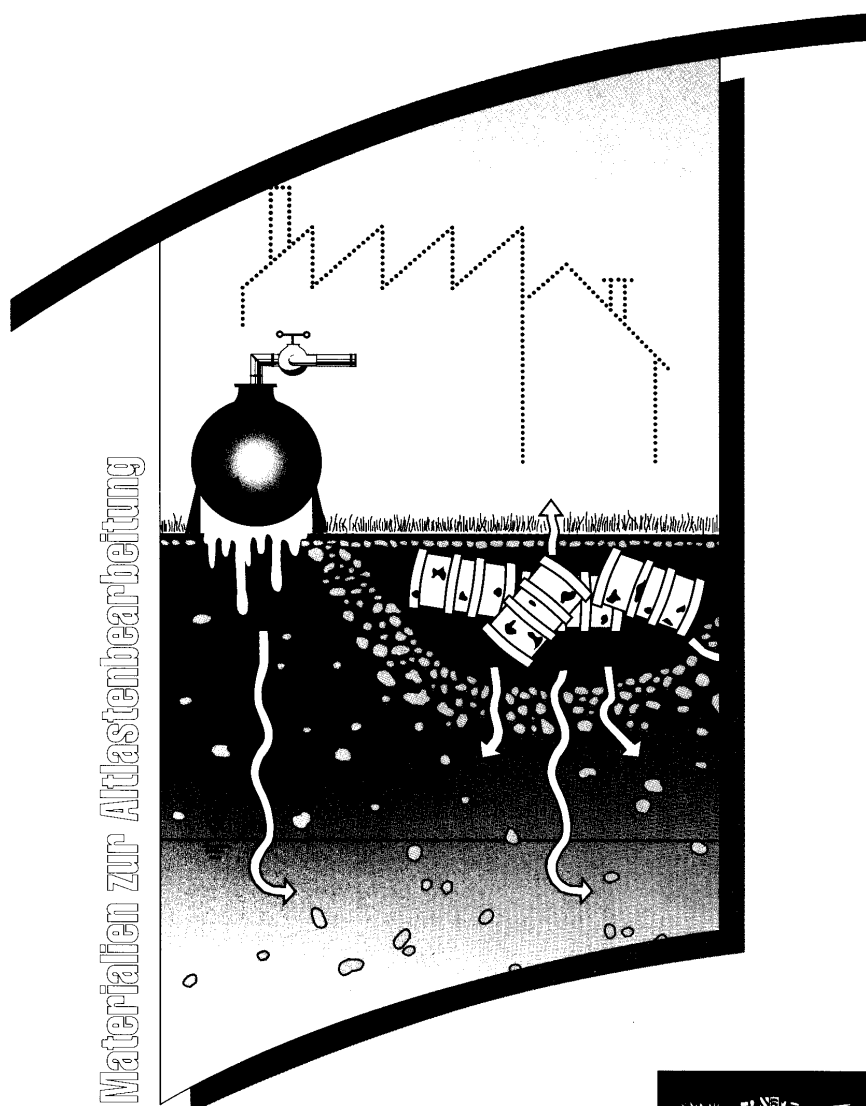


Handbuch Altlasten  
und Grundwasserschadensfälle

# Arbeitsschutz bei der technischen Erkundung von Altablagerungen unter besonderer Berücksichtigung der Gefahren durch Deponiegas



**Handbuch Altlasten  
und Grundwasserschadensfälle**

**Arbeitsschutz bei der technischen  
Erkundung von Altablagerungen  
unter besonderer Berücksichtigung  
der Gefahren durch Deponiegas**



Herausgegeben von der  
Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg  
2. Auflage

Karlsruhe 1997



Altlastenfachinformation im WWW

## **Impressum**

**Herausgeber:** Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg  
Griesbachstraße 1  
76185 Karlsruhe

**Projektbearbeitung:** Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg  
Abteilung Boden, Abfall, Altlasten  
Referat 54 Altlastensanierung  
F.Kern

**Verfasser:** Ingenieurgruppe RUK Prof. Rettenberger, Urban-Kiss u. P.  
Hoffeldstraße 15  
70597 Stuttgart

Karlsruhe, Juni 1997

**Bei diesem Ausdruck handelt es sich um eine Adobe Acrobat Druckvorlage. Abweichungen im Layout vom Original sind rein technisch bedingt. Der Ausdruck sowie Veröffentlichungen sind -auch auszugsweise- nur für eigene Zwecke und unter Quellenangabe des Herausgebers gestattet.**

# Inhaltsverzeichnis

<b>VORWORT DES HERAUSGEBERS .....</b>	<b>1</b>
<b>VORWORT.....</b>	<b>2</b>
<b>TEIL A: HANDLUNGSANWEISUNGEN FÜR DEN ARBEITSSCHUTZ BEI DER ERKUNDUNG VON ALTABLAGERUNGEN.....</b>	<b>4</b>
1       VORBEMERKUNGEN.....	4
2       EINTEILUNGSKRITERIEN FÜR ERKUNDUNGSMAßNAHMEN .....	5
3       ÜBERSICHT ÜBER DIE HANDLUNGSANWEISUNGEN.....	7
4       ALLGEMEINE HANDLUNGSANWEISUNGEN FÜR ERKUNDUNGSMETHODEN AUF ALTABLAGERUNGEN .....	8
5       ZUSAMMENSTELLUNG DER HANDLUNGSANWEISUNGEN FÜR DEN ARBEITSSCHUTZ BEI DER ERKUNDUNG VON ALTABLAGERUNGEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER STANDORTSPEZIFISCHEN SITUATION .....	9
<b>TEIL B: ARBEITSSCHUTZ BEI DER ERKUNDUNG VON ALTABLAGERUNGEN .....</b>	<b>27</b>
1       ARBEITSSCHUTZ UND ALTLASTENSANIERUNG .....	27
2       ARBEITSSCHUTZRELEVANTE MERKMALE VON ERKUNDUNGSMAßNAHMEN AUF ALTABLAGERUNGEN.....	30
3       GEFAHREN BEI DER ERKUNDUNG VON ALTABLAGERUNGEN.....	37
4       ARBEITSSCHUTZMAßNAHMEN.....	49
5       AUSSCHREIBUNG UND VERTRAGSGESTALTUNG.....	74
ANHANG 1: VORSCHRIFTEN UND REGELWERKE .....	78
ANHANG 2: KONZENTRATIONSANGABEN .....	82
ANHANG 3: STOFFDATEN FÜR DIE WICHTIGEN BESTANDTEILE VON DEPONIEGAS.....	84
ANHANG 4: ADRESSENVERZEICHNIS .....	88
ANHANG 5: OFFIZIELLE INFORMATIONSZENTREN FÜR VERGIFTUNGSUNFÄLLE.....	92
ANHANG 6: HERSTELLERVERZEICHNISSE FÜR ARBEITSMITTEL UND SCHUTZAUSRÜSTUNGEN.....	94
ANHANG 7: TABELLEN ZUM ATEMSCHUTZ.....	98
ANHANG 8: TEIL C "ZUSÄTZLICHE BESTIMMUNGEN FÜR DAS ARBEITEN IN SCHÄCHTEN UND UNTERIRDISCHEN BAUWERKEN" (AUSZUG) DER SICHERHEITSREGELN FÜR DEPONIE (ZH 1/178).....	101
ANHANG 9: MUSTER EINES ERLAUBNISSCHEINES FÜR ARBEITEN IN BEHÄLTERN UND ENGEN RÄUMEN .....	105
ANHANG 10: WEITERFÜHRENDE LITERATUR.....	106
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>108</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>108</b>
<b>INDEXVERZEICHNIS.....</b>	<b>109</b>

## Vorwort des Herausgebers

Altablagerungen können unterschiedlichste Gefahrstoffe enthalten. Diese können bei Sondierungen, Bohrungen, Schürfungen und ähnlichen Maßnahmen, wie sie bei der Erkundung von Altablagerungen angewandt werden, freigesetzt und zu einer Gefährdung der Beschäftigten führen. U.U. muß mit dem Austreten komplexer Stoffgemische wechselnder Zusammensetzung und Konzentration gerechnet werden. Art und Menge sowie ihre Wirkung auf die Umwelt und den Menschen sind meist kaum zuverlässig vorhersehbar. Zu unterschiedlich sind Art und Lage der eingebrachten Stoffe, die Milieubedingungen wie Feuchtigkeit, Temperatur usw. und ihre Veränderungen mit der Zeit.

Bei der Erkundung von Altablagerungen sind somit auch nie konstante Arbeitsplatzverhältnisse zu erwarten.

Das Risiko für die Arbeitnehmer zu minimieren ist mit Aufgabe des planenden Ingenieurs. Schutzmaßnahmen haben sich am „worst case“ zu orientieren. Bei der Auswahl der Erkundungsmethoden muß bereits geprüft werden, wie das Erkundungsziel mit möglichst geringen Gefahren für die Beschäftigten erreicht werden kann. Dem dennoch verbleibenden Restrisiko muß durch aktive Schutzmaßnahmen begegnet werden.

Arbeitsschutz ist als integraler Bestandteil des Erkundungsprogramms anzusehen. Arbeitsschutzmaßnahmen sind zusammen mit dem Erkundungsprogramm zu planen.

Die Ingenieurgruppe RUK hat aus den Erfahrungen mit Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Erkundung der Modellstandorte Mannheim, Osterhofen und Herten insgesamt 28 Handlungsanweisungen für unterschiedliche Ablagerungstypen und Erkundungstechniken erarbeitet. Aus diesen können die im Einzelfall nötigen Arbeitsschutzmaßnahmen abgeleitet werden.

Die Empfehlungen sind mit dem Sozialministerium Baden-Württemberg und der Tiefbau-Berufsgenossenschaft abgestimmt.

Die Vielzahl der bestehenden Vorschriften und Sicherheitsregelungen, die je nach der Art der Standortverhältnisse und der beabsichtigten Erkundungstechniken anzuwenden sind, können und sollen durch dieses Handbuch nicht ersetzt werden. Das Handbuch verweist jeweils fallspezifisch auf die entsprechenden Vorschriften und erleichtert dadurch die Einarbeitung in das bestehende umfangreiche Regelwerk des Arbeitsschutzes.

Die vorliegende Ausarbeitung ist nicht nur für die Stellen gedacht, welche die Erkundung von Altablagerungen durchführen, sondern sie soll darüber hinaus auch den verschiedenen in die Planung und Ausführung beratend eingeschalteten Stellen das notwendige Problembewußtsein vermitteln.

Der Herausgeber nimmt Rückmeldungen aus der Praxis gerne auf, um sie bei einer eventuellen Fortschreibung dieses Leitfadens berücksichtigen zu können.

Karlsruhe, im Juni 1994  
Dr.-Ing. Seng  
Abteilungsleiter

## Vorwort

Bereits bei der technischen Erkundung von Altablagerungen sind Maßnahmen zum Arbeitsschutz erforderlich. Die Art der erforderlichen Maßnahmen hängt dabei von

- der Art des Deponiegutes und der Sicherheit der Kenntnisse darüber,
- dem vorhandenen Zustand der Altablagerung, wie z.B. einer unvollständig vorhandenen Abdeckung und
- der Art der Erkundungsmethode

ab. Bei einer Vorgehensweise nach dem meist praktizierten Ablaufschema zur Erkundung einer Altablagerung<sup>1</sup> liegen zwar bereits vor Beginn der technischen Erkundung Informationen zur Altablagerung und zum Standort aus der Historischen Erkundung vor, jedoch zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten meist keine oder nur wenige Informationen über mögliche Gefahrstoffe. Dies macht eine angepaßte Vorgehensweise notwendig. Arbeitsschutzmaßnahmen wirken hier daher oft überzogen, sind aber aus Vorsorgegründen dringend geboten.

Die Arbeitsschutzmaßnahmen sollen die Beschäftigten und Beteiligten jederzeit ausreichend schützen. Sie sollen angemessen sein, d. h. sie sollen für Situationen konzipiert sein, mit deren Auftreten zu rechnen ist, da Arbeitsschutzmaßnahmen und eventuell damit verbundene Arbeitszeitbeschränkungen nicht nur erhebliche finanzielle Aufwendungen verursachen können, sondern auch von den Beschäftigten teilweise erhöhten körperlichen Einsatz erfordern. Damit wird letztendlich auch dazu beigetragen, daß die Schutzmaßnahmen von den Beschäftigten und Betroffenen akzeptiert werden.

Der vorliegende Leitfaden beschreibt in Form eines allgemeinen, erläuternden Textteiles sowie eines spezifischen Teiles mit Handlungsanweisungen (in Form einer Beispielsammlung) die für die unterschiedlichen Situationen der Erkundungen an Altablagerungen erforderlichen und angemessenen Arbeitsschutzmaßnahmen. Die Grundlagen hierzu sind die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) und die Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen (ZH 1/183). Die in diesen Regelwerken aufgestellten Forderungen werden in diesem Leitfaden für die speziellen Belange der technischen Erkundung auf Altablagerungen (Deponien) modifiziert.

Der Leitfaden richtet sich an die für die Altlastensanierung zuständigen Behörden, wie Ämter für Wasserwirtschaft- und Bodenschutz, die für die Überwachung der Arbeitsschutzbelange zuständigen Staatlichen Ämter für Arbeitsschutz und Berufsgenossenschaften und an die zur Überwachung verpflichteten Bauherren wie Gemeinden, Firmen oder auch Einzelpersonen. Da die technische Erkundung meist an ein Planungs- bzw. Ingenieurbüro übergeben wird, sind auch diese Zielgruppe dieses Leitfadens. Somit soll eine Verbindung zwischen Stellen geschaffen werden, denen die möglichen Gefahren bekannt, die Schutzmaßnahmen aber unbekannt sind und umgekehrt.

In Teil A sind für die einzelnen Deponietypen und (einzelnen) Erkundungsmethoden die erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen tabellarisch zusammengestellt. Detaillierte Angaben

---

<sup>1</sup>z.B. Handbuch Altlasten, "Der Deponiegashaushalt in Altablagerungen - Leitfaden Deponiegas" (siehe weiterführende Literatur).

sind in Teil B enthalten, wobei in Teil A durch Querverweise auf die entsprechenden Erläuterungen des Teiles B verwiesen wird.

Bei der Entwicklung der Handlungsanweisungen zum Arbeitsschutz wurden die beim Modellstandortprogramm des Landes Baden-Württemberg (siehe Literaturverzeichnis) gemachten Erfahrungen berücksichtigt. Beteiligte Stellen bei der Ausarbeitung des Leitfadens waren die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, das Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, die Technologieberatung Grundwasser und Umwelt GmbH, Koblenz, die Tiefbau-Berufsgenossenschaft, WCI Umwelttechnik GmbH, Wennigsen, und die Ingenieurgruppe RUK, Stuttgart.

# **Teil A: Handlungsanweisungen für den Arbeitsschutz bei der Erkundung von Altablagerungen**

## **1 Vorbemerkungen**

Nachfolgende Handlungsanweisungen enthalten die für die Erkundungsmethoden erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen. Sie haben sich aufgrund von Erfahrungen bei durchgeführten Projekten als erforderlich und zweckmäßig erwiesen und stützen sich auf bestehende Vorschriften des Arbeitsschutzes.

Die Zusammenstellung hat beispielhaften Charakter. In diesem Teil A werden Arbeitsschutzmaßnahmen als Beispielsammlung aufgezeigt, die jedoch nur eine Regelempfehlung darstellen können. Dazu wurde eine Standardisierung der Fälle vorgenommen. Im Einzelfall kann eine Abgleichung der Maßnahmen auf die spezifische Situation erforderlich sein; bei unklaren oder undefinierten Bedingungen sind weitergehende Arbeitsschutzmaßnahmen erforderlich. Da immer mit unerwarteten Gefahren zu rechnen ist, muß die sicherheitstechnische Situation vor Ort ständig beobachtet und bewertet werden.

Wichtige Hinweise für die Anwendung der Handlungsanweisungen enthält Teil B dieses Leitfadens. In den Handlungsanweisungen sind jeweils die Seitenzahlen für die entsprechenden Erläuterungen in Teil B angegeben.



## 2 Einteilungskriterien für Erkundungsmaßnahmen

Zur leichten Handhabung werden die untenstehenden Handlungsanweisungen nach Kennzahlen strukturiert, die die Ablagerung, die abgelagerten Abfälle und die Erkundungsmethode charakterisieren. Als Voraussetzung hierzu werden in der folgenden Tabelle die bei der Erkundung von Altablagerungen angewandten Methoden in Gruppen eingeteilt, die in Bezug auf die erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen vergleichbare Merkmale aufweisen.

Die dritte Spalte enthält die erste Kennziffer der dreistelligen Kennzahl, die der für die jeweilige Erkundungsmethode zutreffenden Handlungsanweisung zum Arbeitsschutz zugeordnet ist.

Die zweite Kennziffer charakterisiert die an der Altablagerung vorhandene Abdeckung. Hierbei bedeutet:

- 0 keine Abdeckung vorhanden
- 1 Abdeckung vorhanden

Die dritte Kennziffer beschreibt die abgelagerten Abfälle. Hierbei bedeutet:

- 1 Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll
- 2 wie 1, jedoch mit begründetem Verdacht auf besonders überwachungsbedürftige Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG (Sondermüll) aufgrund von Erkenntnissen aus der historischen Erkundung

Beispiel: Für eine Bohrung (Kennziffer 5) auf einer Altablagerung ohne Abdeckung (Kennziffer 0) bei abgelagertem Hausmüll und hausmüllähnlichem Gewerbe und Industriemüll (Kennziffer 1) gilt die Handlungsanweisung Nr. 5-0-1.

<b>Erkundungsmethode</b>	<b>Merkmale</b>	<b>1. Kennziffer</b>	<b>siehe Teil B Seite</b>
<b>Geländebegehung</b> FID-/PID-Begehung Kartierung Probenahme an Oberfläche geophysikalische Untersuchungen ohne Sondeneinschlag wie z.B. Geomagnetik, Oberflächen-geothermik, Gravimetrie	keine Eingriffe in den Deponiekörper keine Verletzung der Oberfläche im Freien oberhalb Geländeoberkante	1	30
<b>Begehung von Räumen und Schächten</b>	keine Eingriffe in den Deponiekörper keine Verletzung der Oberfläche in Räumen oder unterhalb Geländeoberkante	2	30
<b>Gasboxenmessungen</b>	keine Eingriffe im Deponiekörper keine Verletzung der Oberfläche im Freien Sammeln von Deponiegas in Behältern	3	31
<b>Sondierungen</b> zur Gas-und Materialentnahme wie z.B. Gassondierung, Schlitzsondierung, Rammkernsondierung, geophysikalische Untersuchungen mit Sondeneinschlag wie z.B. Geoelektrik, Seismik, Sondierungsgeothermik	Eingriff in den Deponiekörper	4	33
<b>Bohrungen</b> Schneckenbohrung Greiferbohrung Schlauchkernbohrung Bohrsondierung	Eingriff in den Deponiekörper bei größerer Materialentnahme	5	33
Anlegen von <b>Schürfen</b>	Freilegen des Deponiekörpers	6	35
<b>Absaugversuch</b>	Förderung von größeren Mengen Deponiegas für qualitative und quantitative Untersuchungen	7	35

### 3 Übersicht über die Handlungsanweisungen

Zum leichteren Auffinden der Handlungsanweisungen sind in nachstehender Tabelle in Abhängigkeit von der Erkundungsmethode, der Art der Abdeckung und der Charakterisierung der Abfälle die entsprechenden Seitenzahlen angegeben.

1. Kennziffer	Erkundungsmethode	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll		Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG (Sondermüll) aus historischer Erkundung	
		Abdeckung nicht vorhanden	Abdeckung vorhanden	Abdeckung nicht vorhanden	Abdeckung vorhanden
1	<b>Geländebegehung</b>	9	10	9	10
2	<b>Begehung von oberirdischen Räumen</b>	11	11	11	11
3	<b>Einstieg in Schächte</b>	12	12	12	12
4	<b>Gasboxenmessung</b>	13	15	14	15
5	<b>Sondierung</b>	16	18	17	18
6	<b>Bohrung</b>	19	19	20	20
7	<b>Schurf</b>	21	21	23	23
8	<b>Absaugversuch</b>	25	26	25	26

## 4 Allgemeine Handlungsanweisungen für Erkundungsmethoden auf Altablagerungen

Folgende Anweisungen sind auf jeden Fall und unabhängig von den deponie- und erkundungsspezifischen Anweisungen zu beachten. Die **allgemeinen Handlungsanweisungen** sind zusammen mit den Handlungsanweisungen in Abschnitt 5 oder vergleichbaren Anweisungen anzuwenden.

<b>Allgemeine Handlungsanweisungen für Erkundungsarbeiten auf Altablagerungen</b>	siehe Teil B Seite
<b>Vorbereitung:</b>	
der Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan ist vom Auftraggeber selbst oder in dessen Auftrag zu erstellen und sollte Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen sein	49,75
die Erfordernis und der Umfang einer arbeitsmedizinischen Betreuung ist mit einem Arbeitsmediziner abzustimmen	73
alle bei den Erkundungen Beteiligten sind vor Beginn über die Örtlichkeiten, die deponiespezifischen Bedingungen und Gefährdungen, die Sicherheitsbestimmungen, den Brandschutz und Rettungswege zu unterweisen (schriftliche Bestätigung)	49,51
Vorzuhalten sind: - Wasser, Reinigungsmittel, Papierhandtücher, Hautschutzcreme - Erste-Hilfe-Material - Augendusche - Behältnisse für benutzte Ausrüstungen	72
<b>Durchführung:</b>	
vor Beginn der täglichen Erkundungen ist die Schutzausrüstung auf Funktionsfähigkeit zu prüfen	53,73
grundsätzlich gilt ein Alleinarbeitsverbot - Ausnahme: Begehungen	-
beim Auftreten unerwarteter Ereignisse (starke Gasemissionen, Sickerwasseraustritte, Setzungen etc.) haben die Beteiligten den Gefahrenbereich umgehend zu verlassen und die Aufsichtsperson zu verständigen	-
auf der Altablagerung besteht striktes Trink-, Eß- und Rauchverbot. Trinken und Essen ist nur außerhalb der Altablagerung und nur nach Ablegen evtl. Schutzkleidung und Reinigung der Hände gestattet	-
jegliche Tätigkeiten, die zu Flammen- oder Funkenbildung führen können, sind zu vermeiden. Dies gilt auch für Personal in Fahrzeugen	61
direkter Kontakt mit dem Müllkörper und austretendem Sickerwasser ist zu vermeiden. Ebenso sind Stellen, an denen offensichtlich verstärkt Deponiegas austritt (Vegetationsschäden, Risse), zu meiden	37
die Arbeiten sind meßtechnisch zu begleiten, an offensichtlichen Gasemissionsquellen haben die Arbeiten möglichst von der dem Wind zugewandten Seite zu erfolgen	52 ff.
<b>Beendigung:</b>	
nach Beendigung der täglichen Erkundungen ist die Schutzausrüstung zu reinigen und auf Funktionsfähigkeit zu prüfen	73

## 5 Zusammenstellung der Handlungsanweisungen für den Arbeitsschutz bei der Erkundung von Altablagerungen in Abhängigkeit von der standortspezifischen Situation

Diese zusätzlichen Anweisungen beziehen sich insbesondere auf die technische Ersterkundung. Für die ggf. nachfolgende eingehende Erkundung sind dann meist konkrete Meßdaten vorhanden, so daß eine Anpassung des Arbeitsschutzkonzeptes geprüft werden kann.

### Handlungsanweisung Nr. 1-0-1, Nr. 1-0-2

standortspezifische Situation:		Kennzahl
Erkundungsmaßnahme:	<b>Geländebegehung</b>	1
Oberflächenabdeckung:	nicht vorhanden	0
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll / Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG	1 und 2

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

Persönliche Schutzausrüstung	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S 5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, luftdurchlässig	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick) am Mann bereithalten	S. 70
Halbmaske mit Wechselfilter (mind. Klasse A2B2P3) am Mann, falls Stellen begangen werden, an denen vermutlich erhöhte Schadstoffemissionen (Staub, Gase) stattfinden	S. 66,69, Anhang 7

Meßtechnik	
PID-Messung, falls Stellen begangen werden, an denen vermutlich erhöhte Schadstoffemissionen stattfinden	S. 54

Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen	
siehe allgemeine Handlungsanweisungen	-

zusätzliche Verhaltensregeln:	
keine	-

Beendigung der Arbeit:	
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	S. 73

## Handlungsanweisung Nr. 1-1-1, Nr. 1-1-2

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
Erkundungsmaßnahme:	<b>Geländebegehung</b>	1
Oberflächenabdeckung:	vorhanden	1
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll / Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG	1 und 2

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Bauschutzschuhe (P3)	S. 70
Halbmaske mit Wechselfilter (min. Klasse A2B2P3) am Mann, falls Stellen begangen werden, an denen vermutlich erhöhte Schadstoffemissionen (Staub, Gase) stattfinden	S. 66,69, Anhang 7

<b>Meßtechnik</b>	
PID-Messung, falls Stellen begangen werden, an denen vermutlich erhöhte Schadstoffemissionen stattfinden	S. 54

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
siehe allgemeine Handlungsanweisungen	-

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
keine	-

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	S. 73

## Handlungsanweisung Nr. 2-0-1, Nr. 2-0-2, Nr. 2-1-1, Nr. 2-1-2

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
Erkundungsmaßnahme:	<b>Begehung von oberirdischen Räumen</b>	2
Oberflächenabdeckung:	nicht vorhanden / vorhanden	0 und 1
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll / Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG	1 und 2

**Anmerkung:** Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S 5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, luftdurchlässig	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick) am Mann bereithalten	S. 70 S.66, 69
Halbmaske mit Wechselfilter (min. Klasse A2B2P3) am Mann bereithalten	Anhang 7 S. 70
Schutzhelm	

<b>Meßtechnik</b>	
Mehrfach-Meßgerät CH <sub>4</sub> -O <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> am Mann (Alarm bei 10% UEG, 19 Vol.-% O <sub>2</sub> , 1 ppm H <sub>2</sub> S, 500 ppm CO <sub>2</sub> )	S. 54

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Gaszutritte, falls möglich, absperren	S. 30
natürliche Belüftung durch Öffnen von Türen etc., falls dies nicht ausreicht (> 20% UEG oder Überschreiten von Richt- und Grenzwerten)	S. 62
blasende Belüftung	-
Sprechverbindung zwischen Arbeitsstelle und Sicherungsposten	

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
Sicherungsposten (Ersthelfer) am Zugang zum Raum	-

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	S. 73

## Handlungsanweisung Nr. 3-0-1, Nr. 3-0-2, Nr. 3-1-1, Nr. 3-1-2

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
<b>Erkundungsmaßnahme:</b>	<b>Einstieg in Schächte *</b>	3
Oberflächenabdeckung:	nicht vorhanden / vorhanden	0 und 1
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll / Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG	1 und 2

\*z.B. Sickerwasserschächte, nicht Entgasungsschächte

**Anmerkung:** Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S 5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, bei feuchter Umgebung PE-beschichtet	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick)	S. 70
Schutzhelm	S. 70

<b>Meßtechnik</b>	
vorher Ablassen von Mehrfach-Meßgerät CH <sub>4</sub> -O <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> am Mann (Alarm bei 10% UEG, 19 Vol.-% O <sub>2</sub> , 1 ppm H <sub>2</sub> S, 500 ppm CO <sub>2</sub> ), bei Einstieg am Mann	S. 54

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Einstieg nur nach Ausstellung eines Erlaubnisscheins und schriftlicher Anweisung	Anhang 9 S. 62
blasende Belüftung	Anhang 8
Rettungsausrüstung am Schachtrand vorhalten	S. 31
intensive Gasaustritte sind, falls möglich, abzusperren	Anhang 8
Absicherung der Schachtöffnung	Anhang 8
vor Einstieg Rettungsgeschirr anlegen	-
Sprechverbindung zwischen Arbeitsstelle und Betriebsgebäude oder Mobilfunktelefon	

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
Einstieg in Schächte nur bei Einhaltung von Mindestquerschnitten	Anhang 8
Sicherungsposten (Ersthelfer) außerhalb von Schacht bzw. Raum	Anhang 8

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	S. 73



## Handlungsanweisung Nr. 4-0-1

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
Erkundungsmaßnahme:	<b>Gasboxenmessungen</b>	4
Oberflächenabdeckung:	nicht vorhanden	0
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll	1

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S 5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, luftdurchlässig	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick) am Mann bereithalten	S. 70
Halbmaske mit Wechselfilter (mind. A1B1P1) bereithalten, beim Abheben der Gasbox anlegen	S. 66, 69 Anhang 7

<b>Meßtechnik</b>	
PID-Messung, falls Stellen begangen werden, an denen vermutlich erhöhte Schadstoffemissionen stattfinden	S. 54

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Spülen der Gasboxen mit Luft vor Abheben	-
Absperrung der Versuchseinrichtung	-

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
keine	-

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Reinigung der Gasboxen	S. 73
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	

## Handlungsanweisung Nr. 4-0-2

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
Erkundungsmaßnahme:	<b>Gasboxenmessungen</b>	4
Oberflächenabdeckung:	nicht vorhanden	0
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG	2

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S 5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, luftdurchlässig	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick)	S. 70
Halbmaske mit Wechselfilter (mind. Klasse A2B2P3) bereithalten, beim Abheben der Gasbox anlegen	S. 66, 69 Anhang 7

<b>Meßtechnik</b>	
PID-Messung	S. 54

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Spülen der Gasboxen mit Luft vor Abheben	-
Absperrung der Versuchseinrichtung	-

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
keine	-

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Reinigung der Gasboxen	-
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	S. 73

## Handlungsanweisung Nr. 4-1-1, Nr. 4-1-2

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
Erkundungsmaßnahme:	<b>Gasboxenmessungen</b>	4
Oberflächenabdeckung:	vorhanden	1
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll / Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG	1 und 2

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Bauschutzschuhe (P3)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, luftdurchlässig	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick) am Mann bereithalten	S. 70
Halbmaske mit Wechselfilter (mind. A2B2P3) bereithalten, beim Abheben der Gasbox anlegen	S. 66, 69, Anhang 7

<b>Meßtechnik</b>	
PID-Messung, falls Stellen begangen werden, an denen vermutlich erhöhte Schadstoffemissionen stattfinden	S. 54

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Spülen der Gasboxen mit Luft vor Abheben	-
Absperrung der Versuchseinrichtung	-

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
keine	-

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Reinigung der Gasboxen	-
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	S. 73

## Handlungsanweisung Nr. 5-0-1

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
Erkundungsmaßnahme:	<b>Sondierungen</b>	5
Oberflächenabdeckung:	nicht vorhanden	0
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll	1

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S 5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, luftdurchlässig	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick)	S. 70
Halbmaske mit Wechselfilter (min. Klasse A2B2P3) am Mann	S. 66, 69 Anhang 7

<b>Meßtechnik</b>	
PID-Messung, falls Stellen begangen werden, an denen vermutlich erhöhte Schadstoffemissionen stattfinden	S. 54

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Abdecken von Sondierlöchern nach Sondenentnahme	-
Absperrung der Einschlagstelle	-

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
keine	-

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Reinigung des Sondiergestänges vor Ort oder Transport zu Waschplatz in geschlossenem Behälter	S. 51 -
Wiederverschließen und Abdichten von Sondierlöchern	-
Markierung überstehender Sondiergestänge, falls diese nicht gezogen werden	S. 73
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	

## Handlungsanweisung Nr. 5-0-2

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
Erkundungsmaßnahme:	<b>Sondierungen</b>	5
Oberflächenabdeckung:	nicht vorhanden	0
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG	2

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S 5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, mindestens PE-beschichtet	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick)	S. 70
Filteratemschutz der Schutzstufe ABEK2-P3 mit Gebläseunterstützung	S. 66, 69 Anhang 7

<b>Meßtechnik</b>	
PID-Messung	S. 54

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Abdecken von Sondierlöchern nach Sondenentnahme	-
Absperrung der Einschlagstelle	-

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
keine	-

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Reinigung des Sondiergestänges vor Ort oder Transport zu Waschplatz in geschlossenem Behälter	S. 51 -
Wiederverschließen von Sondierlöchern	-
Markierung überstehender Sondiergestänge, falls diese nicht gezogen werden	S. 73
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	

## Handlungsanweisung Nr. 5-1-1, Nr. 5-1-2

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
Erkundungsmaßnahme:	<b>Sondierungen</b>	5
Oberflächenabdeckung:	vorhanden	1
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll / Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG	1 und 2

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 10) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, mindestens PE-beschichtet	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick)	S. 70
Filteratemschutz der Schutzstufe ABEK2-P3 mit Gebläseunterstützung	S. 66, 69 Anhang 7

<b>Meßtechnik</b>	
PID-Messung, falls Stellen begangen werden, an denen vermutlich erhöhte Schadstoffemissionen stattfinden	S. 54

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Abdecken von Sondierlöchern nach Sondenentnahme	-
Absperrung der Einschlagstelle	-

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
keine	-

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Reinigung des Sondiergestänges vor Ort oder Transport zu Waschplatz in geschlossenem Behälter	S. 51 -
Wiederverschließen und Abdichtung von Sondierlöchern	-
Markierung überstehender Sondiergestänge, falls diese nicht gezogen werden	S. 73
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	

