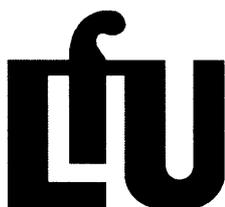
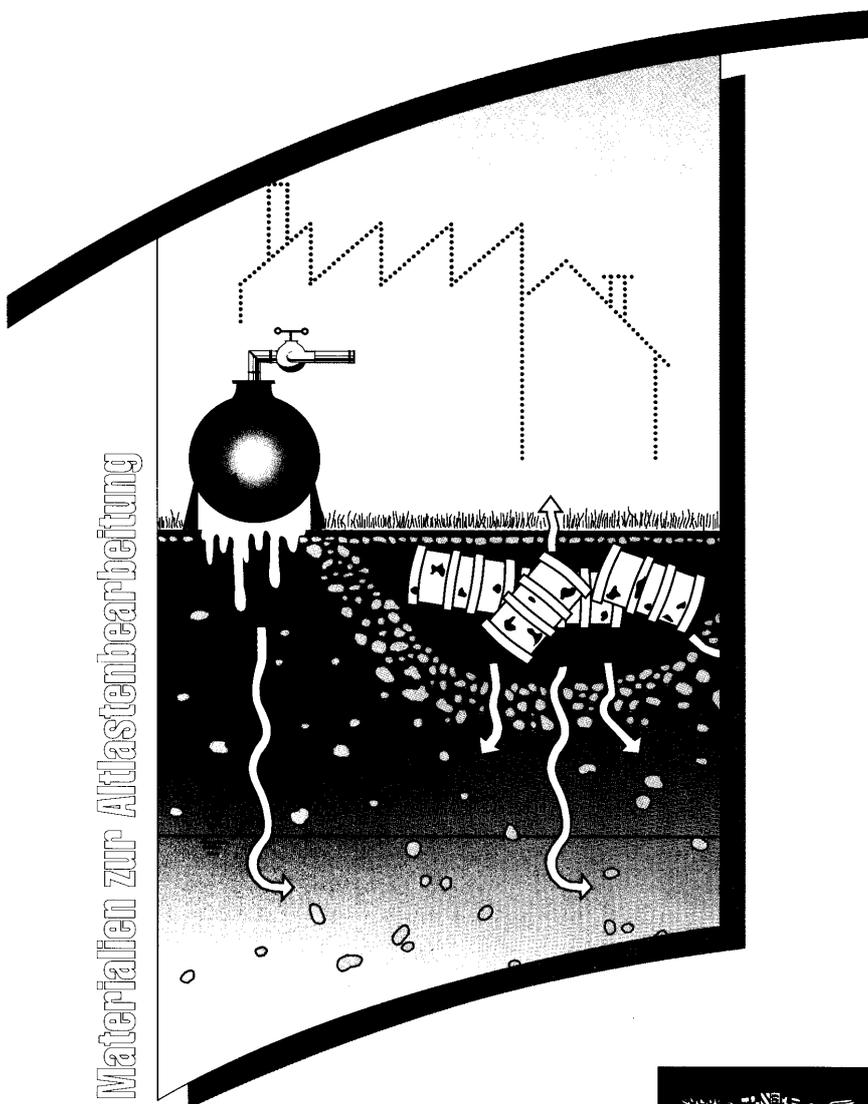


**Handbuch Altlasten
und Grundwasserschadensfälle**

Erkundung ehemaliger Gaswerksstandorte



**BODEN
ABFALL
ALTLASTEN**

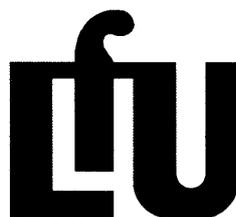


Zentraler Fachdienst Wasser - Boden - Abfall - Altlasten bei
der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

1

**Handbuch Altlasten
und Grundwasserschadensfälle**

Erkundung ehemaliger Gaswerksstandorte



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

Karlsruhe 1990



Altlastenfachinformation im WWW

Impressum

Herausgeber: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

Bearbeiter: OBR Frieder Kern
Referat 64: Mobile Abfall- und Wassereinsatzgruppen
- MAWEG –

Karlsruhe, Februar 1990

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

VORWORT	1
PROBLEMSTELLUNG	2
EINFÜHRUNG.....	2
SCHADSTOFFE UND SCHADSTOFFVERHALTEN	4
VORGEHENSWEISE.....	12
1. HISTORISCHE ERHEBUNG UND ERKUNDUNG	15
1.1 HISTORISCHE FLÄCHENDECKENDE ERHEBUNG.....	15
1.2 HISTORISCHE ERKUNDUNG DES EINZELSTANDORTS.....	16
1.2.1 <i>Sammeln und Sichten von Unterlagen</i>	17
1.2.2 <i>Befragen von Zeugen</i>	18
1.2.3 <i>Standortbegehung</i>	19
1.2.4 <i>Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse</i>	20
2 ORIENTIERENDE ERKUNDUNG	36
2.1 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN.....	37
2.1.1 <i>Festlegung der Entnahmestellen für Boden- und Grundwasserproben</i>	37
2.1.2 <i>Probenahme</i>	39
2.1.3 <i>Probenauswahl</i>	41
2.1.4 <i>Auswahl der Untersuchungsparameter</i>	42
2.2 SONSTIGE UNTERSUCHUNGEN	44
3 NÄHERE ERKUNDUNG	46
4. EINGEHENDE ERKUNDUNG FÜR SANIERUNGS- BZW. SICHERUNGSVORSCHLÄGE	49
5 LITERATURVERZEICHNIS	52
ANLAGE A: ZUR NEUFASSUNG DES ATTLASTENHANDBUCHS	54
A. ATTLASTENHANDBUCH TEIL I, S. 28 FF:.....	54
<i>Beweisniveau 1:</i>	54
<i>Beweisniveau 2:</i>	54
<i>Beweisniveau 3:</i>	55
<i>Beweisniveau 4:</i>	55
B. ATTLASTENHANDBUCH TEIL II, SEITE 8 FF:	56
1. <i>Orientierende Erkundung (E₁₋₂)</i>	56
2. <i>Nähere Erkundung (E₂₋₃)</i>	56
3. <i>Eingehende Erkundung für Sicherungs- bzw. Sanierungsvorschläge (E₃₋₄)</i>	57
C. NEUFASSUNG DER HANDLUNGSBEDARFSMATRIX	58
ANLAGE B: CHECKLISTE DER FÜR DIE HISTORISCHE ERKUNDUNG NOTWENDIGEN TÄTIGKEITEN UND UNTERLAGEN	59
ANLAGE C: CHECKLISTE ZUR AUSWERTUNG UND DOKUMENTATION DER ERGEBNISSE AUS DER HISTORISCHEN ERKUNDUNG	61
ANLAGE D: ARBEITSSCHUTZ BEI ERKUNDUNGSSTUFEN E₀₋₁ SOWIE E₁₋₂ BIS E₃₋₄	65
VORBEMERKUNG	65
1. EINLEITUNG	65
2. SCHUTZKATALOG	66
2.1 <i>Schutzkatalog für Historische Erhebung und Historische Erkundung (Erkundungsstufe E₀₋₁)</i>	66
2.2 <i>Schutzkatalog für Erkundungsstufen E₁₋₂ bis E₃₋₄</i>	67

3. VORSCHRIFTEN	71
4. SCHLUßBEMERKUNG	72
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	73
TABELLENVERZEICHNIS.....	73
INDEXVERZEICHNIS	74

Vorwort

Bei der Erkundung altlastverdächtiger Standorte hat es sich bewährt, stufenweise vorzugehen. In Baden-Württemberg wird diese Vorgehensweise seit nunmehr drei Jahren mit Erfolg praktiziert. Bis jetzt sind an etwa 1000 Standorten Erkundungen mit anschließenden Bewertungen durchgeführt worden. Die meisten Erfahrungen wurden bisher mit der "Historischen Erkundung" und der sich daran anschließenden Bewertung gesammelt. Bedingt durch die relativ kurze Einführungszeit des Systems liegen für die sich daran anschließenden Phasen demgegenüber noch wenig praktische Erfahrungen vor.

Bei keiner anderen Gruppe altlastverdächtiger Standorte sind die Kenntnisse - sowohl über das Schadstoffinventar als auch über die möglichen Sanierungsverfahren - so weitgehend wie bei ehemaligen Gaswerksstandorten. Daher sind sie es, mit denen sich die vorliegende, erste ausführlichere Zusammenstellung von Hinweisen zur Erkundung befaßt. Aus ihr können auch Hinweise für die allgemeine Vorgehensweise bei anderen gefahrverdächtigen Standorten abgeleitet werden.

In Baden-Württemberg gibt es mehr als 100 ehemalige Gaswerksstandorte. Ein Teil davon wurde bereits saniert. Da aber die Kenntnisse über Verhalten und Auswirkungen von Schadstoffen in der Umwelt ständig zunehmen, ist zu erwarten, daß sich sowohl die Schutzziele als auch die Anforderungen an Schutzmaßnahmen noch ändern. Es empfiehlt sich deshalb, die bereits in der Vergangenheit "sanierten" bzw. "gesicherten" Standorte erneut zu überprüfen.

Die Vorgehensweise bei der "Historischen Erkundung" wird in dieser Schrift am ausführlichsten beschrieben. Zu den daran anschließenden Erkundungsstufen, das sind die "orientierende", die "nähere" und die "eingehende" Erkundung liegen bereits erste Erfahrungen und Ergebnisse vom "Modellstandort ehemaliges Gaswerk Geislingen" vor, an welchem derzeit die Standorterkundung modellmäßig durchgeführt und unterschiedlichste Untersuchungsmethoden erprobt werden. Diese Ergebnisse sind in diese Schrift eingeflossen. Die weiteren Resultate sollen in einer Fortschreibung dargestellt werden. Es wird erwartet, daß sich dann auch die technischen Maßnahmen zur Sanierung bzw. Sicherung eingehender darstellen lassen.

An einem Echo auf das vorliegende Papier sind wir sehr interessiert, insbesondere erbitten wir Rückmeldungen über praktische Erfahrungen mit den vielen andernorts bereits erkundeten und sanierten beziehungsweise gesicherten ehemaligen Gaswerksstandorten. Nur so läßt sich das Vorgehen weiter verbessern.

An dieser Stelle sei der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe für ihre Mitwirkung gedankt.

Problemstellung

Einführung

Das Altlastenhandbuch Baden-Württemberg [1] beschreibt nur das allgemeine Vorgehen bei der Erkundung altlastverdächtiger Standorte. Die vorliegende Informationsschrift befaßt sich nun speziell mit der Erkundung ehemaliger Gaswerksstandorte.

Einerseits richtet sie sich an die Wasserwirtschaftsverwaltung und die mit der Bearbeitung von ehemaligen Gaswerksstandorten beauftragten Gutachter und soll zu einem einheitlichen und effektiven Vorgehen beitragen. Andererseits richtet sie sich an die früheren Betreiber der Gaswerke, damit diese problembezogen über die damaligen Betriebsverhältnisse informieren können. Es hat sich nämlich bei der Bearbeitung von ehemaligen Gaswerksstandorten gezeigt, daß die Standortsituation gezielter untersucht und Sanierungs- bzw. Sicherungskonzepte problembezogener entwickelt werden können, wenn Vorkenntnisse zur Standortsituation durch Zeugenaussagen vorhanden sind.

Hinsichtlich möglicher Schadstoffbelastungen in Untergrund und Grundwasser sind sich Kokeereien und Gaswerke grundsätzlich ähnlich. Da es in Baden-Württemberg jedoch nur wenige, kleinere **Kokereien** gab, geht dieser Band nicht extra auf Kokereien ein.

Beim Zusammentragen der Informationen wurde der aktuelle Kenntnisstand berücksichtigt. Schwerpunktmäßig betrachtet wird die erste Erkundungsstufe, die "**historische Erkundung**".

In Baden-Württemberg gab es mehr als 100 Gaswerke, in denen kommunale oder private Unternehmen Stadtgas erzeugten. Dies geschah meist durch Entgasung von Steinkohle.

Das Gas diente zunächst hauptsächlich für Beleuchtungszwecke, später auch zum Kochen und Heizen. Der Gasverbrauch war deshalb anfangs gering und stieg dann - unterbrochen von Kriegs- und Notzeiten - stark an.

Die meisten Gaswerke wurden zwischen 1960 und 1970 **stillgelegt**, als die natürlichen Erdgasvorkommen zunehmend erschlossen und großtechnisch genutzt wurden (vergleiche Bild 1).

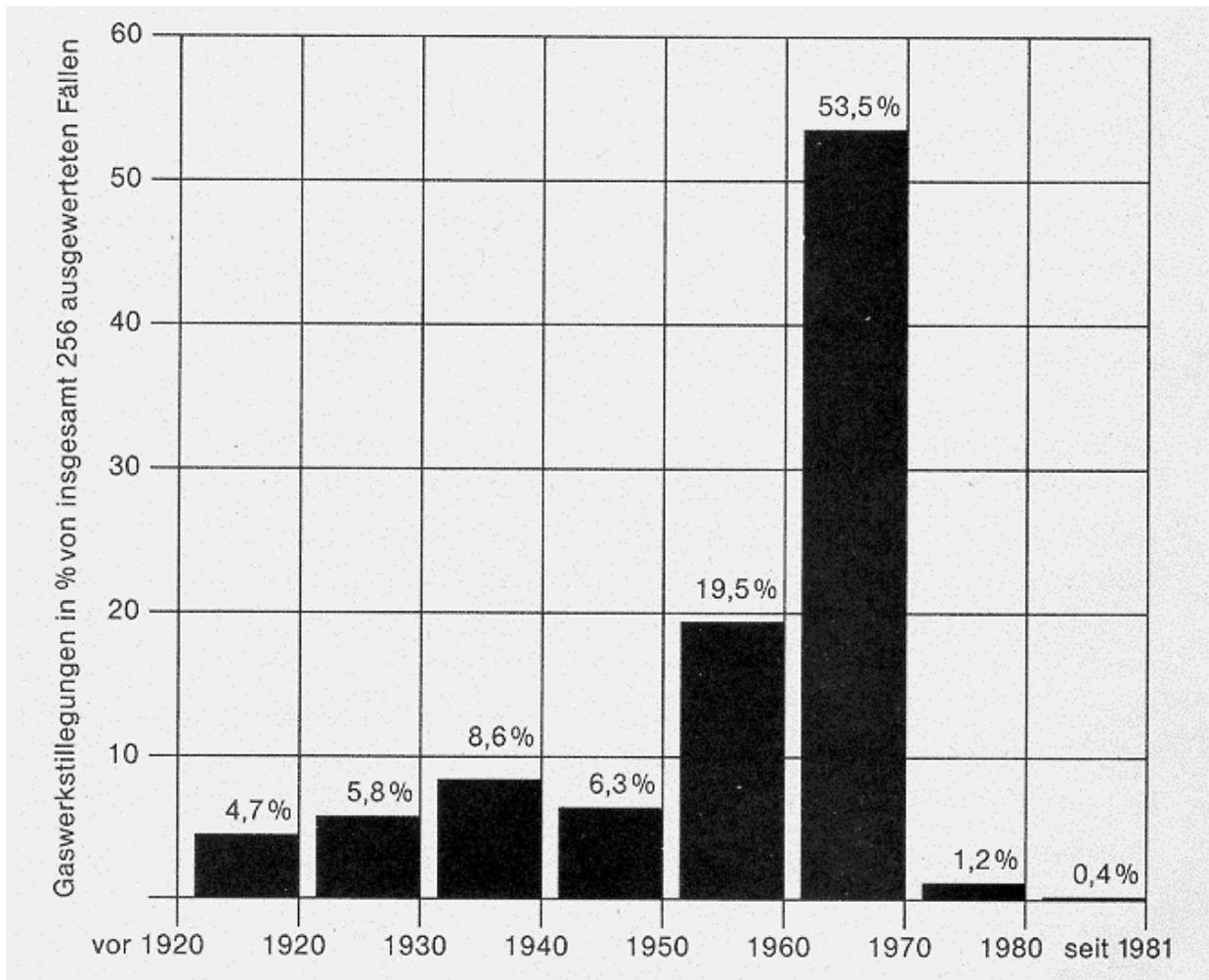
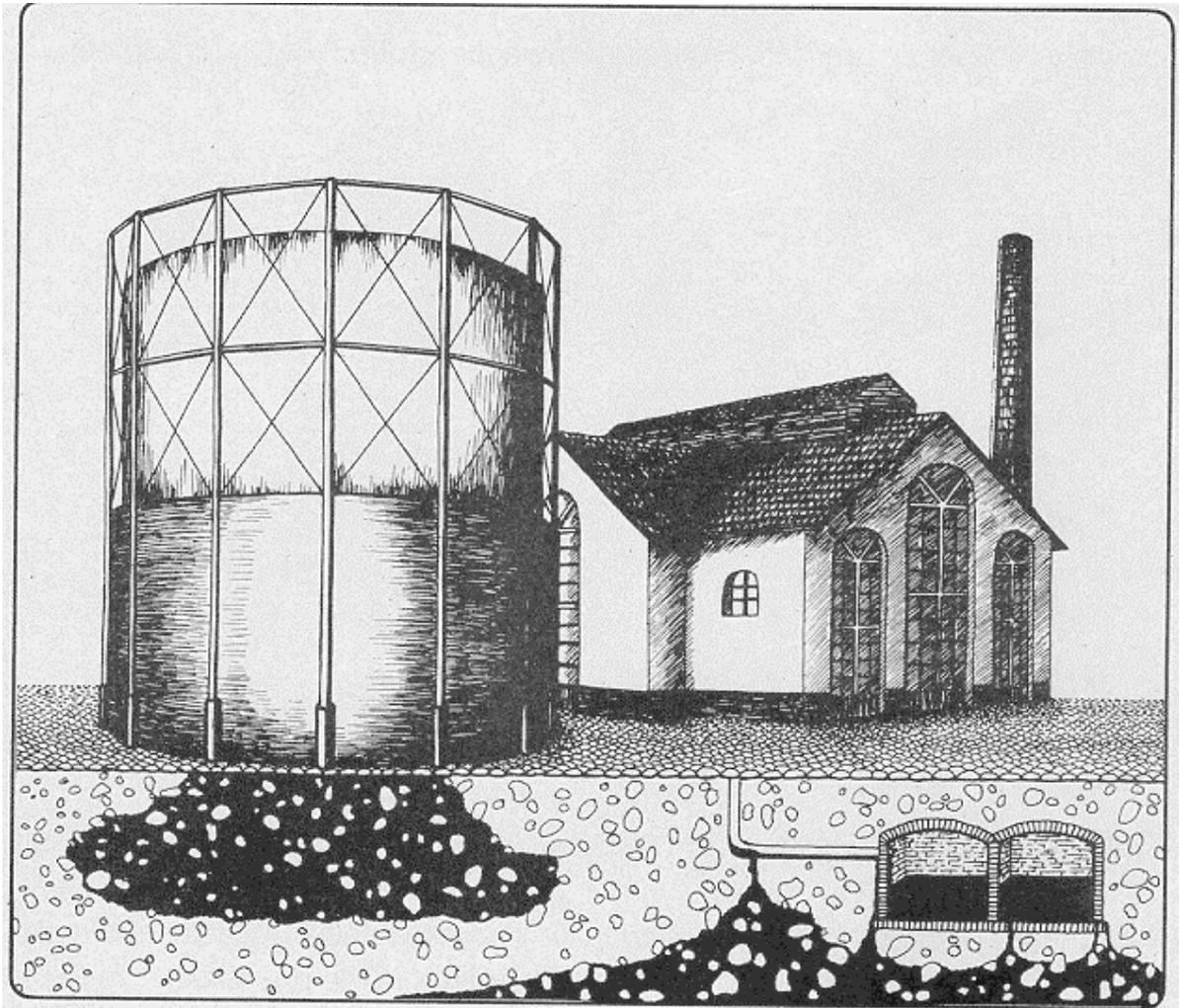