## Handlungsanweisung Nr. 6-0-1, Nr. 6-1-1

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
Erkundungsmaßnahme:	<b>Bohrungen</b>	6
Oberflächenabdeckung:	nicht vorhanden / vorhanden	0 und 1
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll	1

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 10) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, PE-beschichtet	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick)	S. 70
Filteratemschutz der Schutzstufe ABEK2-P3 mit Gebläseunterstützung	S. 66, 69
Schutzhelm, bei nassem Bohrgut mit Gesichtsschutzschirm	Anhang 7 S. 70, 72

<b>Meßtechnik</b>	
Mehrfach - Meßgerät (Ex-O <sub>2</sub> ) am Bohrloch, kontinuierliche Messung (Alarm bei 10% UEG, 19% O <sub>2</sub> )	S. 54
bei Messung Windrichtung beachten!	-
kontinuierliche PID-Messung am Bohrloch	S. 54

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Einstellung der Arbeiten bei CH <sub>4</sub> -Konzentrationen > = 20% UEG am Bohrloch, Inertisierung mit Stickstoff, CO <sub>2</sub> oder Belüftung bis < = 10% UEG (bei CO <sub>2</sub> -Inertisierung: CO <sub>2</sub> -Meßgerät am Bohrloch)	S. 63
Feuerlöscher vorhalten	-
dichte Behälter für Bohrgut	-
Befeuchten bei Staubentwicklung	-
Windrichtungsanzeiger und -geschwindigkeitsmesser	-
Aufstellung Bohraggregat auf windzugewandter Seite	-
Sicherung des Bohrlochs bei Arbeitsunterbrechung	S. 50
je nach Umfang der Erkundungsmaßnahme Schwarz-Weiß-Anlage	
Schwarz-Bereich umzäunen	

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
Aufenthalt möglichst auf der dem Wind zugewandten Seite	-

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Verschließen bzw. Abdecken der Bohrung	-
Reinigung des Bohrgestänges und Bohrwerkzeuges vor Ort oder Transport zu Waschplatz in geschlossenem Behälter	S. 51 S. 73
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	

## Handlungsanweisung Nr. 6-0-2, Nr. 6-1-2

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
Erkundungsmaßnahme:	<b>Bohrungen</b>	6
Oberflächenabdeckung:	nicht vorhanden / vorhanden	0 und 1
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG	2

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, PE beschichtet	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick)	S. 70
Filteratemschutz der Schutzstufe ABEK2-P3 mit Gebläseunterstützung	S. 66, 69
Schutzhelm, sofern kein Atemschutz verwendet wird bei nassem Bohrgut mit Gesichtsschutzschirm	Anhang 7 S. 70, 72

<b>Meßtechnik</b>	
Mehrfach - Meßgerät (Ex-O <sub>2</sub> ) am Bohrloch, kontinuierliche Messung (Alarm bei 10% UEG, 19% O <sub>2</sub> )	S. 54 S. 54
kontinuierliche PID-Messung am Bohrloch bei Messung Windrichtung beachten!	-

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Einstellung der Arbeiten bei CH <sub>4</sub> -Konzentrationen $\geq 20\%$ UEG am Bohrloch, Inertisierung mit Stickstoff, CO <sub>2</sub> oder Belüftung bis $\leq 10\%$ UEG (bei CO <sub>2</sub> -Inertisierung: CO <sub>2</sub> -Meßgerät am Bohrloch)	S. 63 -
Feuerlöscher vorhalten	-
dichte Behälter für Bohrgut	-
Befeuchten bei Staubentwicklung	-
Windrichtungsanzeiger	S. 50
Aufstellung Bohraggregat auf windzugewandter Seite	-
je nach Umfang der Erkundungsmaßnahme Schwarz-Weiß-Anlage, Schwarz-Bereich umzäunt	-
Sicherung des Bohrlochs bei Arbeitsunterbrechung	-

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
Aufenthalt möglichst auf der dem Wind zugewandten Seite	-

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Verschließen bzw. Abdecken der Bohrung	-
Reinigung des Bohrgestänges und des Bohrwerkzeuges vor Ort oder Transport zu Waschplatz in geschlossenem Behälter	S. 51 S. 73
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	-



## Handlungsanweisung Nr. 7-0-1, Nr. 7-1-1

standortspezifische Situation:		Kennzahl
Erkundungsmaßnahme:	<b>Schurf</b>	7
Oberflächenabdeckung:	nicht vorhanden / vorhanden	0 und 1
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll	1

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

Persönliche Schutzausrüstung	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, luftdurchlässig	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick)	S. 70
beim Betreten des Schurfes Atemschutzmaske ABEK2-P3 mit Gebläseunterstützung, bei Alarmwertüberschreitung auch außerhalb des Schurfes	S. 66, 69 Anhang 7
außerhalb des Schurfes filtrierende Halbmaske mit Aktivkohlebeschichtung beim Auftreten von starken Gerüchen unterhalb der Alarmwerte	S. 69
Schutzhelm	S. 70

Meßtechnik	
Mehrfach-Meßgerät CH <sub>4</sub> -O <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> am Grubenrand (Alarm bei 10% UEG, 19 Vol.-% O <sub>2</sub> , 1 ppm H <sub>2</sub> S, 500 ppm CO <sub>2</sub> ), kontinuierliche Messung; beim Betreten des Schurfes am Mann bei Messung Windrichtung beachten!	S. 54 - S. 54 Anhang 7
PID-Messung für Einsatzbegrenzung der Filter-Atemschutzgeräte	

Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen	
Befeuchten bei Staubentwicklung	-
bei Betreten des Schurfes ab 10% UEG oder Überschreiten von Richt- und Grenzwerten blasende Belüftung	S. 63 S. 54
Feuerlöscher vorhalten	-
dichte Behälter für verdächtiges Material vorhalten	S. 50, 54
je nach Umfang der Erkundungsmaßnahme Schwarz-Weiß-Anlage, Schwarz-Bereich umzäunt	- -
Windrichtungsanzeiger	-
Rettungsgeschirr bereithalten, beim Betreten angelegt, Ersthelfer außerhalb der Schurfgrube	- -
Böschungswinkel ≤ 45°	
freier Schutzstreifen von 1,5m um Schürfgrube	
Leiter vorhalten	

(Fortsetzung Handlungsanweisung Nr. 7-0-1, Nr. 7-1-1)

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
Aufenthalt von Personen und Baumaschinen möglichst auf der dem Wind zugewandten Seite	-
<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Wiederverfüllung der Schürfgrube	-
Entsorgung und Reinigung der persönlichen Schutzausrüstung	S. 73
Reinigung Baumaschinen	S. 51

## Handlungsanweisung Nr. 7-0-2, Nr. 7-1-2

standortspezifische Situation:		Kennzahl
Erkundungsmaßnahme:	<b>Schurf</b>	7
Oberflächenabdeckung:	nicht vorhanden / vorhanden	0 und 1
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industiemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG	2

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, luftdurchlässig	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick)	S. 70
beim Betreten des Schurfes Atemschutzmaske ABEK2-P3 mit Gebläseunterstützung, bei Alarmwertüberschreitung auch außerhalb des Schurfes	S. 66, 69 Anhang 7
außerhalb des Schurfes filtrierende Halbmaske mit Aktivkohlebeschichtung beim Auftreten von starken Gerüchen unterhalb der Alarmwerte	S. 69
Schutzhelm	S. 70

<b>Meßtechnik</b>	
kontinuierliche PID-Messung für Einsatzbegrenzung der Filter-Atemschutzgeräte	S. 54 Anhang 7
Mehrfach-Meßgerät CH <sub>4</sub> -O <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> S-CO <sub>2</sub> am Grubenrand (Alarm bei 10% UEG, 19 Vol.-% O <sub>2</sub> , 1 ppm H <sub>2</sub> S, 500 ppm CO <sub>2</sub> ), kontinuierliche Messung; beim Betreten des Schurfes am Mann bei Messung Windrichtung beachten!	S. 54 -

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Verwendung nicht funkenziehender Werkzeuge	S. 63
Befeuchten bei Staubentwicklung	-
ab 20% UEG oder Überschreiten von Richt- und Grenzwerten beim Betreten des Schurfes blasende Belüftung	S. 62 S. 54
Feuerlöscher vorhalten	-
dichte Behälter für verdächtiges Material vorhalten	S. 50
Schwarz-Weiß-Anlage, Schwarz-Bereich umzäunt	-
Windrichtungsanzeiger	Anhang 8
Rettungsgeschirr bereithalten, Ersthelfer außerhalb der Schurfgrube	-
Böschungswinkel <= 45°, sonst Verbau vorhalten	-
freier Schutzstreifen von 1,5m um Schürfgrube	-
Leiter vorhalten	-

(Fortsetzung Handlungsanweisung Nr. 7-0-2, Nr. 7-1-2)

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
Aufenthalt von Personen und Baumaschinen möglichst auf der dem Wind zugewandten Seite	-
<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Wiederverfüllung der Schürfgrube	-
Entsorgung und Reinigung der persönlichen Schutzausrüstung	S. 73
Reinigung Baumaschinen	S. 51

## Handlungsanweisung Nr. 8-0-1, Nr. 8-0-2

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
Erkundungsmaßnahme:	<b>Absaugversuch</b>	8
Oberflächenabdeckung:	nicht vorhanden	0
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll / Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG	1 und 2

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Sicherheitsgummistiefel (S5)	S. 70
Einweg-Chemikalienschutzanzug, luftdurchlässig	S. 71
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick) am Mann bereithalten	S. 70

<b>Meßtechnik</b>	
CH <sub>4</sub> -Warngerät für direkt an der Anlage arbeitende Personen (Alarm bei 10% UEG)	S. 54

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Absperrung Gefahrenbereich (möglichst Zaun)	S. 49
Feuerlöscher vorhalten	S. 63
Verwendung nicht funkenziehender Werkzeuge	S. 63
Festlegung von Explosionsschutzzonen	S. 61
Aufstellung von Stromaggregat in ausreichendem Abstand	-

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
keine	-

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Verschließen oder Abdecken der Ansaugöffnung	-
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	S. 73

## Handlungsanweisung Nr. 8-1-1, Nr. 8-1-2

<b>standortspezifische Situation:</b>		<b>Kennzahl</b>
Erkundungsmaßnahme:	<b>Absaugversuch</b>	8
Oberflächenabdeckung:	vorhanden	1
Deponietyp:	Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll / Haus- und hausmüllähnlicher Gewerbe- und Industriemüll mit begründetem Verdacht auf Abfälle nach §2, Abs. 2 AbfG	1 und 2

Anmerkung: Zusätzlich sind die allgemeinen Handlungsanweisungen (S. 6) zu beachten!

<b>Persönliche Schutzausrüstung</b>	siehe Teil B
Bauschutzschuhe (P3)	S. 70
Schutzhandschuhe (PVC, mindestens 0,8 mm dick) am Mann bereithalten	S. 70

<b>Meßtechnik</b>	
CH <sub>4</sub> -Warngerät für direkt an der Anlage arbeitenden Personen (Alarm bei 20% UEG)	S. 54

<b>Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	
Absperrung Gefahrenbereich (möglichst Zaun)	S. 49
Feuerlöscher vorhalten	S. 63
Verwendung nicht funkenziehender Werkzeuge	S. 63
Festlegung von Explosionsschutzzonen	S. 61
Aufstellung von Stromaggregat in ausreichendem Abstand	-

<b>zusätzliche Verhaltensregeln:</b>	
keine	-

<b>Beendigung der Arbeit:</b>	
Verschließen oder Abdecken der Ansaugöffnung	-
Reinigung bzw. Entsorgung der Schutzausrüstung	S. 73

## **Teil B: Arbeitsschutz bei der Erkundung von Altablagerungen**

### **1 Arbeitsschutz und Altlastensanierung**

#### **1.1 Rechtliche Situation hinsichtlich des Arbeitsschutzes**

Die wesentlichen Aufgaben im Arbeitsschutz in der Bundesrepublik Deutschland nehmen die staatlichen Ämter für Arbeitsschutz und die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung wahr. Die Gesetzgebungskompetenz für den Arbeitsschutz ist durch das Grundgesetz dem Bund übertragen, hier dem Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung. Gesetzentwürfe werden unter Mitwirkung der Sozialpartner (Gewerkschaften und Arbeitgeberverbände) sowie den entsprechenden Fachbehörden erarbeitet.

Neben diesen staatlichen Stellen sind die gesetzlichen Unfallversicherungsträger durch §15 Unfallversicherungs-Einordnungsgesetz dazu ermächtigt, für ihren Zuständigkeitsbereich Regelungen in Form von Unfallverhütungsvorschriften zu erlassen.

Im Rahmen der Harmonisierung der Vorschriften in der EG werden die staatlichen Vorschriften zunehmend Priorität erhalten. Die Unfallverhütungsvorschriften werden zum Teil abgelöst oder müssen an die staatlichen Vorschriften angepaßt werden.

Sowohl die staatlichen Vorschriften als auch die Vorschriften der gesetzlichen Unfallversicherungsträger verweisen auf die allgemein anerkannten Regeln der Technik. Diese können Richtlinien, Technische Regeln, Sicherheitsregeln, Merkblätter usw. sein. Ferner können gesicherte sicherheitstechnische und arbeitsmedizinische Erkenntnisse, wie sie in VDI-Richtlinien, MAK-Wertelisten etc. festgeschrieben sind, den allgemeinen anerkannten Regeln der Technik zugeordnet werden.

**Die Einhaltung der Vorschriften und Regeln im Arbeitsschutz werden von den staatlichen Ämtern für Arbeitsschutz und den Trägern der gesetzlichen Unfallversicherung überwacht.**

**Für die Umsetzung der Rechtsnormen im Arbeitsschutz sind sowohl der Unternehmer als auch die Beschäftigten verantwortlich.**

## 1.2 Regelwerke für Arbeiten im Bereich von Altlasten

Bei der Altlastensanierung sind, bezogen auf den Arbeits- und Nachbarschaftsschutz, eine Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen, Unfallverhütungsvorschriften sowie andere allgemein anerkannte Regeln der Technik zu beachten. Eine Übersicht hierüber ist in den Anhängen 1 und 2 zu finden.

In erster Linie wird bei der Altlastenerkundung und -sanierung auf das Chemikaliengesetz mit der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sowie die damit verbundenen Technischen Regeln für Gefahrstoffe verwiesen. Zum Zeitpunkt der Erarbeitung der Gefahrstoffverordnung hatte die Altlastensanierung jedoch geringe Bedeutung, so daß dieser Thematik nicht Rechnung getragen wurde. Dennoch sind eine Vielzahl von Bestimmungen und Empfehlungen sowie die dazugehörigen Technischen Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe/Gefahrstoffe geeignet, auf Maßnahmen im Altlastenbereich übertragen zu werden. Deshalb werden in der Praxis eine Vielzahl von Bestimmungen der GefStoffV sinngemäß angewendet.

Durch den "Fachausschuß Tiefbau" beim Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften wurden die "Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen" (ZH 1/183) erarbeitet. Damit liegt ein Regelwerk vor, das sich gezielt mit Arbeiten im Bereich von Altlasten und anderen kontaminierten Bereichen beschäftigt.

## 1.3 Aufgaben von Auftraggeber und Auftragnehmer

Besondere Bedeutung hat die Verteilung der **Pflichten auf Auftragnehmer und Auftraggeber**.

In der Richtlinie ZH 1/183 wird aufgrund der Komplexität der Gefahrstoffsituation bei Altlasten und sonstigen kontaminierten Bereichen ein wesentlicher Teil der **Ermittlungspflicht** dem Auftraggeber (Eigentümer der Altlast) übertragen.

**Danach hat der Bauherr (Auftraggeber) eine Dokumentation über Art, Menge und Zustand der zu erwartenden Gefahrstoffe und eine Abschätzung der von diesen möglicherweise ausgehenden Gefahren dem Auftragnehmer vor Baubeginn zur Verfügung zu stellen.**

**Vom Bauherrn ist ebenfalls ein Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan zu erstellen, der die Belange des Arbeits-, Gesundheits- und Nachbarschaftsschutzes berücksichtigt und Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen sein sollte. Ist der Bauherr fachtechnisch nicht in der Lage einen Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan zu erstellen, so kann er hierfür auch Dritte beauftragen.**

**Für die Umsetzung der erforderlichen Schutzmaßnahmen im Zuge der Bauarbeiten ist in jedem Fall der Auftragnehmer verantwortlich.**

**Geplante Bauarbeiten in kontaminierten Bereichen, also auch auf Altablagerungen, hat der Unternehmer (Auftragnehmer) spätestens 4 Wochen vor ihrem Beginn der zuständigen Berufsgenossenschaft anzuzeigen. Hierbei sind eine Darstellung und Bewertung**



**der vermuteten bzw. bekannten Gefahrstoffe, eine Beschreibung der Maßnahme und der vorgesehenen Sicherheitsmaßnahmen und eine Betriebsanweisung beizufügen. Je nach nachgewiesenen oder vermuteten Gefahrstoffen kann auch eine Anzeigepflicht gegenüber dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt bestehen, eine Rücksprache mit diesem ist deshalb zu empfehlen.**

Hierbei wird vorausgesetzt, daß der Unternehmer durch rechtzeitiges Bekanntwerden der Bauarbeiten der Anzeigepflicht nachkommen kann. Eine Befreiung von der Anzeigepflicht kann in besonderen Fällen durch die Berufsgenossenschaft erfolgen.

**Die Anzeigepflicht bezieht sich auf Bau- und Bohrarbeiten. Reine Erkundungsmaßnahmen, z.B. durch Ingenieurbüros, unterliegen ihr somit nicht.**

## 2 Arbeitsschutzrelevante Merkmale von Erkundungsmaßnahmen auf Altablagerungen

### 2.1 Vorbemerkung

Im folgenden werden die bei der technischen Erkundung von Altablagerungen üblicherweise eingesetzten Erkundungsmethoden kurz dargestellt und die aus diesen Arbeitsweisen resultierenden spezifischen Gefahren und arbeitsschutzrelevanten Merkmale aufgezeigt.

### 2.2 Geländebegehungen

Begehungen dienen der allgemeinen Orientierung und zur Beschaffung eines ersten Eindruckes von der Situation auf einer Altablagerung. Sie erfolgen somit schon vor der Durchführung der eigentlichen Erkundungsmethoden im Rahmen der historischen Erkundung.

Um Deponiegasemissionen zu erfassen, erfolgen Begehungen mit einem Flammenionisations-Detektor (FID). Mit diesem Meßgerät können noch geringe Methankonzentrationen erfaßt werden, so daß sich die Austrittsstellen von Deponiegas lokalisieren lassen. Sollen nur bestimmte Spurengasbestandteile erfaßt werden, wird häufig auf die Begehung mit einem Photoionisationsdetektor zurückgegriffen. Bei den Erkundungen wird eine Saugglocke knapp über die Oberfläche geführt und hierbei austretendes Gas zusammen mit Umgebungsluft einem mitgeführten Meßgerät zugeleitet. Durch ein möglichst enges Raster von Meßpunkten und unter Berücksichtigung von bevorzugten Emissionsquellen wie Schachtöffnungen, Sickerwasserkanälen und Böschungen, kann die Emissionssituation abgeschätzt werden.

Bei diesem Verfahren und bei den Begehungen allgemein erfolgt kein direkter Hautkontakt mit Abfällen oder mit der Abdeckung. Dieses Merkmal gilt z.B. auch für geophysikalische Erkundungen bei denen ohne Eingriff in die Ablagerung operiert wird (vgl. Abschnitt 2.4).

Somit lassen sich folgende arbeitsschutzrelevanten Merkmale nennen:

<b>Arbeitsschutzrelevante Merkmale der Geländebegehung:</b>
kein direkter (Haut-)Kontakt mit Abfällen
kein Eingriff in den Deponiekörper, keine Verletzung der Oberfläche
eventuell Mitführen von Gasdetektoren zur Emissionsmessung
keine Probenahme fester oder flüssiger Stoffe

### 2.3 Begehung von Räumen und Einstieg in Schächte

Räume und Schächte an Altablagerungen stellen stets eine besondere Gefahrenquelle dar, da in ihnen der Gasaustausch mit der Atmosphäre stark eingeschränkt sein kann. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß sich in ihnen eine gefährliche explosionsfähige oder eine zu Erstickung bzw. Vergiftung führende Atmosphäre eingestellt hat. Die Wahrscheinlichkeit solche Zustände vorzufinden ist bei Altablagerungen relativ hoch, somit ist bei der Erkundung besondere Vorsicht geboten.

Die Gefahrensituation kann je nach Gegebenheiten (Größe von Räumen und Schächten, Lüftungsöffnungen, Tiefe etc.) stark variieren, so daß die Gefahrensituation im Einzelfall zu beurteilen ist. Auf die bauliche Beschaffenheit der Schächte, insbesondere der Seitenwände und Steighilfen, ist besonders zu achten.

Gaszutrittsstellen bei Räumen und Schächten sind:

- gasdurchlässige Böden bzw. Schachtwände
- Trassen von Ent- und Versorgungsleitungen in die Gebäude und im nahen Bereich
- Sickerwasserleitungen, die nicht mit einer wirksamen Gassperre (Siphon) versehen sind. Vorhandene Absperrungen bieten oft keinen sicheren Schutz, insbesondere können Siphons ausgetrocknet oder deren Wasservorlagen durch die Gase herausgedrückt worden sein.
- Rohrleitungsdurchführungen und Verbindungsfugen von Schachtelementen, die nicht gasdicht ausgeführt sind
- offene Pumpensümpfe, aus denen das im Sickerwasser gebundene Deponiegas ausgetrieben wird
- Grabenverfüllungen und Rohrfundamente aus durchlässigem Material, da hierdurch eine Gassammlung aus einem großen Einzugsbereich erfolgen kann
- Risse und Spalten im Bauwerk

Für das Begehen von Räumen und Schächten lassen sich folgende arbeitsschutzrelevanten Merkmale nennen:

<b>Arbeitsschutzrelevante Merkmale bei der Begehung von Räumen und Einstieg in Schächte:</b>
--

kein direkter (Haut-)Kontakt mit Abfällen, möglicher Kontakt mit Sickerwasser, Ablagerungen und Schlamm oder mit aus der Ablagerung austretenden Flüssigkeiten
--

kein Eingriff in den Deponiekörper, keine Verletzung der Oberfläche
---

Gefahr des Auftretens von erhöhten Deponiegaskonzentrationen bzw. unverdünntem Deponiegas
---

hohes Gefahrenpotential durch Explosion, Erstickung, Vergiftung
---

## 2.4 Gasboxenmessungen

**Gasboxenmessungen** dienen zur Messung der Gasemissionen. Bekannt ist das Verfahren, das von RETTENBERGER entwickelt wurde, auch unter dem Namen "Lemberger Box". Bei der Durchführung der Messung wird ein Behälter mit ca. 40-80 l Inhalt mit der Öffnung nach unten auf die zu untersuchende Oberfläche gesetzt und zur Abdichtung meist in Mörtel eingebettet. Innerhalb kurzer Zeit reichert sich aus dem Untergrund emittierendes Gas im Behälter an, woraus Rückschlüsse auf die Emissionen gezogen werden können.

Bei allen Boxenmessungen können sich im Behälterinnern Deponiegas-konzentrationen bilden, die explosionsfähig oder brennbar sein bzw. toxische Wirkungen haben können (vgl. Abschnitt 3.1.2).

Somit lassen sich folgende arbeitsschutzrelevanten Merkmale nennen:

<b>Arbeitsschutzrelevante Merkmale bei Gasboxenmessungen:</b>
Aufstellen eines geschlossenen Behälters zur Emissionsmessung
kein Eingriff in den Deponiekörper, keine Verletzung der Oberfläche
Aufkonzentrierung von Deponiegas im Behälter, evtl. Entstehung eines explosionsfähigen Gasgemisches
Gefahrenpotential durch Explosion, Brand, toxische Wirkung

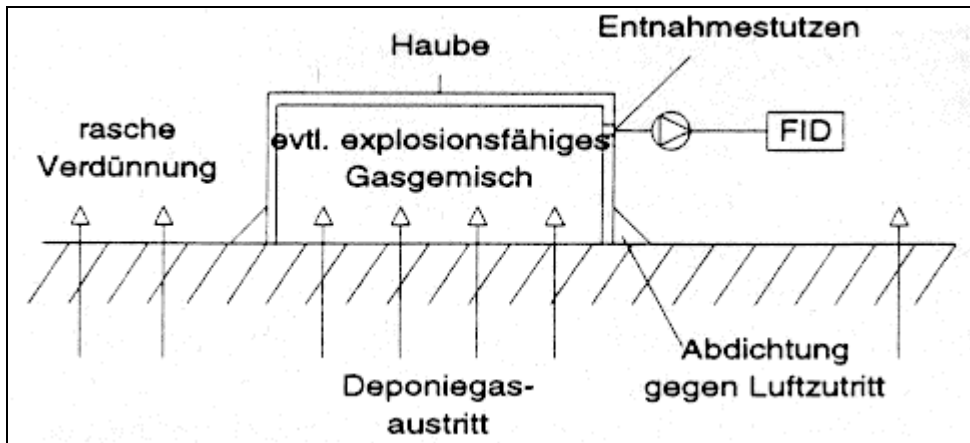


Abb. 1: Funktionsskizze Gasboxenmessung

## 2.5 Geophysikalische Erkundungen

Mit Hilfe **geophysikalischer Methoden** können weitgehend flächendeckende Erkundungen an Altablagerungen durchgeführt werden, auch ohne in den Untergrund einzugreifen. Die bei Altablagerungen relevanten Methoden sind in den Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 2, "Leitlinien zur Geophysik an Altlasten", herausgegeben von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, näher erläutert.

In Bezug auf den technischen Einsatz lassen sich geophysikalische Erkundungen in folgende Gruppen einteilen:

- ohne Eindringen in den Deponiekörper  
z.B. Geomagnetik, IR-Oberflächengeothermik, Gravimetrie
- mit Einschlagen von Sonden  
z.B. Geoelektrik, Seismik, Sondierungsgeothermik
- Untersuchungen am Bohrloch  
z.B. Bohrlochgeophysik wie Temperaturmessung, Flowmetermessung, Kalibermessung, Induktionsmessung

Durch die Vielzahl der möglichen Verfahren lassen sich für geophysikalische Erkundungen keine allgemeinen Merkmale hinsichtlich des erforderlichen Arbeitsschutzes nennen. Je nach Art ähneln die Tätigkeiten denen bei einer Begehung (Abschnitt 2.2), Sondierung (Abschnitt 2.6) oder Bohrung (Abschnitt 2.7).

## 2.6 Sondierungen

**Sondierungen** dienen der Entnahme von Feststoffen (Rammkern- und Schlitzsondierung) oder Flüssigkeits- bzw. Gasproben. Im Rahmen von geophysikalischen Erkundungen dienen sie auch zur Aufnahme von physikalischen Parametern wie elektrischer Widerstand, Einschlagwiderstand, Temperatur etc. Im Falle einer Probenahme bieten Sondierungen gegenüber anderen Verfahren den Vorteil, daß möglicherweise kontaminiertes Material nur in geringen Mengen entnommen wird und gasförmige bzw. flüssige Stoffe nur in geringen Mengen austreten.

Die Sonden und das Gestänge werden meist mit Krafthämmern in den Deponiekörper getrieben. Die eigentlichen Sonden haben hierbei eine Länge von 1-2 m und werden zum Erreichen größerer Tiefen mit einem aufschraubbaren Gestänge verlängert. Für die Materialentnahme sind Nutstangen mit Außendurchmessern von 22 mm bis 33 mm oder Rammkernsonden mit 40 mm bis 80 mm üblich.

Ab ca. 100 mm Außendurchmesser wird der Einschlaghammer üblicherweise so schwer, daß er an einer Lafette geführt werden muß.

Bei der Gasprobenahme werden in gleicher Art und Weise perforierte Rohre mit wenigen Zentimetern Durchmesser eingetrieben. Durch die Bohrungen in der Sondenspitze strömt Deponiegas in das Rohr und verdrängt die sich darin befindende Luft. Zur Analytik vor Ort oder für das Aufziehen auf Gasbehälter wird das Gas abgesaugt.

Neben dem möglichen direkten Kontakt mit austretenden Substanzen besteht bei Sondierungen die Gefahr des Kontaktes mit kontaminierten Erkundungsgeräten, d. h. verschmutzten Sonden und Gestängen.

Somit lassen sich folgende arbeitsschutzrelevanten Merkmale für Sondierungen nennen:

<b>Arbeitsschutzrelevante Merkmale der Sondierung:</b>
Gas- oder Materialentnahme bzw. Aufnahme geophysikalischer Parameter mittels Sonden
der Bereich um das Sondiergestänge wird verdichtet und das Nachströmen von Gas gering gehalten oder verringert
geringer oder kein Spalt um die Sonde und kaum Austrittsquerschnitt an der Deponieoberfläche, dadurch geringe Gefahr des Austrittes gefahrendrohender Deponiegasmengen
möglicher Kontakt mit kontaminiertem Material

## 2.7 Bohrungen

**Bohrungen** auf Altablagerungen werden für folgende Zwecke durchgeführt:

- Entnahme von Feststoffproben
- Anlegen einer Meßstelle für Grund-/Sickerwasser
- Anlegen von Gasmeßstellen
- Bau von Entgasungsbrunnen

Technisch werden die Bohrverfahren nach der Art der Materialförderung, nach dem evtl. Einsatz einer Verrohrung und der Bewegung des Bohrgerätes unterschieden.

Auf Altablagerungen kommen je nach Zweck der Bohrung Greifer, Schnecke oder Hüllrohr zum Einsatz. Das Verfahren der Spülbohrung, bei dem das Bohrgut mit Hilfe von eingepumptem Wasser aus dem Bohrloch gefördert wird, ist wegen hoher Spülwasserverluste in den Untergrund und durch die Konsistenz der Abfälle meist nicht einsetzbar. Sollten möglichst ungestörte Proben (Bohrkerne) vom Untergrund entnommen werden, wird das Bohrgut in ein Hüllwerk eingetrieben und mit diesem entnommen (Schlauchkernbohrung). Der Einsatz einer Verrohrung hängt vom Bohrverfahren (z.B. für Greiferbohrung häufig erforderlich), von der Standfestigkeit der Bohrlochwandung und damit auch von der Bohrtiefe ab.

Durch den vorhandenen Ringraum zwischen Bohrgestänge bzw. Greifer und Untergrund zeichnen sich Bohrungen gegenüber Sondierungen durch einen erhöhten Gasaustausch zwischen Bohrloch und Atmosphäre aus. Hierdurch kann es im Bohrloch bzw. oberhalb der Bohrung zur Ausbildung einer explosionsfähigen Atmosphäre kommen. Die Zusammensetzung der Atmosphäre in der Bohrung wird vom Deponiegaszustrom sowie vom Lufteintrag bestimmt. Lufteinträge werden durch den Bohrvorgang, aber auch durch die im Verhältnis zum Deponiegas höhere Dichte der Luft hervorgerufen. Hierbei kann sich die Explosionsfähigkeit der Atmosphäre in sehr unterschiedlichen Tiefen einstellen. Auch das Volumen variiert stark, bei Messungen wurden bis zu 80 % der Mantelrohratmosphäre als explosionsfähig ermittelt.

Bei gleichzeitigem Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre und einer Zündquelle kann es zu einer Explosion kommen. Der mögliche Schaden einer solchen Explosion hängt von der Lage und dem Volumen der explosionsfähigen Atmosphäre ab. Die Abschätzung möglicher Schäden durch Explosionsereignisse ist schwierig, die Gefährdung des Bohrpersonals, durch bei einer Explosion herausgeschleudertes Bohrgut ist aber wahrscheinlich. Es läßt sich weiterhin nicht ausschließen, daß selbst ein Bohrgreifer aus dem Mantelrohr gehoben werden kann.

Gegenüber verrohrten Bohrungen sind die bei unverrohrten Bohrungen austretenden Mengen an Deponiegas und somit die Gefahr durch eine explosionsfähige Atmosphäre meist größer.

Durch die größeren Mengen an Fördergut sind die Gefahren eines direkten Kontaktes mit flüssigen oder festen Gefahrstoffen bei Bohrungen größer als bei Sondierungen.

Folgende arbeitsschutzrelevanten Merkmale lassen sich nennen:

<b>Arbeitsschutzrelevante Merkmale von Bohrungen:</b>
in der Regel mehr Materialförderung als zur Untersuchung nötig
gasförmige Emissionen
Gefahrenpotential durch Explosion, Brand, toxische Wirkung
mit oder ohne Verrohrung, ohne Verrohrung muß mit höheren Gasemissionen gerechnet werden
größere Durchmesser und höherer technischer Aufwand (Lafette) als bei Sondierungen
Gefahr des Verspritzens von kontaminiertem Bohrgut und/oder Fördermedium
Handhabung von kontaminierter Ausrüstung

## 2.8 Sonderuntersuchungen

Die hier dargestellten Methoden gehen über den bei der Erkundung von Altablagerungen üblichen Untersuchungsumfang hinaus. Teilweise sind sie bereits in die Bereiche Bau- und Sanierungstechnik einzuordnen.

### 2.8.1 Schurf

Mit **Schürfen** können größere Probenmengen entnommen werden. Gegenüber Bohrungen und Sondierungen fallen hierbei wesentlich größere Mengen an Aushubmaterial an.

Gegenüber allen vorgenannten Erkundungsmaßnahmen ist bei Schürfen mit der größten Menge an austretenden Gasen zu rechnen. Gegenüber Bohrungen werden diese jedoch in Abhängigkeit von der Windsituation und der Tiefe rasch verdünnt.

Da Deponien meist aus sehr inhomogenem Material aufgebaut sind, besteht beim Einstieg in Schürfe weiterhin die Gefahr, daß es auch bei Anlegen einer Böschung zum Abrutschen von Abfall und so zur Verschüttung von Personen kommt. Weiterhin besteht durch die relativ großen freigelegten Flächen und einen möglichen direkten Kontakt mit Abfällen eine erhöhte Infektionsgefahr.

Als arbeitsschutzrelevante Merkmale lassen sich folgende Punkte nennen:

<b>Arbeitsschutzrelevante Merkmale von Schürfen:</b>
großflächige und/oder großvolumige Entnahme von Material mittels Bagger, Freilegen des Deponiekörpers
Möglichkeit eines großflächigen Austritts von Deponiegas
Kontakt mit kontaminiertem Material möglich
Ansammlung gefährlicher explosionsfähiger, sauerstoffarmer, toxischer Atmosphäre Schurf möglich
Absturzgefahr / Verschüttungsgefahr
Infektionsgefahr

### 2.8.2 Absaugversuch

**Absaugversuche** werden zur Verifizierung von Ergebnissen einer rechnerischen Gasprognose oder zur Probenahme für eine Analyse der Gaszusammensetzung unter Absaugbedingungen<sup>2</sup> durchgeführt. Bei der Erkundung von Altablagerungen wird praktisch ausschließlich letztere Methode eingesetzt.

Hierzu wird aus einem schon vorhandenen oder erst anzulegenden Gasbrunnen oder an einer Sonde mit Hilfe eines Gebläses Gas aus der Deponie abgesaugt. Durch Variation des Volumenstromes ändert sich die Gaszusammensetzung, insbesondere bei einem hohen Absaugvolumenstrom kann es hierbei zum Ansaugen von Luft durch die Deponieoberfläche kommen.

<sup>2</sup> z.B. Handbuch Altlasten, "Der Deponiegashaushalt in Altablagerungen - Leitfaden Deponiegas" (siehe weiterführende Literatur).





## 3 Gefahren bei der Erkundung von Altablagerungen

### 3.1 Allgemeines

Das hauptsächliche Gefahrenpotential bei den Erkundungsmethoden besteht darin, daß Gefahrstoffe freigesetzt werden können, die gesundheitsschädigend und/oder entzündlich sein können und mit Luft gefährliche explosionsfähige oder brennbare Gemische bilden können. Darüber hinaus können verschiedene, je nach örtlicher Situation und Maßnahme mehr oder weniger ausgeprägte Risiken auftreten:

- Aufnahme von Gefahrstoffen in den Körper (Inhalation, Inkorporation, Hautkontakt) mit den damit verbundenen Auswirkungen auf die Gesundheit
- Verschleppung von Gefahrstoffen, die z. B. an Geräten oder Fahrzeugen gebunden sind, in nicht belastete Bereiche
- Verschleppung von Gefahrstoffen, die an die Kleidung gebunden sind, von der Baustelle in den häuslichen Bereich bzw. in Pausenräume
- Gefährdung der Nachbarschaft einer Baustelle durch Ausgasung oder Flüssigkeitsaustritte im Bereich der Probenahme.

Stoffe sind dann gefährlich, wenn sie eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften besitzen:

- explosionsgefährlich
- brandfördernd
- entzündlich, hochentzündlich oder leichtentzündlich
- giftig oder sehr giftig
- gesundheitsschädlich
- ätzend
- reizend
- sensibilisierend
- krebserzeugend
- fortpflanzungsgefährdend
- erbgutverändernd
- umweltgefährdend

Weitergehende Informationen enthält die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV).

Der Grad der Gefährdung wird, insbesondere bei toxischen Stoffen, durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst:

- Art des Arbeitsverfahrens
- Toxizität der Stoffe
- Mobilität der Gefahrstoffe
- Konzentration der Gefahrstoffe
- Zusammensetzung des Schadstoffspektrums und Wirkung in Kombination mit anderen Stoffen
- Einwirkdauer

- Art der Aufnahme in den Körper,
  - über die Atemwege (inhalativ)
  - über die Haut (dermal)
  - über den Mund (oral)
- Konstitution der betroffenen Personen.

Im folgenden wird im einzelnen auf die bei der technischen Erkundung auftretenden Gefahrstoffe bzw. Gefahren eingegangen.

## 3.2 Deponiegas

### 3.2.1 Menge und Zusammensetzung

Die auf Altablagerungen, insbesondere Siedlungsabfalldeponien, bisher und auch heute noch abgelagerten Abfälle bestehen aus einem Gemisch von organischen und anorganischen Feststoffen, die mit unterschiedlichen Feuchtegehalten inhomogen im Deponiekörper verteilt sind. Je nach Zusammensetzung, Feuchtigkeit und Verdichtung dieser abgelagerten Abfälle, kommt es im Deponiekörper zu mikrobiellen und chemischen Umsetzungsprozessen.

Während aerobe Abbauprozesse über längere Zeit in den obersten Schichten von Deponien auftreten, laufen in den darunterliegenden Schichten nach Aufbrauchen des Sauerstoffs nur noch anaerobe Umsetzungen ab. Beim letzteren Prozeß entsteht Deponiegas.

Die Produktion von Deponiegas kann über mehrere Jahrzehnte anhalten. Laborversuche ergaben, daß für deutsche Verhältnisse aus einer Tonne Hausmüll in diesem Zeitraum zwischen 120 und 300 m<sup>3</sup> Deponiegas entsteht.

Zu über 99% besteht Deponiegas aus den beiden Hauptkomponenten Methan und Kohlendioxid. Ist die stabile Methanphase erreicht, stellen sich Konzentrationen von ca. 55% CH<sub>4</sub> und ca. 44% CO<sub>2</sub> ein.

Neben den Hauptkomponenten Methan und Kohlendioxid muß zusätzlich mit einer großen Anzahl sogenannter Spurenstoffe gerechnet werden. Hierbei handelt es sich um eingelagerte, leichtflüchtige Substanzen bzw. Umwandlungsprodukte aus dem anaeroben Abbau. Bedingt durch Unterschiede in der Art der abgelagerten Abfälle, der Einbauart etc., sind verschiedene Substanzen in unterschiedlicher Konzentration zu erwarten. Tab. 1 zeigt die Schwankungsbereiche einiger Substanzen, die an unterschiedlichen Deponien analysiert wurden.

Als weiterer Bestandteil von Deponiegas ist auch der Wasserdampf zu nennen. Durch den hohen Feuchtegehalt in Deponien bzw. Altablagerungen ist Deponiegas fast immer wasserdampfgesättigt.

Mit nachlassender Gasproduktion dringt Luft in den Deponiekörper ein, so daß langfristig die Gaszusammensetzung in der Altablagerung mit der von ungestörter Bodenluft identisch wird. Hierbei lassen sich sechs Phasen unterscheiden (Abb. 4). Eine Zuordnung zu einer der Phasen ist mit den Daten der historischen Erkundung mit hoher statistischer Wahrscheinlichkeit möglich. Eine eindeutige Zuordnung einer Altablagerung zu einer Phase ist auch über die

Gaszusammensetzung möglich. In Abb. 4 sind die Bereiche der gemessenen Methankonzentrationen und die jeweilige Phase für die Modellstandorte Osterhofen und Mannheim eingetragen.

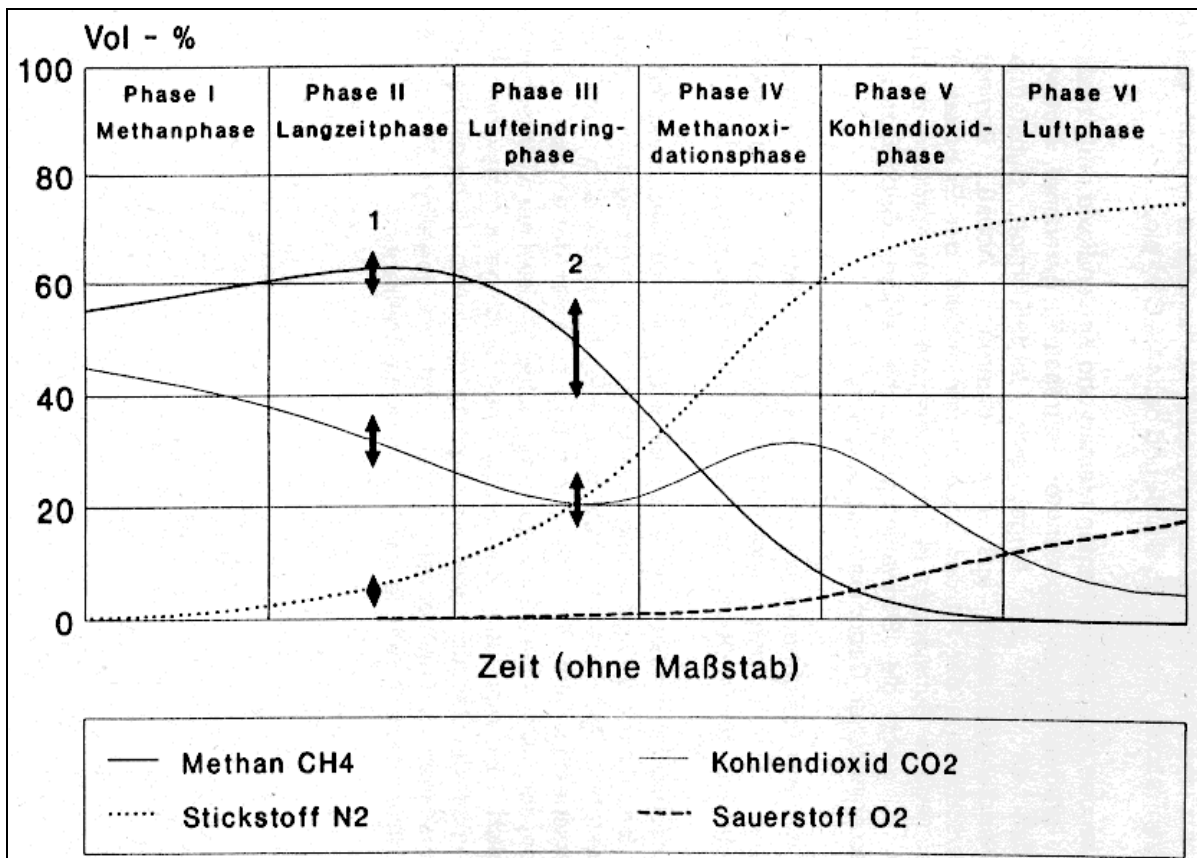


Abb. 3: Deponiegas - Langzeitkonzentrationsverlauf an Altablagerungen<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Der Deponiegashaushalt in Altablagerungen - Vorgehensweise und Technik zu seiner Erkundung und Bewertung (Leitfaden Deponiegas), Materialien zur Altlastenbearbeitung Band 10, Karlsruhe 1992

Substanz		nach RETTEN- BERGER	Modellstandorte		
			A	B	C
		[mg/m <sup>3</sup> ]*	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]
Benzol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,037	0,2 - 6,1	<0,5 - 19,3	<0,5 - 1,1
Ethylbenzol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0,5 - 236	0,5 - 87,3	<0,5 - 111	<0,5 - 1,0
1,3,5 Methylbenzol	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	10 - 25	n.u.	n.u.	n.u.
Toluol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,2 - 615	0,2 - 0,7	<0,5 - 64,2	<0,5 - 280
m-/p-Xylol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0 - 376	1,4 - 204,9	<0,5 - 245	<0,5 - 2,5
o-Xylol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0,2 - 7	0,5 - 27,3	<0,5 - 76,9	<0,5 - 0,5
Trichlorfluormethan	CCl <sub>3</sub> F	1 - 84	<0,1	n.u.	<0,01 - 22,3
Dichlordifluormethan	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	4 - 119	<0,1	n.u.	<0,01 - 12,2
Chlordifluormethan	CHClF <sub>2</sub>	-	n.u.	n.u.	<0,01 - 64,8
Chlortrifluormethan	CClF <sub>3</sub>	0 - 10	n.u.	n.u.	n.u.
Dichlormethan	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0 - 6	<0,1	n.u.	<0,1 - 5,8
Trichlormethan	CHCl <sub>3</sub>	0 - 2	<0,1	<0,001	<0,01 - 0,3
Tetrachlormethan	CCl <sub>4</sub>	0 - 0,6	n.u.	<0,001 - 0,02	<0,005 - 0,02
1,1,1 Trichlorethan	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub>	0,5 - 4	<0,1	<0,001 - 0,18	<0,01 - 0,16
Chlorethen	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl	0 - 264	<0,1 - 2,3	n.u.	<1 - 2,2
Dichlorethen	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0 - 294	<0,1 - 0,2	<0,3 - 25,3	<0,2 - 5,0
Trichlorethen	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	0 - 182	<0,1	<0,001 - 2,1	<0,001 - 3,15
Tetrachlorethen	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	0,1 - 142	<0,1	<0,001 - 2,09	0,001 - 2,9
Chlormethan	CH <sub>3</sub> Cl	-	<0,1	n.u.	n.u.
Dichlorethan	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	-	<0,1	n.u.	<0,2
Chlorbenzol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	0 - 0,2	n.u.	n.u.	n.u.

Tab. 1: Ausgewählte Spurenstoffe in den Deponiegasen der Modellstandorte und nach RETTENBERGER, bezogen auf luftfreies Deponiegas

n.u. = nicht untersucht,

\* Bereich der Analysen mehrerer untersuchter Deponien

### 3.2.2 Eigenschaften

Die physikalischen **Eigenschaften** von Deponiegas werden von dessen Hauptkomponenten und deren Verhältnis zueinander bestimmt. Methan ist mit einer Dichte von 0,71 kg/m<sup>3</sup> leichter als Luft (ca. 1,2 kg/m<sup>3</sup>), Kohlendioxid dagegen mit 1,98 kg/m<sup>3</sup> deutlich schwerer. Ob Deponiegas schwerer oder leichter als Luft ist, hängt somit von der Relation zwischen Methan und Kohlendioxid ab. Überwiegt Methan, so ist Deponiegas leichter als Luft und neigt zum

Aufsteigen in die Atmosphäre. Bei hohen Kohlendioxidgehalten sinkt Deponiegas ab und kann sich somit in den am tiefsten gelegenen Stellen anreichern. In Räumen mit Gasüberwachung sprechen in der Regel die höher gelegenen Sensoren für Methan früher an, was auf eine meist geringfügig niedrigere Dichte im Vergleich zu der von Luft hindeutet. Da die Dichte u.a. von der Temperatur abhängt, muß auch in kühleren Bereichen mit höheren Deponiegaskonzentrationen gerechnet werden (FRANZIUS).

Alle Gaskomponenten sind untereinander und mit Luft mischbar. Eine Entmischung findet nicht statt, jedoch sind durchaus Effekte denkbar, die einen Einfluß auf die Deponiegaszusammensetzung haben können (z.B. Lösung von Kohlendioxid in Wasser).

Die wesentlichen Eigenschaften der hauptsächlichen Deponiegas-komponenten sowie Luft sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Eigen-schaften	Methan CH <sub>4</sub>	Kohlen-dioxid CO <sub>2</sub>	Wasser-stoff H <sub>2</sub>	Schwe-felwas-serstoff H <sub>2</sub> S	Stick-stoff N <sub>2</sub>	Sauer-stoff O <sub>2</sub>	Luft
Relative Dichte (Luft=1)	0,555	1,52	0,069	1,190	0,760	1,11	1
Brennbar-keit	ja	nein	ja	ja	nein	-	-
Explosi-onsfähig-keit	5-15 Vol.% in Luft	nein	4-75,6 Vol.% in Luft	4,3-45,5 Vol.% in Luft	nein	-	-
Zündtem-peratur	595°C	-	560°C	270°C	-	-	-
Geruch	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein
MAK-Wert (ml/m <sup>3</sup> )	-	5000	-	10	-	-	-

**Tab. 2: Eigenschaften der wesentlichen Deponiegaskomponenten sowie Luft**

Im Innern der Deponie steht das Gas durch die dauernde Neubildung unter einem geringen Überdruck. Hierdurch bildet sich eine druckinduzierte Strömung aus, die je nach Vorhandensein von Abdeckungen, zum mehr oder weniger großen Austritt an der Deponieoberfläche und/oder zur Migration in den Untergrund des Deponieumfeldes führt. Besonders bei aufgefüllten Kies- und Sandgruben mit gasdurchlässiger Basis sind Strömungen bis in entferntere Bereiche (durchaus 300-1000 m) möglich.

Durch den inhomogenen Deponieaufbau sind bevorzugte Wegsamkeiten gegeben. Vor allem auch durch das schichtenweise Ablagern von Abfällen treten Emissionen besonders an den Flanken der Deponien auf. Verstärkte Emissionen sind stets auch an Rissen und Spalten, z.B. den Abrißkanten ehemaliger Gruben, zu beobachten.

Bohrungen, Sondierungen und ähnliche Eingriffe in den Deponiekörper erzeugen künstliche Gaswege, die zu einem Ausgleich des Druckgefälles zwischen dem Deponieinneren und der Atmosphäre und somit zu einer intensiven Ausgasung führen können.

Auch ohne Druckunterschiede breiten sich Gase aus, wobei dann ein diffusionsinduzierter Transport von Bereichen höherer Konzentration zu Bereichen niedriger Konzentration abläuft. Beim Austritt aus der Deponie ist die Verdünnung in der Atmosphäre von der Topographie und der Stärke der Luftströmung abhängig. Messungen an ebenen Deponieflächen haben gezeigt, daß Deponiegas in 2,0 m Höhe mehr als 1000- bis 10000-fach verdünnt sein kann. Ungünstiger ist die Situation bei Gräben und Schürfen. Durch schlechten Luftaustausch können hier hohe Deponiegaskonzentrationen auftreten. In geschlossenen Räumen und Behältern kann Deponiegas sogar unverdünnt anstehen.

Durch den Gehalt an Spurenstoffen besitzt Deponiegas einen charakteristischen, unangenehmen Geruch. Verantwortlich hierfür sind vor allem Schwefelwasserstoff, organische Schwefelverbindungen (Mercaptane), verschiedene Ester und Alkylbenzole. Diese Stoffe sind - weil sehr geruchsintensiv - oft bereits in geringsten Konzentrationen wahrnehmbar. Die Hauptkomponente Methan ist geruchlos, Kohlendioxid riecht schwach säuerlich.

Vor allem durch den Gehalt der brennbaren Komponente Methan kann Deponiegas bei Zumischung von Luft eine explosionsfähige Atmosphäre bilden (vgl. Abschnitt 4.5). Wasserstoff und Schwefelwasserstoff haben hierbei in der Regel keine Bedeutung. Somit können von Deponiegas unter bestimmten Voraussetzungen Schadwirkungen ausgehen.

### 3.2.3 Wirkungen

Von Deponiegas können folgende chronische und akute Gefahren für die Gesundheit der auf Altablagerungen Beschäftigten ausgehen:

- a) Physiologische Schadwirkungen
  - Erstickungsgefahr durch Luftverdrängung, z.B. in Tiefpunkten wie Gräben und Schürfen sowie Räumen und Schächten
  - Gesundheitsschädigung durch einzelne Gaskomponenten
  - Beeinträchtigung des körperlichen Befindens z.B. Übelkeit, auch wenn aufgrund der Konzentration der Gefahrstoffe keine toxischen Auswirkungen zu erwarten sind.
- b) Physikalische Schadwirkungen
  - Verbrennungsgefahr
  - Verletzungsgefahr durch die Auswirkungen von Explosionen.
- c) Chemische Schadwirkungen

Diese sind lediglich in Zusammenhang mit der Wirkung auf technische Anlagen von Bedeutung. Eine Arbeitsschutzrelevanz ist nicht gegeben.

### 3.2.3.1 Erstickungsgefahr

Durch die oben genannten Eigenschaften kann sich Deponiegas in Räumen und Tiefpunkten ansammeln. Durch das Verdrängen der Luft kommt es zu Sauerstoffmangel.

Sauerstoffmangel in der Atemluft führt auch zu einem Sauerstoffmangel in den Zellen des menschlichen Körpers und blockiert wichtige Lebensfunktionen. Sauerstoffmangel wird durch die menschlichen Sinne nicht direkt wahrgenommen und kann zu Bewußtlosigkeit und Schädigung von Gehirnzellen führen.

Akute Lebensgefahr liegt vor, wenn der Sauerstoffgehalt der eingeatmeten Luft - der normalerweise bei ca. 21 Vol.-% liegt - auf < 14 Vol.-% abgefallen ist, jedoch ist bereits beim Unterschreiten von 17 Vol.-% mit einer Gefährdung zu rechnen. Nach den "Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen" (ZH 1/183) muß der Sauerstoffgehalt > 19 Vol.-% betragen.

### 3.2.3.2 Vergiftungsgefahr

**Kohlendioxid** ( $CO_2$ ) trägt durch seinen hohen Anteil am Deponiegas mit zur Gefährdung durch Sauerstoffverdrängung bei, es wirkt aber auch toxisch (vgl. Tab. 3). Die Gefährdung durch reines Kohlendioxid ist durch den nur sehr schwach oder nicht wahrnehmbaren Geruch organoleptisch kaum zu erkennen.

Konzentration von $CO_2$ in der Luft	Symptom/ Wirkung
über 10 Vol.-%	Lähmung des Atemzentrums → Narkose → Tod
> 9 Vol.-%	Tod nach 5-10 min Einatemdauer
ca. 6 - 10 Vol.-%	Atembeschleunigung → Blutdruckanstieg → Erregung → Herzklopfen → Kopfschmerzen
> 3 Vol.-%	Bewußtlosigkeit nach 0,5-1 h Einatemdauer
ca. 1 - 6 Vol.-%	Reizung der Schleimhäute → Atembeschleunigung
0,5 Vol.-%	MAK - Wert

**Tab. 3: Wirkung von verschiedenen Kohlendioxidkonzentrationen in der Atemluft auf den Menschen**

**Schwefelwasserstoff** ( $H_2S$ ) ist ein durch seinen typischen Geruch nach faulen Eiern zu charakterisierendes Gas. Der geringe Geruchsschwellenwert von 0,00001 Vol.%( = 0,1 ppm) ist die Ursache, daß Vergiftungen durch Schwefelwasserstoff äußerst selten auftreten, da die Gefahr meist rechtzeitig erkannt wird. Bei höheren Konzentrationen besteht allerdings die Gefahr, daß die Geruchssinne gelähmt werden und damit die Warnung entfällt. Gleiches gilt für den längeren Aufenthalt auf Deponien, auch hier kann durch Gewöhnungseffekte die Geruchswahrnehmung beeinflußt werden. Derartig hohe Konzentrationen werden im Deponiegas bis auf Ausnahmefälle nicht festgestellt. Die Wirkung von Schwefelwasserstoff ist in Tab. 4 angegeben.

Von den sonstigen Spurengasen sind vor allem Benzol und Vinylchlorid toxikologisch von Bedeutung, da diese krebserregend sind und in relevanten Konzentrationen vorkommen.

Weitere Stoffe mit toxischer Wirkung sind Schwefelverbindungen wie Mercaptane, schwere Kohlenwasserstoffe sowie Aromaten wie Toluol und Xylol und einige CKW's. Da diese Spurenstoffe im Deponiegas in nur sehr geringen Konzentrationen auftreten, ist bei ungestörter Verdünnung mit der Atmosphäre eine Gesundheitsgefährdung im Rahmen der Erkundung nicht zu befürchten.

Konzentration von H <sub>2</sub> S in der Luft	Symptom / Wirkung
0,18 Vol.-%	tödlich in wenigen Sekunden (Atemlähmung, schlagartig eintretende Bewußtlosigkeit)
0,1 Vol %	Krämpfe, Bewußtlosigkeit, lebensgefährlich in wenigen Minuten
400 ppm	Schwindel und Atemnot nach ca. 0,5-1 h Einatemdauer
200 ppm	schwere Reizung der Schleimhäute nach 30 min, Geruchslähmung
100 ppm	Reizempfindung (Brennen) an den Schleimhäuten, der Augen und der Atemwege, Speichelfluß, Hustenreiz,
10 ppm (MAK-Wert)	unangenehme und lästige Geruchsempfindung
ca. 0,1 ppm	Geruchsschwelle

**Tab. 4: Wirkungen von Schwefelwasserstoff**

### 3.2.3.3 Brandfolgen

Die bei der **Verbrennung** eines Gasgemisches auftretende Flamme kann beim Aufenthalt von Personen innerhalb dieses Bereiches zu schweren Verletzungen führen. Beim Einatmen der heißen Brandgase sind auch die Atemwege und besonders die Lunge gefährdet.

Bei der Verbrennung von niedermolekularen Kohlenwasserstoffen, wie Methan, erfolgt mit einer schwach bläulichen Flamme, die insbesondere bei Sonnenschein kaum erkennbar ist. Auch bei langsam ablaufenden Verbrennungen oberhalb der Explosionsgrenze besteht so die Möglichkeit, daß die Gefahr erst spät erkannt wird.

### 3.2.3.4 Explosionsfolgen

Bei **explosionsartigem Verlauf** einer Verbrennung besteht durch die Zerstörungswirkung eine zusätzliche Verletzungsgefahr. Wird ein entsprechendes Gemisch in einem geschlossenen System entzündet, kann ein beträchtlicher Explosionsdruck aufgebaut werden. Bei einem Volumenanteil zwischen 9% und 10% Methan kann der maximale Explosionsüberdruck in einem geschlossenen System bis zum 7-fachen des Ausgangsdruckes betragen, so daß erhebliche Zerstörungswirkungen hiervon ausgehen können. Geht innerhalb des geschlossenen Systems die ablaufende Reaktion in eine Detonation über, so können beträchtlich größere impulsartige Druckspitzen im System auftreten.



## 3.3 Sonstige Gefahrstoffe

### 3.3.1 Flüssigkeiten

Das in einen Deponiekörper eindringende Niederschlags- und Fremdwasser nimmt beim Durchsickern der abgelagerten Materialien wasserlösliche Inhaltsstoffe auf. Dies sind entweder mit den Abfällen eingebrachte Substanzen oder hieraus im Zuge biologischer oder chemischer Umwandlungsprozesse entstandene Reaktionsprodukte. Dieses sogenannte Sickerwasser tritt oft am Fuß von Deponien bzw. Altablagerungen oder im Flankenbereich aus, falls es nicht systematisch gefaßt und abgeleitet wird bzw. in den Untergrund abfließt. Erfahrungsgemäß sind bei Altablagerungen wegen Inhomogenitäten im Inneren des Deponiekörpers Sicker- bzw. Stauwasserhorizonte vorhanden.

Da das Auftreten von Sickerwasser besonders bei Bohrarbeiten/ Sondierarbeiten zu erwarten ist, kommt als möglicher Kontaminationspfad neben der inhalativen Aufnahme (ausgasende Stoffe) auch verstärkt der dermalen Aufnahme (Hautkontakt) Bedeutung zu. Dies gilt insbesondere für die im Sickerwasser enthaltenen Lösemittel Trichlorethen, Tetrachlorethen, Benzol, Toluol u.ä. (vgl. Tab. 5).

Benzol	< 50 mg/l
Toluol	7,5 - 600 mg/l
PCB	< 50 mg/l
Trichlorethen	290 - 530 mg/l
Tetrachlorethen	<10 - 100 mg/l
Tetrachlormethan (R 10)	70 - 270 mg/l

**Tab. 5: Schwankungsbereiche einiger organischer Spurenstoffe in Sickerwasser**

Weitere Gefahren durch Flüssigkeiten stellen z.B. kontaminiertes Grundwasser und Kondensate (bei Deponieentgasungssystemen) dar.

Gefahrenquellen könnten auch flüssigkeitsgefüllte Fässer sein, die bei den Erkundungsmethoden mit Eingriff in den Deponiekörper beschädigt werden könnten. Bei Aufgrabungen an Altablagerungen hat sich jedoch gezeigt, daß Fässer durch die Auflast entweder zerdrückt bzw. bei Metallfässern durchkorrodiert und somit entleert sind.

### 3.3.2 Feststoffe

Gefahren über den Feststoffpfad sind in verschiedener Hinsicht möglich. Im einzelnen sind dabei die im folgenden genannten Möglichkeiten zu unterscheiden:

#### 3.3.2.1 Staub

Bei der Erkundung einer Altablagerung kann es, bedingt durch verschiedene Baumaßnahmen, zu **Staub**emissionen kommen. Die Beurteilung bzw. Prognose hinsichtlich der zu erwartenden Transportvorgänge ist schwierig.

Bei Stäuben stellt die inhalative Aufnahme den Hauptwirkungspfad dar.

Die Gefahrstoffverordnung enthält keinen MAK-Wert für die Gesamtstaubbelastung am Arbeitsplatz. Durch die Festsetzung einer Feinstaubkonzentration von  $6 \text{ mg/m}^3$  ist jedoch ein allgemeiner Staub-Grenzwert festgelegt, oberhalb dessen eine Beeinträchtigung der Funktion der Atemorgane infolge einer allgemeinen Staubeentwicklung verhindert werden soll. Hierbei muß jedoch zusätzlich sichergestellt sein, daß z. B. toxische oder krebserzeugende Wirkungen durch die Inhaltsstoffe auszuschließen sind. Für einzelne mineralische Stäube und mit Gefahrstoffen belastete Staubarten und Aerosole bestehen weitere Grenzwerte (vgl. TRGS 900).

Vergleichsmeßwerte für einzelne Staubarten im Bereich von Deponien oder Altablagerungen liegen nicht vor. Einen Sonderfall stellen Messungen von asbesthaltigen Stäuben auf Hausmüll- und Bauschuttdeponien dar (MARFELS 1988). Bei diesen Untersuchungen wurden ca. 5% des TRK-Wertes für Asbest erreicht, was auch in Bezug auf Altablagerungen auf ein geringes Gefährdungspotential hindeutet.

### **3.3.2.2 Kontaminiertes Aushubmaterial, Bohrgut bzw. kontaminierte Bodenproben**

Ohne Analyse sind grundsätzlich das gesamte Aushubmaterial, Bohrgut und alle Bodenproben von Altablagerungen als kontaminiert anzusehen. Proben mit besonderem Gefährdungspotential sind insbesondere

- visuell und organoleptisch auffällige (öhlhaltige, stark riechende etc.) Proben,
- aus nachweislich kontaminierten Bereichen stammende Proben (z.B. aufgrund von Erkenntnissen aus der historischen Erkundung).

Durch Veränderung der Umgebungsbedingungen (Sonneneinstrahlung, Regenwasser) sind erhöhte Ausgasungen aus dem Probegut oder chemische Reaktionen möglich.

### **3.3.2.3 Reaktive Abfälle**

Bestimmte (Sonder-)Abfälle reagieren bei der oberirdischen Ablagerung unter dem Einfluß der Deponiefeuchte bzw. des Niederschlagswassers (Wasserreaktivität). Dies gilt vor allem für Abfälle aus der Aluminiumindustrie, z. B. leichtmetallhaltige Stäube, Krätzen, Salzschlacken, Tiegel- und Ofenausbrüche aus der Schmelzelektrolyse, aber auch für Stäube und Schlacken aus der eisenschaffenden und -verarbeitenden Industrie, welche Hochtemperatur-Reaktionsprodukte enthalten. Je nach Art und Gehalt des Abfalls können sich hierbei erhebliche Mengen an Wasserstoff aber auch Methan, Ammoniak, Schwefelwasserstoff oder Phosphin bilden. Darüber hinaus kann eine erhebliche Wärmemenge freigesetzt werden.

Bei Altablagerungen wird sich nur in sehr seltenen Fällen eine Relevanz in Bezug auf die Wasserreaktivität ergeben, da diese Reaktionen in den ersten Jahren nach der Ablagerung ablaufen. Aufgrund von Konservierungseffekten könnte es aber bei Wasserzutritt auch noch nach vielen Jahren zu einer Gasbildung kommen.

Sind Hinweise auf die Ablagerung solcher Sonderfälle bekannt, ist dies bei der Spurenstoffanalytik zu berücksichtigen.

### 3.3.2.4 Keime

Infolge der heterogenen Zusammensetzung des Mülls kommen auch pathogene **Keime** darin vor. Verschiedene Keime können sich über einen mehr oder weniger langen Zeitraum lebensfähig und infektiös halten oder sich sogar noch vermehren. Besonders coliforme Bakterien aber auch Tetanusbazillen (Erreger des Wundstarrkrampfs) und Milzbranderreger sind in der Lage, mehrere Monate oder Jahre im Boden/ Müll zu überleben. Eine gesundheitliche Gefährdung ist deshalb nicht auszuschließen. Konkrete Angaben über Krankheiten, hervorgerufen durch den Umgang mit Müll auf Deponien oder Altablagerungen sind nicht möglich, da eine definitive Beziehung zu einzelnen Krankheiten nicht mit letzter Sicherheit nachgewiesen werden kann. Allerdings kann, nach derzeitigem Kenntnisstand, von einem erhöhten Infektionsrisiko ausgegangen werden.