Bild 1: Gaswerksstillegungen in der BRD nach einer Umfrage des DVGW, an der sich 256 Werke beteiligten [3]

Schadstoffe und Schadstoffverhalten



Bei der Erzeugung von Stadtgas entstanden folgende **Nebenprodukte**:

- Gaswerksteer (Steinkohlenteer),
- verbrauchte Gasreinigermasse, auch als Reinigermasse, Luxmasse oder Lautmasse bezeichnet,
- Ammoniakwasser,
- Kondensate und Waschflüssigkeiten (nur in manchen Anlagen).

Gaswerksteer ist eine viskose, schwarze Masse mit typischem Teergeruch. Die Viskosität hängt von der chemischen Zusammensetzung ab und reicht von dünnflüssig (pumpfähig) über zähflüssig bis fest.

Besonders relevante **Schadstoffe** sind:

- polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), beispielsweise:
 - Naphthalin,
 - Phenanthren,
 - Anthracen,
 - Fluoranthren,
 - Benzo(b)fluoranthren,
 - Benzo(k)fluoranthren,
 - Benzo(a)pyren,
 - Indeno(1,2,3-cd)pyren,
 - Benzo(ghi)perylen,
- Phenole und heterocyclische aromatische Kohlenwasserstoffe,
- leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe:
 - Benzol,
 - Toluol,
 - Xylol.

Darüber hinaus sind eine Vielzahl weiterer, ähnlicher Substanzen enthalten.

Die Zusammensetzung des Teers und damit auch die Viskosität ändert sich im Laufe der Zeit durch chemische, biochemische und physikalische Prozesse. Dies wird als Alterung bezeichnet. Entsprechend den örtlichen Verhältnissen können die leichtflüchtigeren Teerbestandteile in die Luft, wasserlösliche ins durchströmende Wasser diffundieren.

Einen Anhalt für die ungefähre Zusammensetzung von Gaswerksteer gibt Bild 2. Erhebliche Abweichungen sind im Einzelfall möglich und bedingt durch Alterung und unterschiedliche Gaserzeugung und -reinigung.

Verbrauchte Gasreiniger hat erdige Konsistenz mit bläulich-grünlicher oder bräunlicher Farbe, sie kann aber auch wie Blähton aussehen. Oft hat sie einen deutlichen gaswerkspezifischen Geruch. Unbedingter Verlaß ist darauf aber nicht. Es wurden Fälle bekannt, wo verbrauchte Gasreiniger mit dem Geruchs- und Gesichtssinn vom anstehenden Boden kaum oder nicht zu unterscheiden war.

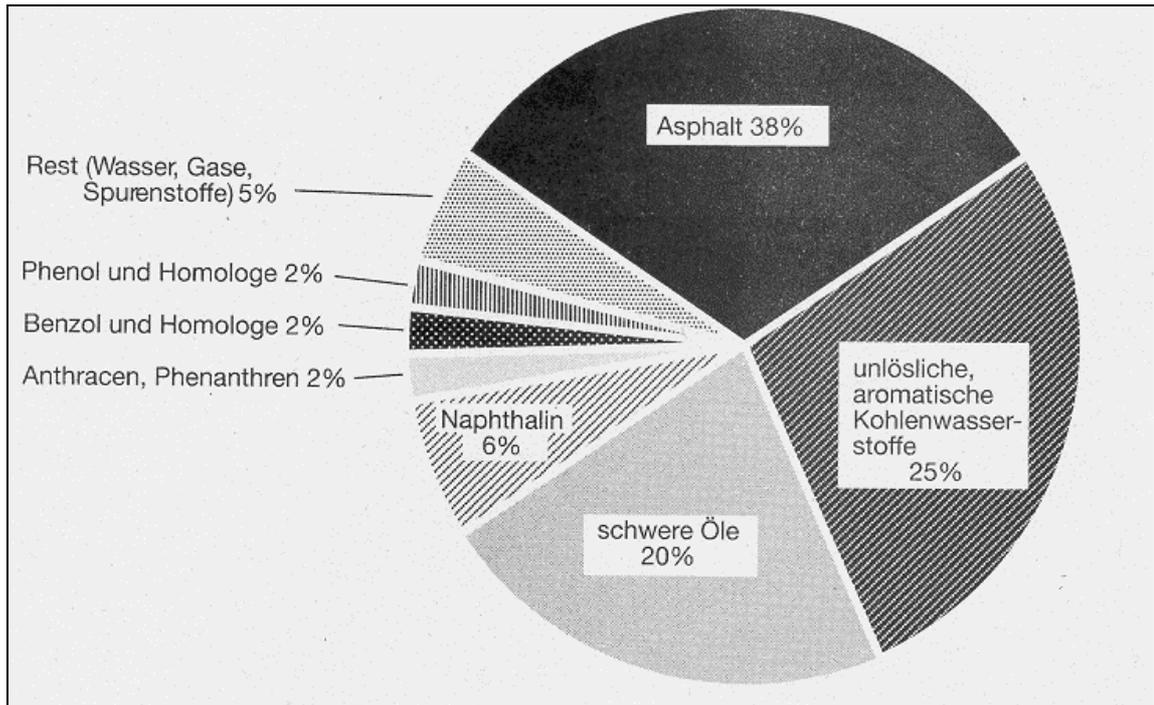


Bild 2: Beispiel für die Zusammensetzung von Gaswerksteer

Einen Anhalt für die ungefähre Zusammensetzung von verbrauchter Gasreinigermasse gibt Bild 3. Erhebliche Abweichungen sind im Einzelfall möglich und bedingt durch die Art der eingesetzten Reinigermasse, den verfahrenstechnischen Reinigungsprozeß, den Beladungsgrad mit Schadstoffen und Alterungsprozesse.

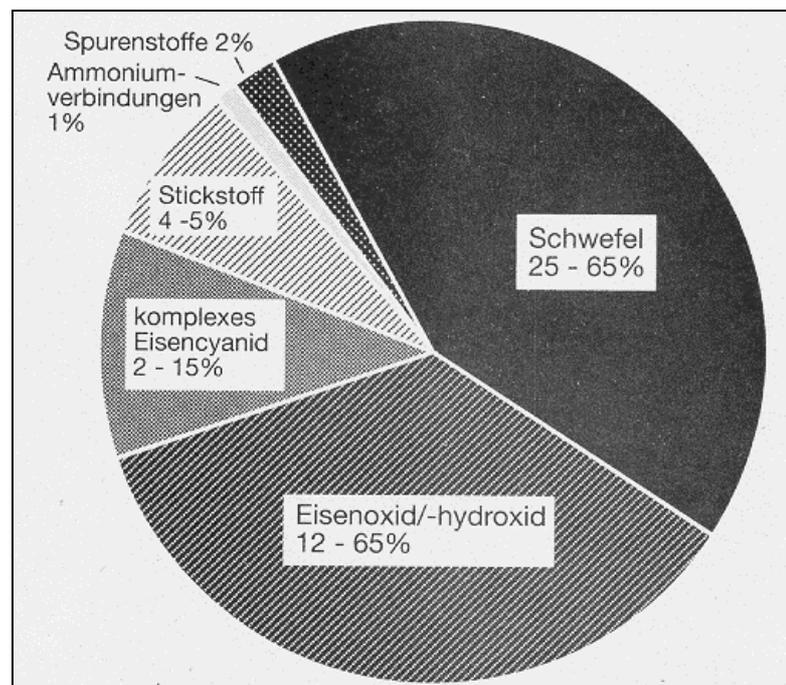


Bild 3: Beispiel für die Zusammensetzung von verbrauchter Gasreinigermasse

Die relevanten Schadstoffe sind:

- komplexe Eisencyanide,
- Schwefel und Sulfide.

Ammoniakwasser aus Gaswerken ist eine stechend und teerartig riechende Flüssigkeit.

Einen Anhalt für die ungefähre Zusammensetzung von Ammoniakwasser gibt Tabelle 1. Erhebliche Abweichungen sind im Einzelfall möglich.

Tabelle 1: Beispiel für die Zusammensetzung von Ammoniakwasser

Ammoniak	15000 mg/l
Phenole	2000 mg/l
Sulfid	1 500 mg/l
Thiocyanat	100 mg/l
Cyanid	5 mg/l

Kondensate enthalten im wesentlichen Teer und Ammoniakwasser.

Waschflüssigkeiten bestanden aus unterschiedlichen Komponenten. Allgemeingültige Angaben über Art und Zusammensetzung lassen sich nicht machen. Die relevanten Schadstoffe gehören meist zur Gruppe der cyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe.

Die beschriebenen **Nebenprodukte** wurden von Werk zu Werk und im Lauf der Zeit unterschiedlich weiterbehandelt oder entsorgt. Möglich waren:

- Weiterbehandlung oder Aufbereitung im Gaswerk,
- Abgabe an Verwertungs- oder Aufbereitungsanlagen,
- Einleitung in Oberflächengewässer oder Versickerung,
- Ablagerung zusammen mit häuslichen oder gewerblichen Abfällen,
- separate Ablagerung, teilweise um Gruben und Senken aufzufüllen,
- Belassen am Standort, vor allem nach Stilllegung der Gaswerke,
- Abgabe an Kleingartenbesitzer, Landwirte.

Bei ehemaligen Gaswerksstandorten wurden bisher fast immer erhebliche Schadstoffmengen gefunden.

Gaswerksspezifische Schadstoffe verhalten sich in Grundwasser, Untergrund und Luft unterschiedlich.

Gaswerksteer besitzt - wie erwähnt - je nach Zusammensetzung recht unterschiedliche Viskosität. Entsprechend unterschiedlich verhält er sich im Untergrund.

Dünnflüssiger Teer kann sich in durchlässigem Untergrund der Schwerkraft folgend in große Tiefen ausbreiten. Trifft er auf eine undurchlässige Sperrschicht, so breitet er sich auf ihr horizontal aus.

Dringt Teer ins Grundwasser ein, können sich drei verschiedene Bereiche ausbilden (siehe Bild 4). Diese sind:

- eine Schwimmschicht aus leichten, aber kaum wasserlöslichen Teerstoffen, wie etwa Öle und Benzol,
- ein kontaminierter Bereich im Grundwasser,
- eine Zone mit spezifisch schweren Teerbestandteilen auf der Aquifersohle, z.B. Teeröle.

Alle drei Zonen bilden Schadstoffquellen, die über lange Zeiträume hinweg Schadstoffe ins Grundwasser abgeben.

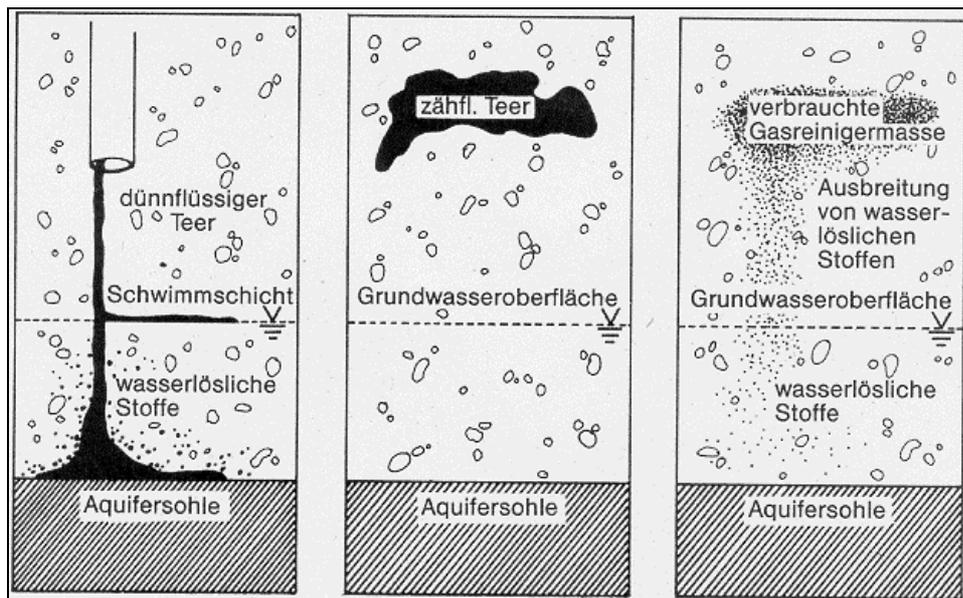


Bild 4: Hauptsächliche Art der Ausbreitung von gaswerksspezifischen Schadstoffen in Untergrund und Grundwasser (Prinzipskizze)

Da die meisten Teerbestandteile schwer abbaubar sind, gefährden sie das Trinkwasser auch noch, wenn sie längere Zeit im Boden transportiert wurden.

Zähflüssiger Teer verhält sich dagegen im Untergrund viel ortstabiler und versickert nicht so schnell. Er gibt Schadstoffe im allgemeinen kaum noch ab, vor allem wenn er niederschlagsgeschützt lagert. Trotzdem ist auch er ein Schadstoffreservoir, aus dem das Grundwasser kontaminiert werden kann. Solche Verunreinigungsstellen müssen deshalb ebenfalls in die Erkundung mit einbezogen werden. Gefahren können insbesondere dann auftreten, wenn sich die Lagerungsbedingungen am Standort ändern, beispielsweise durch Veränderung des Grundwasserspiegels oder durch Beseitigung schützender Deckschichten.

Die leichter flüchtigen Bestandteile des Teers, z.B. Benzol, Toluol, Xylol und Naphthalin, lassen sich in oder unter dichten Bodenschichten auch nach Jahrzehnten noch nachweisen. Sie können - wenn entsprechende Wegsamkeiten vorliegen - in Gebäude diffundieren und dort schädlich wirken. Wegsamkeiten können Rohrleitungen und poröse Fußböden darstellen. Wenn sie direkt in die freie Atmosphäre diffundieren, können sich wegen des dort höheren Luftaustausches kaum schädliche Gaskonzentrationen bilden..

Durch Teer oder teerverunreinigtes Bodenmaterial können außerdem folgende weitere Gefahren oder Beeinträchtigungen entstehen:

- Gesundheitsgefährdung durch Hautkontakt oder Inkorporation (Geophagie),
- Beeinträchtigung der Nutzbarkeit von Kulturböden.

Verbrauchte Gasreinigermasse gibt Schadstoffe nur ab, wenn sie naß ist, also entweder im Grundwasser lagert oder mit Niederschlags- oder Sickerwasser in Berührung kommt. Dadurch kann die Gewässerqualität beeinträchtigt werden.

Gefahren oder Beeinträchtigungen können auch entstehen bei direktem Kontakt oder Inkorporation (Geophagie).

Darüber hinaus kann sie das Pflanzenwachstum stören und auf unterirdische Anlagen, wie Fundamente, Rohrleitungen, korrosiv wirken.

Ammoniak ist gut wasserlöslich und deshalb weitgehend ausgewaschen, allenfalls in Rohren und Behältern sind eventuell noch Reste von **Ammoniakwasser** vorhanden.