Der Wirkungspfad von Keimen geht entweder über Hautdefekte (Wunden etc.), oral oder inhalativ. Bei der inhalativen Aufnahme ist die Größe der eingeatmeten Partikel von entscheidender Bedeutung. Im allgemeinen werden nur Partikel, die kleiner als 5 µm sind, als lungengängig angesehen. Ein großer Teil der Keime ist an Partikel kleiner 5 µm gebunden und damit lungengängig. Zu einem erhöhten Infektionsrisiko über die Haut kann es auch kommen, wenn die Haut durch das Tragen von Schutzhandschuhen aufweicht. Einer entsprechenden Hautpflege ist somit besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Ob eine Erkrankung erfolgt, hängt neben der Art und Anzahl der Erreger (unterschiedlich hohe Infektionsdosis der einzelnen Erreger) und ihren Eigenschaften auch von der Empfänglichkeit des einzelnen Arbeitnehmers ab (Zustand des Abwehrsystems). Folgen können dann in Form von Infektionen, Allergien oder toxischen Wirkungen auftreten.

Die Festlegung von Grenzwerten für eine Keimbelastung steht noch aus, bisher liegen lediglich Einstufungsvorschläge vor. Aufgrund der bisher durchgeführten Untersuchungen kann jedoch ausgesagt werden, daß im Bereich der Forst- und Landwirtschaft vergleichbare Keimzahlen wie an Deponien festgestellt wurden. Von hier sind auch Krankheitsbilder aufgrund von Pilzsporen in der Atemluft bekannt.

## 3.4 Sonstige Gefahren und Risiken

### 3.4.1 Radioaktivität

Zwar wird bei der Definition der Begriffe Altlast oder Altablagerung eine Kontaminierung mit **radioaktiven Stoffen** meist ausdrücklich ausgeklammert, jedoch besteht auf Altablagerungen prinzipiell die Möglichkeit des Auftretens dieser Substanzen. Sollten sich aus der historischen Erkundung hierzu Hinweise ergeben, so sind entsprechende Messungen von den hierfür zuständigen Stellen durchführen zu lassen. Verdachtsmomente bestehen z.B. bei Altablagerungen von Streitkräften oder von Firmen, die Umgang mit solchen Stoffen haben bzw. hatten (Uhrenindustrie, Uranbergbau).

Eine generelle Messung der Radioaktivität erscheint nicht sinnvoll.

### 3.4.2 Fundmunition

Eine Gefährdung bei **Fundmunition** geht vor allem von Sprengstoff aus. Hier besteht die Möglichkeit, daß eine Ablagerung auf Deponien erfolgte. Hinweise können die Kampfmittelräumdienste der Länder geben. Diese können auch angeben, ob die gefundene Munition Kampfstoff enthält.

### 3.4.3 Versorgungsleitungen

Die Lage von **Strom-, Wasser- oder Gasleitungen** auf Altdeponien und in ihrem Randbereich kann durch Aktendurchsicht geklärt werden. Es sind außerdem mögliche Betreiber der Versorgungsleitungen zu fragen. Sie geben das weitere Vorgehen an (z.B. Sicherheitsabstand, Suchgräben für die Lage der Leitungen).

Ein genügender Sicherheitsabstand zur vermuteten Lage von Versorgungsleitungen sollte immer eingehalten werden. Vorsicht ist jedoch immer geboten, da die existierenden Bestandspläne oft ungenau sind.

## 4 Arbeitsschutzmaßnahmen

### 4.1 Aufgaben und Ziele

Eine Vielzahl der auf Altablagerungen vorkommenden Schadstoffe können Gesundheitsschäden verursachen, wenn Personen mit ihnen in Kontakt kommen. Entsprechend dem Gefährdungspotential sind deshalb Arbeitsschutzmaßnahmen vorzusehen. Unterschieden wird hierbei in Maßnahmen organisatorischer, technischer sowie persönlicher Art, wobei sich diese sowohl auf die Maßnahmendurchführung als auch auf die Arbeitsvorbereitung erstrecken.

Oberstes Ziel von Arbeitsschutzmaßnahmen ist der Schutz der Gesundheit. Darüber hinaus müssen sie angemessen und ausführbar sein. Überzogene Anforderungen führen zu unnötigen Mehrausgaben oder unnötiger Mehrbelastung der Beschäftigten.

Technische Schutzmaßnahmen sind organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen vorzuziehen. Dies führt zu folgender Reihenfolge bei der Auswahl von Schutzmaßnahmen, wobei die nachfolgende Maßnahme dann einzusetzen ist, wenn die vorangehende nicht durchgeführt werden kann oder nicht zu einer Beseitigung der Gefährdung führt.

1. Verhinderung der Freisetzung von Gefahrstoffen durch geeignete Maßnahmen (z.B. emissionsarme Probenahmeverfahren)
2. Vollständige Erfassung von freiwerdenden Gefahrstoffen an ihrer Austritts- oder Entstehungsstelle (z. B. Absaugen von Dämpfen) und gefahrlose Beseitigung
3. Herabsetzen der Konzentrationen durch Lüftungsmaßnahmen (Verdünnung)
4. Tragen von persönlicher Schutzausrüstung bei gleichzeitiger Begrenzung der Tragezeit auf das unbedingt erforderliche Maß.

Zusätzlich sind bei allen oben genannten Schutzmaßnahmen auch Schutzmaßnahmen organisatorischer Art zu treffen (siehe 4.2).

### 4.2 Organisation

Bei der **Organisation** des Arbeitsschutzes gilt der Grundsatz, daß die nachstehenden Maßnahmen auf den Einzelfall abzustimmen und bereits vor Beginn der Arbeiten festzulegen sind.

- Arbeitsmedizinische Untersuchungen der Beschäftigten (Abstimmung mit Arbeitsmedizinern ist erforderlich, siehe 4.8).
- Erstellung eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzplanes, in dem die aufgrund des bisherigen Kenntnisstandes erwarteten Gefahrstoffe genannt werden und die vorgesehenen Arbeits- (Erkundungs-) verfahren und die hieraus resultierenden Arbeitsschutzmaßnahmen beschrieben werden.
- Erstellung einer Notfallplanung mit Organisation der notwendigen Erste-Hilfe- und Brandschutz-Maßnahmen.
- Erarbeitung einer auf die Arbeiten abgestimmten Arbeits-/Betriebsanweisung, die das Verhalten der Beschäftigten auf dem Bau Feld regelt.
- Unterweisung der Beschäftigten anhand der Betriebsanweisung (siehe 4.4).

- Erarbeitung eines meßtechnischen Überwachungsprogramms für die Arbeitsplätze der Beschäftigten unter Berücksichtigung der "Technischen Regeln für Gefahrstoffe" (TRgA 400 und TRGS 402/403) soweit anwendbar (siehe 4.5).

### 4.3 Baustelleneinrichtung

Bei Sondier-, Bohr- und Schurfarbeiten ist - abhängig von Umfang und Zeitraum - eine geeignete Baustelleneinrichtung vorzusehen.

#### 4.3.1 Schwarz-Weiß-Anlage

Zu einer Baustelleneinrichtung zählt insbesondere eine **Schwarz-Weiß-Anlage**, wie sie im nachstehenden Lageplan dargestellt ist (mittlerweile sind auf dem Markt auch kleinere und damit kostengünstigere Anlagen erhältlich). Hierdurch wird die Gefahr einer Schadstoffverschleppung vermindert und den Beschäftigten eine geeignete Einrichtung zur Körperhygiene gegeben. Die Anlage dient auch der Lagerung und Wartung der persönlichen Schutzausrüstung. Vor dem Zugang zu den Arbeitsbereichen (Schwarz-Bereich) sind Einrichtungen zur Stiefelreinigung anzuordnen. Dies sind z.B. Stiefelwaschanlagen (als Durchwatbecken oder mit Gitterrosten abgedeckte Wannen) mit Reinigungsbrausen oder -bürsten, ggf. auch Duschen für isolierende Schutzkleidung. Ein Stiefelwechselplatz kann eine Stiefelreinigungsanlage ersetzen. Ob eine Schwarz-Weiß-Anlage einzurichten ist und welchen Umfang diese haben sollte, sollte bei o.g. Erkundungen in jedem Fall mit dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt oder den zuständigen gesetzlichen Unfallversicherungsträgern abgeklärt werden.

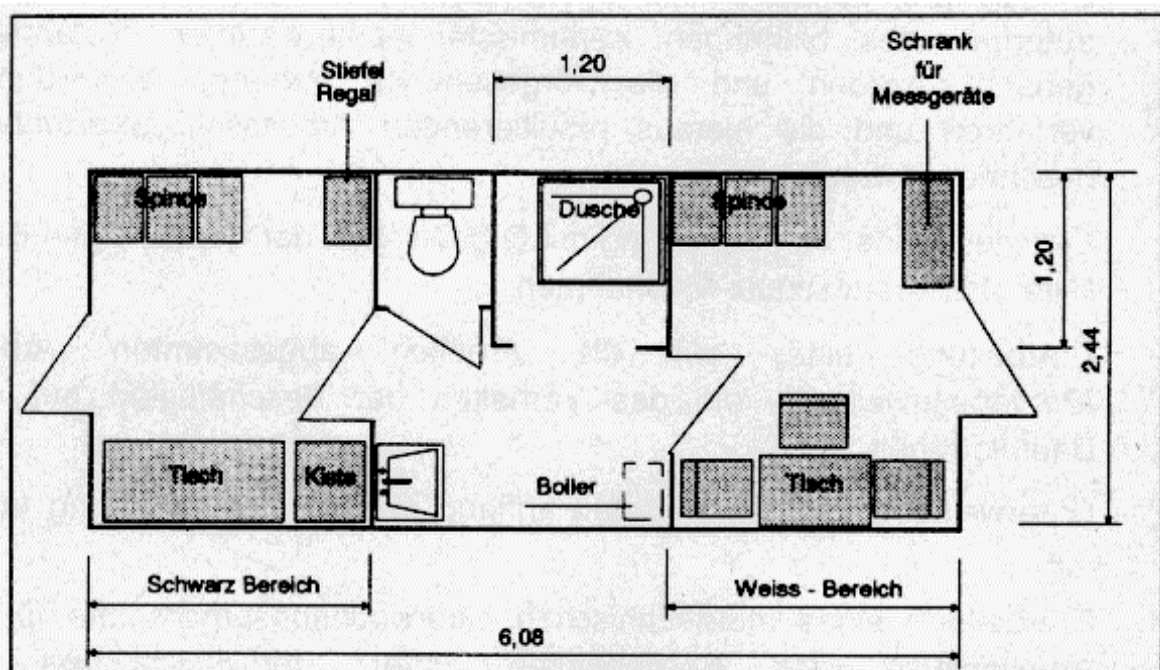


Abb. 4: Prinzipskizze eines Schwarz-Weiß-Containers<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Burmeier, H. et al: Sicheres Arbeiten auf Altlasten, 2. Auflage, Hrsg: focon-Ingenieurgesellschaft, Aachen 1995

### 4.3.2 Einteilung in Schutzzonen

Bei Sanierungsmaßnahmen auf Altlasten hat sich eine Einteilung der Baustelle in einen belasteten Bereich (schwarze Zone), einen Reinigungsbereich (graue Zone) und einen Unterstützungsbereich (weiße Zone) mit einer jeweiligen Einzäunung dieser Zonen zur Verhinderung von Schadstoffverschleppungen und zur Baustellenkontrolle bewährt. Wie bei der Schwarz-Weiß-Anlage ist eine solche strenge Schutzzoneneinteilung bei den meisten Erkundungsmaßnahmen auf Altablagerungen nicht verhältnismäßig. Eine flexible Einteilung in Aufenthaltsbereiche, wie

- Arbeitsbereich
- Dekontaminationsbereich und
- Aufenthalts- und Sanitärbereich

stellt bei den meisten Erkundungsarbeiten eine sinnvolle Maßnahme dar, wobei eine Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten, wie z. B. die Nutzung noch bestehender Räume, erfolgen sollte.

### 4.3.3 Dekontamination von Geräten

Die erforderlichen Dekontaminationsmaßnahmen für Sondier- und Bohrgeräte und sonstige im kontaminierten Bereich verwendeten Hilfsmittel sind festzulegen. Da bei der Erkundung in der Regel noch keine geeigneten Möglichkeiten zur Reinigung der Geräte vor Ort vorhanden sind, muß die Reinigung an einer anderen, dafür geeigneten Stelle (befestigter Waschplatz mit Vorrichtungen zum Sammeln der Schmutzwässer) erfolgen. Sondierstangen, Bohrrohre und sonstiges Zubehör kann nach dem Einsatz z.B. in abzudeckenden Wechselcontainern vorübergehend abgelegt und danach einem externen Waschplatz zugeführt werden.

## 4.4 Personal

Vom **Personal**, welches mit der technischen Erkundung beauftragt ist, ist zu fordern, daß es körperlich geeignet und ausreichend über Maßnahmen zum Unfallschutz, Brandschutz und über Erste Hilfe informiert ist.

Die Überwachung des Gesundheitszustandes sowie der körperlichen Eignung der Beschäftigten ist im Rahmen eines arbeitsmedizinischen Untersuchungsprogrammes für alle in kontaminierten Bereichen Beschäftigten erforderlich (siehe auch 4.8).

Theoretische und praktische Ausbildung mit Prüfung bzw. Kontrolle des Kenntnisstandes ist vor allem nötig

- im Umgang mit der persönlichen Schutzausrüstung,
- in der Ersten Hilfe,
- zu Brandschutzmaßnahmen.

Der Kenntnisstand muß durch regelmäßige Übungen aufgefrischt werden.

Die Leitung durch einen fachlich geeigneten Vorgesetzten ist bei Bauarbeiten in kontaminierten Bereichen notwendig. Bei Erkundungsmaßnahmen werden die Arbeiten - außer bei Bohrungen und umfangreichen Sondierungen - meist nur durch zwei Personen durchgeführt. Auch hierbei ist klar zu regeln, wer weisungsbefugt und somit für die arbeitssichere Durchführung der Arbeiten verantwortlich ist. Von Aufsichtsführenden sind folgende Kenntnisse zu fordern:

- Art und Wirkung von Gefahrstoffen,
- allgemeine Funktion der Meßtechnik, Meßgrößen, -bereiche,
- Erkennung von Gefahrensituationen

Das gesamte bei der Maßnahme eingesetzte Personal ist durch Vorgesetzte über die Gefahrensituation zu unterrichten. Es ist in der Benutzung der persönlichen Schutzausrüstung und der Anwendung ggf. erforderlicher Hilfeleistungen vor Beginn der Arbeiten, bei wesentlichen Veränderungen der Arbeitsbedingungen und danach in regelmäßigen Abständen, höchstens jedoch alle 6 Monate, anhand des Inhaltes der Betriebsanweisung zu unterweisen.

Über Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung ist ein schriftlicher Nachweis zu führen. Die Teilnahme ist durch die zu unterweisende Person durch Unterschrift zu bestätigen.

## 4.5 Meßtechnik

Durch eine meßtechnische Überwachung eines Arbeitsplatzes soll überprüft werden, ob durch

- eine brennbare oder explosionsfähige,
- sauerstoffarme oder
- giftige, gesundheitsschädliche

Atmosphäre eine Gefährdung der Beschäftigten besteht.

Da bei den verschiedenen Erkundungsmaßnahmen ein unterschiedliches Gefährdungspotential besteht, ist für eine sinnvolle meßtechnische Überwachung ein angepaßter Aufwand zu betreiben. Bei Begehungen außerhalb von Schächten und Räumen, bei Gasboxenmessungen und geophysikalischen Erkundungen ohne Eingriff in den Untergrund ist im Regelfall keine meßtechnische Überwachung erforderlich.

Um bei den übrigen Erkundungsverfahren mögliche Gefährdungen durch Deponiegas oder sonstige Gefahrstoffe erkennen zu können, ist ein meßtechnisches Überwachungsprogramm erforderlich, welches folgende Vorgaben umfassen muß:

- Art des Meßverfahrens
- verantwortliche Person zur Durchführung der Messungen
- zeitliche Abstände der Messungen
- Ort der Messungen
- Dokumentation der Meßergebnisse



Aufgrund der unterschiedlichen Einsatzbedingungen sind an die hierfür eingesetzten Geräte folgende Forderungen zu stellen:

- schnelle und möglichst kontinuierliche Meßwertangabe vor Ort
- Alarmfunktion zur optischen und akustischen Signalisierung von Alarmwertüberschreitungen
- einfache Handhabung und Kalibrierung.
- Einstellung von Alarmwerten nur durch entsprechend Befugte
- Netzunabhängigkeit
- Unempfindlichkeit gegen leichte Verschmutzung und grobe Behandlung
- Selbstüberwachung der Funktionen (ansonsten ist ein zweites Meßgerät gleicher Art einzusetzen)

Die meßtechnischen Verfahren und die Bewertung der Ergebnisse werden in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) beschrieben. Voraussetzung für die Anwendung von meßtechnischen Verfahren nach TRGS 402 "Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen" ist jedoch, daß sich die Gefahrstoffsituation durch Schichtmittelwerte typisch meßtechnisch erfassen läßt, sie sich langfristig nur wenig ändert bzw. gleich bleibt und sich die Zustände an der Arbeitsstelle regelmäßig wiederholen. Diese Voraussetzungen sind bei Erkundungen an Altablagerungen im Regelfall nicht gegeben. Daher ist von der denkbar ungünstigsten Gefahrstoffbelastung auszugehen (ZH 1/183) und die Exposition durch technische und organisatorische Schutzmaßnahmen so gering wie möglich zu halten. Zur Überprüfung der Wirksamkeit dieser Maßnahmen ist ein wie oben beschriebenes Meßverfahren einzusetzen.

## 4.5.1 Messung der Gefahrstoffe

### 4.5.1.1 Methan

Das Erkennen explosionsfähiger Atmosphäre ist durch folgende Meßsysteme möglich:

- Katalytische Detektoren für brennbare Gase, eventuell mit eingebautem Wärmeleitfähigkeitsdetektor für Methan;
- IR-Gasanalytoren für Methan;
- Binäre Gasanalytoren nur mit Wärmeleitfähigkeitsdetektor, Spezialkonstruktion für Deponien;
- Flammenionisations-Detektoren (FID) für Methan;

Bei Einsatz von Gaswarngeräten als Maßnahme des primären Explosionsschutzes müssen die Geräte von einer von der Berufsgenossenschaft anerkannten Prüfstelle auf Funktionsfähigkeit für den vorgesehenen Einsatzzweck einzeln oder als Baumuster geprüft worden sein.

Außerdem müssen die Konzentrationsmeß- und -überwachungsgeräte für den Explosionsschutz den "Sicherheitsregeln für Anforderungen an Eigenschaften nicht ortsfester Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz" - ZH 1/108 - und den "Grundsätzen für die Prüfung der Funktionsfähigkeit nicht ortsfester Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz" - ZH 1/108.1 - genügen.

Für die Instandhaltung dieser Geräte gilt das "Merkblatt: Instandhaltung von nicht ortsfesten Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz" - ZH 1/108.2.

#### 4.5.1.2 Sauerstoff

Die Messung des **Sauerstoff**gehaltes erfolgt meist über eine Brennstoffzelle. In der Zelle findet eine katalytische Oxidation statt, bei der die Zellen im Verlaufe der Messung verbraucht werden. Die hierbei entstehende elektrische Energie ist abhängig vom Sauerstoffgehalt und dient als Meßgröße. Nach einer gewissen Anzahl von Messungen und auch bei nicht sauerstofffreier Lagerung verbraucht sich die Meßzelle und muß erneuert werden.

Ein weiteres Verfahren beruht darauf, daß auf Sauerstoffmoleküle - aufgrund ihrer paramagnetischen Eigenschaften - in einem inhomogenen Magnetfeld Kräfte wirken und meßbare Strömungsimpulse erzeugt werden. Diese Methode ist für kontinuierliche Messungen geeigneter, da ein entsprechender Gasstrom ständig durch die Meßküvette geleitet werden kann.

#### 4.5.1.3 Schwefelwasserstoff und Kohlendioxid

Zur Messung von **CO<sub>2</sub>** und **H<sub>2</sub>S** werden elektrochemische Sensoren verwandt. Mittlerweile werden für Messungen an der Person sehr kleine Geräte angeboten, die durch eine kontinuierliche Meßwertaufzeichnung (Datenlogger) eine Dokumentation der Expositionsdaten ermöglichen.

#### 4.5.1.4 Kombinations-Meßgeräte

Zur gleichzeitigen Messung von Methan und Sauerstoff werden **Kombinations-Warngeräte** (Ex-Ox-Warngeräte) angeboten. Zusätzlich können diese Geräte mit einem H<sub>2</sub>S- und CO<sub>2</sub>-Sensor ausgestattet werden, so daß hiermit alle Haupt- und die Spurengaskomponente mit der größten Relevanz mit einem Gerät erfaßt werden können.

#### 4.5.1.5 Organische Spurengase

Durch die Vielzahl der im Deponiegas enthaltenen Spurengase ist eine Messung einzelner Komponenten technisch aufwendig bzw. nur im Labor nach einer Probenahme möglich. Darum werden organische Spurenstoffe summarisch mittels Photo-Ionisations-Detektion erfaßt. Ein PID detektiert alle Gase und Dämpfe, deren Ionisierungspotential unterhalb einer gerätespezifischen Schwelle liegt. Üblicherweise werden Geräte mit 10,6 eV eingesetzt. Geräte mit einem höheren Ionisierungspotential (11,7 eV) erfassen zwar einige weitere Spurengase, haben jedoch den Nachteil einer deutlich geringeren Standzeit. Es werden eine Vielzahl organischer Spurenstoffe (KW's, CKW's, Aromaten, schwefel-, stickstoff- und sauerstoffhaltige organische Verbindungen, Schwefelwasserstoff u.a.m.) erfaßt, während die Hauptbestandteile des Deponiegases (Methan, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>) nicht angezeigt werden.

Ein PID ermittelt somit einen Summenwert, der noch keine direkte Aussage über die Konzentration der einzelnen, unterschiedlich toxischen Komponenten zuläßt. Wichtig für den Einsatz eines PID ist deshalb die Festlegung eines geeigneten Alarmwertes und die Wahl einer Substanz, auf die das Gerät kalibriert wird. Bei einer vorliegenden repräsentativen Gasanalyse, die alle zu erwartenden Spurengase erfaßt, läßt sich mit Hilfe von geräte- und substanzspe-

zifischen Faktoren ein Alarm errechnen, bis zu dem eine Unterschreitung von Summengrenzwerten für die Einzelsubstanzen zu erwarten ist. Liegen solche Analysen nicht vor, ist von einer denkbar ungünstigen Gefahrstoffbelastung auszugehen. Bei Deponiegas bedeutet dies im Regelfall eine hohe Belastung mit den krebserzeugenden Substanzen Benzol und Vinylchlorid, so daß sich der Alarmwert an deren Grenzwerten (hier TRK-Werte) zu orientieren hat.

#### 4.5.1.6 Prüfröhrchen

Durch **Prüfröhrchen** kann die Anwesenheit einer Vielzahl von Gasen relativ genau, stoffspezifisch und kurzfristig durch Farbveränderungen angezeigt werden. Sie haben jedoch folgende Nachteile:

- keine Erfassung des gesamten Spektrums der auf einer Ablagerung möglicherweise auftretenden Gefahrstoffe,
- keine kontinuierliche Messung möglich,
- mögliche Störung der Anzeige durch Querempfindlichkeiten mit anderen Gasen.

Zum groben Nachweis von vermuteten Einzelstoffen oder Stoffgruppen sind sie - bei eingeschränkter Genauigkeit - besonders in Verbindung mit einem PID-Einsatz geeignet.

Für Messungen der Belastung von einzelnen Personen können Diffusionsröhrchen mit Direktanzeige (Dosimeter) verwendet werden. Hierdurch lassen sich die Durchschnittskonzentrationen über einen Zeitraum von 1 bis 8 Stunden personenbezogen ermitteln. Diffusionsröhrchen werden in einer Halterung an der Kleidung getragen. Da bei diesem passiven Meßsystem keine Pumpe erforderlich ist, stört es kaum bei der Arbeit. Die Anzahl der meßbaren Stoffe ist jedoch geringer als bei den Röhrchen für Kurzzeitmessungen.

### 4.5.2 Durchführung der Messungen

Die **Durchführung** der Messungen darf nur durch fachkundiges Personal erfolgen. Die Ergebnisse der Messungen sind zu dokumentieren und aufzubewahren. Neben den eigentlichen Meßergebnissen sind zu deren Beurteilung zusätzlich folgende Parameter aufzunehmen:

1. Wetterlage (Windverhältnisse, Außentemperatur, Luftdruck)
2. Art der Messung
3. Kalibrierung

#### 4.5.2.1 Meßdauer

Eine kontinuierliche Messung der Gefahrstoffe, insbesondere des Methangehaltes und des Gehaltes an Spurengasen, ist anzustreben und mit den angebotenen Meßgeräten (Ex-Ox-Warngeräte bzw. PID) auch durchgehend über einen Arbeitstag möglich.

Für diskontinuierliche Messungen, z. B. mittels Prüfröhrchen, ist ein Zeitplan zu entwerfen. Hierbei sollten zwei Messungen pro Tag als untere Grenze angesehen werden, wobei bei neuen Arbeitsplätzen, z.B. nach dem Umsetzen eines Bohrgerätes, an dieser Stelle sofort neu zu messen ist.

#### 4.5.2.2 Meßort

Der Ort der Messungen hängt von den jeweiligen Erkundungsmaßnahmen ab. Maßnahmen, die eine intensive meßtechnische Betreuung benötigen, sind:

Erkundungsmaßnahme	Ort der Messung	Meßgerät
Einstieg in Schächte	vor Einstieg in Schacht ablassen, bei Einstieg am Mann	Vierfachmeßgerät (O <sub>2</sub> , Methan, H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> )
Begehen von ebenerdigen Räumen	am Mann	Vierfachmeßgerät (O <sub>2</sub> , Methan, H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> )
Sondierungen	möglichst nahe am Einschlagpunkt	mind. PID
Bohrungen,	möglichst nahe am Bohrlochmund	Ex-Ox-Meter, ggf. PID
Schürfe	Grubenrand, beim Betreten Meßgerät am Mann	Vierfachmeßgerät (O <sub>2</sub> , Methan, H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> )
Absaugversuch	an möglichen Austrittsstellen von Deponiegas	Ex-Meter

## 4.6 Brand- und Explosionsschutz

### 4.6.1 Grundlagen

Aufgrund seines Methangehaltes kann Deponiegas unter bestimmten Voraussetzungen verbrennen, d.h. es kommt zu einer oxidativen Reaktion unter Flammmerscheinung. Eine Verbrennung kann in mehreren Erscheinungsformen auftreten, die sich im wesentlichen durch die Reaktionsgeschwindigkeit, mit der sie ablaufen und den erzeugten Druck unterscheiden. Sofern diese Verbrennung sehr schnell abläuft, bezeichnet man diesen Vorgang als **Explosion**. Unter diesem Oberbegriff unterscheidet man die *Deflagration* und die *Detonation*.

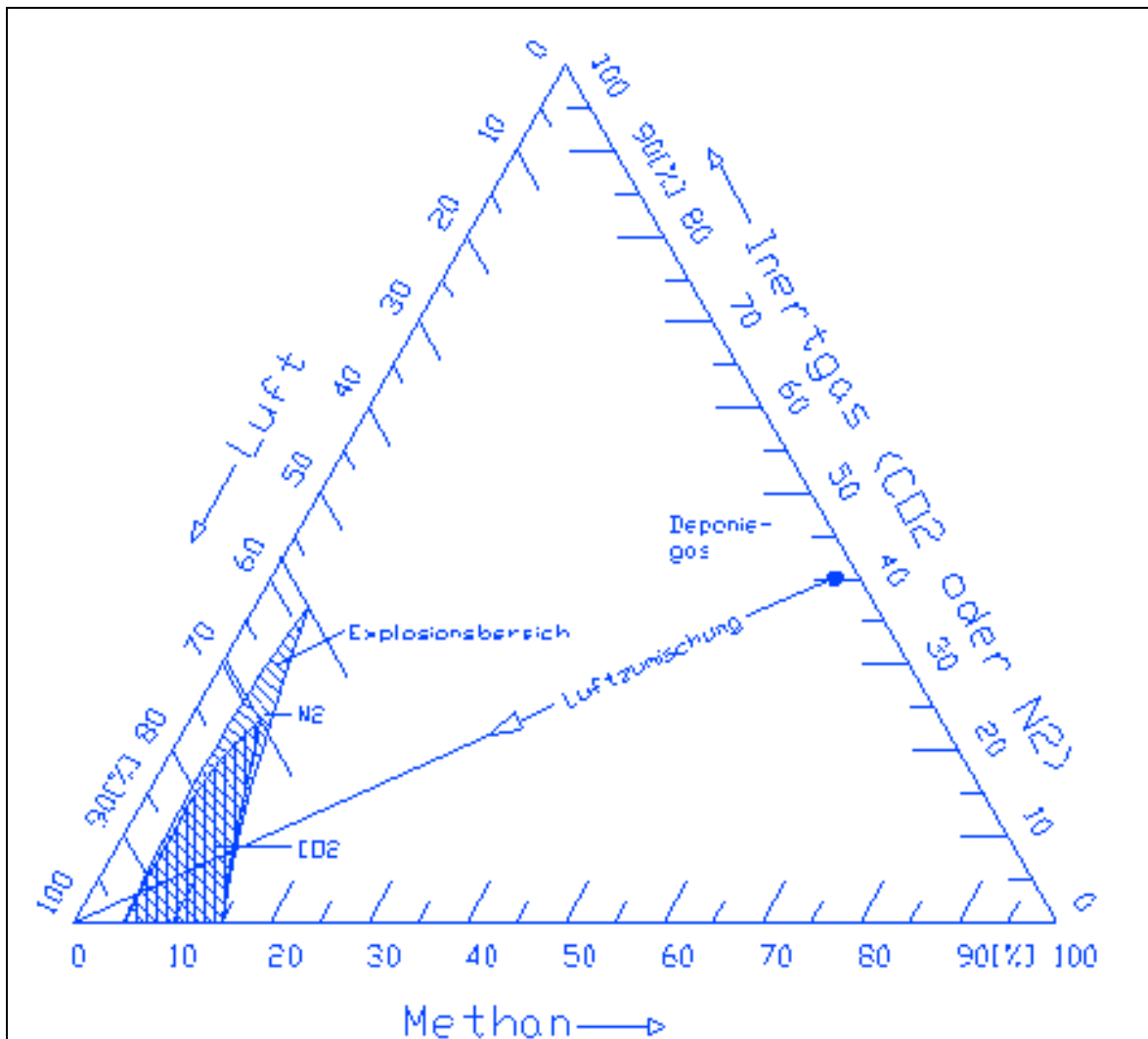
Bei einer *Deflagration* schreitet die Reaktion mit Geschwindigkeiten von bis zu 500 m/s schnell fort, wobei sich der Druck im Falle eines Methan-Luft-Gemisches bis auf das ca. 7-fache des Ausgangsdruckes erhöhen kann. Je nach möglicher Druckentlastung, kann eine Deflagration auch zu geringeren Drücken führen. Häufig wird dann von einer Verpuffung gesprochen.

Als *Detonation* bezeichnet man eine oxidative Reaktion, wenn diese von einer durch Explosion ausgelösten Stoßwelle verursacht wird. Bei Geschwindigkeiten im Bereich von km/s und Druckverhältnissen bis weit über 1:20 haben sie eine stark zerstörende Wirkung.

Damit eine Explosion zustande kommt, müssen folgende zwei Voraussetzungen gegeben sein:

- Es muß ein explosionsfähiges Brennstoff-/Luft-Gemisch vorhanden sein, d.h. der brennbare Stoff (Methan) muß in einem bestimmten Mischungsverhältnis zur Luft (Sauerstoff) stehen. Der Mischungsbereich, in dem ein explosionsfähiges Gemisch vorliegt, wird als Explosionsbereich bezeichnet. Die Grenzen des Explosionsbereiches bilden die obere und untere Explosionsgrenze (OEG/UEG).
- Es muß eine Zündquelle mit ausreichender Zündenergie vorhanden sein, welche in das explosionsfähige Gemisch eingebracht werden muß. Diese Energie wird normalerweise in Form von Wärme zugeführt.

Da Deponiegas in der Regel keinen oder nur sehr wenig Sauerstoff enthält, ist die Explosionsfähigkeit durch die Vermischung mit Luft bedingt. Dieser Explosionsfähigkeit wirken nicht reaktionsfähige Gase wie Kohlendioxid, Stickstoff und Wasserdampf entgegen (inertisierende Wirkung). Da Wasserdampf meist auskondensiert, sind für den durchzuführenden Explosionsschutz nur Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Stickstoff (N<sub>2</sub>) als Inertgase von sicherheitstechnischer Bedeutung.



**Abb. 5: "Dreistoff"-Diagramm für den Explosionsbereich von Methan/Luft/Kohlendioxid-Gemischen und von Methan/Luft/Stickstoff-Gemischen angegeben in Volumenanteilen der Gemischkonzentration bezogen auf das Gesamtgewicht**

Die Explosionsbereiche von Methan/Luft/Kohlendioxid- und Methan/Luft/Stickstoff-Gemischen sind im Dreistoffdiagramm der Abb. 6 angegeben. Wie hieraus zu ersehen ist, besitzt Kohlendioxid eine stärkere Inertisierungswirkung als Stickstoff. Der Explosionsbereich von Methan allein liegt bei Luftzumischung bezogen auf das Gesamtgemisch zwischen der **unteren Explosionsgrenze (UEG)** 5% und der **oberen Explosionsgrenze (OEG)** 15% (siehe Gerade "Luftzumischung"). Mit zunehmendem Kohlendioxid/Stickstoff-Anteil tritt insbesondere von der OEG ausgehend eine Verengung des Explosionsbereiches ein, bis die UEG und die OEG bei einem Volumenanteil von Luft mit 58% zusammenfallen. Bei einer Unterschreitung des Luftanteils von 58% - entsprechend einer Unterschreitung des Sauerstoffanteils von 11,6% bezogen auf das Gesamtgemisch - ist auch bei beliebigem Volumenanteil von Methan und Inertgas (Kohlendioxid/Stickstoff), das Gemisch immer außerhalb des Explosionsbereiches. Andernfalls muß zur Vermeidung der Bildung explosionsfähiger Gemische, bei möglicher beliebiger Luftzumischung zum Gesamtgemisch und bei gleichzeitig unbekanntem Volumengehalt an Methan, der Volumengehalt des Inertgases Kohlendioxid/Stickstoff größer als 86% sein.

Im Deponiegas beträgt in der Regel der Volumenanteil Methan mehr als 50%. Für den Fall eines nichtexplosionsfähigen Deponiegasgemisches von z.B. 55% Methan, 40% CO<sub>2</sub> und 5% Luft ist in Abb. 6 die Luftzumischungsgerade eingezeichnet. Dieses Beispiel zeigt, daß bei zunehmender Luftzumischung zum Gesamtgemisch bei folgendem Volumenanteil der Explosionsbereich erreicht wird: Luft etwa 81%, CH<sub>4</sub> 11,5% und CO<sub>2</sub> 7,5%.

#### 4.6.2 Explosionsschutzmaßnahmen

Zur **Vermeidung von Explosionsgefahren** sind grundsätzlich die Explosionsschutz-Richtlinien (ZH 1/10) anzuwenden. Darüber hinaus muß ferner für den Explosionsschutz an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln die Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen (ElexV) eingehalten werden. Wichtige Hinweise zur Durchführung des Explosionsschutzes können auch der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) mit den betreffenden technischen Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF, z.B. TRbF 100) und den Unfallverhütungsvorschriften, insbesondere der Unfallverhütungsvorschrift Gase (VBG 61) entnommen werden.

Die **Explosionsschutz-Richtlinien (Ex-RL, ZH 1/10)** nennen für den Explosionsschutz folgende Maßnahmen:

- Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (primärer Explosionsschutz);
- Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (sekundärer Explosionsschutz);
- Maßnahmen, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen).

Bei Arbeiten in gefährdeten Bereichen scheidet letztere Maßnahme aus Gründen des Arbeitsschutzes aus. Darum sind hier nur die beiden ersten Maßnahmen zu betrachten.

Im Falle einer sicheren Verwirklichung (z.B. redundante Ausführung) des primären Explosionsschutzes durch

- entsprechende Lüftungsmaßnahmen und
- Gaswarngeräte mit Alarmgabe

kann auf den sekundären Explosionsschutz verzichtet werden, d.h. evtl. vorhandene Zündquellen können nicht zu einer Explosion führen. Umgekehrt gilt: Kann der primäre Explosionsschutz nicht garantiert werden, muß der sekundäre Explosionsschutz verwirklicht werden, d.h. Zündquellen müssen mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

---

### **Zoneneinteilung**

Als Grundlage für die Beurteilung des Umfangs der Schutzmaßnahmen sind verbleibende **explosionsgefährdete Bereiche** nach Wahrscheinlichkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären nach Zonen zu charakterisieren:

- Zone 0      umfaßt Bereiche, in denen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch Gase, Dämpfe oder Nebel ständig oder langfristig vorhanden ist.
- Zone 1      umfaßt Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, daß gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch Gase, Dämpfe oder Nebel gelegentlich auftritt.
- Zone 2      umfaßt Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, daß gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch Gase, Dämpfe oder Nebel nur selten und dann auch nur kurzzeitig auftritt.

#### **4.6.2.1 Primärer Explosionsschutz**

##### *4.6.2.1.1 Lüftungsmaßnahmen*

Durch **Lüftungsmaßnahmen** soll die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindert oder eingeschränkt werden. Durch sie kann gleichzeitig verhindert werden, daß die maximal zulässigen Konzentrationen an sonstigen Gefahrstoffen (vgl. Abschnitt 4.8) überschritten werden oder Sauerstoffmangel auftritt.

Durch die Lüftung muß sichergestellt sein, daß

- der Sauerstoffgehalt > 19 Vol.% ist,
- die Konzentration brennbarer Gase unter 20% der unteren Explosionsgrenze (UEG) liegt,
- die Konzentration von Gasen und Dämpfen, für die ein MAK/TRK-Wert existiert, < 10% dieses Wertes betragen.

Zur Feststellung, ob Lüftungsmaßnahmen ausreichend sind, müssen wiederholte Einzelmessungen, bei der Überwachung des Sauerstoffgehaltes sowie der explosionsfähigen Atmosphäre zusätzlich kontinuierliche Messungen, durchgeführt werden.

Bei saugender Belüftung wird mit Hilfe einer geeignet dimensionierten Rohrleitung in der Nähe der Schacht- oder Schurfsohle abgesaugt. Das abgesaugte Gas-Luft-Gemisch wird über einen außerhalb angebrachten Lüfter in die Umgebung geblasen. Umgebungsluft strömt durch den angelegten Unterdruck in den Schacht bzw. Schurf ein. Bei Ausfall einer derartigen Be-

lüftung steigt der Innendruck bis auf Atmosphärendruck an. Dadurch sind vor allem in Schächten kurzfristig geringe Gaszuströme zu erwarten. Die saugende Belüftung hat folgende Nachteile:

- die Saugwirkung erstreckt sich nur auf einen geringen Bereich um die Eintrittsstelle der Rohrleitung,
- es erfolgt keine intensive Vermischung des zutretenden Deponiegases durch einen Luftstrahl,
- evtl. können explosionsfähige Gas-Luft-Gemische in den Lüfter gelangen und dort entzündet werden.

Bei der blasenden Belüftung wird Luft über einen außerhalb des Schachtes bzw. Schurfes angebrachten Lüfter angesaugt und über eine Rohrleitung in den Schacht oder Schurf gedrückt oder frei in einen Schurf geblasen. Durch den sich ausbreitenden Freistrahlg ergibt sich bei richtiger Dimensionierung eine gute Vermischung mit dem zutretenden Deponiegas.

Die Zuluft darf nicht aus explosionsgefährdeten Bereichen entnommen werden, d.h. die Ansaugstelle muß hinreichend weit von dem zu belüftenden Ort entfernt liegen. Unter dieser Voraussetzung sind am Lüfter keine Explosionsgefahren zu erwarten. Bei blasender Belüftung sollte die Ansaugstelle für die Luftzuführung in ausreichender Entfernung von der Emissionsquelle in ca. 1,5 m Höhe angeordnet werden, um das Ansaugen von Gasen aus dem oberflächennahen Bereich zu vermeiden. Hierbei ist die Windrichtung zu beachten.

In den Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen (ZH 1/183) wird für tiefe Stellen in Schächten und Gruben ein Luftstrom von mindestens 10 m<sup>3</sup>/min und m<sup>2</sup> Schacht- oder Grubenquerschnitt im Regelfall als ausreichend angesehen. In umschlossenen Räumen muß ein mindestens sechs- bis achtfacher stündlicher Luftwechsel gegeben sein. Diese Werte werden für den Regelfall als ausreichend angesehen, im Falle des Verdachtes des Zustromes übermäßig großer Gasmengen hat im Einzelfall eine Berechnung der erforderlichen Luftmengen zu erfolgen.

Blasende Belüftung ist saugender vorzuziehen, da hierdurch eine schnellere Verdünnung, Vermischung und Abführung der Gase erreicht wird.

Im Bereich der Beschäftigten sind Zugbelastungen durch Begrenzung der Luftgeschwindigkeit auf 0,2 bis max. 0,5 m/s zu vermeiden (ZH 1/78). Dies ist besonders bei Tätigkeiten im Winter bei blasender Belüftung (Freistrahlg) zu beachten.

#### 4.6.2.1.2 *Inertisierung*

Unter einer **Inertisierung** wird die Verdünnung oder der völlige Austausch eines brennbaren Gasgemisches durch ein inertes, d.h. nicht reaktionsfähiges Gas, verstanden. Gegenüber einer Belüftung wird hierbei der Explosionsbereich bei gleicher zugeführter Gasmenge schneller verlassen, da kein weiterer Sauerstoff zugeführt wird. In der Praxis werden als Inertgas Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) oder Stickstoff (N<sub>2</sub>) verwendet.

Zum Einsatz kommt wegen der Ungiftigkeit und wegen der geringen Kosten meist Stickstoff in flüssiger oder komprimierter Form. Über Schläuche wird der Flüssigstickstoff aus Isolierbehältern bzw. der gasförmige Stickstoff aus Druckflaschen entnommen.



Die Inertisierung als Maßnahme des Explosionsschutzes hat sich bei Erkundungsmaßnahmen nur bei Bohrungen bewährt. Bei Schürfen können durch Belüftungsmaßnahmen bei geringem Aufwand bessere Ergebnisse erzielt werden. Bei Inertisierungen besteht durch die Sauerstoffverdrängung zudem Erstickungsgefahr, so daß eine Anwendung im direkten Bereich von Arbeitsplätzen ausscheidet.

#### 4.6.2.1.3 Überwachung der Konzentration

Der Alarmpunkt (optisches/akustisches Signal) des Meßgerätes muß auf eine Konzentration mindestens so weit unterhalb der UEG eingestellt sein, daß nach Alarmgabe die in Betriebsanweisungen festgelegten Maßnahmen zur Verhinderung der Entzündung von gefährlichen explosionsfähigen Gasgemischen noch sicher durchgeführt werden können.

Die ZH 1/183 fordert in ihrem Abschnitt 11.5 eine Alarmgebung bei Konzentrationen von 20 % der UEG. Beim Überschreiten dieses Wertes dürfen keine Arbeiten mit Zündquellen vorgenommen werden bzw. sind solche Arbeiten abzuberechnen.

#### 4.6.2.2 Sekundärer Explosionsschutz

Als mögliche Zündquellen kommen in Betracht:

- offene Flammen
- heiße Oberflächen (Kraftfahrzeug, Motoren)
- Funken durch elektrische Ströme (z.B. E-Leitungsdefekt, Meßgeräte, Temperaturfühler)
- Funken infolge elektrostatischer Entladung, Schlag- und Reibungsfunken
- Blitzschlag

Desweiteren kommen folgende Zündquellen, die seltener sind und denen somit geringere Bedeutung zukommt, grundsätzlich in Betracht:

- elektromagnetische Wellen bestimmter Frequenzen
- ionisierende Strahlung
- Ultraschall
- adiabatische Kompression
- chemische Reaktion

Schutzmaßnahmen gegen die genannten Zündquellen enthalten die Explosionsschutz-Richtlinien (ZH 1/10).

#### 4.6.2.3 Allgemeiner Brandschutz

Da im gesamten Bereich von Altablagerungen mit dem Auftreten brennbarer Gase gerechnet werden muß, besteht hier ein grundsätzliches Verbot des Rauchens und von offenem Feuer.

Feuerlöscheinrichtungen müssen in ausreichender Zahl und leicht erreichbar bereitgestellt werden. Brände von Gasen und Flüssigkeiten sind grundsätzlich mit trockenen Löschmitteln zu bekämpfen. Neben einfachen Löschmitteln wie Sand oder sonstigen Abdeckmaterialien

sind vor allem Pulverlöscher mit ABC-Löschpulver (für feste, flüssige und gasförmige Stoffe) geeignet. Weitere Einzelheiten siehe ZH 1/201 "Regeln für die Ausrüstung von Arbeitstätten mit Feuerlöschern".

Je Arbeitsgruppe (höchstens 4 Personen) sollten mindestens:

- ein Handfeuerlöscher nach DIN 14406 "Feuerlöscher - tragbare Geräte" z.B. Bauart P12, Größe IV bzw. Bauart P6 und
- eine Feuerlöschdecke nach DIN 14155 "Löschdecke"

vorhanden sein. Die Handhabung der Feuerlöscheinrichtungen ist zu Beginn der Tätigkeit in Abständen von höchstens 6 Monaten von den Beschäftigten zu üben.

## 4.7 Persönliche Schutzausrüstung

### 4.7.1 Vorbemerkung

Der Schutz vor möglichen Unfall- und Gesundheitsgefahren hat in erster Linie durch technische und organisatorische Schutzmaßnahmen zu erfolgen. Erst wenn hier alle Möglichkeiten ausgeschöpft sind, darf und muß die Gefahrenabwehr durch eine persönliche Schutzausrüstung erfolgen. Hierbei sollte die Belastung für die Personen so gering wie möglich gehalten werden. Dies gilt vor allem beim Einsatz von Atemschutzgeräten und isolierender Schutzkleidung (z. B. Chemikalien-Schutzanzug Typ I).

Beim erforderlichen Einsatz von spezieller, technisch aufwendiger Schutzausrüstung, wie z. B. umgebungsluftunabhängigem Atemschutz sollten ggf. hierauf spezialisierte Firmen herangezogen werden.

Die körperliche Eignung und fachliche Ausbildung sind von den Atemschutzgeräteträgern vor dem Einsatz nachzuweisen. Als Nachweis sind die arbeitsmedizinische Untersuchung nach dem Grundsatz G 26 und die Teilnahmebestätigung an Unterweisungen im Sinne des Abschnittes 7 der Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten (ZH 1/701) vorzulegen.

### 4.7.2 Atemschutz

Läßt sich durch technische oder organisatorische Maßnahmen das Auftreten von gefährlichen Gasen, Dämpfen und Schwebstoffen oder biologischen Schadstoffen (z. B. Keime) in gefährlichen Konzentrationen in den Arbeitsbereichen nicht verhindern, sind **Atemschutz**geräte zur Verfügung zu stellen und zu benutzen. Gleiches gilt auch, wenn Sauerstoffmangel auftreten kann. Atemschutzgeräte sollen nach Möglichkeit nur kurze Zeit getragen werden. Sie sind kein Ersatz für mögliche technische Lösungen.

Nach der Wirkungsweise werden die Atemschutzgeräte unterschieden in:

- Filtergeräte (abhängig von der Umgebungsatmosphäre)
- Isoliergeräte (unabhängig von der Umgebungsatmosphäre).

Filtergeräte werden unterteilt in:

- Filtergeräte mit Gasfiltern,
- Filtergeräte mit Partikelfiltern,
- Filtergeräte mit Kombinationsfiltern (Partikelfilter und Gasfilter).

Isoliergeräte werden unterteilt in:

- Schlauchgeräte (nicht frei tragbar, d. h. ortsabhängig),
- Behältergeräte (frei tragbar, d. h. ortsunabhängig),
- Regenerationsgeräte (frei tragbar, d.h. ortsunabhängig).

Um den Umgang mit den Geräten nicht unnötig zu erschweren, sollten in einer Arbeitskolonne nur Atemschutzgeräte gleicher Bauart eingesetzt werden.

Weitere Hinweise zu Atemschutzgeräten:

ZH 1/701 "Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten"

ZH 1/600.26 "Auswahlkriterium für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach den Berufgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen-Atemschutzgeräte"

TRgA 415 "Tragezeitbegrenzungen von Atemschutzgeräten und isolierenden Schutanzügen ohne Wärmeaustausch für Arbeit"

#### 4.7.2.1 Einsatz von Filtergeräten

**Filtergeräte** können nur dort eingesetzt werden, wo die Schadstoffe aus der Atemluft entfernt werden können. Sie dürfen nicht verwendet werden bei:

- Gefahr von Sauerstoffmangel (Sauerstoffgehalt der Umgebungsluft muß nach "Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten", ZH 1/701, >17 Vol.-% sein),
- hohen Schadgaskonzentrationen je nach Filterklasse (z.B. Klasse 2 max. 0,5 Vol.-%),
- hohen Schadstoffpartikelkonzentrationen, (je nach Partikelfilterklasse und Schadstoff, z. B. bei P3 Konzentrationen bei Vollmaske bis zum 400-fachen MAK-Wert),
- Gasen und Dämpfen, die durch Filter nicht oder nicht ausreichend zu binden sind (Niedrigsieder-Gruppe 4),
- unklare Gefahrenlage, d.h. wenn die vier vorigen Bedingungen nicht sicher auszuschließen sind.

**Gasfilter** werden unterteilt:

- in Gasfiltertypen nach ihrem Verwendungszweck,
- in Gasfilterklassen nach ihrem Aufnahmevermögen.

Die Gasfiltertypen werden durch Kennbuchstaben und Kennfarben, die Gasfilterklassen durch Kennziffern gekennzeichnet. Das Filtergehäuse muß entweder ganz gefärbt sein oder einen Farbring auf farbneutralem Untergrund tragen.

Genaue Aussagen über die Gebrauchsdauer von Gasfiltern können nicht gemacht werden, da sie von verschiedenen Faktoren abhängig sind, z.B. Konzentration des Schadstoffes, Feuchtigkeit und Temperatur der Luft.

**Partikelfilter** werden entsprechend ihrem Rückhaltevermögen in die Partikelfilterklassen 1, 2 und 3 unterteilt. Sie werden durch den Kennbuchstaben P und die Partikelfilterklasse sowie die Kennfarbe Weiß gekennzeichnet.

**Kombinationsfilter** bestehen aus einem Gasfilter- und einem Partikelfilterteil. Für Kombinationsfilter gelten die Kennzeichnungen für die Typen und Klassen der jeweiligen Filterkombinationen. Bezüglich der Gebrauchsdauer wird auf die Ausführungen zu den Gasfiltern verwiesen. Eine Übersicht über die Filter und ihre Verwendbarkeit ist im Anhang 7 wiedergegeben.

Wenn Filtergeräte bei körperlich anstrengenden Tätigkeiten getragen werden müssen, empfiehlt sich der Einsatz von gebläseunterstützten Geräten. Hierbei wird durch eine batteriebetriebene, am Mann getragene Gebläseeinheit gefilterte Luft in die Maske, ggf. auch in den Schutzanzug, geblasen. Hierdurch muß der Träger beim Einatmen nicht mehr den Widerstand des Filters überwinden, was zu einer deutlichen Arbeitserleichterung führt. Bei niedrigen Temperaturen kann es jedoch zusätzlich erforderlich sein, die eingeblasene Luft vorzuwärmen.

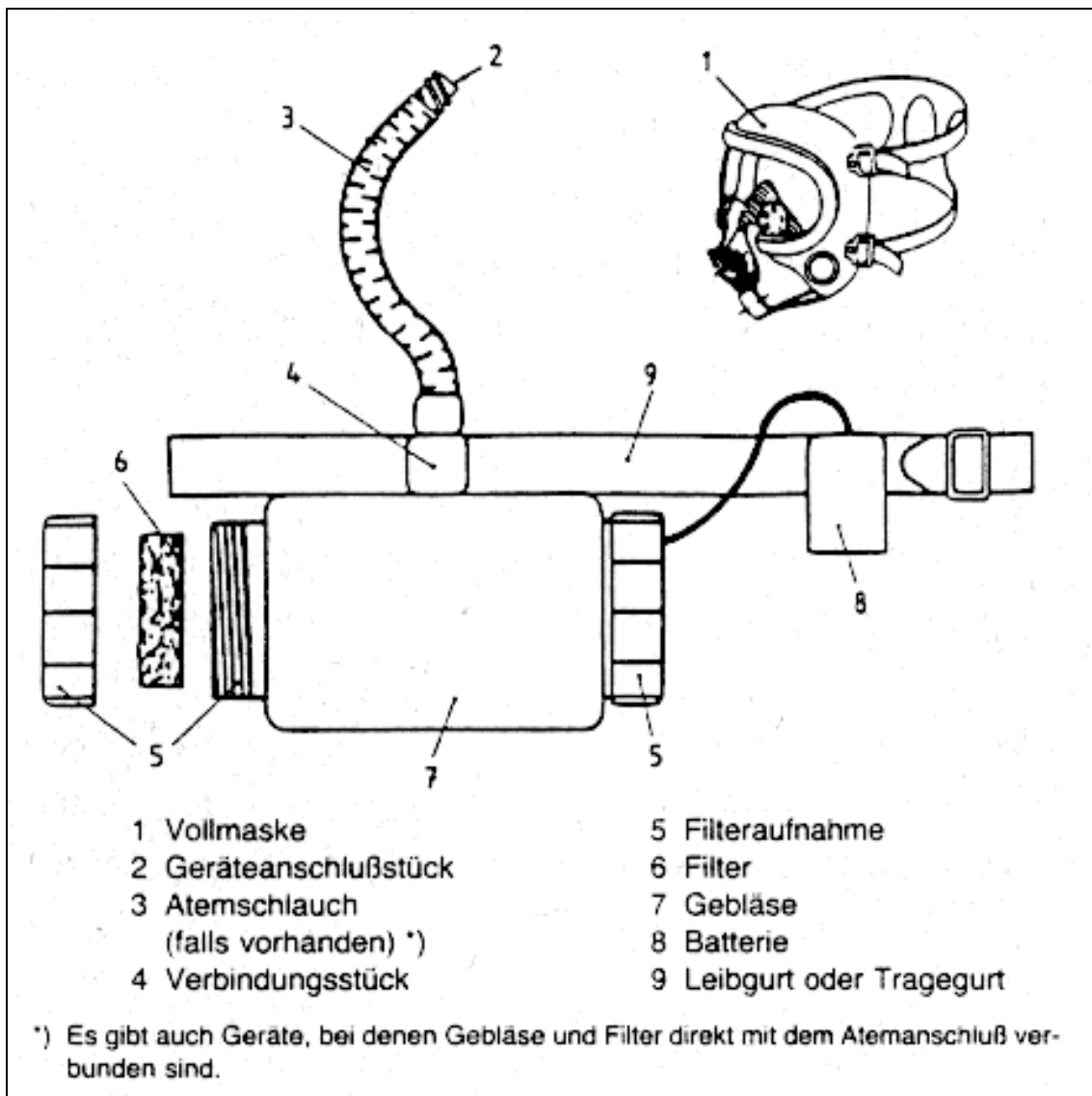


Abb. 6: Filtergerät mit Gebläse und Vollmaske

#### 4.7.2.2 Einsatz von Isoliergeräten

**Isoliergeräte** sind stets dort einzusetzen, wo Filtergeräte nicht mehr verwendet werden können. Bei diesen Geräten handelt es sich um von der Umgebungsatmosphäre unabhängige Geräte. Im Einzelfall ist zu entscheiden, ob ortsabhängige oder ortsunabhängige Geräte eingesetzt werden können. Ortsabhängige Geräte können den Träger durch den Atemluft-Zuführungsschlauch in seiner Bewegungsfreiheit einengen. Ortsunabhängige Geräte dagegen haben nur eine bedingte Verwendungsdauer, da die Geräte nur einen begrenzten Atemluft-Vorrat haben.

Zu den ortsabhängigen Isoliergeräten (Schlauchgeräte) zählen

- Frischluft-Saugschlauchgeräte,
- Frischluft-Druckschlauchgeräte,
- Druckluft-Schlauchgeräte.

Zu den ortsunabhängigen Isoliergeräten (frei tragbar) zählen

- Preßluftatmer
- Regenerationsgeräte

Bei Preßluftatmern wird die benötigte Atemluft in Form von Druckluft vom Benutzer im Gerät mitgeführt. Je nach der Menge des Luftvorrates beträgt die Einsatzzeit 20 bis 50 min, für länger andauernde Arbeiten sind sie deshalb nicht geeignet.

Bei Regenerationsgeräten wird die Ausatemluft nicht an die Umgebung abgegeben, sondern im Innern des Gerätes regeneriert. Die Einsatzzeit dieser Geräte beträgt je nach Typ zwischen 15 min und maximal 4 Stunden. Der Sauerstoffgehalt der Einatemluft liegt in jedem Fall über 21 Vol.% Sauerstoff.

#### 4.7.2.3 Atemanschlüsse für Atemschutzgeräte

Der **Atemanschluß** ist der Teil eines Atemschutzgerätes, der die Verbindung zum Geräteträger herstellt. Es werden folgende Atemanschlüsse unterschieden: Vollmasken, Halbmasken, Atemschutzhauben, Atemschutzhelme und Atemschutzanzüge.

*Vollmasken* umschließen das gesamte Gesicht und schützen damit gleichzeitig die Augen. Die Dichtlinie verläuft über Stirn, Wangen und unterhalb des Kinns. Vollmasken sind meistens mit Innenmasken ausgestattet, die einerseits den Totraum klein halten, andererseits durch die Luftführung das Beschlagen der Sichtscheiben verhindern. Für Brillenträger gibt es spezielle Maskenbrillen, da die Bügel von normalen Brillen den Dichtsitz beeinträchtigen können. Vollmasken dürfen nicht in direkter Verbindung mit Filtern verwendet werden, die mehr als 500 g wiegen, da hierdurch der Dichtsitz beeinträchtigt werden könnte.

*Halbmasken* umschließen nur Mund und Nase. Zum Schutz gegen sehr giftige, giftige oder hohe Konzentrationen mindergiftiger Gase sollen wegen der großen Maskenleckage keine Halbmasken getragen werden. Bei augenreizenden Schadstoffen sind zusätzlich Gasschutzbrillen zu tragen, oder es sind Vollmasken zu verwenden. Bei Rettungseinsätzen sollen keine

Halbmasken benutzt werden. Wie bei Vollmasken ist bei direkter Verbindung das Gewicht der Filter begrenzt (300g).

Bei *filtrierenden Halbmasken* handelt es sich um vollständige Atemschutzgeräte. Filtrierende Halbmasken bestehen ganz oder zum Teil aus Filtermaterial, oder der Filter ist untrennbar mit der Halbmaske verbunden. Aufgrund einer großen Maskenleckage ist die Verwendung beim Auftreten von sehr giftigen und giftigen Stoffen und bei hohen Konzentrationen mindergiftiger Stoffe nicht zulässig.

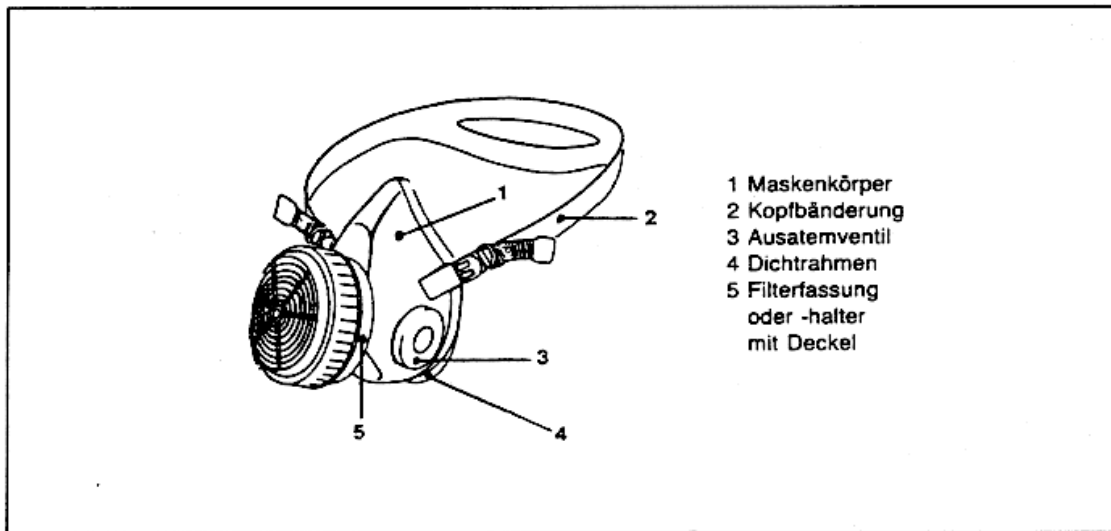


Abb. 7: Halbmaske

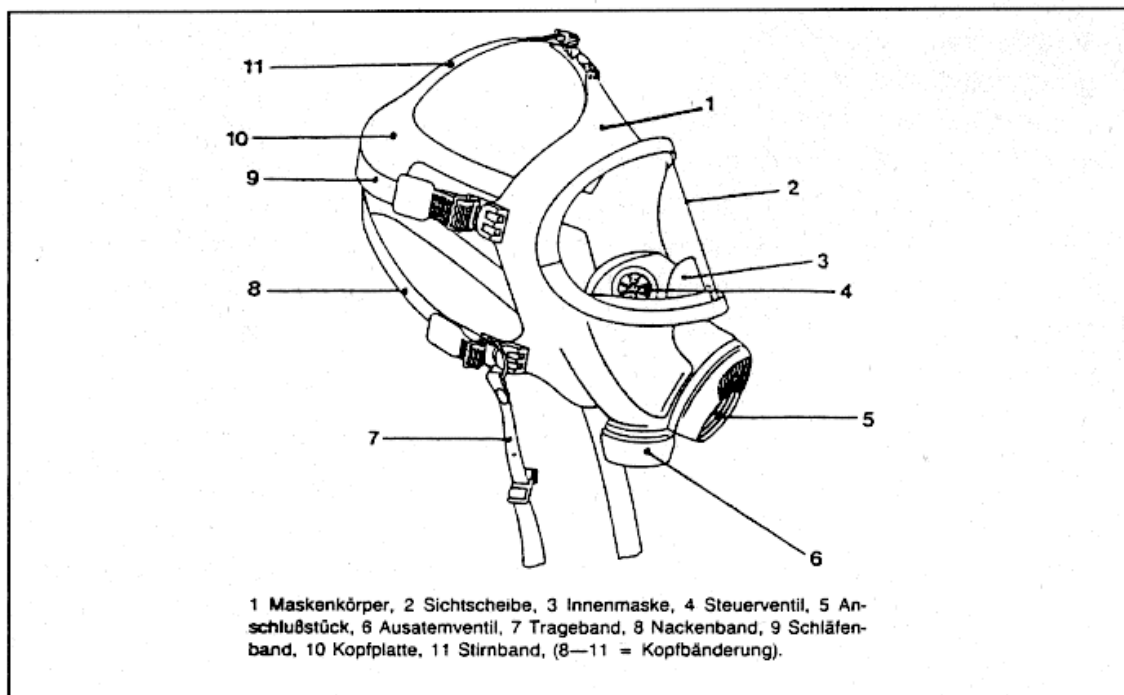
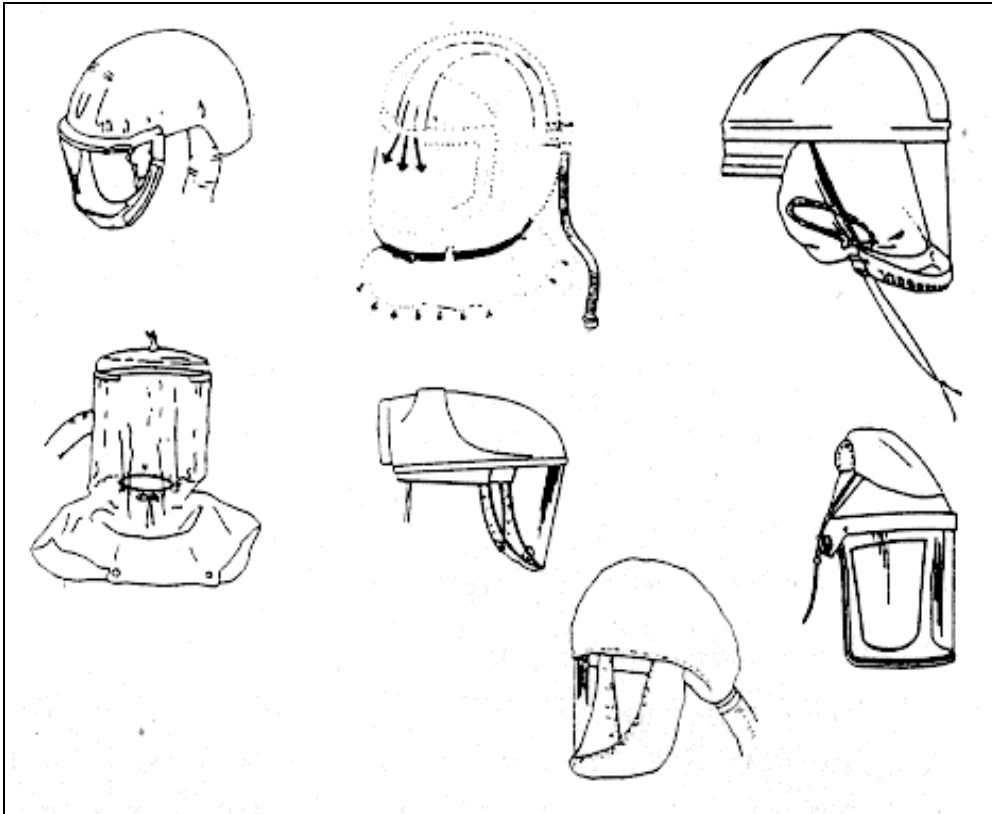


Abb. 8: Vollmaske



**Abb. 9: Atemschutzhauben**

*Atemschutzhauben* umhüllen Kopf und Hals. Beim Einsatz mit Filtern benötigen sie zur sicheren Funktionsweise die Zufuhr eines Mindestvolumenstromes von Atemluft durch ein Gebläse. Die Ausatemluft strömt zusammen mit dem Luftüberschuß aus der Haube an dafür vorgesehenen offenen Stellen ab. Sie sind deshalb empfindlich gegen starke Umgebungsluftbewegungen und Überatmen, z.B. bei schwerer Arbeit. Bei solchen Bedingungen ist ihre ausreichende Schutzwirkung zu prüfen. Da das Nachlassen der Gebläseleistung vom Geräteträger kaum bemerkt werden kann, ist der Einsatz von Geräten ohne spezielle Warneinrichtungen nicht empfehlenswert.