Art und Menge von eventuell eingesetzten **Waschflüssigkeiten** war von Werk zu Werk unterschiedlich und konnte sich im Zeitverlauf ändern. Die möglichen Gefahren hängen ab von der Art der verwendeten Substanzen und ihrer Verwendung im Werk, so daß eine Einzelfallbetrachtung erforderlich ist. Im wesentlichen handelt es sich um die gleichen Schadstoffe wie beim Gaswerksteer, jedoch in anderer Konzentration und in anderem Mischungsverhältnis.

Chemisch-physikalische Kenngrößen für wichtige Einzelsubstanzen in gaswerksspezifischen Abfällen sind in Tabelle 2 angegeben.

Zusammenfassend können sich in Untergrund und Gewässern zurückgebliebene **Nebenprodukte oder Abfälle** heute noch wie folgt schädlich auf die Umwelt auswirken:

1. **Gesundheitsgefährdung** durch:
 - direkten Kontakt (Hautresorption),
 - Inkorporation von kontaminiertem Trinkwasser, Nahrungsmitteln oder Boden (Geophagie),
 - Inhalation (schädliche Gase oder Stäube),
2. **Beeinträchtigung der Grundwasserqualität**, insbesondere durch Cyanide, Phenole, aromatische und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe,
3. **Beeinträchtigung der Bodenqualität** im Hinblick auf den Anbau von Nahrungs- oder Futtermitteln, z.B. durch Schwermetalle, Cyanide oder polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe,
4. **Geruchsbelästigungen**, z.B. durch Benzol, Toluol, Xylol, Naphthalin, in seltenen Fällen auch durch Schwefelverbindungen in Teer oder verbrauchter Gasreinigermasse,
5. Kontamination weiterer Bereiche, z.B. durch **Verfrachtung** von kontaminiertem Aushubmaterial.

Die möglichen Gefährdungspfade sind in Bild 5 dargestellt.

Die von den Nebenprodukten ausgehenden Gefahren hängen sehr stark von der jeweiligen örtlichen Situation ab.

Um Gefahren und Beeinträchtigungen zu erkennen und notwendige Abwehrmaßnahmen planen und durchführen zu können, ist eine eingehende Erkundung und Untersuchung der Gaswerksstandorte erforderlich. Diese wird nachfolgend beschrieben. Berücksichtigt ist aber dabei nur die Erkundung des eigentlichen Gaswerksstandorts und seiner unmittelbaren Nachbarschaft. Das Erkunden von Abfallagerstätten mit gaswerksspezifischen Abfällen außerhalb des Gaswerks ist in dieser Schrift nicht behandelt.

	Summenformel	Strukturformel	spezifisches Gewicht g/cm ³	Löslichkeit in Wasser	Siedepunkt °C
Ammonium	NH ₄ ⁺		—	gut	—
Cyanid, komplex	CN ⁻		—	gering	—
Mineralöl	C _r H _m		unterschiedlich	sehr gering	unterschiedlich
Phenol	C ₆ H ₅ OH			gering	
Benzol	C ₆ H ₆		0,88	sehr gering	80,1
Toluol	C ₇ H ₈		0,87	sehr gering	110,6
Xylole	C ₈ H ₁₀		0,86–0,88	sehr gering	138–144
Naphthalin	C ₁₀ H ₈		0,97	sehr gering	218
Acenaphthylen	C ₁₂ H ₈			praktisch unlöslich	
Acenaphthen	C ₁₂ H ₁₀			praktisch unlöslich	
Phenanthren	C ₁₄ H ₁₀		1,04	praktisch unlöslich	340
Anthracen	C ₁₄ H ₁₀		1,25	praktisch unlöslich	340
Fluoranthren	C ₁₆ H ₁₀			praktisch unlöslich	375
Benzo(a)pyren	C ₂₀ H ₁₂			praktisch unlöslich	

Tabelle 2: chemisch-physikalische Kenngrößen für wichtige Einzelsubstanzen in gaswerksspezifischen Abfällen

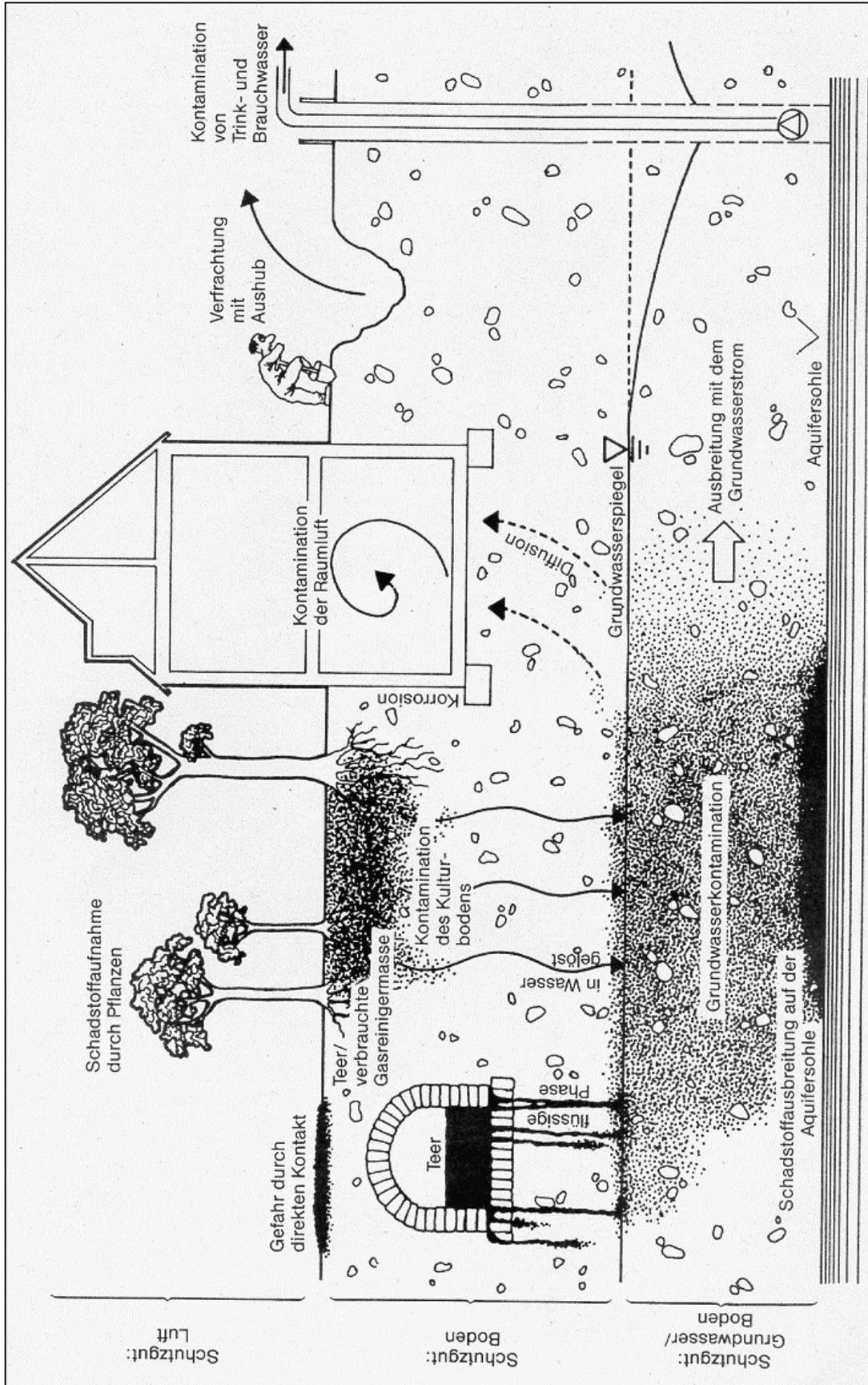


Bild 5: Mögliche Gefährdungspfade von gaswerksspezifischen Schadstoffen

Vorgehensweise

Bei der Erkundung von gefahrverdächtigen Standorten hat es sich bewährt, stufenweise **vorzugehen** - wie im Altlastenhandbuch [1] und der dazu ergangenen Neufassung vom 17.02.1989 (siehe Anlage A) beschrieben:

Stufe 1: Historische Erkundung (siehe Kapitel 1),

Stufe 2: orientierende Erkundung (siehe Kapitel 2),

Stufe 3: nähere Erkundung (siehe Kapitel 3),

Stufe 4: eingehende Erkundung für Sanierungs- und Sicherheitsvorschläge (siehe Kapitel 4).

In den gleichen Erkundungsschritten sollte auch bei ehemaligen Gaswerksstandorten vorgegangen werden. Nur in Ausnahmefällen, etwa zur Abwehr akuter Gefahren, ist davon abzuweichen. Beispiele für Gefährdungslagen, bei denen sofortiges Handeln angebracht sein kann, sind in Tabelle 3 aufgeführt. In Einzelfällen kann es auch zweckmäßig sein, die stufenweise Bearbeitung einzelner Teilbereiche vorzuziehen, um dort rascher zu Sanierungs- bzw. Sicherheitsmaßnahmen zu kommen und Teilbereiche wieder eher nutzen zu können.

Tabelle 3: Sofortmaßnahmen

	Gefährdungslage	Sofortmaßnahmen
1.	Lage im Einzugsgebiet einer Wasserfassung -Beeinträchtigung nachgewiesen oder -Untersuchung noch nicht begonnen	-Bau von Grundwassermeßstellen -Grundwasseruntersuchungen
2.	Absturzgefahr durch unzureichend gesicherte Gruben, Schächte usw.	-Abdeckungen -Einzäunungen -Hinweisschilder
3.	Vergiftungsgefahr durch an der Oberfläche lagernde Schadstoffe	-Einzäunungen -Hinweisschilder -Abtransport -provisorische Abdeckung
4.	Beseitigung von Schutzeinrichtungen durch Bauarbeiten, z.B. Abbruch von Hallen, Zer- stören von Oberflächenbefestigungen	-provisorische Abdeckung mit Planen oder Folien
5.	Unterirdische, mit flüssigen Schadstoffen gefüllte Gruben	- Abtransport

Sofortmaßnahmen sind auf das unbedingt Notwendige zu beschränken. Nach Abschluß von Sofortmaßnahmen ist der Fall im Rahmen des vorgegebenen systematischen und schrittweisen Vorgehens weiter zu bearbeiten.

Nach jeder Stufe erfolgt eine Bewertung der Situation. Ergebnis der Bewertung durch die Fachbehörden ist eine Risikoeinstufung und Festlegung des weiteren Handlungsbedarfs. Vom Ergebnis der Bewertung hängt entscheidend Art und Priorität der weiteren Behandlung des Standorts ab.

Meist ist die Schadstoffverteilung im Untergrund von ehemaligen Gaswerksstandorten sehr unterschiedlich: es gibt sehr stark und daneben kaum oder schwach belastete Bereiche. Auch lassen sich mindestens zwei Schadstoffgruppen unterscheiden, nämlich Schadstoffe des Teers und Schadstoffe der verbrauchten Gasreinigermasse. Diese unterscheiden sich in ihrem Verhalten im Untergrund und Grundwasser und in ihrer Wirkung auf die Umwelt. Deshalb ist es zweckmäßig, den Standort in Teilflächen zu unterteilen und diese getrennt zu bewerten und zu behandeln.

Ziel des mit der Bearbeitung des Falles beauftragten Gutachters bzw. Planers ist es, die Entscheidungsgrundlagen für die Bewertung zu schaffen. Der **Abschlußbericht** am Ende einer jeden Erkundungsstufe muß deshalb mindestens enthalten:

1. eine fachliche Auswertung des ursprünglichen Kenntnisstandes, darauf aufbauend
2. die Entwicklung eines standortspezifischen Konzeptes zur Erhöhung des Kenntnisstandes/Beweisniveaus,
3. eine exakte Darstellung/Dokumentation aller Untersuchungen, Beschreibung der Meßstellen und -methoden,
4. eine exakte Darstellung der gewonnenen Daten als Ergebnis von Beobachtungen, Untersuchungen, Messungen, Modellrechnungen etc.
5. eine nachvollziehbare fachtechnische Auswertung der neuen Untersuchungsergebnisse, Beobachtungen, Hochrechnungen etc.
6. den ausgefüllten Erfassungsbogen der "wasser- und abfallwirtschaftlichen Arbeitsdatei mit Überwachungssystem", Blöcke A bis F, BEWG und "Überwachung",
7. den ausgefüllten Bewertungsbogen nach Atlantenhandbuch [1],
8. Entwicklung einer groben Konzeption für die weiteren Maßnahmen mit Schätzung der dafür erforderlichen Kosten und des Zeitbedarfs.

Es hat sich bewährt, die Behörde in **Zwischenberichten** vom aktuellen Stand der Arbeiten zu informieren und das weitere Vorgehen mit der technischen Fachbehörde (Wasserwirtschaftsamt) abzustimmen. Zwischenberichte sollten insbesondere vorgelegt werden:

- nach Ausarbeitung des standortspezifischen Konzeptes zur Erhöhung des Kenntnisstandes/Beweisniveaus,
- wenn während der Untersuchung Informationen gefunden werden, die eine Änderung des ursprünglichen Konzeptes angezeigt erscheinen lassen,
- bei umfangreichen Untersuchungen auch nach Vorliegen von Zwischenergebnissen, damit das Konzept in seiner Effektivität geprüft und erforderlichenfalls weiterentwickelt werden kann,
- sobald eine wesentliche Abweichung (Über- bzw. Unterschreitung) vom ursprünglich geschätzten bzw. vereinbarten Kostenrahmen erkennbar ist.

In aller Regel ist für die Bearbeitung von gefahrverdächtigen Standorten um so mehr Fachwissen und Erfahrung erforderlich, je höher das Beweinsniveau ist. Entsprechend der Schwierigkeit der Situation kann es deshalb sinnvoll sein, daß verschiedene Ingenieurbüros und Gutachter zusammenarbeiten, insbesondere wenn es um die Entwicklung und Ausführung von Sanierungs- bzw. Sicherheitskonzepten geht.

1. Historische Erhebung und Erkundung

Die **Ziele der Historischen Erhebung und Erkundung** sind:

- die flächendeckende Erfassung der ehemaligen Gaswerksstandorte (Erhebung) und
- die Sammlung und Auswertung der vorhandenen Informationen und Unterlagen zum konkreten Standort (Erkundung des Einzelstandorts).

Die Historische Erhebung und Erkundung erfolgt am besten in den nachfolgend beschriebenen beiden Teilschritten.

1.1 Historische flächendeckende Erhebung

Die Standorte ehemaliger Gaswerke sind der Wasserwirtschaftsverwaltung zwar größtenteils durch frühere **Erhebungen** bekannt. Diese Erhebungen enthalten aber oft nur die kommunalen Gaswerke, die in den sechziger Jahren stillgelegt wurden. Darüber hinaus gab es vereinzelt Werke, die schon wesentlich früher stillgelegt oder von Firmen betrieben wurden, die der Verwaltung noch nicht bekannt sind. Solche "**Uralt-Werke**" hatten zwar in der Regel noch nicht die Größe und Leistung der späteren Werke, das am Standort zurückgebliebene Schadstoffpotential kann aber trotzdem - wie bisherige Untersuchungen zeigten - erheblich sein. Teilweise waren umfangreiche Sanierungs- bzw. Sicherungsmaßnahmen erforderlich.

Früher durchgeführte Erhebungen von ehemaligen Gaswerksstandorten sind kritisch zu prüfen.

Zuständig für die Prüfung früherer Erhebungen sollte sich die jeweilige Gemeindeverwaltung fühlen. Als Planungsstelle für Bauleit- und Flächennutzungsplanung ist sie am besten über vorhandene Altstandorte informiert.

Mögliche Informationsquellen hierzu sind allgemein im Altlastenhandbuch verzeichnet. Nachfolgende Hinweise sollen das Aufspüren der noch unbekanntem Standorte erleichtern:

- a) Manche **Gaswerke** wurden schon lange vor 1960 wieder stillgelegt, weil entweder eine Ferngasversorgung möglich wurde oder weil das Werk an, einen ganz anderen Standort verlegt werden mußte. Mögliche Gründe für eine Standortverlegung waren:
- Der Standort wurde zu klein für größere oder neuere technische Anlagen, die zur Deckung des gestiegenen Gasbedarfs nötig wurden.
 - Die damals üblichen Gasemissionen wurden für die unmittelbare Nachbarschaft des Gaswerks untragbar.

So gibt es in Baden-Württemberg Städte mit bis zu drei verschiedenen ehemaligen Gaswerksstandorten.

- b) Manche Anlagen zur Stadtgaserzeugung wurden deshalb bei früheren Erhebungen nicht erfaßt, weil sie statt von der Kommune von einem Privatunternehmen betrieben wurden.

- c) Mitunter besaßen Industriebetriebe eigene Gaswerke zur Leuchtgasherstellung oder Koke-
reien zur Koksgewinnung.
- d) Die damalige Reichsbahn betrieb ebenfalls Gaswerke. Das Gas wurde u.a. zur Wagenbe-
leuchtung gebraucht. Hinweise über die Gaswerke der früheren Reichsbahn liegen vor.
Wasserwirtschaftsämter, in deren Gebiet sich ein derartiges Werk befand, informiert die
Landesanstalt für Umweltschutz direkt.

1.2 Historische Erkundung des Einzelstandorts

Ziel der **Historischen Erkundung** des Einzelstandorts ist es, alle vorhandenen Unterlagen und
Informationen zum Standort zu sammeln und auszuwerten. Dazu gehört:

1. Sammeln schriftlicher Unterlagen, z.B. Pläne, Genehmigungen, Beschreibungen, Doku-
mentationen, Zeitungsartikel und Fotos,
2. Befragen von Zeugen (Protokolle anfertigen),
3. Durchführen einer Geländeerhebung,
4. Auswerten und Dokumentieren der Ergebnisse.