#### 4.7.2.4 Anforderungen an den Geräteträger

Die Benutzung von Atemschutzgeräten für Arbeit und Rettung bedeutet eine zusätzliche Belastung für den Träger. Daher ist im allgemeinen seine Eignung durch einen ermächtigten Arzt nach festgelegten Grundsätzen durch eine Erstuntersuchung und regelmäßige Nachuntersuchungen festzustellen. Üblicherweise erfolgt die Untersuchung nach dem Grundsatz G 26. Hinweise, wann die Untersuchung entfallen kann, sind der ZH 1/600.26 "Auswahlkriterium für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach den Berufgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen-Atemschutzgeräte" zu entnehmen.

Voraussetzung für die Schutzwirkung des Atemschutzgerätes ist ein guter Dichtsitz des Atemanschlusses. Personen mit Bärten und Koteletten in den Bereichen der Dichtlinien von Voll- oder Halbmasken und filtrierenden Atemanschlüssen sind deshalb für das Tragen dieser Atemanschlüsse ungeeignet.

#### 4.7.2.5 Ausbildung von Geräteträgern

Vor der ersten Benutzung von Atemschutzgeräten ist eine theoretische und praktische Grundausbildung erforderlich. Danach sind in regelmäßigen Abständen Wiederholungsunterweisungen notwendig. Der Umfang der Ausbildung und die Fristen für die Wiederholungsunterweisungen richten sich nach der Art der Geräte und der Häufigkeit der Benutzung. Die Dauer der Grundausbildung soll für Filtergeräte 1-2 Stunden, für Preßluftatmer und Regenerationsgeräte mindestens 20 Stunden umfassen. Ergänzende Informationen finden sich im Abschnitt 7 der "Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten" (ZH 1/701).

#### 4.7.2.6 Atemschutzgeräte für Selbstrettung

**Atemschutzgeräte für Selbstrettung** sollen den Benutzer während der Flucht aus Bereichen mit gesundheitschädlicher, giftiger oder sonstiger nicht atembare Umgebungsluft mit der benötigten gesundheitsunschädlichen Atemluft versorgen. Die Fluchtgeräte müssen unter Berücksichtigung der im Fluchtfalle möglichen Art und Konzentration der Schadstoffe ausgewählt und bereitgestellt sein.

Je nach Wirkungsweise unterscheidet man abhängig und unabhängig wirkende Atemschutzgeräte für Selbstrettung: Filtergeräte für Selbstrettung und Isoliergeräte für Selbstrettung.

Der Einsatz von Selbstrettern ist dort sinnvoll, wo üblicherweise unter Einsatz einer technischen Lüftung ohne Atemschutzgeräte gearbeitet wird und eine Flucht aus den Arbeitsbereichen ohne Atemschutz im Störfall unmöglich ist (z. B. Arbeiten in Schächten). Die Benutzung der Selbstretter ist regelmäßig zu üben.

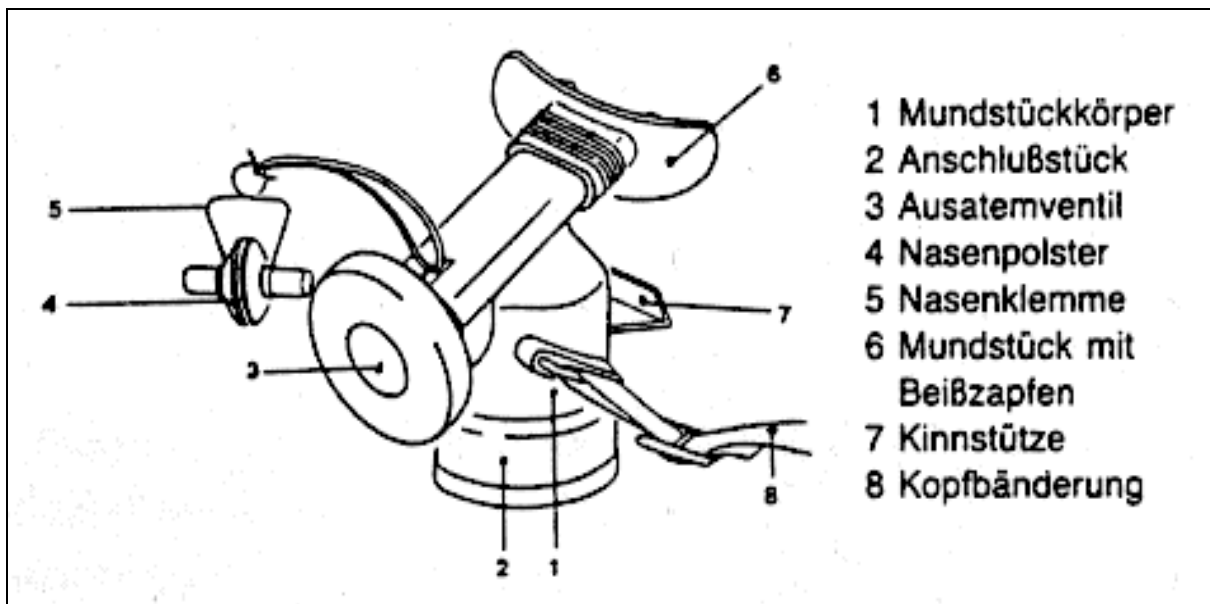


Abb. 10: Filtergerät für Selbstrettung (Darstellung ohne Filter)



### 4.7.3 Haut- und Körperschutz

Wie beim Atemschutz sind die Maßnahmen des **Haut- und Körperschutzes** hinsichtlich ihres Umfangs an die anzunehmende bzw. ermittelte Gefährdung der Beschäftigten anzupassen. Als Grundausstattung gilt die folgende Schutzausrüstung:

#### 4.7.3.1 Kopfschutz

Bei einer Gefahr von Kopfverletzungen müssen Schutzhelme getragen werden.

Kopfschutz ist bei Erkundungen erforderlich bei:

- Begehung von Räumen und Schächten
- Sondierungen
- Bohrungen
- Schürfen

geophysikalische Erkundungen (bei Arbeiten über Kopf oder Sondeneinschlag)

nicht erforderlich ist er in der Regel bei:

Begehungen

Gasboxenmessungen

Weitere Hinweise:

ZH 1/704 "Regeln für den Einsatz von Industrieschutzhelmen".

#### 4.7.3.2 Fußschutz

**Fußschutz** in Form von halbhohen oder hohen Schaftstiefeln aus Kunststoff mit durchtrittsicherem Unterbau nach DIN EN 345 (Kennzeichnung S5) sind für Arbeiten auf nicht abgedeckten Altablagerungen und bei Materialentnahme erforderlich, da hier die erhöhte Einwirkung von Flüssigkeiten, Nässe und Schmutz gegeben ist oder auftreten kann. Gummi (Naturlatex) ist als Material für entsprechende Schuhe nicht in allen Fällen geeignet, es sind somit Polymermaterialien (z.B. PUR) zu bevorzugen. Im Falle der Erkundung abgedeckter Deponien ohne Materialentnahme ist das Tragen durchtrittsicherer Bauschutzschuhe (P3) ausreichend.

Weitere Hinweise:

ZH 1/702 "Regeln für den Einsatz von Fußschutz".

#### 4.7.3.3 Handschutz

Das Tragen von Stulpen-Schutzhandschuhen aus chemisch- penetrationssicherem Material ist bei allen Arbeiten erforderlich, bei denen die Hände mit kontaminierten Flüssigkeiten oder Materialien in Berührung kommen können. Dies gilt für Erkundungsmaßnahmen mit Mate-

rialentnahme (Bohrung, Sondierung, Schürfe). Bewährt haben sich in den meisten Fällen Schutzhandschuhe aus PVC mit einer Mindestdicke von 0,8 mm. Da diese für Flüssigkeiten und Wasserdampf undurchlässig sind, kommt es beim Tragen zu einem verstärkten Schwitzen, was zu einem Quellen und Aufweichen der Haut und einem leichteren Eindringen von Schadstoffen und Keimen führen kann. Eine Verringerung dieser Belastung kann durch die Verwendung von Schutzhandschuhen mit textilem Innenfutter, das Unterziehen von dünnen Baumwollhandschuhen und die Verwendung von speziellen Hautschutzpräparaten erfolgen.

Bei der Arbeit ausschließlich mit Meßgeräten können dünne Latex-Handschuhe getragen werden. Begehungen können ohne Handschuhe erfolgen.

Weitere Hinweise:

ZH 1/706 "Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen"

#### 4.7.3.4 Körperschutz

Der Schutz von Rumpf, Armen und Beinen vor Gefahrstoffen erfolgt durch Schutzkleidung gemäß den "Regeln für den Einsatz von Schutzkleidung" (ZH 1/700).

Beim gelegentlichen Auftreten von Gefahrstoffen in geringen Konzentrationen bieten Einweg-Chemikalienschutzanzüge einen ausreichenden Schutz. Diese sind noch nicht genormt. Es werden folgende Arten angeboten:

- a) Der luftdurchlässige Einweg-Chemikalienschutzanzug aus normalem Vlies. Eigenschaften nach Angaben der Hersteller.
- b) Der luftundurchlässige Einweg-Chemikalienschutzanzug bietet Schutz gegen Feinstaub, Rauch, Aerosole und Flüssigkeiten.

Er wird in zwei Formen angeboten:

- Membran-Vlies (atmungsaktiv aber wenig Schutz bei verstärktem Flüssigkeitsanfall),
  - Barriere-Vlies (PVC-Schicht unter oder auf dem normalen Vlies; auch PE-beschichtet genannt; schlechtes Ableiten von Körperwärme, darum begrenzte Tragedauer; Schutz gegen Flüssigkeiten).
- c) Chemikalienschutzanzüge des Types 1 (für schwere Beanspruchung) schützen bei direktem Kontakt mit gesundheitsschädlichen Flüssigkeiten und z.T. Gasen. Der Chemikalienschutzanzug Typ 2 ist zweiteilig und somit nicht geeignet. Für besondere Gase und Stoffe muß der Typ 1 speziell überprüft sein (z.B. Kampfstoff).

Für Erkundungsverfahren, bei denen auf abgedeckten Deponien keine Verletzung der Oberfläche stattfindet, ist das Tragen von einer den Körper möglichst vollständig bedeckenden Arbeitskleidung ausreichend. Bei Verletzung der Oberfläche und der Erkundung nicht abgedeckter Altablagerungen sind atmungsaktive Chemikalien-Schutzanzüge erforderlich. Höhere Anforderungen müssen bei der Gefahr von Spritzwasser bei Bohrungen und Schürfen (bei Sickerwasseranfall) gestellt werden, wenn direkt an der Gefahrstelle gearbeitet wird. Hier sollten Chemikalien-Schutzanzüge mit Barriere- oder mindestens Membran-Vlies getragen werden.

Bei Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen, in denen die Möglichkeit der Funkenbildung durch elektrostatische Aufladungen aufgrund von Reibung besteht, sind Einweg-Schutzanzüge mit antistatischer Beschichtung angezeigt (z. B. bei Arbeiten an Deponiegasleitungen aus Kunststoff).

Wie bei den Atemschutzgeräten sind auch bei isolierenden Schutzanzügen Tragzeitbegrenzungen zu beachten.

Weitere Hinweise:

- TRgA 415 "Tragezeitbegrenzungen von Atemschutzgeräten und isolierenden Schutzanzügen ohne Wäremeaustausch für Arbeit"  
ZH 1/700 "Regeln für den Einsatz von Schutzkleidung"

#### **4.7.3.5 Augen-/Gesichtsschutz**

Eine Gefährdung der Augen ist vor allem beim Auftreten von Sickerwasser bei Schürfarbeiten und Bohrungen gegeben. Die ZH 1/703 "Regeln für den Einsatz von Augenschutz" sieht für den Schutz vor spritzenden Flüssigkeiten Korbbrillen mit Sichtscheibe vor. Da in den Fällen von Bohrungen und Schürfen das Tragen eines Schutzhelmes erforderlich ist, bieten sich am Helm angebrachte Gesichtsschutzschirme an.

Weitere Hinweise:

- ZH 1/703 "Regeln für den Einsatz von Augen- und Gesichtsschutz"

#### **4.7.3.6 Hautschutz**

Das Tragen der vorgenannten persönlichen Schutzausrüstung kann, neben einem Schutz der Haut, auch zu deren Belastung und so zu unerwünschten Nebenwirkungen führen. Besonders beim Tragen von Handschuhen und Stiefeln kommt es durch die vermehrte Schweißansammlung zu einem Quellen der oberen Hautschichten, wodurch ein Eindringen von Pilzen, Bakterien und Schadstoffen erleichtert wird. Erforderlich ist deshalb - vor allem für den Hand- und Fußbereich - die Anwendung eines dreistufigen Reinigungs- und Pflegesystems für die Haut, bestehend aus Hautschutz, Hautreinigung und Hautpflege.

##### **Hautschutz**

Durch Hautschutz sollen die unerwünschten Nebenwirkungen des Tragens von persönlichen Schutzausrüstung auf die Haut verhindert werden, indem ein Eindringen von Schadstoffen möglichst gut verhindert wird. Hautschutzmittel mit Gerbstoffanteil wirken der Hautaufweichung entgegen. Durch untergezogene Baumwollhandschuhe und Füßlinge wird der Schweiß von der Haut abgeleitet.

##### **Hautreinigung**

Eine weitere Beanspruchung für die Haut stellt das Waschen dar. Deshalb sollten hierfür spezielle Hautreinigungsmittel mit milden Tensiden verwendet werden.

## Hautpflege

Die Hautpflege als dritte Stufe soll durch entsprechende Präparate den durch die Hautbelastung nicht mehr in ausreichendem Maße nachgebildeten natürlichen Hautschutzfilm ersetzen. Hierdurch wird einem Austrocknen der Haut nach der Tätigkeit und einem möglichen Eindringen von Keimen vorgebeugt.

Weitere Hinweise:

ZH 1/708 "Regeln für den Einsatz von Hautschutz".

### 4.7.4 Wartung und Pflege der Schutzausrüstung

Bei Beendigung der Arbeiten ist die Schutzausrüstung von Verschmutzung zu reinigen. Kann dies nicht vor Ort erfolgen, sollte die Ausrüstung in geschlossenen Behältern zu einem geeigneten Ort gebracht werden, um eine Verschleppung von Gefahrstoffen zu vermeiden.

Die persönliche Schutzausrüstung ist vom Träger zu warten. Sofern eine größere Menge an persönlicher Schutzausrüstung, insbesondere Atemschutzgeräten, zu warten ist, empfiehlt es sich, hierfür eine speziell geschulte Person einzusetzen (Gerätewart). Für die Instandhaltung der Geräte sollte ein Programm entsprechend dem Typ erstellt werden. Für z.B. Atemschutzgeräte sollten hierin die Punkte

- Einsatzbereitschaft wiederherstellen incl. Reinigung und Desinfektion
- Prüfung auf einwandfreie Funktion nach vorgeschriebenen Fristen
- notwendige Reparaturen
- Eintragung in Prüfbuch

enthalten sein. Detaillierte Prüflisten für Atemschutzgeräte sind in den "Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten" (ZH1/701) enthalten, ansonsten sind die Gebrauchsanleitungen der Hersteller zu beachten.

Einweg-Schutzausrüstung ist nach dem Gebrauch zu entsorgen und hierfür in geeigneten Behältern zu lagern.

## 4.8 Arbeitsmedizinische Betreuung

Da es im Verlauf von Erkundungsarbeiten zu chemischen, physikalischen oder biologischen Einwirkungen durch gefährliche Stoffe kommen kann, welche entweder akut oder auch noch nach vielen Jahren gesundheitliche Beeinträchtigungen der Beschäftigten bewirken können, müssen in Abhängigkeit von der Einsatzdauer arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen durchgeführt werden. Verantwortlich für deren Veranlassung ist der Arbeitgeber der mit diesen Erkundungsarbeiten beschäftigten Personen. Dieser hat eine sogenannte Vorsorgekartei zu führen, in der u.a. die Ergebnisse der arbeitsmedizinischen Untersuchungen und Angaben über Art und Zeitpunkt der Tätigkeiten aufgeführt werden müssen (UVV Arbeitsmedizinische Vorsorge, VBG 100).

Die Untersuchungen sind von Ärzten mit arbeitsmedizinischer Fachkunde nach UVV "Betriebsärzte" (VBG 123) durchzuführen. Bei Baubetrieben sind dies die Arbeitsmedizinischen Dienste der jeweiligen Berufsgenossenschaften, für andere Personen überbetriebliche Dienste oder niedergelassene Ärzte mit der notwendigen Fachkunde.

Im Zweifelsfall, z.B. aufgrund sehr kurzer Einsatzzeiten, sollte bei den Arbeitsmedizinischen Diensten frühzeitig bezüglich der Notwendigkeit nachgefragt werden.

Der Arbeitsmedizinische Dienst der Tiefbau-Berufsgenossenschaft führt bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen ein Untersuchungsprogramm durch, welches im wesentlichen eine pragmatisch handhabbare, arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung darstellt. Dieses Untersuchungsprogramm eignet sich ebenfalls für Beschäftigte, welche Erkundungen auf Altablagerungen vornehmen. Zusätzlich zu diesem Untersuchungsprogramm sollte eine Untersuchung nach dem arbeitsmedizinischen Grundsatz 26, Gruppe 2 (Atemschutz mit Gerätegewichten bis 5 kg) durchgeführt werden.

Näheres hierzu ist dem "Leitfaden der arbeitsmedizinischen Betreuung von Arbeitnehmern in kontaminierten Bereichen" zu entnehmen, der beim Arbeitsmedizinischen Dienst der Tiefbau-Berufsgenossenschaft in München (siehe Anhang 4) angefordert werden kann.

Das in diesem Leitfaden vorgestellte Untersuchungsprogramm berücksichtigt zunächst die gesundheitliche Tauglichkeit der Beschäftigten für Arbeiten in kontaminierten Bereichen und dokumentiert die Ausgangsbefunde. Während die Erkundungsarbeiten stattfinden, werden begleitende Untersuchungen zur Gesundheitsüberwachung durchgeführt. Am Ende der Arbeiten erfolgt dann eine Abschlußuntersuchung, z.B. zur Dokumentation zwischenzeitlich aufgetretener Veränderungen. Bei kurzzeitigen Erkundungsarbeiten entfallen in der Regel begleitende und Abschlußuntersuchungen. Für derartige Fälle ist mit dem betreuenden Arbeitsmediziner ein Untersuchungsrythmus festzulegen.

Durch dieses Untersuchungsprogramm kann auch bei der technischen Erkundung von Altablagerungen weitestgehend sichergestellt werden, daß mittels adäquater und regelmäßiger arbeitsmedizinischer Betreuung mögliche gesundheitliche Belastungen frühzeitig erkannt werden und daß spätestens zu diesem Zeitpunkt Gegenmaßnahmen getroffen werden können.

In diesem Zusammenhang muß aus arbeitsmedizinischer Sicht aber deutlich darauf hingewiesen werden, daß nur optimale Schutzausrüstungen den Organismus vor Belastungen mit Gefahrstoffen schützen. Voraussetzung hierfür ist, daß die Person zum Tragen dieser Schutzausrüstungen geeignet ist. Die ärztliche Untersuchung kann (bestenfalls) eingetretene gesundheitliche Veränderungen erkennen und hieraus evtl. einen Therapieversuch herleiten. Eine Garantie, daß keine gesundheitlichen Langzeitschäden durch Aufnahme von Gefahrstoffen auftreten werden, kann kein Arzt geben!

Deshalb gilt gerade für Erkundungen auf Altablagerungen: "Vorsorge verhütet Nachsorge!"

## 5 Ausschreibung und Vertragsgestaltung

Sorgfältig gestaltete Bauverträge sind für die reibungslose Abwicklung von Maßnahmen an Altablagerungen sowohl aus der Sicht des Auftraggebers und des Auftragnehmers als auch aus der Sicht der Berufsgenossenschaften und staatlichen Arbeitsschutzinstitutionen zu fordern.

Sind Bohrarbeiten oder auch umfangreiche Sondierarbeiten durchzuführen, finden die Bestimmungen der Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) oder auch die Verdingungsordnung für Leistungen (VOL) Anwendung, besonders, wenn es sich um öffentliche Auftraggeber handelt. Bei konventionellen Bauarbeiten zählen die Schutz- und Sicherungsmaßnahmen nach den Unfallverhütungsvorschriften und den behördlichen Bestimmungen zu den Nebenleistungen, die auch ohne Erwähnung im Vertrag zur vertraglichen Leistung des Auftragnehmers gehören. Sie werden in der Regel daher nicht gesondert vergütet (s. VOB, Teil C, DIN 18299, 4.1.4). Für Arbeiten in kontaminierten Bereichen gab es bisher keine eindeutigen Vorgaben zur vertraglichen Behandlung der mit diesen Arbeiten verbundenen besonderen, im Verhältnis zu konventionellen Arbeiten zusätzlichen, Maßnahmen des Arbeits- und Nachbarnschutzes. In dem Ergänzungsband 1996 der VOB, Ausgabe 1992, finden sich in der DIN 18299 mittlerweile eindeutige Regelungen zur vertraglichen Behandlung besonderer Maßnahmen des Arbeits- und Nachbarschaftsschutzes. So sind nach Ziffer 4.2.4 in der DIN 18299 "Besondere Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen", z.B. die meßtechnische Überwachung, der Einsatz von spezifischen Zusatzgeräten für Baumaschinen und Anlagen und abgeschottete Arbeitsbereiche, als besondere Leistungen erwähnt. Dieses hat zur Folge, daß diese Leistungen in der Leistungsbeschreibung besonders zu erwähnen sind.

Die Art der Ausschreibung derartiger Leistungen im Sinne des § 9 VOB/A ist in den "Hinweisen für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung" der DIN 18299 beschrieben. So findet sich im Abschnitt 0.1 - Angaben zur Baustelle - der Hinweis, daß "Art und Umfang von Schadstoffbelastungen, z. B. des Bodens, der Gewässer, der Luft, der Stoffe und Bauteile, vorliegende Fachgutachten oder ähnliches zu beschreiben sind (0.1.17). In den Angaben zur Ausführung (0.2) wird unter 0.2.3 auf die Darstellung der "Besonderen Anforderungen für Arbeiten in kontaminierten Bereichen, ggf. besondere Anordnungen für Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen" hingewiesen. Ergänzt wird diese Ziffer um 0.2.4, bei der es um "Besondere Anforderungen an die Baustelleneinrichtungen und Entsorgungseinrichtungen, z. B. Behälter für die getrennte Erfassung" geht.

In den am 01.04.1992 in Kraft getretenen "Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen" (ZH 1/183) wird in den Erläuterungen zu Abschnitt 4 (Vergabe von Aufträgen) dargelegt, daß "bei der Ausschreibung die erforderlichen, den Arbeitsschutz betreffenden Maßnahmen, die über den im Baugewerbe üblichen Rahmen hinausgehen, als zusätzliche Einzelleistungen ausgeschrieben werden sollten". Diese "Soll-Bestimmung" ist präzisiert im Abschnitt 8.3 derselben Richtlinie, indem dem Auftraggeber auferlegt wird, einen Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan zu erstellen. In diesem Plan sind die Ergebnisse der ebenfalls vom Auftraggeber durchzuführenden Gefährdungsermittlung (aus der Sicht des Arbeitsschutzes) auszuwerten und die auf die vorgesehenen Arbeitsverfahren und Tätigkeiten abgestimmten sicherheitstechnischen Maßnahmen zu beschreiben. Der Plan soll dann zum Bestandteil der

Ausschreibungsunterlagen gemacht werden. Mit dieser Vorgehensweise wird die Forderung nach einer erschöpfenden Leistungsbeschreibung gemäß VOB/A § 9 für den Teil des Arbeitsschutzes sicher erfüllt. Für den Fall, daß die technische Erkundung erstmalig am Standort durchgeführt wird, erstreckt sich die vom Auftraggeber durchzuführende erste Gefährdungsermittlung auf die historische Recherche. Die Ergebnisse der historischen Recherche bestimmen dann die Inhalte des vom Auftraggeber zu erstellenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzplanes.

Standardisierte Leistungstexte zu den angesprochenen besonderen Maßnahmen des Arbeits- und Nachbarschaftsschutzes existieren z. Z. noch nicht. Das Sachgebiet Altlastensanierung beim Fachausschuß Tiefbau (Tiefbau-Berufsgenossenschaft - Adresse s. Anhang 4) hat Ausschreibungsunterlagen erarbeitet, die für den Einzelfall auszuarbeiten sind. Bei diesem Sachgebiet sind auch weitere Auskünfte zu den besonderen Bedingungen bei Ausschreibungen wie auch die notwendigen Arbeitsschutzmaßnahmen erhältlich.

Im folgenden werden einige arbeitsschutztypische Leistungen aufgezählt, wobei die angegebenen Preise als Orientierungswerte anzusehen sind. Je nach Umfang und Dauer der Erkundung-/Sanierungsmaßnahmen können diese Preise deutlich schwanken.

### **Baustelleneinrichtung**

- Schwarz/Weißanlage (Container), Lieferung sowie Auf- und Abbau (ohne Herstellung von Leitungsanschlüssen)  
ca. 20.000-25.000 DM (Neubeschaffungspreis eines 20-Fuß-Containers)
- Unterhalten der Schwarz/Weiß-Anlage  
ca. 40-50 DM/Arbeitstag
- Stiefelwaschanlage, Lieferung sowie Auf- und Abbau  
ca. 2.000-3.000 DM (pauschal)
- Dampfstrahlgerät, Lieferung, Vorhaltung, Wartung  
ca. 1.500-2.000 DM (pauschal)

### **Persönliche Schutzausrüstung**

- Einweg-Chemikalien-Schutzanzug, atmungsaktiv, Lieferung und Entsorgung  
ca. 15-20 DM/Stück
- Schutzhelme mit Gesichtsschutzschirm, Lieferung und Vorhaltung  
ca. 50-60 DM/Stück
- Chemikalienbeständige Schutzhandschuhe mit unterzuziehenden Baumwollhandschuhen  
ca. 30-35 DM
- Sicherheitsgummistiefel, Lieferung  
ca. 30-40 DM/Stück
- Filtermaske zum Aufschrauben von Kombinationsfiltern, Lieferung und Vorhaltung  
ca. 200-250 DM (pauschal)
- Kombinationsfilter, Lieferung und Vorhaltung  
ca. 50-60 DM

- Einweg-Atemschutzmaske, Lieferung und Vorhaltung  
ca. 15-20 DM/Stück
- Atemschutzgerät (Airstream-breathe-easy 3), Lieferung, Vorhaltung und Wartung  
ca. 1.000-1.500 DM (pauschal)
- Kapsel-Gehörschützer, Lieferung und Vorhaltung  
ca. 15-20 DM/Stück

### **Meßtechnik / Arbeitsplatzmessungen**

- Kontinuierlich messendes Dreigasgerät, ex-geschützt Lieferung und Vorhaltung  
ca. 60-80 DM/Arbeitstag
- Gasspürpumpe mit Gasmessröhrchen, Lieferung und Vorhaltung  
ca. 10-20 DM/Arbeitstag - Prüfröhrchen nach Aufwand
- Ex-geschützter Photoionisationsdetektor, Lieferung und Vorhaltung  
ca. 150-200 DM/Arbeitstag
- Durchführung von Arbeitsplatzmessungen (abhängig von Häufigkeit und Umfang des Messprogrammes)  
ca. 600-1.000 DM/Arbeitstag

### **Technische Schutzmaßnahmen**

- KV6- Behälter mit Flüssigstickstoff zur Inertisierung, Lieferung, Vorhaltung und Bedienung  
ca. 1.000 DM/Arbeitstag
- Stickstoff-Flasche zur Inertisierung, Lieferung und Vorhaltung  
ca. 10-20 DM/Arbeitstag
- Ex-geschütztes Gebläse zur Bewetterung (Durchsatz 5000 m<sup>3</sup>/Std.), Lieferung, Wartung  
ca. 2.000-2.500 DM (pauschal)
- Vorhaltung des o.g. Gebläses  
ca. 20-30 DM/Arbeitstag
- Kabinenschutzbelüftung für Fahrzeuge über Luftfiltrierung, Investitionskosten ca. 35.000 DM, Zulage über die Bauzeit ca. 200 DM/Arbeitstag, Aktivkohlefilter 1000 DM/Stück (Wechsel in der Regel alle 3-4 Wochen)

### **Sonstige Kosten/Personalkosten**

- Baustellenzaun, Lieferung sowie Auf- und Abbau  
ca. 20-25 DM/m
- Erschwerniszulage für das Tragen des Filtergerätes  
ca. 5 DM/Std.
- Ständige Anwesenheit eines Koordinators  
ca. 1.000 DM/Arbeitstag
- Personalkosten bei Stillstand einer Bohrbesatzung  
ca. 200-400 DM/Std.



- Gerätekosten bei Stillstand einer Bohrung  
ca. 150-300 DM/Std.
- Abtransport kontaminierten Reinigungswassers/Sanitärabwassers mittels Tankwagen zur Kläranlage  
ca. 50-150 DM/m<sup>3</sup>
- Arbeitsmedizinische Vorsorge gemäß UVV (VBG 100) sowie nach Grundsatz G 26 für Atemschutzgeräteträger  
ca. 500-1.000 DM/Person (Lohnausfall und Untersuchungskosten)

# Anhang 1: Vorschriften und Regelwerke

## 1. Gesetze/Verordnungen

- **Verordnung über gefährliche Stoffe (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) vom 26. Oktober 1993 (BGBl. 1782) (ZH1/220)**

### Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS:

- **TRGS 003**  
Allgemein anerkannte sicherheitstechnische, arbeitsmedizinische und hygienische Regeln
- **TRGS 102**  
Technische Richtkonzentrationen (TRK) für gefährliche Stoffe
- **TRGS 150**  
Unmittelbarer Hautkontakt mit Gefahrstoffen
- **TRgA 400**  
Anforderungen an Meßstellen zur Durchführung der Messungen gefährlicher Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz
- **TRGS 402**  
Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen
- **TRGS 403**  
Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz
- **TRgA 415**  
Tragezeitbegrenzungen von Atemschutzgeräten und isolierenden Schutzanzügen ohne Wärmeaustausch für Arbeit
- **TRGS 555**  
Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV
- **TRGS 900**  
Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz - "Luftgrenzwerte"

### Richtlinien der Europäischen Union:

Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1989 zur **Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für persönliche Schutzausrüstungen**

(89/686/EWG)

Richtlinie des Rates vom 30. November 1989 über **Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen durch Arbeitnehmer bei der Arbeit**

(89/656/EWG)

Richtlinie des Rates vom 24. Juni 1992 über die auf zeitlich begrenzten und ortveränderlichen Baustellen anzuwendenden Mindestvorschriften für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz (sog. "Baustellen-koordinierungsrichtlinie")

(92/57/EWG)

Richtlinie des Rates über den **Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit**

(90/679/EWG)

## 2. Unfallverhütungsvorschriften

- **UVV Allgemeine Vorschriften** (VBG 1)
  - Vorschriften und Pflichten des Unternehmers z.B. Persönliche Schutzausrüstung, Unterweisung der Versicherten
  - Pflichten der Versicherten z. B. Befolgung von Weisungen des Unternehmers
  - Betriebsanlagen und Betriebsregelungen z. B. Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen
- **UVV Bauarbeiten** (VBG 37)
  - Gemeinsame Bestimmungen z.B. Leitung und Aufsicht, Wahrnehmung von Sicherheitsaufgaben
  - Zusätzliche Bestimmungen für spezielle Bauarbeiten z.B. Montage, Abbruch, Arbeiten mit heißen Massen, unter Tage, in Gräben, in Bohrungen
- **UVV Gase** (VGB 61)
  - Bau und Ausrüstung z.B. Verlegung von Rohrleitungen, Bauweise der Räume, Schutzzonen, Sicherheitseinrichtungen
  - Prüfung (Dichtheit, etc.)
  - Betrieb (z. B. Bedienungsanweisungen, Schutzmaßnahmen, Verhaltensregeln)
- **UVV Arbeiten an Gasleitungen** (VBG 50)
- **UVV Arbeitsmedizinische Vorsorge** (VBG 100)
  - Geltungsbereich
  - Gemeinsame Bestimmungen z.B. Erstuntersuchung, Nachuntersuchungen
  - Besondere Bestimmungen für krebserzeugende Arbeitsstoffe
  - Ordnungswidrigkeiten
- **UVV Erste Hilfe** (VBG 109)
  - Allgemeine Pflichten des Unternehmers
  - Allgemeine Pflichten des Versicherten
  - Sanitätsräume, Erste-Hilfe-Material etc.
- **UVV Betriebsärzte** (VBG 123)

### 3. Berufsgenossenschaftliche Richtlinien, Sicherheitsregeln

- **Explosionsschutz-Richtlinien** (ZH 1/10)  
**Inhalt:**
  - Geltungsbereich
  - Beurteilungsmaßstäbe (Explosionsgefahr)
  - Schutzmaßnahmen (primärer, sekundärer, konstruktiver Explosionsschutz)
- **Richtlinien für Arbeiten in Behältern und engen Räumen** (ZH 1/77)
- **Anleitung zur Ersten Hilfe bei Unfällen** (ZH 1/143)
- **Erste Hilfe bei Einwirken chemischer Stoffe** (ZH 1/175)
- **Sicherheitsregeln für Arbeiten in geschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen** (ZH 1/177)
- **Sicherheitsregeln für Deponien** (ZH 1/178)
- **Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen** (ZH 1/183)
  - Anwendungsbereich
  - Begriffsbestimmung
  - Allgemeine Anforderungen
  - Vergabe von Aufträgen
  - Koordinierung und Verantwortung
  - Leitung und Aufsicht
  - Beschäftigungsbeschränkung
  - Erkundung, Ermittlung und Dokumentation von Gefahrstoffen
  - Meßtechnische Überwachung der Arbeitsplätze
  - Vorausgehende Untersuchungen
  - Durchführung von Bauarbeiten
  - Zusätzliche Bestimmungen für Anlagen und Einrichtungen zur
  - Behandlung kontaminierter Böden, Flüssigkeiten und baulicher
  - Einrichtungen
  - Zusätzliche Bestimmungen für mikrobiologische Sanierungsverfahren
  - Brandschutz
  - Rettung und Erste Hilfe
  - Notfallausweis
  - Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung
  - Betriebsanweisung
  - Unterweisung
  - Persönliche Schutzausrüstung
  - Hautschutz

- **Sicherheitsregeln für Rohrleitungsbauarbeiten** (ZH 1/559)
- **Auswahlkriterium für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach den Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen-Atemschutzgeräte** (ZH 1/600.26)
- **Regeln für den Einsatz von Schutzbekleidung** (ZH 1/700)
- **Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten** (ZH 1/701)
- **Regeln für den Einsatz von Fußschutz** (ZH 1/702)
- **Regeln für den Einsatz von Augen- und Gesichtsschutz** (ZH 1/703)
- **Regeln für den Einsatz von Industrieschutzhelmen** (ZH 1/704)
- **Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen** (ZH 1/706)
- **Regeln für den Einsatz von Hautschutz** (ZH 1/708)

## Anhang 2: Konzentrationsangaben

1 g/kg = 1 g/kg =  $10^0$  g/kg = 1 Promille

1 mg/kg = 0,001 g/kg =  $10^{-3}$  g/kg = 1 ppm

1 µg/kg = 0,000 001 g/kg =  $10^{-6}$  g/kg = 1 ppb

1 ng/kg = 0,000 000 001 g/kg =  $10^{-9}$  g/kg = 1 ppt

1 pg/kg = 0,000 000 000 001 g/kg =  $10^{-12}$  g/kg = 1 ppq

1 Pro- = 1 Teil / 1 000 Teile = 1 Teil /  $10^3$  Teile  
mille

1 ppm = 1 Teil / 1 000 000 Teile = 1 Teil /  $10^6$  Teile

1 ppb = 1 Teil / 1 000 000 000 Teile = 1 Teil /  $10^9$  Teile

1 ppt = 1 Teil / 1 000 000 000 000 Teile = 1 Teil /  $10^{12}$  Teile

1 ppq = 1 Teil / 1 000 000 000 000 000 Teile = 1 Teil /  $10^{15}$  Teile

1 g/kg = 1 Gramm pro Kilogramm

1 mg/kg = 1 Milligramm pro Kilogramm

1 µg/kg = 1 Mikrogramm pro Kilogramm

1 ng/kg = 1 Nanogramm pro Kilogramm

1 pg/kg = 1 Picogramm pro Kilogramm

1 ‰ = 1 Promille, 1 Teil von 1 Tausend Teilen

1 ppm = 1 part per million, 1 Teil von 1 Million Teilen

1 ppb = 1 part per billion, 1 Teil von 1 Milliarde Teilen

1 ppt = 1 part per trillion, 1 Teil von 1 Billion Teilen

1 ppq = 1 part per quadrillion, 1 Teil von 1 Billiarde Teilen

**Umrechnung von Massenkonzentrationen in Volumenkonzentrationen:**

Bei der Umrechnung von Massenkonzentrationen gasförmiger Stoffe in Volumenkonzentrationen ist die Temperatur- und Druckabhängigkeit der Gasdichte zu beachten. Für Messungen an Arbeitsplätzen werden als Bezugsparameter 20°C und 1013 hPa angegeben.

**von mg/m<sup>3</sup> in ppm (ml/m<sup>3</sup>):**

$$c \text{ [ppm]} = (\text{Molvolumen} / \text{molare Masse}) * c \text{ [mg/m}^3\text{]}$$

**von ppm (ml/m<sup>3</sup>) in mg/m<sup>3</sup>:**

$$c \text{ [mg/m}^3\text{]} = (\text{molare Masse} / \text{Molvolumen}) * c \text{ [ppm]}$$

Das Molvolumen eines beliebigen Gases beträgt 24,1 l/mol bei 20°C und 1013 hPa, die molare Masse des spezifischen Gases ist jeweils einzusetzen.

**Beispiel für H<sub>2</sub>S:**

Molvolumen 24,1 l/mol

molare Masse 34,08 g/mol

angenommene Konzentration 15 mg/m<sup>3</sup>

$$c \text{ [ppm]} = 24,1 / 34,08 * 15 \text{ [mg/m}^3\text{]} = 10,61 \text{ [ppm]}$$

## Anhang 3: Stoffdaten für die wichtigen Bestandteile von Deponiegas

### Methan

Methan CH <sub>4</sub>		
Chemisch - physikalische Daten	Aggregatzustand bei 25°C Geruch Dichte Explosionsgrenzen Zündtemperatur	gasförmig geruchslos 0,717 kg/m <sup>3</sup> 5 - 15 Vol.-% 595 °C
Grenzwerte	MAK MIK TRK	- - -
Meßtechnik	kombinierte direktanzeigende Geräte Flammenionisationsdetektor Infrarot-Meßgeräte Gaschromatograph	
Wirkungspfade	Haut (dermal) Atmung (inhalativ) Mund (oral)	ohne Bedeutung Hauptwirkungspfad ohne Bedeutung
Gesundheitsgefähr- dung	Explosionsgefahr Sauerstoffmangel durch Verdrängung der Atemluft	
Persönliche Schutzausrüstung	bei Sauerstoffmangel umgebungs- luftunabhängige Atemschutzgeräte	



## Kohlendioxid

Kohlendioxid CO <sub>2</sub>		
Chemisch - physikalische Daten	Aggregatzustand bei 25°C	gasförmig
	Geruch	geruchslos bis schwach säuerlich
	Dichte	1,98 kg/m <sup>3</sup>
	Explosionsgrenzen	-
	Zündtemperatur	-
Grenzwerte	MAK	5000 ppm = 0,5 Vol.-%
	MIK	-
	TRK	-
Meßtechnik	Prüfröhrchen kombinierte direktanzeigende Geräte Gaschromatograph	
Wirkungspfade	Haut (dermal)	ohne Bedeutung
	Atmung (inhalativ)	Hauptwirkungspfad
	Mund (oral)	ohne Bedeutung
Gesundheitsgefährdung	toxische Wirkung (siehe auch Tab.3) Sauerstoffverdrängung in Tiefpunkten (Gruben, Schächte etc.)	
Persönliche Schutzausrüstung	bei Sauerstoffmangel umgebungsluftunabhängige Atemschutzgeräte	

## Schwefelwasserstoff

Schwefelwasserstoff H <sub>2</sub> S		
Chemisch - physikalische Daten	Aggregatzustand bei 25°C	gasförmig
	Geruch	charakteristisch nach faulen Eiern
	Dichte	1,54 kg/m <sup>3</sup>
	Explosionsgrenzen	4,3 - 45,5 Vol.-%
	Zündtemperatur	270 °C
Grenzwerte	MAK	10 ppm
	MIK	-
	TRK	-
Meßtechnik	Prüfröhrchen direktanzeigende Geräte	
Wirkungspfade	Haut (dermal)	geringe Bedeutung, Hautschädigung möglich
	Atmung (inhalativ)	Hauptwirkungspfad
	Mund (oral)	Schleimhautreizung
Gesundheitsgefährdung	toxische Wirkung (siehe auch Tab. 4)	
Persönliche Schutzausrüstung	Filteratemschutzgeräte Grundausrüstung gegen dermale Aufnahme	

## Vinylchlorid

<b>Vinylchlorid</b> <b>C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl</b>		
Chemisch - physikalische Daten	Aggregatzustand bei 25°C Geruch Dichte Explosionsgrenzen Zündtemperatur	gasförmig oder flüssig mild süßlich 0,91 g/l bzw. 2,2 kg/m <sup>3</sup> 3,8 - 31 Vol.-% 415 °C
Grenzwerte	MAK MIK TRK	- - 5 mg/m <sup>3</sup>
Meßtechnik	Prüfröhrchen Gaschromatograph indirekt über Deponiegaskonzentration mit Flammenionisationsdetektor	
Wirkungspfade	Haut (dermal) Atmung (inhalativ) Mund (oral)	Hautresorption Hauptwirkungspfad -
Gesundheitsgefähr- dung	eindeutig krebserzeugend	
Persönliche Schutzausrüstung	Filteratemschutzgeräte - nur AX-Filterstufe Grundausrüstung	

## Benzol

<b>Benzol</b> <b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>		
Chemisch - physikalische Daten	Aggregatzustand bei 25°C Geruch Dichte Explosionsgrenzen Zündtemperatur	flüssig aromatisch 0,88 g/cm <sup>3</sup> 1,2 - 8,0 Vol.-% 555 °C
Grenzwerte	MAK MIK TRK	- 3/10 mg/m <sup>3</sup> 1 ppm
Meßtechnik	Prüfröhrchen Gaschromatograph Photoionisationsdetektor (Summenmessung) indirekt über Deponiegaskonzentration mit Flammenionisationsdetektor	
Wirkungspfade	Haut (dermal) Atmung (inhalativ) Mund (oral)	Hautresorption Hauptwirkungspfad -
Gesundheitsgefähr- dung	eindeutig krebserzeugend	
Persönliche Schutzausrüstung	Filteratemschutzgeräte Grundausrüstung	

## Mercaptane (Stoffklasse)

Mercaptane (Stoffklasse)		
Chemisch - physikalische Daten	Aggregatzustand bei 25°C Geruch Dichte Explosionsgrenzen Zündtemperatur	gasförmig penetrant - - -
Grenzwerte	MAK MIK TRK	je nach Vertreter der Stoffklasse
Meßtechnik	Prüfröhrchen Photoionisationsdetektor (Summenmessung) Gaschromatograph	
Wirkungspfade	Haut (dermal) Atmung (inhalativ) Mund (oral)	hautreizend Hauptwirkungspfad -
Gesundheitsgefähr- dung	Reizwirkung auf Haut und Schleimhäute Schwindel, Erbrechen, Kopfschmerz	
Persönliche Schutzausrüstung	Filteratemschutzgeräte Grundausrüstung	

## Anhang 4: Adressenverzeichnis

### Staatliche Gewerbeaufsichtsämter

- Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Freiburg  
- Amt für Arbeits- und Immissionsschutz-  
Elsässer Str. 2  
79110 Freiburg  
Telefon (07 61) 8853-0  
Telefax (07 61) 806487
- Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Göppingen  
- Amt für Arbeits- und Immissionsschutz-  
Willi- Bleicher- Str. 3  
73033 Göppingen  
Telefon (0 71 61) 657-0  
Telefax (0 71 61) 657-199
- Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Heilbronn  
- Amt für Arbeits- und Immissionsschutz-  
Rollwagenstraße 16  
74072 Heilbronn  
Telefon (0 71 31) 64-3800  
Telefax (0 71 31) 64-3840
- Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Karlsruhe  
- Amt für Arbeits- und Immissionsschutz-  
Hebelstr. 1-3  
76133 Karlsruhe  
Telefon (071 21) 926-4122  
Telefax (071 21) 926-4682
- Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Mannheim  
- Amt für Arbeits- und Immissionsschutz-  
Augusta- Anlage 24  
68165 Mannheim  
Telefon (06 21) 292-4301  
Telefax (06 21) 292-4617
- Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Sigmaringen  
- Amt für Arbeits- und Immissionsschutz-  
Fidelis-Graf-Straße 2  
72488 Sigmaringen  
Telefon (0 71 61) 732-500  
Telefax (0 71 61) 732-505
- Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Stuttgart  
- Amt für Arbeits- und Immissionsschutz-  
Jägerstraße 22  
70174 Stuttgart  
Telefon (07 11) 1869-0  
Telefax (07 11) 226 34 34

- Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Tübingen  
- Amt für Arbeits- und Immissionsschutz-  
Bismarckstr. 96  
72072 Tübingen  
Telefon (0 70 71) 912-0  
Telefax (0 70 71) 912-188
- Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Villingen- Schwenningen  
- Amt für Arbeits- und Immissionsschutz-  
Am Hoptbühl 5  
78048 VS- Villingen  
Telefon (0 77 21) 914-0  
Telefax (o 77 21) 914-100

### **Landesgesundheitsamt**

Abt. V, Staatlicher Gewerbearzt  
Uhlandstraße. 14a  
70182 Stuttgart  
Telefon (07 11) 212-1  
Telefax (07 11) 2624987

Außenstelle Freiburg  
Elsässerstr. 2  
79110 Freiburg  
Telefon (07 61) 8853-0  
Telefax (07 61) 806487

### **Berufsgenossenschaften (BG):**

- Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften  
Alte Heerstraße 111  
53757 Sankt Augustin  
Telefon (02241) 231-01
- Berufsgenossenschaftliche Zentrale für Sicherheit und Gesundheit  
Alte Heerstraße 111  
53757 Sankt Augustin  
Telefon (02241) 231-01
- Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit - BIA  
Alte Heerstraße 111  
53757 Sankt Augustin  
Telefon (02241) 231-02
  
- **Südwestliche Bau-BG**  
Steinhäuserstraße 10  
76135 Karlsruhe  
Telefon (0721) 8102-0

### Technischer Aufsichtsdienst:

- Dienststelle Karlsruhe:  
Steinhäuserstraße 10  
76135 Karlsruhe  
Telefon (0721) 8102-0

- Dienststelle Freiburg  
Wirthstraße 5  
79110 Freiburg  
Telefon (0761) 15203-13
- Dienststelle Mannheim  
Neckarauer Straße 106-116  
68163 Mannheim  
Telefon (0621) 83331-20
- Dienststelle Neustadt  
Karolinenterrasse 8  
67434 Neustadt  
Telefon (06321) 83821
- Dienststelle Saarbrücken  
Puccinistraße 21  
66119 Saarbrücken  
Telefon (0681) 58800-0

Arbeitsmedizinischer Dienst:

- Hauptzentrum Karlsruhe  
Steinhäuserstraße 10  
76135 Karlsruhe  
Telefon (0721) 8102-0
- Zentrum Freiburg  
Wirthstraße 5  
79110 Freiburg  
Telefon (0761) 15203-0
- Zentrum Mannheim  
Neckarauer Straße 106-116  
68163 Mannheim  
Telefon (0621) 83331-0
- **Württembergische Bau-Berufsgenossenschaft**  
Friedrich-Gerstlacher-Straße 15  
71032 Böblingen  
Telefon (07031) 625-0

Arbeitsmedizinischer Dienst:

- Friedrich-Gerstlacher-Straße 15  
71032 Böblingen  
Telefon (07031) 625-0
- Fritz-Müller-Straße 143  
73730 Esslingen  
Telefon (0711) 313044
- Gartenstraße 18  
88212 Ravensburg  
Telefon (0751) 16091

- St.Pöltener Straße 26  
89522 Heidenheim  
Telefon (07321) 24204
- Hindenburgstr. 86  
78549 Spaichingen  
Telefon (07424) 4265
  
- **Tiefbau-Berufgenossenschaft**  
Am Knie 6  
81241 München  
Telefon (089) 8897-0

Technischer Aufsichtsdienst:

- Außenstelle Stuttgart  
Vollmoellerstraße 11  
70563 Stuttgart (Vaihingen)  
Telefon (0711)-97894-10
- Außenstelle Mannheim  
Dynamostraße 11  
68165 Mannheim  
Telefon (0631) 43889-20
- Außenstelle Villingen-Schwenningen  
Alte Herdtstraße 10  
78054 Villingen-Schwenningen  
Telefon: (07720) 8514-10

Arbeitsmedizinischer Dienst:

- Außenstelle Stuttgart  
Vollmoellerstraße 11  
70563 Stuttgart (Vaihingen)  
Telefon (0711) 97894-20
- Außenstelle Warthausen-Birkenhard  
Berggrubenweg 5  
88447 Warthausen  
Telefon (07351) 71764
- Außenstelle Mannheim  
Dynamostraße 11  
68165 Mannheim  
Telefon (0631) 43889-20

## Anhang 5: Offizielle Informationszentren für Vergiftungsunfälle

Folgende Informationszentren sind Tag und Nacht bereit, Auskünfte über Gegenmaßnahmen bei **Vergiftungsunfällen** aller Art zu erteilen. Stand 1996.

Freie Universität Berlin Universitätsklinikum Rudolf Virchow Standort Charlottenburg Medizinische Klinik und Poliklinik- Abt. für Reanimation Spandauer Damm 130 <b>14050 Berlin</b>			
Durchwahl	(030) 30 35	- 34 66	
		- 22 15	
		- 34 36	
Zentrale	(030) 30 35	- 0	
Telefax	(030) 30 35	- 29 00	
Medizinische Klinik II des Städtischen Klinikums Salzdahlumer Str.90 <b>38126 Braunschweig</b>			
Durchwahl	(0531) 6 22 90		
Zentrale	(0531) 595	-0	
Kliniken der Freien Hansestadt Bremen Zentralkrankenhaus St. Jürgen- Str. Klinikum für innere Medizin- Intensivstation- St.-Jürgen-Str. <b>28205 Bremen</b>			
Durchwahl	(0421) 4 97	52 68	
	(0421) 4 97	36 88	
Zentralstelle zur Beratung bei Vergiftungs- fällen an der I Medizinischen Universitätsklinik Kiel Schittenhelmstr. 12 <b>24105 Kiel</b>			
Durchwahl	(0431) 59 7	42 68	
Zentrale	(0431) 59 7	0	
Städtisches Krankenhaus , Kemperhof, Ko- blenz, I. Medizinische Klinik, Koblenzer Str. 115 <b>56073 Koblenz</b>			
Vergiftungen bei Erwachsenen	Durchwahl	(0261) 49	92111
Vergiftungen bei Kindern	Durchwahl	(0621) 49	2646



Klinikum der Stadt Ludwigshafen,  
 Giftinformationszentrale, Medizinische Klinik  
 C,  
 Bremser Str. 79

**67063 Ludwigshafen**

Durchwahl	(0621) 503	- 4 31
Zentrale	(0621) 503	- 0
Telefax	(0621) 503	- 4114

Beratungsstelle bei Vergiftungen  
 II. Medizinische Klinik und Poliklinik der  
 Universität,  
 Langenbeckstr. 1

**55131 Mainz**

Durchwahl	(06131) 9232	-466
Zentrale	(06131) 1 71	
Telefax	(06131) 2 32	- 4 69

Giftnotruf München  
 Toxikologische Abteilung der II Medizini-  
 schen  
 Klinik rechts der Isar der Technischen Uni-  
 versität  
 Ismaninger Str. 22

**81675 München**

Durchwahl	(089) 41 40	22 11
Telefax	(089) 41 40	24 67

Medizinische Klinik und Poliklinik, Bera-  
 tungs- und  
 Behandlungsstelle für Vergiftungserschei-  
 nungen,  
 Albert-Schweitzer-Str. 33

**48149 Münster**

Durchwahl	(0251) 83	- 62 45
	- 61 88	
Zentrale	(0251) 83	- 1

Klinikum Nürnberg  
 Toxikologische Intensivstation, Giftinforma-  
 tion  
 Flurstr. 17

**90419 Nürnberg**

Durchwahl	(0911) 3 98	-24 51
Telefax	(0911) 3 98	-22 05

## Anhang 6: Herstellerverzeichnisse für Arbeitsmittel und Schutzausrüstungen

(in Auszügen, weitere Auskünfte z.B. bei Berufsgenossenschaften)

### Schutzhelme:

- AM-Produkte GmbH, Mühlenweg 131-139, 21077 Hamburg
- Auergesellschaft GmbH, Thiemannstraße 1-11, 12059 Berlin
- Fondermann GmbH, Postfach 12 64, 42781 Haan
- GIA mbH, Postfach 100845, 44708 Bochum
- LASogard Arbeitsschutz-Produkte GmbH, Pappelweg, 66687 Wadern
- Peltor GmbH, Postfach 612, 76275 Ettlingen
- Römer GmbH, Postfach 1849, 89208 Neu-Ulm/Donau
- Schuberth Helme GmbH, Rebenring 31, 38106 Braunschweig
- Hans Voss KG, Im Paulsumpf 6, 38518 Gifhorn
- UVEX WINTER OPTIK GmbH, Postfach 2542, 90715 Fürth

### Augenschutz:

- AM-Produkte GmbH, Mühlenstraße 131-139, 21077 Hamburg
- Auergesellschaft GmbH, Thiemannstraße 1-11, 12059 Berlin
- Bilsom International GmbH, Postfach 11 11 65, 23501 Lübeck
- Fondermann GmbH, Postfach 12 64, 42781 Haan
- GIA mbH, Postfach 100845, 44708 Bochum
- Industrie-Schutz-Produkte GmbH, Postfach 1848, 21308 Lüneburg
- Erwin Klein GmbH & Co., Arbeitsschutz, Gutenbergstraße 75, 70197 Stuttgart
- Dr. Kurt Korsing GmbH & Co., Postfach 600480, 50684 Köln
- Unisafe Chr.Kraus GmbH & Co.KG, Theaterstraße 49, 90762 Fürth
- LASogard Arbeitsschutz-Produkte GmbH, Pappelweg, 66687 Wadern
- Anton Matscheko KG, Schutzbrillenfabrik, Postfach 80, 91444 Emskirchen
- Scherber & Götz, Postfach 2433, 90714 Fürth
- Georg Schmerler, Schutzbrillen- u. Optische Fabrik GmbH & Co.KG, Reitweg 7, 90587 Veitsbronn
- UVEX WINTER OPTIK GmbH, Postfach 2542, 90715 Fürth

### Atemschutzgeräte:

- AM-Produkte GmbH, Mühlenstraße 131-139, 21077 Hamburg
- Auergesellschaft GmbH, Thiemannstraße 1-11, 12059 Berlin
- Bartels & Rieger GmbH & Co, Gürzenichstraße 21, 50667 Köln

- BLS S.r.L., Via Raffaello, Morghen n. 20, I-20158 Milano
- Celatose Industries S.A., 199 Av. Pierre Brossolette, F-10001 Troyes-Cedex
- Delachaux S.A. Division Seplast 119, Avenue Louis-Roche, F-92231 Gennevilliers Cedex
- Drägerwerk AG, Moislinger Allee 53/55, 23558 Lübeck
- Louis M. Gerson Co., Inc., 15 Sproat Street, Middleboro, USA-02346 Massachusetts
- Erwin Klein GmbH & Co., Gutenbergstraße 75, 70197 Stuttgart
- Ets. Fernez u. Cie, 95 Rue Philippe de Girard, F-75018 Paris
- FILGIF Atemschutz (ehem. L.Giffard), Nehringstraße 10, 61352 Bad Homburg
- Flodins Filter A B, S-45 300 Lysekil
- Fondermann GmbH, Postfach 12 64, 42781 Haan
- Industrie-Schutz-Produkte GmbH, Postfach 18 48, 21308 Lüneburg
- INTERSPIRO GmbH, Werner-von-Siemens-Straße 8, 76694 Forst
- Kasco Snc., Via Roman 12, I-42100 Reggio Emilia
- MOLDEX-METRIC AG & Co.KG, Tübinger Straße 50, 72141 Walddorf
- Mölnlycke Tissue AB, S-40503 Göteborg
- 3M Deutschland GmbH, Abt. Arbeitsschutz-Produkte, Carl-Schurz-Straße 1, 41460 Neuss
- OPTAC GmbH, Senefelderstraße 17, 63322 Rödermark
- Protector Safety Ltd., Great George Street, Wigan (England)
- (Importeur: Fondermann GmbH, Postfach 12 64, 42781 Haan)
- Racal Arbeitssicherheit, Waldstraße 76, 63128 Dietzenbach
- Ricardo Spasciani S.p.A, Via Milano 248, I-20021 Bollate (Milano)  
(Importeur: TESIMAX ALTINGER GmbH, Hölderlinstraße, 75181 Pforzheim)
- SATA - Farbspritztechnik GmbH & Co., Wernerstraße 47, 71636 Ludwigsburg
- Sekur S.P.A. Pirelli Gruppe, Via di Torrespaccata 140, I-00169 Roma
- Sundström Safety AB, Box 76, S-34014 Lagan
- Unisafe GmbH, Postfach 1931, 90709 Fürth
- Adolf Würth GmbH & Co.KG, Postfach 1261, 74642 Künzelsau

**Schutzschuhe:**

- AUDA, Le Breuil-sur-Couze, F-63340 St.-Germain-Lembron (Frankreich)
- Bata-Schuh AG, CH- 4313 Möhlin
- CIDA-SUD srl, Via Fosso di Coso, I-63038 Ripatransone
- DUNLOP Footwear Ltd., Walton, GB-Liverpool L 9 1D H
- Elbe Gummiwerke, 06886 Wittenberg
- ELEFANTEN-SCHUH GmbH, Geschäftsbereich Nora, Postfach 13 20, 47533 Kleve
- Etablissements ETCHEGOYEN, Place de l'Eglise, F-64130 Mauleon
- FISSPO s.r.L., I-36040 Grisignano di Zocco
- Vredestein Icopro GmbH, Spichernstraße 24a, 45663 Recklinghausen
- Phoenix AG, Postfach 90 11 40, 21051 Hamburg

**Schutzhandschuhe:**

- ALWIT GmbH, Kattegatweg 6, 46446 Emmerich
- Auergesellschaft GmbH, Thiemannstraße 1-11, 12059 Berlin
- Arthur Faßbender, Industriegeschulhuhe aus Leder, Nachbarsweg 47-55, 45481 Mülheim/Ruhr
- Funcke, Kassenberg 50, 45479 Mülheim/Ruhr
- Walter Georgi, Industriegeschulhuhefabrik GmbH u. Co.KG, Postfach 11 80, 51703 Marienheide/Rheinland
- GiA mbH, Ewaldstraße 14a, Postfach 10 08 45, 44708 Bochum
- John Glet GmbH, Mehringdamm 27, 10961 Berlin
- Eduard Haag GmbH u.Co., Postfach 9, 95707 Thiersheim
- Lederfabrik Hase GmbH, Postfach 608, 26354 Wilhelmshaven
- Industrie-Schutz-Produkte GmbH, Postfach 18 48, 21308 Lüneburg
- Jonku, Leder- u. Lederwarenfabrik, Kattunbleiche 35, Postfach 700946, 22009 Hamburg
- Adolf Jungfleisch GmbH, Meister-Gerhard-Straße 32, 41812 Erkelenz
- Johannes Jungmann, Niederlassung der Ansell GmbH, Von-Bronsart-Straße 12, Postfach 12 60, 22885 Barsbüttel
- KÄCHELE CAMA LATEX GmbH, Postfach 11 07, 36120 Eichenzell
- Erwin Klein GmbH & Co., Arbeitsschutz, Gutenbergstraße 75, 70197 Stuttgart
- Dr. Kurt Korsing GmbH & Co., Postfach 600480, 50648 Köln
- Arbeitsschutz, Alfred Königer GmbH & Co.KG, Robert-Bosch-Straße 24, 72160 Horb
- Lindgens Arbeiterschulhuheartikel GmbH, Kassenberg 2, 45479 Mülheim/Ruhr
- Mapa GmbH, Industriestraße 21-25, 27404 Zeven
- Anton Momm GmbH, Postfach 1140, 52135 Würselen/Rheinland
- August Penkert, Xantener Straße 12, 45479 Mülheim/Ruhr
- Profas GmbH, Postfach 105145, 20035 Hamburg
- Rex-Gummiwarenfabrik, Ostendstraße 5, 64319 Pfungstadt
- ROCO Industriegeschulhuhebedarfs-GmbH u.Co.Technik KG, Hanauer Landstraße 222, 60314 Frankfurt/Main
- Aug. Schwan GmbH & Co., Unterstraße 22-24, 41749 Viersen
- Friedrich Seiz, Handschulhuhefabrik, Kirchstraße 4, 72555 Metzingen

**Hautschulhuheprodukte:**

- Basotherm GmbH, Postfach 1254, 88382 Biberach,
- Beiersdorf AG, Unnastraße 48, 20253 Hamburg,
- Chemische Fabrik Stockhausen GmbH, Postfach 570, Bäckerpfad 25, 47805 Krefeld,
- Chemische Fabrik Carl Wilden GmbH, Postfach 1864, 63238 Neu-Isenburg,
- Cosmedis Pharma GmbH, Kölner Straße 176, 53840 Troisdorf,

- Faweco GmbH, Haardtring 130, 64295 Darmstadt,
- Feilbach-Chemie, Postfach 66, 55247 Mainz-Kastel,
- Peter Greven, Fett-Chemie GmbH & Co. KG, Postfach 1260, 53896 Bad Münstereifel,
- Chemische Fabrik Kreussler GmbH & Co. KG, Postfach 120454, 65082 Wiesbaden,
- Ursula Rath GmbH, Messingweg 11, 48308 Senden,
- Reinol, Obstfeld GmbH, Chemische Fabrik, Altenaer Straße 49-53a, 58769 Nachrodt-Wiblingwerde,
- Tegee Chemie, Bremen, Bergedorfer Straße 6-8, 28219 Bremen,
- Paul Voormann GmbH, Handreinigungsmittel, Siemensstraße 44, 42551 Velbert,
- Woellner-Werke GmbH & Co., Postfach 211469, 67014 Ludwigshafen.