Allgemeine Ausführungen dazu sind in [5] enthalten.

Die folgenden Kapitel 1.2.1.- 1.2.4. befassen sich speziell mit der Situation bei ehemaligen
Gaswerksstandorten. Obwohl die vier Teile der Historischen Erkundung hier getrennt behan-
delt sind, müssen sie - um plausible und aussagekräftige Ergebnisse zu gewinnen - in der Praxis
parallel durchgeführt und ausgewertet werden, weil die Aussagen sich gegenseitig ergänzen.

Allgemein ist bei der Historischen Erkundung des Einzelstandorts zu beachten:

- Die Art der Gasreinigung war weitgehend einheitlich. Die Aufbereitung und Entsorgung
der Reststoffe dagegen war von Werk zu Werk recht unterschiedlich. Selbst innerhalb
ein und desselben Betriebs änderten sich die jeweiligen Verfahren. Deshalb sollten Art,
Menge, Behandlung und Beseitigung der angefallenen Reststoffe nicht erst für den Zeit-
punkt der Stilllegung, sondern für die gesamte Betriebszeit des Gaswerks ermittelt wer-
den.
- Viele Anlagen wurden im **Krieg zerstört**. Auch dadurch wurden Schadstoffe frei. In-
formationen darüber erhält man oft von Augenzeugen oder durch die Auswertung von
Luftbildern.
- In einigen Fällen wurden Verunreinigungen im Grundwasser und im Untergrund auch
durch **unsachgemäße Stilllegung** hervorgerufen. Teilweise wurden Teer- und Ammoni-
akwassergruben mit Erde, Bauschutt u.ä. aufgefüllt und liefen über. Zu prüfen ist des-
halb auch, auf welche Art und Weise ein Gaswerk stillgelegt wurde.
- Oft wurden schon bei der Stilllegung des Werks oder danach im Zuge der Wiedernut-
zung des Geländes **Maßnahmen zum Umweltschutz** durchgeführt, zum Beispiel Räu-
mung von Becken oder Abtransport von kontaminiertem Erdreich. Auch solche Maß-
nahmen sind zu erheben. Da heute oft neue Kenntnisse über Verhalten und Wirkung von
Schadstoffen in der Umwelt vorliegen, sind die damaligen Maßnahmen erneut auf ihre
Wirksamkeit zu überprüfen.

- Viele Gaswerke wurden mehrmals **umgebaut** oder erneuert. Deshalb können sich im Untergrund und in der Umgebung noch Reste älterer Anlagen befinden, die Schadstoffe bergen. Auch könnten Schadstoffe während des Umbaus über weite Bereiche verstreut worden sein.
- Die Neben- und Abfallprodukte der Gaserzeugung wurden nicht nur auf dem Werksge-lände, sondern auch in dessen Umgebung **abgelagert**. Deshalb ist auch die Standortum-ggebung zu untersuchen.
- Stellen, an denen Abfälle aus der Gaserzeugung abgelagert wurden, sind heute optisch oft nur noch schwer erkennbar. Zum Teil wurden sie sogar überbaut. Bei der Histori-schen Erkundung ist deshalb auf ehemalige Mulden, Senken, Bachläufe, Stadtgräben usw. zu achten, die sich für eine Ablagerung geeignet haben könnten.

Um die Historische Erkundung effektiv durchzuführen, sind Grundkenntnisse der Gaserzeu-gung notwendig. Kapitel 1.2.4 beschreibt detailliert die damalige Technik der Gaserzeugung und -reinigung sowie die entstandenen Abfall- und Reststoffe.

Anlage B enthält eine Checkliste der Informationen, die bei der **Historischen Erkundung** einzuholen sind.

Anlage C soll die Auswertung der gefundenen Informationen erleichtern.

Wichtiger als diese Listen sind aber Spürsinn und Findigkeit desjenigen, der die Erkundung durchführt, denn letztlich geht es dabei um folgende Ziele:

1. Aufzeigen möglicher Schadstoffe und Kontaminationsstellen,
2. Erkennen von möglichen Gefahren,
3. Aufzeigen von wahrscheinlich unbelasteten Stellen,
4. Schaffung der Grundlagen für weitere Untersuchungen.

1.2.1 Sammeln und Sichten von Unterlagen

Informationen über Lage, Einrichtung, Betriebsweise, Zerstörung und Stilllegung eines ehema-ligen Gaswerks erhält man oft aus folgenden **Unterlagen**:

- Genehmigungsurkunden
- historische Stadtpläne
- historische topographische Karten
- historische Aufnahmen, Luftbilder
- Adress-, Branchen- und Firmenverzeichnisse
- Planungs-, Bau- und Gewerbeakten der Gemeinde, der Wasserbehörde etc.
- öffentliche und private Archive, z.B. beim damaligen Betreiber, bei der Kommune, der Feuerversicherung oder der Lokalzeitung.

Beim Auswerten alter Unterlagen ist zu beachten, daß mitunter auch Baupläne in den Archiven liegen, die gar nicht oder anders als gezeichnet ausgeführt wurden.

Die Auswertung von Luftbildern ist sinnvoll, wenn Baupläne nur noch unvollständig vorliegen oder wenn es um die Ermittlung von Art und Umfang kriegsbedingter Zerstörungen geht.

1.2.2 Befragen von Zeugen

Zunächst müssen mögliche **Informanten** auffindig gemacht werden, beispielsweise:

- ehemalige Beschäftigte
- Bedienstete bei Behörden
- Nachbarn und andere ortskundige Zeugen.

Bei der Gemeindeverwaltung und bei den damaligen Betreibern ist nachzufragen, wer aus diesem Personenkreis als Zeuge infrage kommt.

Nachbarn und andere Ortskundige können manchmal ebenfalls Hinweise auf Schadstoffbelastungen geben, weil manche Belastungen auch aufmerksamen Laien auffallen. So können Teerreste durch ihren teerspezifischen Geruch und ihr Aussehen, Reste von verbrauchter Gasreinigungsmasse durch ihre bläulich-grüne Farbe auffallen. Derartige Rückstände aus der Gaserzeugung wurden mitunter bei Erdarbeiten entdeckt, dann aber wieder zugeschüttet.

Beim Gespräch mit den Zeugen sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Zeugen sollten über die Ziele und Hintergründe der Befragung Bescheid wissen und zur Mitarbeit motiviert werden.
- Ein gemeinsamer Rundgang über das frühere Gaswerksgelände oder das Betrachten alter Bilder und Pläne hilft der Erinnerung oft "auf die Sprünge".
- Gezielt fragen kann nur, wer aus Lageplänen und Beschreibungen schon erste Informationen über das Gaswerk gesammelt hat und mit der Technik der Gaserzeugung vertraut ist (siehe Kapitel 1.2.4).

Weitere allgemeine Hinweise dazu sind in der Schrift "Standortbegehung und Personenbefragung im Rahmen der Historischen Erkundung", Mai 1989 [4] enthalten.

Leider liegen insbesondere zur Betriebsweise nicht immer genügend schriftliche Unterlagen vor. Die Zeugen sollten deshalb gezielt nach folgenden Punkten gefragt werden:

- **Gab es Stellen, wo Schadstoffe abgelagert oder frei wurden und versickerten?** Solche Stellen sind:
 - Lagerplätze von Abfallstoffen inner- und außerhalb des Werksgeländes,
 - Versickerungsstellen von flüssigen Schadstoffen,
 - Umfüll- und Verladestellen,
 - unbefestigte Flächen, auf denen Gasreinigungsmasse regeneriert wurde.
- Wie sah die **Oberflächenbefestigung** der Fahrwege und Parkplätze sowie innerhalb des Apparate- und Ofenhauses aus?
- Welche Neu- und Umbauten gab es?
- Kam es im Krieg zu Zerstörungen von Behältern, Gruben und Leitungen? Wurden Bombentrichter als Sickerstellen benutzt?

- Wie war die **Abwasserbehandlung und -beseitigung** sowie die Wasserversorgung?
- Wo gab es Tropf- und Schüttverluste von Schmier- und Dichtungsmitteln, Heizöl und Farben?
- Wo könnte der Boden außerdem durch Schadstoffe belastet sein?
- Wer hat **weitere Informationen** über den Bau und Betrieb des früheren Gaswerks?

1.2.3 Standortbegehung

Bei der **Standortbegehung** sollten folgende aktuelle **Daten** zusammengetragen werden:

- **Ist-Zustand** und derzeitige Nutzung des Geländes (Pläne, Beschreibungen, Fotografien),
- **Übereinstimmung** vorhandener Pläne mit der Realität,
- **Lage und Zustand unterirdischer Gruben** (Teer-, Teerscheide- und Ammoniakwassergrube),
- **Verfärbungen im Untergrund und am Mauerwerk**,
- **sonstige Phänomene**, die auf Ablagerungs- und Versickerungsstellen hinweisen, z.B. aufgefüllte Senken, Halden und Schäden an der Vegetation,
- **vorhandene Grundwassermeßstellen**,
- **vorhandene Oberflächenbefestigungen**.

Ergänzend zur erwähnten Schrift "Standortbegehung und Personenbefragung im Rahmen der Historischen Erkundung", [4] die nachstehenden Hinweise und Erläuterungen:

- **Verfärbungen** des Untergrunds, des Mauerwerks und der Fußböden können auf eine Schadstoffbelastung hindeuten. Zu finden sind sie oft an folgenden Stellen:
 - Ofenhaus und Generatoranlage,
 - Apparatehaus bzw. Apparateanlage,
 - Schwefelwasserstoff- und Cyanwasserstoffreinigung einschließlich der Regenerierungsflächen für Gasreinigermasse,
 - Kondensatscheideanlage mit Teer-, Teerscheide- und Ammoniakwassergrube,
 - Umschlagplätze und Lagerstellen für Teer und verbrauchte Gasreinigermasse.
- **Ablagerungen** von Reinigermasse im Gelände sind manchmal bläulich-grünlich verfärbt ("**Berliner Blau**"). Mitunter hat die Masse auch eine bräunliche Farbe und ist vom Erdreich optisch kaum oder gar nicht zu unterscheiden.
- **Geländeanomalien** in der Umgebung des ehemaligen Gaswerks können auf Abfallagerstätten und Versickerungsstellen hinweisen.
- Die noch vorhandenen Gebäude, Fundamente und Schächte sind mit den überlieferten Plänen zu vergleichen. Wenn es keine Pläne mehr gibt, sollte versucht werden, sie zu rekonstruieren.

- Da befestigte Flächen die weiteren Untersuchungen erschweren, ist neben ihrer Lage vor allem das Alter zu beachten. Schon immer vorhandene Oberflächenbefestigungen haben den Boden eventuell vor Schadstoffen geschützt. Viele Lösemittel dringen aber auch durch Asphalt und Beton, so daß keine Schutzfunktion vorhanden ist. Nachträglich aufgebraute Befestigungen verdecken vorhandene Verunreinigungen.
- Gaswerksabfälle beeinträchtigen manchmal die Vegetation. **Wachstumsschäden** oder fehlender Pflanzenbewuchs können auf Schadstoffe im Untergrund hinweisen.

Für die Festlegung der erforderlichen Maßnahmen zum **Arbeitsschutz** kann der "Schutzkatalog" in Anlage D herangezogen werden.

1.2.4 Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse

Die Auswertung der **gesammelten Daten** umfaßt mehrere Teilschritte:

1. Vollständigkeitsprüfung
2. Plausibilitätskontrolle
3. Aufzeigen wahrscheinlich belasteter Bereiche
4. Aufzeigen wahrscheinlich unbelasteter Bereiche
5. Abschätzen der Schadstoffmengen
6. Abschätzen der Auswirkungen auf die Umwelt
7. Dokumentation der Ergebnisse.

Zu prüfen ist, ob alle Informationsquellen, z.B. schriftliche Unterlagen, Zeugenbefragung, Standortbegehung, vollständig ausgeschöpft wurden.

Die verschiedenen Informationsquellen sind miteinander zu vergleichen. Ergänzen oder widersprechen sich ihre Aussagen?

Vor allem Zeugenaussagen sind kritisch zu bewerten. Einerseits gibt es sicherlich Erinnerungslücken, andererseits galten früher viele chemische Substanzen als harmlos. Bestimmte Rückstände wie Teer und verbrauchte Reinigermasse waren zeitweise sogar wichtige Rohstoffe und wurden in der Regel verkauft.

Die früheren Betreiber der Gaswerke versichern oft, daß von "ihrem" Werk keine Umweltbelastungen ausgehen, da die Abfallstoffe alle vollständig verwertet worden seien. Entgegen diesen Darstellungen fand man bei Untersuchungen aber häufig Schadstoffe im Untergrund alter Gaswerke. Zusicherungen, alle Reststoffe seien ordnungsgemäß beseitigt, ist mit großer Skepsis zu begegnen.

Beim Ermitteln von wahrscheinlich belasteten und unbelasteten **Flächen** sollte das ehemalige Werksgelände in **Teilbereiche** unterschieden werden, beispielsweise:

1. Kohlen- und Kokslager, Kohlenmahl- und -mischanlage, Kokssortierung
2. Ofenhaus und Generatoranlage
3. Apparatehaus bzw. Apparateanlage
4. Schwefelwasserstoff- und Cyanwasserstoffreinigung einschließlich des Regenerierungsbereichs für die Gasreinigermasse
5. Kondensatscheideanlage mit Teergrube, Teerscheidegrube und Ammoniakwassergrube
6. Gasspeicherung
7. Nebenanlagen
8. Unterirdische Leitungen
9. Umschlagplätze
10. Lagerflächen für Abfallstoffe
11. Sickerstellen
12. Standortumgebung

Die einzelnen Bereiche werden nachstehend erläutert. Dazu wird auf das Funktionsschema "Gaserzeugung und Gasreinigung" in Bild 6 hingewiesen.

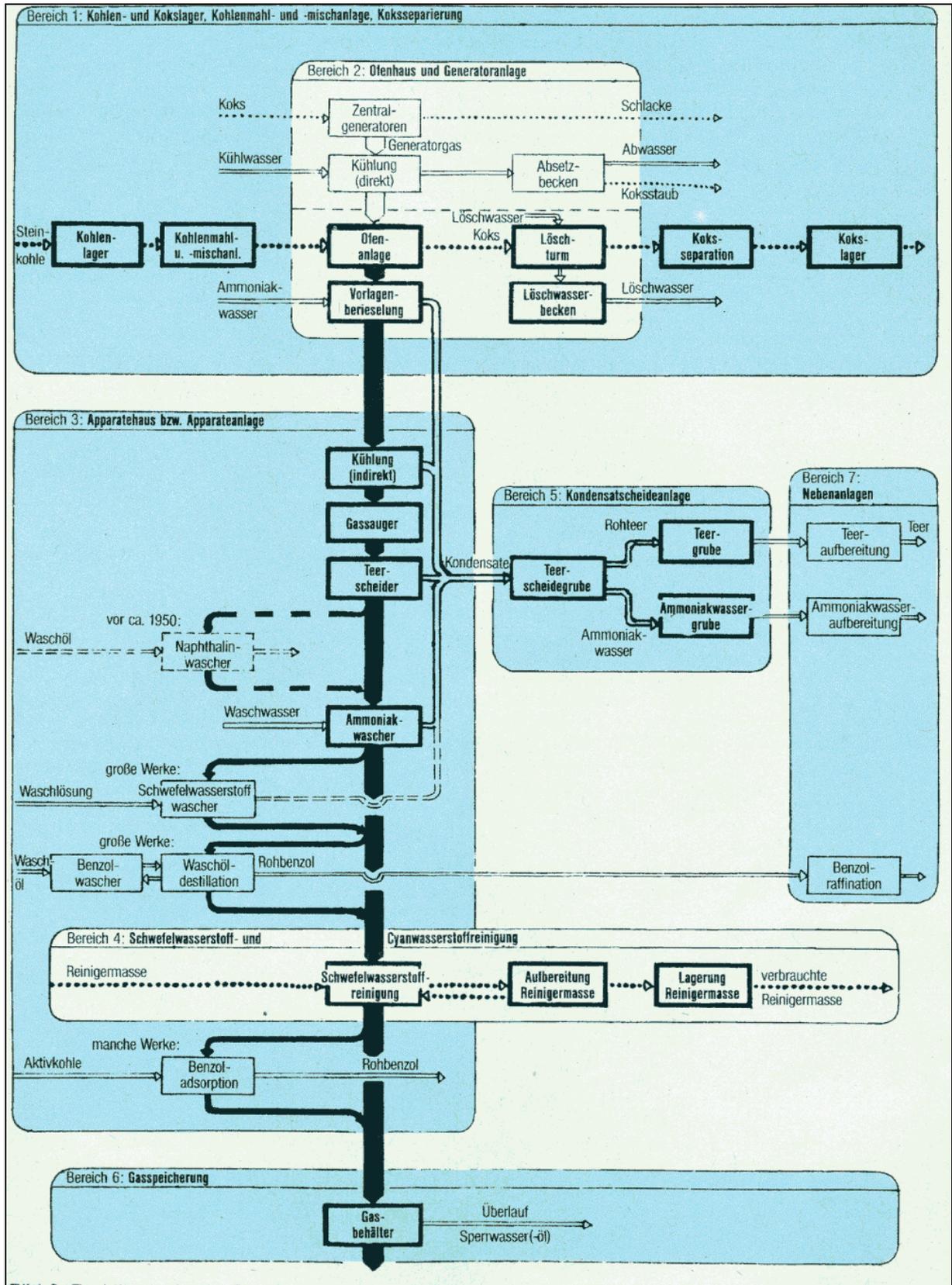


Bild 6: Funktionsschema Gaserzeugung und -reinigung

Bereich 1: Kohlen- und Kokslager, Kohlenmahl- und -mischanlage, Kokssortierung

Um sowohl eine gute Gasausbeute als auch eine gute Koksqualität zu erhalten, mischte man in einigen Gaswerken die unterschiedlichen Kohlesorten und -qualitäten miteinander und brachte sie durch Mahlen auf eine einheitliche Korngröße.

Der Koks wurde für den Verkauf nach der Korngröße sortiert.

Das Lagern, Mahlen, Mischen, Sortieren und Verladen von **Kohle und Koks** war mit Staubemissionen verbunden. Nach Stilllegung der Gaswerke könnten noch Reste von Steinkohle, Koks, Schlacke und Asche zurückgeblieben sein. Diese Reste stellen heute zwar eine lokale "Altlast" dar, sind in der Regel aber unschädlich.

Bereich 2: Ofenhaus und Generatoranlage

In diesem Werksbereich standen die eigentlichen Anlagen zur **Gaserzeugung**.

Das Stadtgas wurde durch trockene Destillation von Steinkohle bei Temperaturen von 1000-1200°C gewonnen. Dazu gab es verschiedene Ofentypen wie Horizontalkammeröfen, Schrägkammeröfen, Vertikalkammeröfen und Retortenöfen. Letztere wurden anfangs manuell, später maschinell gefüllt und entleert. Bei den Kammeröfen dagegen war nur der maschinelle Betrieb üblich.

Beheizt wurden die Öfen mit sogenanntem Generatorgas. Kleinere Werke erzeugten dieses in "Einbaugeneratoren", welche in der Ofenanlage integriert waren, und verfeuerten es direkt. Größere Werke hatten separate "Zentralgeneratoren" und kühlten das Gas vor dem Verbrennen in einem Waschkühler ("Scrubber"). Das dabei anfallende **Abwasser** enthielt feinsten Koksstaub, der in Absetzbecken abgeschieden wurde, sowie geringe Mengen an gelöstem Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff.

Die entgaste Steinkohle, der Koks, war bei der Entnahme aus dem Ofen noch etwa 1000°C heiß und wurde mit Wasser abgekühlt. Trockene Kühlverfahren wurden dagegen selten angewandt. Das durch Koksschlamm verschmutzte **Löschwasser** wurde in Absetzbecken oder Löschwassergruben aufgefangen und wiederverwendet oder in Abwasserkanäle und Vorfluter, aber auch in Versickerungsgruben eingeleitet.

Löschwassergruben können einen sauren oder cyanidhaltigen Bodensatz enthalten.

Mauerwerk, Decken und Böden des Ofenhauses können mit **Teer und Ruß** verdeckt sein.

Bereich 3: Apparatehaus bzw. Apparateanlage

Im **Apparatehaus** standen die Anlagen zur **Kühlung und Reinigung** des Gases. In großen Gaswerken waren diese Anlagen zum Teil im Freien aufgebaut.

Das rohe Steinkohlengas war ein Gemisch von Gasen und Dämpfen. Außer den nutzbaren Bestandteilen Wasserstoff, Kohlenoxid und Kohlenwasserstoffe enthielt es auch gefährliche Verunreinigungen wie Teer, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Cyanwasserstoff. Diese Schadstoffe mußten beseitigt werden, um das Gas für die leitungsgebundene Verteilung und die Verwendung in den Gasgeräten geeignet zu machen.

Gekühlt und gereinigt wurde das Rohgas auf unterschiedliche Art und Weise. Mitunter waren mehrere Reinigungsstufen in einem Apparat zusammengefaßt, mitunter wurde auf einzelne Reinigungsstufen verzichtet.

An Stopfbuchsen, Schiebern, Behältern und Leitungen traten **Kondensate und Waschflüssigkeiten** aus. Die Bodenbeläge hinderten die austretenden Flüssigkeiten aber nicht immer am Versickern in den Untergrund. Deshalb können dort auch heute noch schädliche Kontaminationen vorliegen.

Mauerwerk, Böden und Erdreich unter dem Apparatehaus bzw. der Apparateanlage können mit **Teerrückständen** und manchmal mit **Waschölen** kontaminiert sein.

Die folgenden Abschnitte 3.1 bis 3.4 behandeln die Grundzüge der Gasreinigung. Spezialfälle bleiben unberücksichtigt.

Bereich 3.1: Vorlagenberieselung

Zur **Berieselung** der Vorlagen auf den Kammeröfen wurde Ammoniakwasser verwendet (siehe unten). In dieser ersten Kühlstufe schieden sich bereits ein großer Teil des Teers sowie wässrige Kondensate ab. Die Kondensate wurden in die meist unterirdische Teerscheidegrube abgeleitet (siehe Bereich 5).

Bereich 3.2: Intensivkühler

In den 50er Jahren erhielten die Gaswerke **Intensivkühler**. Der in diesen Kühlern zusammen mit dem wässrigen Kondensat anfallende Teer machte aufgrund seines Lösungsvermögens die sonst notwendigen Naphthalinwascher (siehe Bereich 3.5.) entbehrlich. Auch diese Kondensate wurden zur Teerscheidegrube geleitet.

Bereich 3.3: Teerscheider

Zur weiteren **Teerabscheidung** gab es zwei Verfahren:

- die mechanische Abscheidung an Prallblechen,
- die Abscheidung im Elektrofilter.

Der Teer wurde in die Teerscheidegrube geleitet (siehe Bereich 5.).

Bereich 3.4: Ammoniakwascher

Bei der Destillation von Steinkohle entstand aus deren Stickstoffverbindungen auch Ammoniak. 1000 m³ Rohgas enthielten um 5-8 kg Ammoniak. Weil es giftig ist, stechend riecht und Korrosionen verursacht, mußte es aus dem Rohgas entfernt werden.

Ein Großteil des Ammoniaks wurde schon während der Kühlung ausgeschieden. Nach der Teerabscheidung enthielten 1000 m³ Gas noch 1 bis 3,5 kg Ammoniak.

Im Ammoniakwascher wurden diese Restmengen dann mit Wasser weitgehend ausgewaschen. Reingas durfte nur 0,01 bis 0,03 kg Ammoniak je 1000 m³ enthalten. Als Abwasser fiel **Ammoniakwasser** (Gaswasser) an.

In den meisten Gaswerken wurde das Ammoniakwasser zusammen mit dem bei der Rohgaskondensation angefallenen Wasser in die Teerscheidegrube geleitet (siehe Bereich 5.). In größeren Werken wurde ein Teil des Ammoniakwassers zur Schwefelwasserstoffauswaschung verwendet.

Bereich 3.5: Naphthalin- und Benzolwascher

Naphthalinwascher

Bei der Destillation von 1000 kg Steinkohle entstanden rund 3 kg Naphthalin. Bei niedrigen Temperaturen verstopfte es die Gasrohre und mußte deshalb entfernt werden. Bis zur Einführung des Intensivkühlers (Bereich 3.2) Mitte der 50er Jahre waren dazu spezielle **Naphthalinwascher** gebräuchlich.

Ein großer Teil des Naphthalins scheidet sich schon mit dem Teer ab. Der Rest wurde in manchen Werken im Naphthalinwascher mit Anthracenöl entfernt. Diesem "**Waschöl**", das im Kreislauf gefahren wurde, wurden auch Benzol zugesetzt. Verbrauchtes Waschöl kam in die Teergrube.

Benzolwascher

Das in Gaswerken angefallene "Benzol" war ein Gemisch aus Benzol, Toluol, Xylolen und Naphthalin. Zeitweise war es ein wertvolles Rohprodukt für die chemische Industrie und zur Gewinnung von Kraftstoff.

Wurde Stadtgas über Hochdruckleitungen verteilt, kondensierte das "Benzol" in den Rohren aus. Um dies zu vermeiden, wurde es aus dem Gas ausgewaschen. Dies geschah entweder mit Waschöl oder in Aktivkohle-Adsorbern (Adsorberanlagen). Die Waschöl-Anlagen waren vor, die Adsorber nach der Schwefelwasserstoffreinigung (siehe Bereich 4) angebracht.

Untergrundverunreinigungen sind möglich durch Waschöle und Rohbenzol. Bei den Adsorberanlagen zur Benzolabscheidung entfällt Waschöl als Schadstoff.

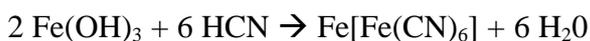
Mit Untergrund- und Grundwasserverunreinigungen ist auch im Bereich der Benzollagertanks, welche meist außerhalb des Apparatehauses installiert waren, und den dazu führenden - manchmal unterirdischen Leitungen zu rechnen.

Bereich 4: Schwefelwasserstoff- und Cyanwasserstoffreinigung einschließlich des Regenerierungsbereichs für die Gasreinigermasse

Das Entfernen von **Schwefelwasserstoff** und **Cyanwasserstoff** war meist die letzte Stufe der Gasaufbereitung. Die entsprechenden Anlagen standen zumeist außerhalb des Apparatehauses.

Der in der Steinkohle enthaltene **Schwefel** geht beim Verkoken zu rund 60% in den Koks, zu rund 15% in kondensierbare organische Schwefelverbindungen und zu rund 25% in die Gasphase über. Im Gas liegt er überwiegend als Schwefelwasserstoff vor. Er wurde teilweise schon in den vorangegangenen Reinigungsstufen aus dem Rohgas entfernt. Zur abschließenden Gasentschwefelung wurde meist das "trockene" Verfahren eingesetzt. Dabei wurden Schwefelwasserstoff (H₂S) und Cyanwasserstoff oder Blausäure (HCN) durch das Eisen(III)hydroxid einer besonderen **Reinigermasse** gebunden.

Vereinfacht laufen dabei folgende Reaktionen ab:



Die verbrauchte Gasreinigermasse wurde regeneriert, indem das Eisensulfid durch Luftsauerstoff zu Eisenhydroxid und elementarem Schwefel umgesetzt wurde. Dies geschah durch Umschufeln der Reinigermasse im Freien oder in offenen Hallen.

Bei der Regenerierung läuft folgende Reaktion ab:



Als Gasreinigermasse diente meist "Raseneisenerz", ein mit Sand und/oder Humus verunreinigtes, natürliches Eisenerz. Bei der Wasseraufbereitung anfallende Reinigermasse wurde auch als "**Luxmasse**" oder "**Lautamasse**" bezeichnet.

In der Gasreinigermasse bilden sich auch komplex gebundene Eisen-Cyan-Verbindungen, z.B. "**Berliner Blau**", Eisen(III)-hexacyanoferrat(II) oder Fe₄[Fe(CN)₆]₃.

Verbrauchte Reinigermasse enthält 2-15% "Berliner Blau" Die chemische Umsetzung verlief jedoch nicht stöchiometrisch.

Nicht mehr regenerierbare Reinigermasse war in der chemischen Industrie zeitweise begehrt. Sie diente zur Herstellung von Schwefel, Sulfitlauge, Kaliumhexacyanoferraten und "Berliner Blau".

Reichs- und Bundesbahn verwendeten verbrauchte **Gasreinigermasse** manchmal als Unkrautbekämpfungsmittel auf Gleisanlagen. Kommunen füllten mit der Masse zum Teil Bodensenken und Bombentrichter auf.

Böden und Wände des Reinigerhauses und der Regenerierhalle können mit verbrauchter Gasreinigermasse kontaminiert sein. Manchmal liegen noch Reste verstreut auf dem Gelände. Sie müssen aufgespürt werden.

Bereich 5: Kondensatscheideanlage mit Teergrube, Teerscheidegrube und Ammoniakwassergrube

In der **Kondensatscheideanlage** oder **Teerscheidegrube** wurde das bei der Kühlung, Teerscheidung und Ammoniakwäsche anfallende Gemisch aus Teer und Wasser gesammelt.

Dieses wässrige Kondensat wurde nun in der Kondensatscheideanlage aufgrund der unterschiedlichen Dichte seiner Bestandteile getrennt. Das leichte **Ammoniakwasser** floß zur Ammoniakwassergrube, der schwere **Teer** über ein Tauchrohr zur Teergrube. Leichte Teeröle, die an der Oberfläche schwammen, wurden in die Teergrube abgelassen.

Die Behälter der Kondensatscheideanlage sowie die Ammoniakwasser- und Teergruben waren bei vielen Werken unterirdisch angelegt.

Da unterirdische **Gruben und Rohrleitungen** für flüssige Kondensate die Folgenutzung des Standorts nach Einstellung der Gaserzeugung nicht beeinträchtigten, wurden sie oft belassen und sind bei vielen Standorten heute noch anzutreffen.

Einer Empfehlung aus damaliger Zeit zufolge sollten die Ammoniakwasser - und die Teergrube zumindest die Anfallmenge eines Monats aufnehmen können. Die Ammoniakwassergrube war meist doppelt so groß wie die Teergrube.

Die Teer- und Ammoniakwassergruben wurden oft mit einfachsten Pumpen und Schöpferäten entleert. In kleineren Werken füllte man den Teer von Hand in Stahlfässer ab - Schüttverluste waren dabei unvermeidlich.

Kondensatscheideanlage, Teergrube und Ammoniakwassergrube können noch Restflüssigkeiten enthalten. Waren die Behälter undicht, konnte der Untergrund kontaminiert werden.

Bei Stilllegung einiger Werke füllte man die nicht vollständig entleerten Gruben mit Abbruchmaterial auf. Die Folge: Teer und Ammoniakwasser liefen über und gelangten in die Umwelt.

Wegen des hohen Schadstoffgehalts im Teer müssen alle möglichen Kontaminationsstellen aufgespürt werden.

In der Regel verkauften die Gaswerke den **Teer**. Verwendet wurde er als Grundstoff für chemische Substanzen, zum Streichen von Telegrafmasten, Bahnschwellen und Stahlteilen, zum Herstellen von Dachpappe und zum Straßenbau.

Um die Teerqualität zu verbessern, besaßen manche Gaswerke Anlagen zur Entwässerung oder Destillation des Teers (siehe Bereich 7.1.). Andere Werke verwendeten den Teer als Brennstoff.

Das **Ammoniakwasser** wurde zur Rohgaskühlung verwendet und in Hochbehältern zwischengelagert. In der Anfangszeit der Gasproduktion diente das überschüssige Ammoniakwasser auch als Stickstoffdünger in der Landwirtschaft - ohne Rücksicht auf die darin enthaltenen Schadstoffe. Später erzeugten größere Werke aus dem Ammoniakwasser das Düngemittel Ammonsulfat (siehe Bereich 7.2).

Bereich 6: Gasspeicherung

Gasbehälter dienten zum einen als Vorratsbehälter, zum anderen um Schwankungen bei der Gasabnahme auszugleichen. Es gab drei verschiedene Bautypen: wassergedichtete (nasse) Gasbehälter, trockene Scheibengasbehälter und Hochdruckbehälter.

Das Dichtungswasser (Sperrwasser) der wassergedichteten Gasbehälter wurde manchmal mit einem Abdecköl überschichtet, um die Gasbehälterglocke gegen Rost zu schützen.

Beim Scheibengasbehälter bewegte sich ein leichter Deckel innerhalb eines zylindrischen Gehäuses. Die Abdichtung zur Innenwand erfolgte mit einem Mittelöl, das mit Pumpen im Kreislauf gefördert wurde.

Bei den Gasbehältern gelangten manchmal Dichtungsöl, Teer und wasserlösliche Teerbestandteile in den Untergrund. Ursache waren meist mangelnde oder defekte Abdichtungen der Scheibengasbehälter bzw. der wassergedichteten Gasbehälter. Deshalb ist dort mit Verunreinigungen des Untergrunds zu rechnen.

Bereich 7: Nebenanlagen

Einige größere Werke hatten technische Anlagen, um Teer, Ammoniakwasser und Benzol aufzubereiten. Diese **Nebenanlagen** waren für die eigentliche Gaserzeugung nicht nötig, waren jedoch oft eine weitere Einnahmequelle. Häufig waren sie im Apparatehaus installiert. Stopfbuchsen, Schieber, Leitungen und Behälter dieser Anlagen waren nicht immer dicht, so daß Kondensate und Waschflüssigkeiten austraten. Die wichtigsten Nebenanlagen werden nachfolgend behandelt.

Bereich 7.1: Teeraufbereitung

Um den angefallenen Teer als Rohstoff weiter verwenden zu können, durfte sein Wassergehalt 5% nicht überschreiten. Dazu aber reichte die Trennung in der Teerscheidegrube in aller Regel nicht aus. Für eine weitergehende **Wasserabscheidung** gab es verschiedene Verfahren.

- Bei der mechanischen Trennung wurde der Teer zentrifugiert oder auf 60°C erwärmt.
- Bei der Destillation wurde der Teer langsam aufgeheizt. Dabei wurden die immer höher siedenden Bestandteile ausgetrieben, bis schließlich Teerpech übrigblieb. Die destillierten Öldämpfe wurden in Kühlern verflüssigt und fraktionsweise aufgefangen.
- Bei der Destillation entstanden folgende Stoffe: Leichtöl, Carbolöl, Anthracenöl, Mittelöl, Schweröl, Teeröl, Straßenbauteer, Pech und Brikettpech.

Nur wenige größere Werke führten diese Teeraufbereitung selbst durch, häufig wurde der Teer an spezielle Verarbeitungsanlagen abgegeben.