## Anhang 7: Tabellen zum Atemschutz

Typ	Kennfarbe	Hauptanwendungsbereich	Klasse	Höchstzulässige Gaskonzentration
A	braun	Organische Gase und Dämpfe mit Siedepunkt > 65°C	1	1.000 ml/m <sup>3</sup> (0,1 Vol.-%)
			2	5.000 ml/m <sup>3</sup> (0,5 Vol.-%)
			3	10.000 ml/m <sup>3</sup> (1,0 Vol.-%)
B	grau	Anorganische Gase und Dämpfe, z.B. Chlor, Hydrogensulfid (Schwefelwasserstoff), Hydrogencyanid (Blausäure) - nicht gegen Kohlenmonoxid	1	1.000 ml/m <sup>3</sup> (0,1 Vol.-%)
			2	5.000 ml/m <sup>3</sup> (0,5 Vol.-%)
			3	10.000 ml/m <sup>3</sup> (1,0 Vol.-%)
E	gelb	Schwefeldioxid, Hydrogenchlorid (Chlorwasserstoff) und andere saure Gase	1	1.000 ml/m <sup>3</sup> (0,1 Vol.-%)
			2	5.000 ml/m <sup>3</sup> (0,5 Vol.-%)
			3	10.000 ml/m <sup>3</sup> (1,0 Vol.-%)
K	grün	Ammoniak und organische Ammoniak-Derivate	1	1.000 ml/m <sup>3</sup> (0,1 Vol.-%)
			2	5.000 ml/m <sup>3</sup> (0,5 Vol.-%)
			3	10.000 ml/m <sup>3</sup> (1,0 Vol.-%)
AX	braun	niedrigsiedende organische Verbindungen (Siedepunkt ≤ 65°C) der Niedrigsiederguppen 1 und 2 (siehe Tabellen 5* und 6*)	—	Gr. 1 100 ml/m <sup>3</sup> für max. 40 min Gr. 1 500 ml/m <sup>3</sup> für max. 20 min Gr. 2 1.000 ml/m <sup>3</sup> für max. 60 min Gr. 2 5.000 ml/m <sup>3</sup> für max. 20 min
SX	violett	wie vom Hersteller festgelegt	—	5.000 ml/m <sup>3</sup> (0,5 Vol.%)
NO-P3	blau-weiß	nitrose Gase, z.B. NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	—	siehe Abschnitte 3.3.3.2* und 3.3.3.3*
Hg-P3	rot-weiß	Quecksilber	—	siehe Abschnitte 3.3.3.2* und 3.3.3.3*
CO	schwarz	Kohlenmonoxid	—	spezielle Anwendungsrichtlinien
Reaktor meist: Reaktor P3	orange orange- weiß	radioaktives Iod einschließlich radioaktivem Iodmethan	—	spezielle Anwendungsrichtlinien

\* in "Richtlinien für den Einsatz von Atemschutzgeräten" (ZH 1/701)

**Tabelle 1: Gas- und Spezialfilter und deren Hauptanwendungsbereiche**

Geräteart	Vielfaches des Grenzwertes (GW)	Bemerkungen, Einschränkungen
Vollmaske oder Mundstückgarnitur mit P1-Filter	4	Als Atemschutz nicht sinnvoll, da der hohe Filterdurchlaß die geringe Maskenleckage aufhebt. Nicht gegen Tröpfchenaerosole, Partikeln krebserzeugender und radioaktiver Stoffe, Mikroorganismen (Viren, Bakterien und Pilze und deren Sporen) und Enzyme.
Vollmaske oder Mundstückgarnitur mit P2-Filter	15	Nicht gegen Partikeln radioaktiver Stoffe, Viren und Enzyme
Vollmaske oder Mundstückgarnitur mit P3-Filter	400	
Halb-/Viertelmaske mit P1-Filter, partikelfiltrierende Halbmaske FFP1	4	Nicht gegen Tröpfchenaerosole, Partikeln krebserzeugender und radioaktiver Stoffe, Mikroorganismen (Viren, Bakterien und Pilze und deren Sporen) und Enzyme.
Halb-/Viertelmaske mit P2-Filter, partikelfiltrierende Halbmaske FFP2	10	Nicht gegen Partikeln radioaktiver Stoffe, Viren und Enzyme.
Halb-/Viertelmaske mit P3-Filter, partikelfiltrierende Halbmaske FFP3	30	
Vollmaske oder Mundstückgarnitur mit Gasfilter <sup>*)</sup>	400	
Halb-/Viertelmaske mit Gasfilter <sup>*)</sup>	30	
Gasfiltrierende Halbmaske <sup>*)</sup>	30	
Geräte mit Kombinationsfilter		Es gelten die jeweiligen Vielfachen des Grenzwertes für den Gas- oder Partikelfilterteil, und zwar jeweils der schärfere Wert.

<sup>\*)</sup> Sofern damit nicht bereits die auf das Gasaufnahmevermögen bezogenen höchstzulässigen Einsatzkonzentrationen von 0,1 Vol.-% in Gasfilterklasse 1, 0,5 Vol.-% in Gasfilterklasse 2 und 1 Vol.-% in Gasfilterklasse 3 überschritten werden.

**Tabelle 2: Auswahl von Atemschutzgeräten mit Filter**

Geräteart	Vielfaches des Grenzwertes (GW)	Bemerkungen, Einschränkungen
Masken mit Gebläse und Partikelfiltern (alte Kennzeichnung) TM1P (TMP1) TM2P (TMP2) TM3P (TMP3)	10 100 500	Geräte der Klasse TM1P dürfen nicht gegen Partikeln radioaktiver Stoffe, Viren und Enzyme eingesetzt werden.
Helme/Hauben mit Gebläse und Partikelfilter (alte Kennzeichnung) TH1P (THP1) TH2P (THP2) TH3P (THP3)	5 20 100	Die "offenen" Atemanschlüsse (Helm oder Haube) bieten bei Ausfall oder Schwächerwerden des Gebläses keinen ausreichenden Schutz. Deshalb dürfen Geräte ohne entsprechende Warneinrichtung und Geräte der Klasse TH1P nicht gegen Partikeln krebs-erzeugender, sehr giftiger und radioaktiver Stoffe, Mikroorganismen (Viren, Bakterien und deren Sporen) und Enzyme eingesetzt werden.
Masken mit Gebläse und Gasfilter*) TM1 Gasfilterklasse 1**) TM1 Gasfilterklasse 2 TM1 Gasfilterklasse 3 TM2 Gasfilterklasse 1 TM2 Gasfilterklasse 2 TM2 Gasfilterklasse 3 TM3 Gasfilterklasse 1 TM3 Gasfilterklasse 2 TM3 Gasfilterklasse 3	10 100 500	Geräte der Klasse TM1 dürfen nicht gegen radioaktive Gase eingesetzt werden.
Helme/Hauben mit Gebläse und Gasfilter*) TH1 Gasfilterklasse 1**) TH1 Gasfilterklasse 2 TH1 Gasfilterklasse 3 TH2 Gasfilterklasse 1 TH2 Gasfilterklasse 2 TH2 Gasfilterklasse 3 TH3 Gasfilterklasse 1 TH3 Gasfilterklasse 2 TH3 Gasfilterklasse 3	5 20 100	Die "offenen" Atemanschlüsse (Helm oder Haube) bieten bei Ausfall oder Schwächerwerden des Gebläses keinen ausreichenden Schutz. Deshalb dürfen Geräte ohne entsprechende Warneinrichtung und Geräte der Klasse TH1 nicht gegen krebserzeugende, sehr giftige und radioaktive Gase und Dämpfe eingesetzt werden. Bei Geräten mit Kombinationsfilter gelten die jeweiligen Einschränkungen für die Gas- und Partikelfilter.

\*) Sofern damit nicht bereits die auf das Gasaufnahmevermögen bezogenen höchstzulässigen Einsatzkonzentrationen von 0,1 Vol.-% in Gasfilterklasse 1, 0,5 Vol.-% in Gasfilterklasse 2 und 1 Vol.-% in Gasfilterklasse 3 überschritten werden.

\*\*) Bei AX- und SX-Filtern gibt es nur eine Gasfilterklasse

**Tabelle 3: Auswahl von Filtergeräten mit Gebläse**



## **Anhang 8: Teil C "Zusätzliche Bestimmungen für das Arbeiten in Schächten und unterirdischen Bauwerken" (Auszug) der Sicherheitsregeln für Deponien (ZH 1/178)**

### 6.11 Allgemeines

In Schächte soll, wegen der Gefährdung durch Sauerstoffmangel, gesundheitsschädliche Gase und Dämpfe, nicht eingestiegen werden. Ist im Ausnahmefall ein Einsteigen erforderlich, müssen Maßnahmen entsprechend den Abschnitten 6.12 bis 6.19 getroffen werden.

### 6.12 Beschäftigungsbeschränkung

6.12.1 Der Unternehmer darf mit Arbeiten in Schächten nur Personen beschäftigen, die das 18. Lebensjahr vollendet haben, mit den Einrichtungen und Verfahren vertraut sind und hierfür ausdrücklich bestimmt sind. Sie müssen die für diese Arbeiten erforderlichen arbeitsmedizinischen Voraussetzungen erfüllen und durch Kenntnis oder Unterweisung in der Lage sein, mögliche Gefahren zu erkennen und abzuwenden.

### 6.15 Schutzmaßnahmen gegen Hineinstürzen

Geöffnete Einstiege sind gegen Hineinstürzen von Personen zu sichern. Nach Beendigung der Arbeiten sind die Öffnungen mit den Schachtabdeckungen zu verschließen.

Eine geeignete Schutzmaßnahme gegen Hineinstürzen ist z. B. ein gegen Verschieben gesicherter Rost, oder eine gegen Verrutschen gesicherte Absperrung mit rot-weißem Anstrich.

### 6.16 Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Atmosphäre

6.16.1 Vor Aufnahme und während der Arbeiten muß durch Lüftung sichergestellt sein, daß an den Arbeitsplätzen in Schächten und unterirdischen Bauwerken weder gefährliche explosionsfähige Atmosphäre, noch Sauerstoffmangel, noch Gase oder Dämpfe in gesundheitsschädlicher Konzentration auftreten können. Zur Feststellung, ob die Lüftung ausreichend ist, sind kontinuierliche Messungen der Konzentration der in Frage kommenden Gase und Dämpfe mit akustischer und optischer Signalangabe, erforderlichenfalls an unterschiedlichen Stellen, von einem sicheren Standort über Tage aus vorzunehmen.

Eine ausreichende Lüftung liegt vor, wenn vorhandene Gase oder Dämpfe in der Umgebungsluft so verdünnt werden, daß

- die Methan-Konzentration weniger als 0,5 Vol.-%,
- der Sauerstoffgehalt mehr als 20 Vol.-%  
und
- der Kohlendioxidgehalt weniger als 0,5 Vol.-% beträgt.

Falls der Schwefelwasserstoffgehalt im Deponiegas über 0,1 Vol.-% liegt, ist auch die Schwefelwasserstoffkonzentration zu überprüfen, die nicht mehr als 10 ml/m<sup>3</sup> betragen darf.

Hinweise auf die Gesundheitsschädlichkeit geben die MAK- und TRK-Werte; siehe auch Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 100 "Auslöseschwelle für gefährliche Stoffe", TRGS 402 "Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen", TRGS 900 "MAK-Werte-Liste" (ZH 1/401) und TRGS 403 "Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz".

Sichere Messungen können z. B. durch Herunterlassen akustisch anzeigender Meßgeräte oder mit Hilfe von Sonden bzw. von Probenahmeleitungen durchgeführt werden. Wenn dies nicht möglich ist und zu Messungen in Schächten eingestiegen werden muß, sind zusätzliche Schutzmaßnahmen entsprechend den Abschnitten 6.17 und 6.19 zu treffen.

Eine wirksame Lüftung kann im Regelfall nur durch blasende Lüftung sichergestellt werden. Die Ansaugstelle des Belüftungsgerätes sollte unter Beachtung der Windrichtung 5 m vom Schacht entfernt und in ca. 1,50 m Höhe über dem Deponiekörper angeordnet sein, um das Ansaugen ausgespülter Gase bzw. von Gasen aus dem Oberflächenbereich zu vermeiden.

Lüftung kann dann als ausreichend angesehen werden, wenn z. B.

- der Schachtquerschnitt gleichmäßig gespült wird; bei größeren Querschnitten ist der ausblasende Luftstrahl auf mehrere Bereiche zu verteilen,
- die Spülleitung in einem Abstand von höchstens  $5\sqrt{A}$  ( $A$  = Schachtquerschnitt in  $m^2$ ) über der zu spülenden Fläche endet,
- die Geschwindigkeit des Luftstromes im Bauwerk mindestens 0,5 m/s beträgt, bei undichten Bauwerken ist diese Geschwindigkeit zu erhöhen.

Nach dem Einschalten der Lüftung können Schächte und unterirdische Bauwerke gefahrlos betreten werden, wenn unter den angegebenen Lüftungsmaßnahmen in Schächten ein mindestens 5facher Luftwechsel stattgefunden hat und die Einhaltung der zulässigen Konzentrationswerte von Sauerstoff, toxischen und brennbaren Gasen nachgewiesen wurde.

6.16.2 Ist in Ausnahmefällen ausreichende Lüftung nicht möglich, müssen die Arbeiten in Schächten und unterirdischen Bauwerken mit von der Umgebungsatmosphäre unabhängig wirkenden Atemschutzgeräten unter Beachtung des Explosionsschutzes durchgeführt werden.

Ausnahmefälle sind z. B. Rettung von Personen, Auftreten von Bränden.

6.16.3 Ist aus betriebstechnischen oder meßtechnischen Gründen eine Ermittlung der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre, gesundheitsschädliche Gase oder Dämpfe oder Sauerstoffmangel nicht möglich, muß bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen vorausgesetzt werden, daß diese Gefahren bestehen oder entstehen.

Das Fehlen geeigneter meßtechnischer Einrichtungen gilt nicht als "aus betriebstechnischen Gründen nicht möglich", ebensowenig wie mangelnde Sachkunde im Bedienen dieser Geräte.

## 6.17 Vermeidung von Zündgefahren

Solange eine explosionsfähige Atmosphäre in gefahrdrohender Menge in Schächten und unterirdischen Bauwerken nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann, dürfen

- Arbeiten mit Zündgefahren nicht ausgeführt werden und
- keine Betriebsmittel und Werkzeuge eingebracht werden, von denen Zündgefahren ausgehen können.

Zündgefahren können unter anderem entstehen bei

- Reib-, Schlag- und Schleifvorgängen (z.B. Handschleifmaschinen, Verwendung von funkenziehenden Werkzeugen),
- Feuerarbeiten (Schweißen),
- Elektrostatischer Entladung,
- Reib- und Schlagvorgängen zwischen Aluminium und rostigem Stahl.

Elektrische Betriebsmittel für die Zone 1 müssen gemäß der Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen (ElexV) (ZH 1/309) zugelassen sein. Atemschutzgeräte dürfen eine Oberflächentemperatur von 135° C (entsprechend der Temperaturklasse T 4) nicht überschreiten.

Siehe auch "Richtlinien für die Vermeidung der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung - Explosionsschutz-Richtlinien) - (EX-RL)" (ZH 1/10).

## 6.19 Sicherung von Personen

6.19.1 Bei Arbeiten in Schächten und unterirdischen Bauwerken muß mindestens eine zweite Person über Tage zur Sicherung anwesend sein. Die Personen müssen in ständiger Sicht- und Rufverbindung stehen.

Zur Sicherung von Personen ist eine Sichtverbindung zu bevorzugen. Fernsehkameras zur Sichtverbindung müssen explosionsgeschützt ausgeführt sein. Kann die Sichtverbindung nicht gewährleistet werden, ist eine Sprech-Hörverbindung erforderlich, z. B. explosionsgeschütztes Sprechfunkgerät mit Not-Ruftaste.

Jede nach der ersten folgende Person darf erst dann einsteigen, wenn von der Person auf der Schachtohle ein entsprechendes Signal gegeben worden ist.

6.19.2 Bei Arbeiten in Schächten ist jeder Einsteigende mit einem Auffanggurt und einem Sicherheitsseil mit Falldämpfer zu sichern, um eine schnelle und sichere Rettung jederzeit zu ermöglichen. Das Seil darf erst nach Verlassen des Schachtes wieder vom Auffanggurt gelöst und abgelegt werden.

6.19.3 Rettungshubgeräte müssen an Anschlagpunkten senkrecht oberhalb der Einstiegstelle befestigt werden. Der Anschlagpunkt muß einer senkrecht wirkenden Stoßkraft von 7 500 N standhalten.

Als Anschlagpunkt kommen z. B. in Frage:

- gegen Verschieben und Auseinandergleiten der Füße gesicherter Dreibock,
- an einem Festpunkt eines Fahrzeugs schwenkbar angebrachter Kranarm, der gegen Verstellen gesichert werden kann; dabei müssen Bewegungen des Fahrzeugs sicher vermieden sein,  
oder
- in Schachttöffnungen einsetzbare Tragelemente.

6.19.4 Verbindungsmittel an Rettungshosen, Auffanggurten, Abseil- und Rettungshubgeräten und deren Anschlagrichtungen müssen so befestigt werden, daß ein unbeabsichtigtes Lösen der Verbindung ausgeschlossen ist.

Eine Sicherung gegen unbeabsichtigtes Öffnen ist z. B. ein Karabinerhaken A nach DIN 5290 Teil 1 "Karabinerhaken aus Leichtmetall mit Überwurfmutter; Maße, Anforderungen, Prüfung". In Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre bieten Karabinerhaken aus nichtrostendem Stahl, die in Anlehnung an DIN 5290 geprüft wurden, einen Schutz gegen unbeabsichtigtes Öffnen.

6.19.5 Rettungshubgeräte müssen durch eine über Tage an der Einstiegsstelle stehende zweite Person betätigt werden. Während des Anhebens muß die hochziehende Person beobachtet werden.

6.19.6 Schächte mit Schachttiefen größer als 5 m dürfen nur mit Hilfe von Einfahreinrichtungen befahren werden.

6.19.7 Kann bei Arbeiten in unterirdischen Bauwerken trotz Lüftungsmaßnahmen eine Gefährdung durch gefährliche Atmosphäre nicht sicher ausgeschlossen werden, ist von jedem Einsteigenden ein frei tragbares von der Umgebungsatmosphäre unabhängig wirkendes Atemschutzgerät zur Selbstrettung mitzuführen.

## Anhang 9: Muster eines Erlaubnisscheines für Arbeiten in Behältern und engen Räumen

Objekt/Ort/Arbeitsstelle: .....	
Art der Arbeiten: .....	
Aufsichtführender: .....	
<b>1 Vorbereitende Schutzmaßnahmen (nach Abschnitt 5)</b>	
1.1 Welche Stoffe sind oder waren vorhanden? .....	Menge/ Konzentration? .....
1.2 Welche Stoffe können entstehen? .....	Menge/ Konzentration? .....
1.3 Vorhandene Einrichtungen? .....	
1.4 Eingebachte Einrichtungen? .....	
1.5 Freizumachende Zugangsöffnungen? .....	Anzahl? .....
	Größe? .....
<b>2 Festlegung der Schutzmaßnahmen (nach Abschnitt 6–10)</b>	
2.1 Entleeren erforderlich <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	Art: .....
2.2 Rückstands-beseitigung erforderlich <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	Art: .....
2.3 Abtrennen erforderlich <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	wenn ja, Maßnahmen: .....
2.4 Lüftung: natürliche <input type="checkbox"/> technische <input type="checkbox"/>	wenn technische, Maßnahmen: .....
2.5 Luftanalyse erforderlich <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
2.6 Atemschutz erforderlich <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	wenn ja, Art: .....
2.7 Einrichtungen vorhanden oder eingebracht <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	wenn ja, Sicherungsmaßnahmen: .....
2.8 Persönliche Schutzausrüstungen erforderlich <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	wenn ja, welche .....
2.9 Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	wenn ja, welche .....
2.10 Sicherungsposten <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	erforderliche Rettungseinrichtungen: .....
<b>3 Aufhebung der Schutzmaßnahmen durch: .....</b>	
Angeführte Schutzmaßnahmen beachtet:	Freigegeben
.....	vom ..... um ..... Uhr
.....	bis ..... um ..... Uhr
(Aufsichtführender)	.....
	(Unternehmer oder Beauftragter)

## Anhang 10: Weiterführende Literatur

**Burmeier, H.:**

Arbeitsschutzkonzeptionen bei der Altlastensanierung,  
in: Tiefbau-Berufsgenossenschaft 10/89,  
Amtliches Mitteilungsblatt der Tiefbau-Berufsgenossenschaft, Erich Schmidt Verlag, Berlin

**Burmeier, H.:**

Arbeits- und Emissionsschutzmaßnahmen als Bestandteil von Ausschreibungstexten bei der  
Altlastensanierung, in: Sanierung kontaminierter Standorte, FGU Berlin 1989

**Burmeier, H.:**

Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Sanierung von Altablagerungen, Müll-Handbuch, Kennzei-  
chen 4370, Erich Schmidt Verlag, Berlin

**Burmeier, H.; Dreschmann, P.; Egermann, R.; Ganse, J.; Rumler, R.:**

Sicheres Arbeiten auf Altlasten, 2. Auflage  
Hrsg: focon-Ingenieurgesellschaft, Aachen 1995

**Franzius, V.; Stegmann, R.; Wolf, K. (Hrsg.):**

Handbuch der Altlastensanierung, Loseblattsammlung, R.v.Decker`s Verlag, Heidelberg 1989

**Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V.:**

Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, St.  
Augustin

**Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg:**

Der Deponiegashaushalt in Altablagerungen - Vorgehensweise und Technik zu seiner Erkun-  
dung und Bewertung (Leitfaden Deponiegas), Materialien zur Altlastenbearbeitung Band 10,  
Karlsruhe 1992

**Noetel, K.-H.:**

Handbuch persönlicher Schutzausrüstungen, ecomed-Verlag, Landsberg 1993

**Rettenberger, G., Hrsg.:**

Deponiegastechnik, Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft Band 4, Economica-Verlag, Bonn  
1992

**Rettenberger, G., Hrsg.:**

Sicherheitstechnische Aspekte und Arbeitsschutz während der Betriebs- und Nachsorgephase  
von Abfalldeponien, Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft Band 8, Economica-Verlag, Bonn,  
1995

**Rettenberger, G., et. al.:**

Betriebsleiterhandbuch Deponiegas, Ingenieurgruppe RUK und Um-  
weltanalytik RUK (Eigenverlag), Stuttgart und Trier, 1995

**Rumler, R.:**

Arbeitsmedizinische Aspekte bei der Sanierung von Altlasten, in: Tiefbau-  
Berufsgenossenschaft 10/89, Amtliches Mitteilungsblatt der Tiefbau-Berufsgenossenschaft,  
Erich Schmidt Verlag, Berlin

**Skiba, R.:**

Taschenbuch Arbeitssicherheit, Erich-Schmitt-Verlag, 1994

**Tepasse, R.:**

Handbuch Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Koordination; Inhalt, Ziel und Stand der Umsetzung der EU-Baustellenrichtlinie 92/57/EWG, Erich-Schmitt-Verlag, 1995

**Wilhelm, V.:**

Arbeitsschutz auf Deponien und bei der Altlastensanierung, in: Betriebliche Arbeitssicherheit, ecomed-Verlag; Landsberg, 1996

**Wöstmann, U.:**

Arbeitssicherheit bei der Erkundung von Altlasten, ecomed-Verlag, Landsberg 1994

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Funktionsskizze Gasboxenmessung .....	32
Abb. 2: Schema einer Absaugeinheit bei einem Absaugversuch .....	36
Abb. 3: Deponiegas - Langzeitkonzentrationsverlauf an Altablagerungen .....	39
Abb. 4: Prinzipskizze eines Schwarz-Weiß-Containers .....	50
Abb. 5: "Dreistoff"-Diagramm für den Explosionsbereich von Methan/Luft/Kohlendioxid- Gemischen und von Methan/Luft/Stickstoff-Gemischen angegeben in Volumenanteilen der Gemischkonzentration bezogen auf das Gesamtgewicht.....	57
Abb. 6: Filtergerät mit Gebläse und Vollmaske .....	64
Abb. 7: Halbmaske .....	66
Abb. 8: Vollmaske .....	66
Abb. 9: Atemschutzhauben.....	67
Abb. 10: Filtergerät für Selbstrettung (Darstellung ohne Filter) .....	68

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Ausgewählte Spurenstoffe in den Deponiegasen der Modellstandorte und nach RETTENBERGER, bezogen auf luftfreies Deponiegas.....	40
Tab. 2: Eigenschaften der wesentlichen Deponiegaskomponenten sowie Luft.....	41
Tab. 3: Wirkung von verschiedenen Kohlendioxidkonzentrationen in der Atemluft auf den Menschen .....	43
Tab. 4: Wirkungen von Schwefelwasserstoff .....	44
Tab. 5: Schwankungsbereiche einiger organischer Spurenstoffe in Sickerwasser .....	45
Tabelle 1: Gas- und Spezialfilter und deren Hauptanwendungsbereiche .....	98
Tabelle 2: Auswahl von Atemschutzgeräten mit Filter .....	99
Tabelle 3: Auswahl von Filtergeräten mit Gebläse .....	100



## Indexverzeichnis

### A

Absaugversuch	
Allgemeines .....	35
Arbeitsschutz .....	25, 26, 35, 36
Adressenverzeichnis	
Berufsgenossenschaften.....	89
Gewerbeaufsichtsämter.....	88
Landesgesundheitsämter .....	89
arbeitsmedizinische Untersuchungen .....	72
Arbeitsmittel	
Herstellerverzeichnisse .....	94
Arbeitsplatzmessungen .....	76
Arbeitsschutz	
Absaugversuch.....	25, 26, 35, 36
allgemeine Handlungsanweisungen.....	8
Anzeigepflicht .....	29
arbeitsmedizinische Untersuchungen .....	72
Arbeitsplatzmessungen .....	76
Atemanschlüsse .....	65
Atemschutz .....	62
Atemschutzgeräte für Selbstrettung....	68
Aufgaben von Auftraggeber und	
Auftragnehmer .....	28
Augen- / Gesichtsschutz .....	71
Ausschreibung und Vertragsgestaltung	
.....	74
Baustelleneinrichtung .....	75
Begehung von oberirdischen Räumen	11
Begehung von Räumen und Schächten	
.....	30, 31
Betriebsanweisung .....	28
Bohrungen .....	19, 20, 33, 34
Brandschutz .....	61
Einstieg in Schächte.....	12
Einteilungskriterien .....	5
Ermittlungspflicht.....	28
Explosionsschutz .....	61
Explosionsschutzmaßnahmen.....	58
Explosionsschutz-Richtlinien (Ex-RL,	
ZH 1/10) .....	58
Fachkunde / Unterweisung .....	52
Filtergeräte.....	63
Fußschutz.....	69
Gasboxenmessungen .....	13, 14, 15, 31
Gasfilter .....	63
Geländebegehungen.....	9, 10, 30
geophysikalische Untersuchung.....	32
Halbmaske.....	66
Handschutz.....	69
Haut- und Körperschutz.....	69
Hautschutz.....	71
Isoliergeräte.....	65
Kohlendioxid.....	54
Kombinationsfilter .....	64
Kombinations-Meßgeräte.....	54
Kopfschutz .....	69
Körperschutz .....	70
Kosten / Personalkosten.....	76
Literatur.....	106
Meßtechnik .....	52, 76
Methan .....	53
Organisation .....	49
organische Spurengase .....	54
Partikelfilter .....	64
Personal.....	51
persönliche Schutzausrüstung .....	75
Prüfröhrchen.....	55
rechtliche Situation .....	27
Regelwerke.....	28
Richtlinien.....	80
Sauerstoff .....	54
Schurf .....	21, 23
Schürfe .....	35
Schwarz-Weiß-Anlage .....	50
Schwefelwasserstoff.....	54
Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan	
.....	28
Sicherheitsregeln.....	80
Sondierungen .....	16, 17, 18, 33
standortspezifische Situation .....	9
technische Schutzmaßnahmen .....	76
Übersicht über die	
Handlungsanweisungen .....	7
Unfallverhütungsvorschriften .....	79
Vollmaske .....	66
Wartung und Pflege der	
Schutzausrüstung .....	72
Atemanschlüsse.....	65
Atemschutz	
Allgemeines .....	62
Anforderungen an den Geräteträger....	67
Atemanschlüsse.....	65

Atemschutzgeräte .....	98	Erstickungsgefahr.....	43
Atemschutzgeräte für Selbstrettung....	68	Explosion .....	56
Ausbildung von Geräteträgern.....	68	Explosionsbereich von	
Filtergeräte.....	63, 99	Methan/Luft/Kohlendioxid-Gemischen	
Gasfilter .....	63	.....	57
Gasfiltertypen .....	98	Explosionsbereich von	
Halbmaske .....	66	Methan/Luft/Stickstoff-Gemischen ....	57
Herstellerverzeichnisse .....	94	Explosionsgefahr.....	44
Isoliergeräte .....	65	explosionsgefährdete Bereiche.....	59
Kombinationsfilter.....	64	Explosionsschutz	
Partikelfilter .....	64	Allgemeines .....	61
Tabellen .....	98	Inertisierung .....	60
Vollmaske.....	66	Lüftungsmaßnahmen.....	59
Augen- / Gesichtsschutz .....	71	Überwachung .....	61
Augenschutz		Explosionsschutzmaßnahmen.....	58
Herstellerverzeichnisse .....	94	Explosionsschutz-Richtlinien (Ex-RL, ZH	
<b>B</b>		1/10).....	58
Begehung von oberirdischen Räumen		<b>F</b>	
Arbeitsschutz .....	11	Filtergeräte .....	63, 99
Begehung von Räumen und Schächten		Fußschutz .....	69
Allgemeines .....	30	<b>G</b>	
Arbeitsschutz .....	30, 31	Gasboxenmessungen	
Berufsgenossenschaften (BG)		Allgemeines .....	31, 32
Adressenverzeichnis .....	89	Arbeitsschutz.....	13, 14, 15, 31
Betriebsanweisung .....	28	Gasfilter.....	63
Bohrungen		Gasfiltertypen.....	98
Allgemeines .....	33	Gefahren	
Arbeitsschutz .....	19, 20, 33, 34	Fundmunition.....	48
Brandschutz .....	61	Radioaktivität.....	47
<b>D</b>		Versorgungsleitungen .....	48
Deflagration .....	56	Gefahrstoffe	
Deponiegas		Feststoffe.....	45
Eigenschaften.....	40, 41	Flüssigkeiten .....	45
Erstickungsgefahr .....	43	Keime .....	47
Explosionsgefahr .....	44	kontaminiertes Aushubmaterial,	
Gefahren .....	42	Bohrgut, Bodenproben .....	46
Langzeitkonzentrationsverlauf .....	39	reaktive Abfälle.....	46
Menge .....	38	Stäube.....	45
Mercaptane .....	87	Gefahrstoffmessung	
Spurenstoffe.....	39	Durchführung .....	55
Verbrennungsgefahr .....	44	Kohlendioxid.....	54
Vergiftungsgefahr .....	43	Kombinations-Meßgeräte.....	54
Wirkungen .....	42	Methan .....	53
Zusammensetzung .....	38	organische Spurengase.....	54
Deponiegaskomponenten		Prüfröhrchen.....	55
Allgemeines .....	41	Sauerstoff .....	54
Detonation .....	56	Schwefelwasserstoff.....	54
<b>E</b>		Geländebegehungen	
Einstieg in Schächte		Arbeitsschutz.....	9, 10, 30
Arbeitsschutz .....	12	geophysikalische Untersuchung	

Allgemeines .....	32	Anforderungen an den Geräteträger ....	67
Arbeitsschutz .....	32	Atemanschlüsse.....	65
<b>H</b>		Atemschutz .....	62
Halbmaske .....	66	Atemschutzgeräte für Selbstrettung ....	68
Handlungsanweisungen .....	4	Augen- / Gesichtsschutz.....	71
Handschutz .....	69	Ausbildung von Geräteträgern .....	68
Hautschutz .....	69, 71	Filtergeräte .....	63
Hautschutzprodukte		Fußschutz .....	69
Herstellerverzeichnisse .....	96	Gasfilter.....	63
Herstellerverzeichnisse		Halbmaske.....	66
Schutzausrüstungen .....	94	Handschutz.....	69
<b>I</b>		Haut- und Körperschutz .....	69
Informationszentren Vergiftungsunfälle		Hautschutz.....	71
Adressenverzeichnis .....	92	Isoliergeräte.....	65
Isoliergeräte .....	65	Kombinationsfilter .....	64
<b>K</b>		Kopfschutz .....	69
Keime.....	47	Körperschutz .....	70
Kohlendioxid		Partikelfilter .....	64
Arbeitsschutz .....	54	Vollmaske .....	66
Kombinationsfilter.....	64	Wartung und Pflege der	
Kombinations-Meßgeräte		Schutzausrüstung .....	72
Arbeitsschutz .....	54	Prüfröhrchen	
kontaminiertes Aushubmaterial, Bohrgut,		Arbeitsschutz.....	55
Bodenproben.....	46	<b>R</b>	
Kopfschutz.....	69	reaktive Abfälle.....	46
Körperschutz		<b>S</b>	
Allgemeines .....	69	Sauerstoff	
Augen- / Gesichtsschutz .....	71	Arbeitsschutz.....	54
Fußschutz.....	69	Schürfe	
Handschutz .....	69	Allgemeines .....	35
Hautschutz .....	71	Arbeitsschutz.....	21, 23, 35
Kopfschutz.....	69	Schutzausrüstungen	
Körperschutz.....	70	Herstellerverzeichnisse .....	94
<b>L</b>		Schutzhandschuhe	
Landesgesundheitsamt		Herstellerverzeichnisse .....	96
Adressenverzeichnis .....	89	Schutzhelme	
Literatur		Herstellerverzeichnisse .....	94
Arbeitsschutz .....	106	Schutzschuhe	
<b>M</b>		Herstellerverzeichnisse .....	95
Mercaptane .....	87	Schwarz-Weiß-Anlage .....	50
Methan		Schwefelwasserstoff	
Arbeitsschutz .....	53	Arbeitsschutz.....	54
<b>O</b>		Selbstretter .....	68
obere Explosionsgrenze (OEG) .....	58	Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan.28	
organische Spurengase		Sicherheitsregeln	
Arbeitsschutz .....	54	Allgemeines .....	80
<b>P</b>		Deponien .....	101
Partikelfilter .....	64	Sondierungen	
persönliche Schutzausrüstung		Allgemeines .....	33
Allgemeines .....	75	Arbeitsschutz.....	16, 17, 18, 33

---

staatliche Gewerbeaufsichtsämter		Vergiftungsgefahr	
Adressenverzeichnis .....	88	Allgemeines .....	43
Stäube .....	45	Kohlendioxid.....	43
<b>T</b>		Schwefelwasserstoff.....	43
technische Schutzmaßnahmen		Vergiftungsunfälle Informationszentren	
(Altablagerungen).....	76	Adressenverzeichnis.....	92
<b>U</b>		Vollmaske .....	66
Unfallverhütungsvorschriften .....	79	<b>Z</b>	
untere Explosionsgrenze (UEG).....	58	zusätzliche Bestimmungen für das	
<b>V</b>		Arbeiten in Schächten und	
Verbrennungsgefahr .....	44	unterirdischen Bauwerken.....	101