Bei Anlagen zur Teeraufbereitung ist mit Teerrückständen und Resten von Betriebsmitteln im Untergrund zu rechnen.

Bereich 7.2: Ammoniakwasseraufbereitung

Aus **Ammoniakwasser** wurde durch Reaktion mit Schwefelsäure das als Düngemittel verwendete Ammonsulfat hergestellt.

An den Transport- und Verladeanlagen sind Verunreinigungen des Untergrunds durch wässrige Lösungen von Ammoniak, Cyanwasserstoff, Schwefelwasserstoff und Ammonsulfat möglich.

Bereich 7.3: Benzolraffination

In dieser Anlage wurde **Benzol** von der Waschflüssigkeit abgetrennt. Benzol wurde vor allem in Kriegs- und Notzeiten gewonnen.

Untergrundverunreinigungen durch Benzol und Waschöle sind dort möglich.

Bereich 8: unterirdische Leitungen

Teer, Ammoniakwasser, Kondensate und Waschflüssigkeiten wurden oft in **unterirdischen Leitungen** transportiert. Aus undichten Rohrverbindungen sowie an Bruch- und Korrosionsstellen flossen Schadstoffe in den Untergrund.

Vorsicht beim Abriß von Gaswerksanlagen:

Teerleitungen enthalten in aller Regel noch Teerreste!

Bereich 9: Umschlagplätze

In den Gaswerken gab es **Umschlagplätze** für Teer und verbrauchte Reinigermasse. Diese hatten in der Frühzeit der Gaserzeugung ebenso wie Fahrwege und Parkplätze keine dichten Beläge.

Durch unachtsam verschüttete Teerreste und liegengebliebene verbrauchte Gasreinigermasse wurden solche Plätze kontaminiert. Dies gilt auch für die Betriebstankstellen, die einige Werke hatten. Deshalb ist nach solchen Plätzen gezielt zu recherchieren.

Bereich 10: Lagerflächen für Abfallstoffe

Für die Rest- und Nebenprodukte gab es manchmal auch innerhalb des eigentlichen Werksge- ländes **Zwischen- und Endlagerflächen**.

Sie können noch Schadstoffe bergen und müssen deshalb aufgespürt werden. Dies ist oft schwierig, weil darüber meist keine schriftlichen Unterlagen existieren.

Bereich 11: Sickerstellen

In manchen Werken gab es **Sickerstellen** für Lösch-, Kühl- und Ammoniakwasser sowie ande- re Betriebsabwässer. Manchmal gehen solche Stellen aus Leitungsplänen hervor.

Wegen ihres hohen Schadstoffpotentials müssen sie ermittelt werden.

Bereich 12: Standortumgebung

Mitunter wurden feste oder pastöse Abfälle, wie verbrauchte Reinigermasse, Teer und Dick- teer, in der nächsten **Umgebung** abgelagert. An der heutigen Geländeform ist aber oft kaum mehr festzustellen, welche Flächen damals mit **Abfällen** belegt wurden. Es gehört deshalb zur Historischen Standorterkundung, mögliche Ablagerungsstellen in der Umgebung des Gaswerks aufzuspüren.

In Bild 7 ist zusammengefaßt, mit welchen Rückständen in den einzelnen Teilbereichen zu rechnen ist.

In Bild 8 sind beispielhaft die einzelnen Teilflächen im Lageplan dargestellt.

Um eine (wenigstens überschlägige) Schadstoffmengenbilanz aufzustellen, wird die Menge der angefallenen Schadstoffe mit der Menge der verwerteten und beseitigten Schadstoffe vergli- chen.

Mit den in Bild 9 angegebenen Werten läßt sich die Schadstoffmenge grob abschätzen. Wegen unterschiedlicher Kohlequalitäten und Betriebsweisen muß dabei aber mit größeren Abwei- chungen gerechnet werden. Am besten ist es natürlich, wenn der frühere Gaswerksbetreiber genaue Zahlen angeben kann.

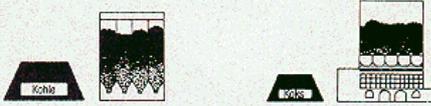
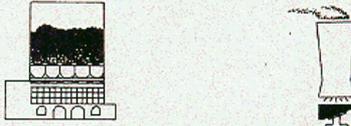
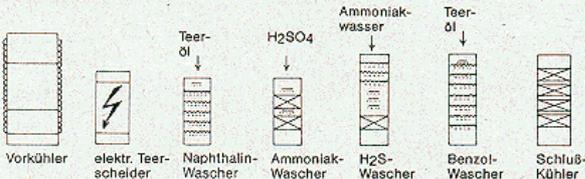
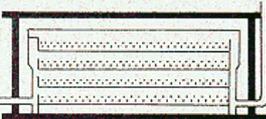
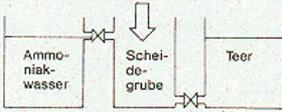
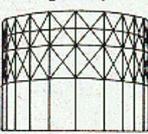
Bereiche	Tätigkeiten	mögliche Rückstände
① Kohlen- und Koksleger Kohlenmahl- und -misch- anlage Koksseparierung	Steinkohle lagern, mahlen, mischen Koks separieren, lagern 	Steinkohle Koks
② Ofenhaus, Generatoranlage (Löschwassergrube)	Gas austreiben Koks löschen 	Löschwasser Ammoniakwasser Steinkohle Koks Schlacke Asche und Ruß
③ Apparatehaus bzw. Apparateanlage	Rohgas kühlen und naß reinigen  (Die Reihenfolge der Aggregate war unterschiedlich, einzelne Stufen waren manchmal zusammengefaßt oder fehlten)	Kondensate Teer Ammoniakwasser Waschflüssigkeiten
④ Schwefelwasserstoff- und Cyanwasserstoffreinigung	Gas trocken reinigen, Gasreinigermasse regenerieren, und umschlagen 	verbrauchte Gas- reinigermasse
⑤ Kondensatscheideanlage mit Teerscheidegrube, Teergrube und Ammoniakwassergrube	Kondensate trennen in Ammoniakwasserphase und Teerphase, lagern, umschlagen 	Kondensate Ammoniakwasser Teer
⑥ Gasspeicherung	Reingas speichern 	Dichtungswasser Sperröl
⑦ Nebenanlagen	Beispiele für mögliche Nebenanlagen: - Teeraufbereitung - Ammoniakwasseraufbereitung - Benzolgewinnung	- unterschiedlich -
⑧ unterirdische Leitungen	Transport von Flüssigkeiten	Kondensate Ammoniakwasser Teer Waschflüssigkeiten Benzol
⑨ Umschlagplätze	Abfälle und Nebenprodukte umschlagen und verladen	verbr. Gasreinigermasse Betriebs- u. Schmiermittel
⑩ Abfall-Lagerflächen	Abfälle und Nebenprodukte zwischen- bzw. endlagern	Teer verbr. Gasreinigermasse
⑪ Sickerstellen	Restflüssigkeiten versickern	Kühlwasser Löschwasser Ammoniakwasser

Bild 7: Mögliche Schadstoffe in den Teilbereichen eines Gaswerks

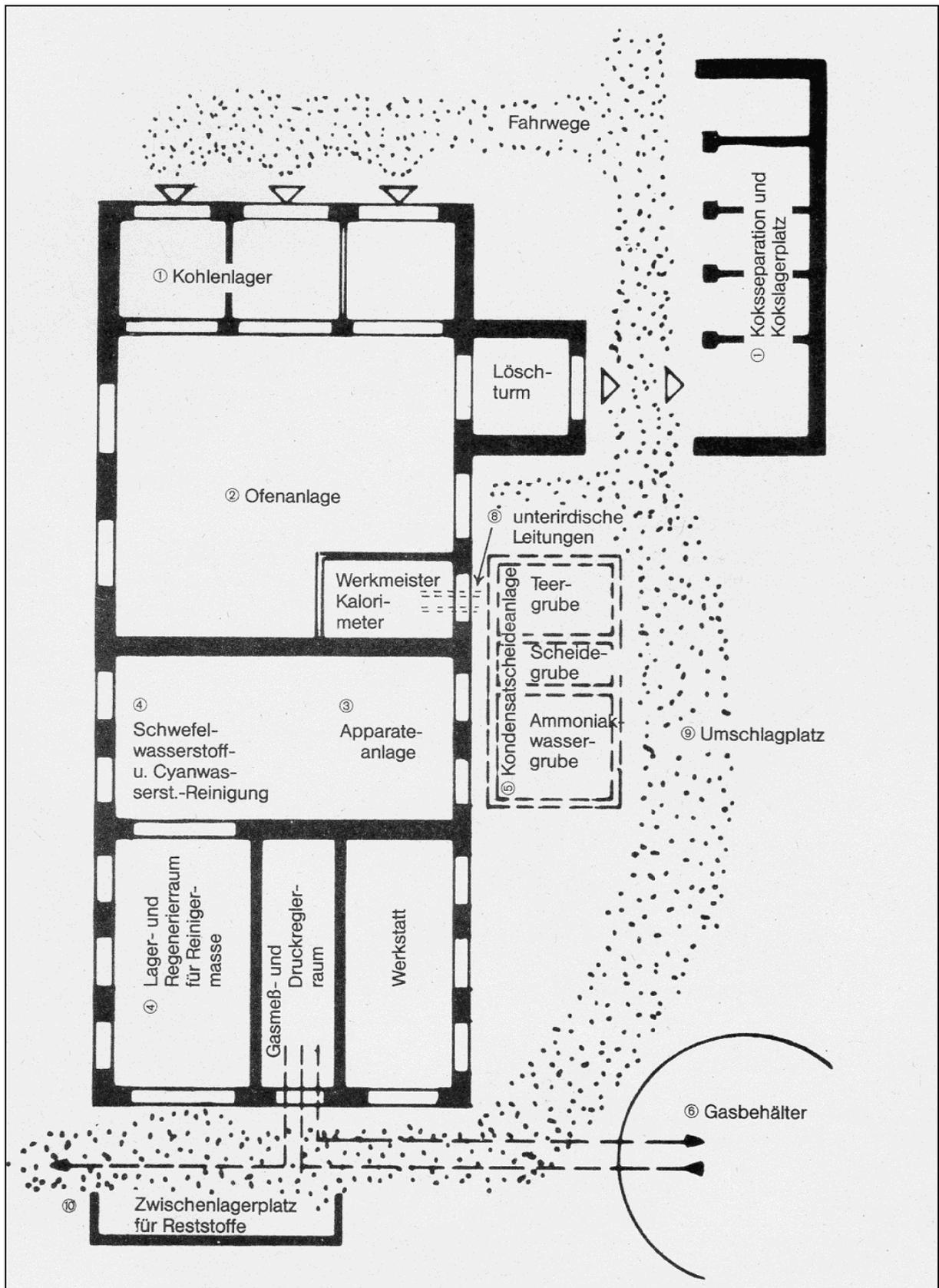


Bild 8: Schematischer Lageplan eines kleineren Gaswerkes

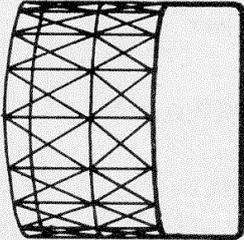
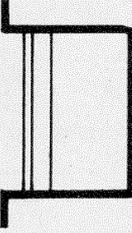
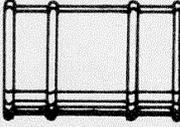
					
bezogen auf den Einsatz von 1000 kg Steinkohle:					
700 kg	170 kg ($\approx 300 \text{ Nm}^3$)	100 kg	50 kg	10 kg	unterschiedlich
bezogen auf eine erzeugte Reingasmenge von 1000 Nm ³					
2300 kg	(1000 Nm ³)	300 kg	150 kg	30 kg	unterschiedlich

Bild 9: Übersicht über die bei der Gaserzeugung aus Kohle entstandenen Produkt- bzw. Stoffmengen (grobe Anhaltswerte bezogen auf den Einsatz von 1000 kg Steinkohle sowie bezogen auf eine erzeugte Reingasmenge von 1000 Nm³)

Anhand der gewonnenen Daten ist abzuschätzen, welche Schutzgüter oder Nutzungen durch den Standort gefährdet sein können.

Erfahrungsgemäß sind die **Schutzgüter** Grundwasser und Boden gefährdet. Auch die Luft in geschlossenen Räumen kann belastet sein, wenn unter den Gebäuden Teer lagert, der leichtflüchtige und krebserregende Bestandteile enthält. Die Schutzgüter Oberflächengewässer und atmosphärische Luft sind heute meist nicht mehr gefährdet.

Die im Boden und Grundwasser vorhandenen Schadstoffe können beispielsweise folgende **Nutzungen** gefährden:

- Grundwasserfassungen,
- Luft in Wohn- und Bürogebäuden,
- landwirtschaftliche und gärtnerische Kulturen,
- unterirdische Anlagen durch Korrosion
- Freizeit und Erholung.

Die Ergebnisse der Historischen Erkundung und die daraus gezogenen Schlüsse sind in einem Abschlußbericht zu dokumentieren und die entsprechenden Daten in die "Wasser- und abfallwirtschaftliche Arbeitsdatei mit Überwachungssystem - Teil: Altlasten, Baden-Württemberg" zu übernehmen. Für eine spätere erneute Bewertung der Gefahren oder für geplante Veränderungen am Standort sollten die Daten jederzeit verfügbar sein.

Der **Abschlußbericht** sollte mindestens enthalten :

- Beschreibung der am Standort durchgeführten Tätigkeiten
- Detailpläne der damaligen und heutigen Flächennutzung
- Pläne der vorhandenen Grundwassermeß- und -entnahmestellen (Lageplan, Ausbauplan, Bohrschichtenverzeichnis)
- Pläne über (eventuell) beeinträchtigte Nutzungen
- Zusammenstellung aller Analysenergebnisse
- Darstellung der (vermuteten) Untergrund- und Grundwasserverhältnisse
- Liste der zu erwartenden Schadstoffe und deren mutmaßliche Verteilung (Kontaminationsbereiche)
- Erläuterungsbericht
- Fotos
- Lageplan

Im **Erläuterungsbericht** kommt es vor allem auf solche Informationen an, die eventuell später wichtig werden können bei:

- der Bewertung nach Abschluß der Historischen Erkundung,
- der weiteren Erkundung (siehe Kapitel 2 bis 4),
- der Festlegung von Sofortmaßnahmen,
- der behördlichen Prüfung und Beurteilung von geplanten Standortveränderungen.

Nach Abschluß der Historischen Erkundung, d.h. wenn alle verfügbaren Informationen und Unterlagen über den Standort und seine Umgebung erhoben und ausgewertet wurden, ist **Beweisniveau (BN) 1** erreicht (vergleiche Altlastenhandbuch [1] und der dazu ergangenen Neufassung vom 17.02.1989 [siehe Anlage A]).

Aufgrund der sich darin anschließenden Erstbewertung wird entschieden, ob:

- die Fläche aus der Bearbeitung ausgeschieden und in der Arbeitsdatei für wasser- und abfallwirtschaftliche Objekte archiviert (A) werden kann,
- eine weitere Bearbeitung der Fläche (B) zurückgestellt werden kann oder
- an der Fläche eine orientierende Erkundung (E₁₋₂) durchgeführt werden muß.

Nach Abschluß der Historischen Erkundung lassen sich Bereiche abgrenzen, bei denen gleichartige Schadstoffbelastungen zu vermuten sind. Es hat sich bewährt, den Standort in **Teilflächen** mit ähnlicher Gefährdungssituation einzuteilen und diese Teilflächen getrennt zu bewerten.

2 Orientierende Erkundung.

Die **orientierende Erkundung** (E_{1-2}) führt von Beweisniveau (BN) 1 nach 2. Für **Beweisniveau 2** müssen vorhanden sein (vergleiche Altlastenhandbuch [1] und der dazu ergangenen Neufassung vom 17.02.1989 [siehe Anlage A]):

- fundierte Kenntnisse über die Art des Gefährdungspotentials,
- ein Überblick über den Umfang und das räumliche Ausmaß des Gefährdungspotentials in der Altlast und in den betroffenen Schutzgütern.

Beweisniveau 2 ist dann erreicht, wenn entschieden werden kann, ob:

- die Altlast aus der Bearbeitung ausgeschieden und in der Arbeitsdatei für wasser- und abfallwirtschaftliche Objekte archiviert (A) werden kann,
- die Altlast für eine weitere Bearbeitung zurückgestellt werden kann (B),
- eine fachtechnische Kontrolle (C) der Altlast ausreicht oder
- an der Altlast eine nähere technische Erkundung (E_{2-3}) durchgeführt werden muß.

Für diese Alternativen können:

- im Fall "Zurückstellung der weiteren Bearbeitung (B)" Auflagen und Bedingungen festgelegt,
- im Fall "fachtechnische Kontrolle (C)" deren Art und Umfang festgelegt,
- im Fall "nähere" technische Erkundung (E_{2-3}) deren Art und Umfang konzipiert

werden.

Die orientierende Erkundung ist in sich abgestuft durchzuführen. Dabei ist von wenig aufwendigen Untersuchungen - soweit möglich an bestehenden oder mit beschränktem technischen Aufwand herstellbaren Meßstellen - und von einfachen technischen Methoden auszugehen. Soweit erforderlich sind unter Berücksichtigung der dabei gewonnenen Erkenntnisse zusätzliche Meßstellen einzurichten und Untersuchungen in groben Rastern durchzuführen.

Bei dieser Erkundungsstufe gilt es Kontaminationsbereiche in Untergrund und Grundwasser aufzuspüren. Bei ehemaligen Gaswerksstandorten gehören dazu auch unterirdische Leitungen und Behälter mit wassergefährdenden Flüssigkeiten.

Die orientierende Erkundung ist an ehemaligen Gaswerksstandorten deshalb besonders schwierig, weil Kontaminationen des Untergrunds auf relativ kleine Bereiche beschränkt sein können. Diese Bereiche gilt es zu erkennen. Wird bei wenig umfassenden Voruntersuchungen keine Belastung gefunden, sollte daraus noch nicht auf die Schadstoff-Freiheit des Gesamtstandorts geschlossen werden, sondern gezielt weiter untersucht werden.

Erschwerend kommt hinzu, daß sich manche gaswerksspezifischen Schadstoffe im Untergrund relativ **immobil** verhalten. Es wurden Fälle bekannt, bei denen trotz erheblicher Verunreinigungen des Untergrunds das darunter anstehende Grundwasser noch unbelastet war. Fehlende Schadstoffe im anstehenden Grundwasser sind also noch kein ausreichender Nachweis für die Schadstoff-Freiheit des gesamten Standorts.

Art und Umfang der Untersuchungen richten sich nach :

- den Ergebnissen der Historischen Erkundung,
- den geologischen und geohydrologischen Verhältnissen am Standort,
- der aktuellen Standortnutzung und den dafür vorhandenen Anlagen und Einrichtungen,
- der Art und Bedeutung von gefährdeten Schutzgütern und Anlagen.

Ein gleichermaßen detailliertes wie allgemein anwendbares Untersuchungsprogramm kann deshalb hier nicht an die Hand gegeben werden. Statt dessen muß ein dem jeweiligen Einzelfall individuell angepaßtes Untersuchungsprogramm erarbeitet werden. Die folgenden Kapitel 2.1 und 2.2 sollen dafür Hilfestellung geben.

2.1 Chemisch-physikalische Untersuchungen

2.1.1 Festlegung der Entnahmestellen für Boden- und Grundwasserproben

Wie oben erwähnt sind bei der Festlegung von Entnahmestellen für **Boden- und Grundwasserproben** im Rahmen der orientierenden Erkundung die Ergebnisse der Historischen Erkundung mit zu berücksichtigen. Bodenproben sind zunächst dort sinnvoll, wo am ehesten mit Verunreinigungen zu rechnen ist, also beispielsweise:

- Apparatehaus bzw. Apparateanlage,
- Schwefelwasserstoff- und Cyanwasserstoffreinigung,
- Kondensatscheideanlage mit Teer- und Ammoniakwassergrube,
- Gasspeicherung,
- unterirdische Leitungen,
- Nebenanlagen,
- Verladestelle(n) für Teer, verbrauchte Gasreinigermasse,
- Lagerstellen für Rest- und Abfallstoffe,
- Sickerstellen.

Allerdings fand man bei Grabungen an früheren Gaswerksstandorten auch **kontaminierte Stellen**, die nach der Historischen Erkundung nicht zu erwarten waren. Zusätzliche Bodenproben an weiteren Stellen sind deshalb angebracht.

Die Zahl der Entnahmestellen für Bodenproben hängt von der Größe des ehemaligen Werks-
geländes und den Ergebnissen der Historischen Erkundung ab. Häufig reichen 20 bis 30 Unter-
suchungsstellen aus.

Sofern Grundwasser vorhanden und faßbar ist, sollte es grundsätzlich untersucht werden.

Die Zahl der Grundwasserentnahmestellen hängt stark von den hydrogeologischen Verhältnis-
sen ab. Oft reichen 3 bis 5 Meßstellen aus.

Im Grundsatzpapier "Notwendigkeit und Kriterien für Emittenten- und Vorfeldmeßstellen" [2]
sind Kriterien für die Prüfung vorhandener und für die Standortbestimmung neuer Meßstellen
im Grundwasser enthalten. Das Grundsatzpapier "Bau und Ausbau von Grundwasserbeschaf-
fenheitsmeßstellen" [2] befaßt sich mit der Einrichtung neuer Meßstellen.

Darüber hinaus können beim Festlegen der Probenahmestellen in Untergrund und Grundwasser
entsprechend den jeweiligen örtlichen Verhältnissen und der Aufgabenstellung eventuell fol-
gende Methoden infrage kommen:

geophysikalische Untersuchungsmethoden:

Über geophysikalische Methoden beim Erkunden ehemaliger Gaswerke liegen bisher nur weni-
ge Erfahrungen vor. Beim Modellstandort Geislingen wurden verschiedene Verfahren auspro-
biert.

Im allgemeinen lassen sich geophysikalische Methoden für folgende Untersuchungsziele je nach
Standortgegebenheiten erfolgversprechend verwenden:

- Ortung unterirdischer Leitungen und Behälter,
- Erkundung der Bodenschichten,
- Erkundung von bevorzugten Wassergängigkeiten,
- Festlegung von Schürfungen und Bohrungen,

Allgemeingültige Anwendungsempfehlungen werden derzeit bei der Landesanstalt für Umwelt-
schutz erarbeitet.

Untersuchung der Bodenluft:

Auch hier gibt es bislang nur wenige Erfahrungen. Am Modellstandort Geislingen wurde er-
probt, für welche Aufgabenstellungen Bodenluft Untersuchungen an ehemaligen Gaswerks-
standorten eventuell geeignet sind. Die Untersuchungen sind aber noch nicht abgeschlossen.

Aus den bisher vorliegenden Ergebnissen kann der Schluß gezogen werden, daß diese Unter-
suchungsmethode bei ehemaligen Gaswerksstandorten allenfalls in Spezialfällen infrage kom-
men dürfte. Dies liegt daran, daß viele gaswerksspezifische Schadstoffe nur schwer flüchtig
sind und/oder sich in der Bodenluft nicht nachweisen lassen. Deshalb bringen sie in aller Regel
keine weiteren verwertbaren Informationen, als schon über den Geruchssinn erkennbar ist.

Beobachtung von Flora und Fauna (passives Biomonitoring):

Wie in Abschnitt 1.2.3 "Standortbegehung" erwähnt, wirkt sich verbrauchte Gasreinigermasse nachteilig auf das Pflanzenwachstum aus. Fehlender oder beeinträchtigter Pflanzenbewuchs kann deshalb auf eine Bodenkontamination durch verbrauchte Gasreinigermasse hinweisen.

2.1.2 Probenahme

Die Landesanstalt für Umweltschutz erarbeitet derzeit allgemeine Richtlinien für die Entnahme und Lagerung von **Bodenproben**. Bei Bodenproben von ehemaligen Gaswerksstandorten sind einige Besonderheiten zu beachten.

Schürfgruben geben zwar einen guten optischen Überblick über die Schadstoffverteilung und die geologischen Verhältnisse im Untergrund. Auch die mögliche Schadstoffemission bei Grabungen im Untergrund kann an Schürfgruben besser ermittelt und beurteilt werden. Nachteilig dabei ist aber ihr großer Geländebedarf und die Gefahr einer großflächigen Freilegung von Schadstoffen. Außerdem darf das Aushubmaterial erst dann zur Wiederverfüllung der Gruben verwendet werden, wenn seine Schadstofffreiheit erwiesen ist, ansonsten ist es ordnungsgemäß zu beseitigen. Infolgedessen sind Bohrungen meist zweckmäßiger.

Bohrdurchmesser und Bohrverfahren sind den geomorphologischen Gegebenheiten am Standort und der voraussichtlich erforderlich werdenden Bohrtiefe anzupassen. Falls über die Untergrundverhältnisse keine ausreichenden Vorkenntnisse vorliegen, muß mit einigen Testbohrungen begonnen werden.

Bei manchen ehemaligen Gaswerksstandorten fand man auf der Aquifersohle ausgedehnte Bereiche, auf denen Teeröl als leichtflüssige Phase anstand. Diese gilt es zu erkennen.

Einige Bohrungen sollen bis zur Aquifersohle reichen, um eventuell dort vorhandene Schadstoffansammlungen aufspüren zu können.

Teerverunreinigungen sind manchmal so klebrig, daß sie mit dem Bohrgestänge **verschleppt** werden und dadurch eine weiterreichende Verunreinigung vorgetäuscht wird. In solchen Fällen muß die Bohrung aufgegeben und an einer anderen Stelle niedergebracht werden.

Bei Bohrungen und Schürfungen im Untergrund dürfen Schadstoffe nicht in tiefere Bereiche verschleppt werden.

Manche **Bohrverfahren** verfälschen das Untersuchungsergebnis. Beispielsweise werden leichtflüchtige Schadstoffe durch die Wärme des Bohrers ausgetrieben, wasserlösliche Schadstoffe durch das Spülmittel ausgewaschen. Zudem werden diese Spülmittel in den Untergrund und in die Probe eingetragen.

Unterirdische Gruben, Behälter, Leitungen müssen unversehrt bleiben.

Über alle Schürfungen und Bohrungen sind Schichtenverzeichnisse zu führen. Diese Verzeichnisse sollten auch Farbe und Geruch der Proben sowie die Boden- und Grundwasserverhältnisse beschreiben. Von den Schürfgruben und den Bohrkernen sollten Farbfotos gemacht und dem Untersuchungsbericht beigelegt werden.

Aus den Bohrkernen sind danach die **Proben** auszuwählen, die für chemisch-physikalische Untersuchungen infrage kommen. Die Zahl der Proben pro Bohrung richtet sich nach :

- Zielsetzung und Fragestellung,
- den Erkenntnissen der Historischen Erkundung und den Erkundungszielen,
- dem organoleptischen Befund bei Prüfung der Bohrkern,
- den geomorphologischen und hydrogeologischen Verhältnissen.

Bodenproben sollten entnommen werden aus:

- jeder relevanten geologischen Schicht,
- auffällig riechenden oder verfärbten Zonen,
- dem Bereich direkt über der Aquifersohle,
- dem Bereich direkt über dichtenden Bodenschichten.

Pro laufenden Bohrmeter sollte jedoch mindestens eine Probe entnommen werden, im oberflächennahen Bereich zusätzlich eine Probe aus 0 - 30 cm Tiefe.

Für die Entnahme von **Grundwasserproben** wird auf das Grundsatzpapier "Anleitung zur Probenahme von Grund-, Roh- und Trinkwasser" [2] verwiesen.

Bei der Untersuchung des Grundwassers im Bereich von ehemaligen Gaswerksstandorten sind an ausgewählten Stellen auch "zonierte" Grundwasserproben zu entnehmen, d.h.:

- eine Probe, die eventuell auf dem Grundwasserspiegel schwimmende Verunreinigungen erfaßt (dazu muß die Verfilterung der Meßstelle bis über den höchsten Grundwasserstand reichen),
- eine Probe aus dem Bereich der Aquifersohle,
- eine - bei mächtigen Grundwasserleitern auch mehrere - Grundwasserproben zur Erfassung gelöster oder suspendierter Stoffe,
- entsprechend den geohydrologischen Verhältnissen auch Proben aus tieferen Grundwasserstockwerken.

Alle Boden- und Grundwasserproben sind kühl und dunkel zu lagern.

Ob Grundwassermeßstellen für die dauernde Beobachtung des Grundwassers ausgebaut werden müssen, ist im Einzelfall zu entscheiden.

Gaswerksspezifische Schadstoffe können über folgende Belastungspfade direkt die **menschliche Gesundheit** gefährden:

Belastungspfad	Schadstoff
1. Inhalation	- leichtflüchtige Teerbestandteile - kontaminierter Staub
2. Hautkontakt	- Gaswerksteer
3. Inkorporation	- Gaswerksteer - verbrauchte Gasreinigermasse

Dafür sind aus den in Anlage D genannten allgemeinen Arbeitsschutzmaßnahmen im Einzelfall adäquate Schutzmaßnahmen bei der Probenahme festzulegen.

2.1.3 Probenauswahl

Vor der weiteren Bearbeitung werden die nach Abschnitt 2.1.2 entnommenen Bodenproben von einem Fachmann organoleptisch untersucht. Danach sind jene Proben auszuwählen, die vordringlich chemisch-physikalisch zu analysieren sind. Dabei sind auch die Ergebnisse der Historischen Erkundung, die jeweiligen Untergrundverhältnisse und die jeweilige Fragestellung zu berücksichtigen.

Nach Vorliegen erster Analysendaten ist vom Gutachter zu entscheiden, welche weiteren Proben danach zu untersuchen sind.

Für die chemisch-physikalische Untersuchung kommen in erster Linie folgende Proben infrage:

- Proben aus Verdachtsflächen entsprechend den Ergebnissen der Historischen Erkundung, also kontaminierte Auffüllungen, (vermutete) Versickerungsstellen, kontaminiertes Sicker- und Grundwasser,
- auffällig riechende oder verfärbte Proben,
- Proben aus oberflächennahen Bereichen,
- Proben aus Bereichen direkt über dichtenden Bodenschichten,
- Proben aus der Grundwasserwechselzone,
- Proben aus dem Bereich der Aquifersohle an Stellen, wo eventuell gegenüber Wasser spezifisch schwerere Teerbestandteile vorhanden sein könnten.

Eindeutig durch Teer verunreinigte Proben werden auf dieser Erkundungsstufe nicht untersucht. Es genügt ein entsprechender Vermerk. Eine spätere Analyse kann jedoch für die Planung von Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen notwendig werden. Deshalb empfiehlt es sich Rückstellproben aufzubewahren.

Für die Auswahl weiterer Proben gelten zwei Kriterien: die bisher gefundenen Analyseergebnisse und die mögliche Ausbreitung der Schadstoffe.

Sämtliche Proben sind mindestens so lange aufzubewahren, bis die Bearbeitung des Standorts abgeschlossen ist.

2.1.4 Auswahl der Untersuchungsparameter

Verunreinigungsbereiche durch **gaswerksspezifische Schadstoffe** in Untergrund und Grundwasser können mit den folgenden **Untersuchungsparametern** aufgespürt werden:

1. organoleptischer Befund : Farbe, Geruch,
2. polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (Einzelstoffe der EPA-Liste [siehe Tabelle 4]),
3. Cyanide (gesamt),
4. leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe, z.B. Benzol, Toluol, Xylole (BTX-Aromaten),
5. Phenolindex,
6. Kohlenwasserstoffe (IR),
7. Ammonium.

Sie sind als **Leitparameter** zu verstehen, um den Analysenumfang so gering wie möglich zu halten. Mit ihnen lassen sich sowohl Verunreinigungen durch Gaswerksteer, verbrauchte Gasreinigermasse, Ammoniakwasser als auch durch Waschöle aufspüren. Die Parameter sind nach Aussagekraft und Relevanz geordnet, d.h. die aussagekräftigsten Parameter stehen zu Beginn, die letztgenannten Parameter können fallabhängig zurückgestellt werden oder entfallen.

Aus Tabelle 4 geht hervor, ob diese Parameter bei Bodenproben direkt oder im wäßrigen Eluat nach DEV S4 zu bestimmen sind.

Tabelle 4: Vorschlag für die chemisch-physikalische Untersuchung von Boden und Grundwasser

	Boden		
	Bruttoanalyse	Eluatanalyse	Grundwasser
1. allgemeine Parameter:			
Farbe	X	X	X
Geruch	X	X	X
pH-Wert		X	X
elektr. Leitfähigkeit		X	X
2. anorganische Parameter:			
Cyanid (gesamt)	X	X	X
Cyanid (leicht freisetzbar)		X *)	X*)
Ammonium		X	X
3. organische Parameter:			
Phenolindex		X	X
Kohlenwasserstoffe (IR)	X		X
leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW), Benzol, Toluol, Xylole u.ä.	X		X
polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) **)	X		X

*) nur bei hohem Cyanid(gesamt)-Gehalt

**) Einzelstoffe der EPA-Liste:

- | | |
|------------------|----------------------------|
| - Naphthalin, | - Benz[a]anthracen, |
| - Acenaphthylen, | - Chrysen, |
| - Acenaphthen, | - Benzo[b]fluoranthren, |
| - Fluoren, | - Benzo[k]fluoranthren, |
| - Phenanthren, | - Benzo[a]pyren, |
| - Anthracen, | - Benzo[ghi]perylen, |
| - Fluoranthren, | - Dibenz[a, h]anthracen, |
| - Pyren, | - Indeno[1, 2, 3-cd]pyren. |

Gaswerksspezifische Schadstoffe sind - wie bereits erwähnt - in aller Regel organoleptisch gut erkennbar. Es kommt jedoch vor, daß manche Belastungen weder geruchlich noch optisch erkennbar sind. Umgekehrt kommt es auch vor, daß organoleptisch stark auffällige Proben nur geringe Schadstoffgehalte aufweisen. Im letzteren Fall wird vermutet, daß während der Lagerungszeit durch Umwandlung bzw. Zersetzung neue Substanzen entstanden sind, die mit den an der Ausgangssubstanz orientierten Analysenmethoden nicht identifiziert werden. Es ist also sowohl eine organoleptische als auch eine chemisch-physikalische Prüfung erforderlich, die in schwierigen Fällen zu vertiefen ist.

Sind jedoch aus der Historischen Erkundung hinreichend genaue und verlässliche Informationen zur Art der Schadstoffbelastung vorhanden, so kann der Parameterumfang im Einzelfall folgendermaßen reduziert werden:

- Verdacht auf Verunreinigung durch **Gaswerksteer**:
 1. organoleptischer Befund : Farbe, Geruch,
 2. polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Einzelstoffe der EPA-Liste,
 3. leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe, z.B. Benzol, Toluol, Xylole (BTX-Aromaten),
 4. Phenolindex,
- Verdacht auf Verunreinigung durch verbrauchte **Gasreinigermasse**:
 1. organoleptischer Befund : Farbe, Geruch,.
 2. Cyanide (gesamt).

Meist waren jedoch die Aktivitäten am Standort sowohl während der Betriebszeit, beispielsweise laufende Erweiterungen und Modernisierungen, als auch nach Stilllegung der Anlage, beispielsweise Abriß, Umnutzung, Erdbewegungen, so vielfältig, daß es heute nur noch in seltenen Fällen möglich sein dürfte, aufgrund der Ergebnisse der Historischen Erkundung einzelne Verunreinigungsarten hinreichend genau zu lokalisieren, so daß im Rahmen der orientierenden Erkundung in aller Regel das Gesamtuntersuchungsprogramm zum Tragen kommen dürfte.

Bei allen Wasserproben ist der **pH-Wert** und die **elektrische Leitfähigkeit** zu bestimmen.

Bei Wasser- und Bodenproben mit hohem Gehalt an **Gesamt-Cyanid** ist auch der Gehalt an **leicht freisetzbarem Cyanid** zu bestimmen.

Falls über die **allgemeine Beschaffenheit** des **Grundwassers** nicht schon Kenntnisse vorhanden sind durch entsprechende Untersuchungen in nahegelegenen Meßstellen, sollte darüber hinaus an einer oder mehreren Stellen das Grundwasser umfassend entsprechend der **Parameterliste Stufe 1 und 2** des Altlastenhandbuchs Teil II [1] untersucht werden. Einerseits erhält man damit Hinweise auf mögliche weitere Schadstoffemittenten, andererseits kann man eine mögliche Belastung des Grundwassers mit Schadstoffen in ihrer Auswirkung auf die Gewässerqualität besser beurteilen.

Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (HKW) wurden in Gaswerken in der Regel nicht eingesetzt, allenfalls in Spezialfällen zur Regeneration der Gasreinigermasse oder zur Reinigung der Anlage (Tri- oder Tetrachlorethen). Deshalb kann es sinnvoll sein, das Grundwasser im Bereich ehemaliger Gaswerke auch auf HKW zu untersuchen (enthalten in o.e. Parameterstufe 1).

Bei einigen ehemaligen Gaswerksstandorten wurde im Grundwasserabstrom ein erhöhter **DOC-Gehalt** festgestellt. Die Ursache hierfür ist noch nicht abschließend erforscht. Man vermutet, daß hierfür Abbauprodukte der chemisch-physikalischen Zersetzung von Gaswerksteer verantwortlich sind. Weiterer Forschungsbedarf erscheint erforderlich.

Böden im Bereich von ehemaligen Gaswerken weisen manchmal erhöhte **Schwermetallgehalte** auf. Die Ursachen sind vielfältig, beispielsweise Reste von Schlacke, Asche, Anstrichmitteln u.ä. Nach bisherigen Erfahrungen sind die Konzentrationen jedoch so gering, daß allenfalls bei sehr empfindlichen Nutzungen am Standort, beispielsweise gärtnerische oder landwirtschaftliche Nutzung, Kinderspielplatz, und erst im Rahmen der näheren Erkundung (vergleiche Kapitel 3) darauf zu erkunden ist.

2.2 Sonstige Untersuchungen

Könnte eine vorhandene oder geplante Standortnutzung durch leichtflüchtige Schadstoffe, d.i. insbesondere Benzol, gefährdet sein, könnten Bodenluftuntersuchungen auf Benzol, Toluol, Xylole angebracht sein.

An Bohrungen und Schürfungen zur Erkundung von Art und Ausmaß von Kontaminationen lassen sich oft ohne größeren Mehraufwand auch Daten über die allgemeine Beschaffenheit des Untergrunds und über das Fließverhalten des Grundwassers (expositions- und emissionsrelevante Daten nach folgendem Kapitel 3: "nähere Erkundung") ermitteln, die für die Bewertung der Situation nach Abschluß der orientierenden Erkundung hilfreich sind, nach Abschluß der näheren Erkundung aber auf jeden Fall benötigt werden. Solche Daten sind beispielsweise:

- Grundwasserstand, -fließrichtung, -gefälle und -geschwindigkeit,
- Durchlässigkeitsbeiwert des Untergrunds,
- Aquifermächtigkeit,
- Art und Schichtung des Untergrunds.

Bei der Aufstellung des Untersuchungsprogramms für die orientierende Erkundung ist deshalb zu überlegen, welche dieser Daten im Rahmen der orientierenden Erkundung im Vorgriff auf die nachfolgende nähere Erkundung (vergleiche Kapitel 3) mit zu bestimmen sind und wie die Meßstellen dazu ausgebaut werden müssen.

Ortsabhängig können Grundwasserstand, -fließrichtung, -gefälle und -geschwindigkeit starken Änderungen unterworfen sein. Falls darüber keine Aufzeichnungen vorliegen, sollte mit deren Beobachtung möglichst frühzeitig begonnen werden, damit Zeitreihen ausgewertet werden können.

Es versteht sich von selbst, daß der Grundwasserstand zum Zeitpunkt der Entnahme von Grundwasserproben registriert wird.

Nach Abschluß der orientierenden Erkundung ist Beweisniveau (BN) 2 erreicht (vergleiche Altlastenhandbuch [1]). Bei ehemaligen Gaswerksstandorten ist hier auch zu prüfen, ob die früher vorgenommene Abgrenzung von Teilflächen (vergleiche Kapitel 1) beibehalten werden kann. Bei der Bewertung ist auch das unterschiedliche Verhalten im Untergrund und die Wirkung auf die Umwelt der beiden Hauptverunreinigungen verbrauchte Gasreinigermasse und Gaswerksteer zu berücksichtigen.

3 Nähere Erkundung

Die **nähere Erkundung** führt von Beweisniveau (BN) 2 nach 3. Für **Beweisniveau 3** müssen gemäß Altlastenhandbuch [1] und der dazu ergangenen Neufassung vom 17.2.1989 [siehe Anlage A] fundierte und umfassende Kenntnisse vorliegen über:

- die Art und das räumliche Ausmaß des Gefährdungspotentials am Standort und in den betroffenen Schutzgütern,
- die expositions- und emissionsrelevanten Verhältnisse.

Beweisniveau 3 ist dann erreicht, wenn entschieden werden kann, ob:

- die Altlast aus der Bearbeitung ausgeschieden und in der Arbeitsdatei für wasser- und Abfallwirtschaftliche Objekte archiviert (A) werden kann,
- die Altlast für eine weitere Bearbeitung (B) zurückgestellt werden kann,
- eine fachtechnische Kontrolle (C) der Altlast ausreicht oder
- an der Altlast eine eingehende technische Erkundung für Sicherungs- beziehungsweise Sanierungsvorschläge (E₃₋₄) durchgeführt werden muß.

Für diese Alternativen können:

- im Fall "Zurückstellung der weiteren Bearbeitung (B)" Auflagen und Bedingungen festgelegt,
- im Fall "fachtechnische Kontrolle (C)" deren Art und Umfang festgelegt,
- im Fall "eingehende" technische Erkundung (E₃₋₄) deren Art und Umfang in Abhängigkeit von den aufgrund einer Vorauswahl infrage kommenden Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen konzipiert

werden.

In Tabelle 5 sind Beispiele für expositions- und emissionsrelevante Tatbestände aufgeführt, die es bei dieser Erkundungsstufe zu ermitteln gilt. Weitere Ausführungen dazu sind in [5] enthalten.

In dieser Erkundungsstufe sind auch Lage, Volumen, Füllungsgrad, Art und Zustand von noch vorhandenen unterirdischen Behältern und Rohrleitungen für wassergefährdende Flüssigkeiten, beispielsweise Teer, Ammoniakwasser, Benzol, Waschflüssigkeiten, zu ermitteln.

Die nähere Erkundung ist ebenso wie die orientierende Erkundung in sich abgestuft durchzuführen.

Tabelle 5: Beispiele für expositionsrelevante und emissionsrelevante Tatbestände

Schutzgut-			Schadstoff-	
-art	- beschaffenheit	-nutzung	- art	- verhalten
Untergrund - oberhalb Grundwasserstand - innerhalb Grundwasserwechselzone	- Art - Zusammensetzung - Lagerungsverhältnisse - Tektonik - Schichtenverband	- Nahrungsmittelerzeugung - Futtermittelerzeugung - Baugrund - Wohnen - Arbeiten - Freizeit - Erholung	- Gaswerksteer - verbrauchte Reinigermasse - Schwermetalle	- Löslichkeit - Dichte - Viskosität - Dampfdruck - Toxizität - Bioakkumulation - Abbaubarkeit - Beständigkeit
Grundwasser	- Aquiferbeschaffenheit (Poren, Klüfte, Karst) - GW-Oberfläche (frei, gespannt) - Flurabstand - Neigung der Aquifersohle - Stockwerksgliederung - Durchlässigkeit - hydraulisches Gefälle - Fließgeschwindigkeit - Fließrichtung - Beschaffenheit (Qualität, Vorbelastung)	- Trinkwasser - Brauchwasser - Heilwasser	- BTX-Aromaten - lösliche Teerbestandteile - Cyanide	
Raumluft	- Wegsamkeiten - Porosität - Klüftigkeit	- Wohnen - Arbeiten	- BTX-Aromaten - leichtflüchtige PAK	- Toxizität - Flüchtigkeit - Beständigkeit

Ob und mit welcher Dichte im Untergrund Rasteruntersuchungen erforderlich sind, ist für die einzelnen Teilbereiche jeweils getrennt zu entscheiden. Entscheidungskriterien dabei sind:

- Schadstoffbelastung und -verteilung, wie sie nach der Historischen Erkundung zu vermuten oder nach der orientierenden Erkundung gefunden wurde, d.h. bei höherer Schadstoffbelastung ist der Abstand zwischen den einzelnen Probenahmestellen zu verringern, z.B. Feinraster im 5- bis 10 m-Abstand,
- erforderlicher Untersuchungsaufwand und Restrisiko durch eventuell unerkannt zwischen den Probenahmestellen verbleibenden Kontaminationen.

Es ist zu prüfen, ob der **Parameterumfang** bei den weiteren chemisch-physikalischen Untersuchungen reduziert werden kann, wenn es nur darum geht, die räumliche Ausdehnung eines Kontaminationsbereichs genauer abzugrenzen.

Es kann jedoch - wie nachfolgend erläutert - auch eine Ausdehnung des Parameterumfangs angezeigt sein.

Wie in Kapitel 2 ausgeführt ist eine Untersuchung der obersten Bodenzone auf **Schwermetalle** in besonderen Fällen angezeigt, beispielsweise Nutzung als Kinderspielplatz oder für landwirtschaftliche beziehungsweise gärtnerische Zwecke. Folgende Schwermetalle kommen infrage: Arsen, Blei, Cadmium, Chrom (gesamt), Kupfer, Nickel und Zink. Sie sollten sowohl im sauren Aufschluß als auch im wäßrigen Eluat nach DEV S4 ermittelt werden.

Wie erwähnt, gehören zu den gaswerksspezifischen **Schadstoffen** auch leichtflüchtige Stoffe wie Benzol, die bei entsprechenden Verhältnissen aus dem Untergrund direkt in geschlossene Räume diffundieren oder einströmen und so zu einer Gefahr für sich dort aufhaltende Personen werden können (siehe Bild 5). Zur Prüfung, ob mit derartigen Gefahren gerechnet werden muß, kann es sinnvoll sein, Bodenluft- oder Raumlufthproben zu entnehmen und auf leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW), Benzol, Toluol, Xylole u.ä. (BTX-Aromaten) zu analysieren.

Während die Bewertung nach Altlastenhandbuch bei Beweismiveau 1 und 2 noch mehr oder weniger aufgrund von allgemeinen Erfahrungen und Schätzungen beruht, weil noch wenig beziehungsweise keine Meßdaten vorliegen, erfolgt die Bewertung beim Beweismiveau 3 vor allem auf der Grundlage von Meßwerten und festgestellten Tatbeständen. Dieser Bewertung kommt daher allergrößte Bedeutung zu und entsprechend sorgfältig ist bei der Erkundung der örtlichen Verhältnisse vorzugehen.

4. Eingehende Erkundung für Sanierungs- bzw. Sicherungsvorschläge

Die **eingehende Erkundung** für Sanierungs- bzw. Sicherungsvorschläge (E₃₋₄) führt von Beweisniveau 3 nach 4. Für **Beweisniveau 4** müssen nach Altlastenhandbuch [1] und der dazu ergangenen Neufassung vom 17.02.1989 [siehe Anlage A] :

- die Altlast durch ergänzende Detailuntersuchungen abschließend erkundet sein und
- alternative Sicherungs- beziehungsweise Sanierungsvorschläge entwickelt und abschließend beurteilt werden können.

Beweisniveau 4 ist dann erreicht, wenn entschieden werden kann, ob:

- die Altlast aus der Bearbeitung ausgeschieden und in der Arbeitsdatei für wasser- und abfallwirtschaftliche Objekte archiviert (A) werden kann,
- die Altlast für eine weitere Bearbeitung zurückgestellt werden kann (B),
- eine fachtechnische Kontrolle (C) der Altlast ausreicht oder
- an der Altlast eine nähere technische Erkundung (E₃₋₄) durchgeführt werden muß.

Für diese Alternativen können:

- im Fall "Zurückstellung der weiteren Bearbeitung (B)" Auflagen und Bedingungen festgelegt,
- im Fall "fachtechnische Kontrolle (C)" deren Art und Umfang festgelegt,
- im Fall "nähere" technische Erkundung (E₃₋₄) deren Art und Umfang konzipiert,
- im Fall "Möglichkeiten zur Gefahrenminderung prüfen (D)" Sanierungs- beziehungsweise Sicherungsziele festgelegt

werden.

Art und Umfang der eingehenden Erkundung hängen sehr stark vom ermittelten Handlungsbedarf ab. Oft werden bei ehemaligen Gaswerksstandorten "Möglichkeiten zur Gefahrenminderung (D) geprüft" werden müssen. Deshalb ist in Tabelle 6 stark vereinfacht die Anwendbarkeit verschiedener Sanierungs- bzw. Sicherungsmethoden bei kontaminierten Böden dargestellt.

Tabelle 6: Anwendbarkeit von Sanierungs- bzw. Sicherungsmethoden bei kontaminierten Böden

Behandlungsverfahren	Gaswerksteer	Schadstoffe	
		verbrauchte Reiniger- masse	leichtfl. Stoffe, z.B. BTX
Abgraben	X	X	X
thermische Behandlung	X	X	X
Extraktion, Waschen	(X)	(X)	X
biologische Behandlung	(X)	-	X
Bodenluftabsaugung	-	-	(X)
Einkapseln	X	X	X

Zeichenerklärung: X geeignet
 (X) bedingt geeignet
 - ungeeignet

In Baden-Württemberg wurden ehemalige Gaswerksstandorte bisher meist durch Abgraben saniert. Neue Verfahren werden derzeit entwickelt und erprobt, so daß die Verfahren bezüglich ihrer Eignung noch nicht abschließend gewertet werden können. Auf einige Besonderheiten bei ehemaligen Gaswerksstandorten wird nachfolgend eingegangen.

Die **biologische Behandlung** von kontaminiertem Grundwasser wird oft dadurch erschwert, daß es nicht nur mit abbaubaren Teerschadstoffen verunreinigt ist, sondern darüber hinaus noch Cyanide enthält, die inhibierend wirken können.

Beim Abgraben von Teerverunreinigungen im Untergrund können aromatische Kohlenwasserstoffe in die Atmosphäre emittiert werden. Die **Emissionen** können so stark werden, daß sie zu Geruchsbelästigungen und Schädigung der Gesundheit bei Beschäftigten und eventuell Anwohnern führen können. Es ist dafür zu sorgen, daß diese Emissionen so gering wie möglich bleiben, beispielsweise durch:

- Abgrabung während der kühleren Jahreszeit,
- Festlegung des Arbeitsfortganges in der Art, daß emittierende Bereiche möglichst klein gehalten werden und nicht unnötig lange offen bleiben (Abgrabung in Teilabschnitten),
- Aufbringen von Zwischenabdeckungen während Betriebsstillstandszeiten,
- provisorische Sicherung mit Zelten und Behandlung der Atmosphäre im Innern.

Möglicherweise ist es zweckmäßig, Erdmaterial zur provisorischen Abdeckung stark ausgasender Bereiche sicherheitshalber bereitzuhalten.

Einige Gaswerksstandorte hat man in der Vergangenheit ohne vorherige ausreichende Erkundung **saniert**. Dabei wurde kontaminiertes Erdreich (oder das, was man dafür hielt) abgegraben und je nach Farbe oder Geruch als Haus- oder Sondermüll beseitigt. Ein solches Vorgehen hat mehrere Nachteile:

- Die Entscheidung zwischen den beiden Beseitigungsarten liegt bei der örtlichen Bauleitung, der aber oft die Untersuchungsmöglichkeiten und das Fachwissen fehlen. Diese Entscheidung kann erfahrungsgemäß nur anhand von Analysendaten und unter Berücksichtigung der voraussichtlich anfallenden Menge getroffen werden.
- Bei Fehlentscheidungen werden entweder Hausmülldeponien mit gefährlichem Sondermüll oder Sondermülldeponien mit harmlosem Material beschickt. Im einen Fall wird dadurch die Umwelt belastet, im andern Fall werden finanzielle Mittel falsch investiert.
- Der Einsatz von Maschinen und Geräten sowie der Abtransport von kontaminiertem Material läßt sich besser durchführen und auch hinsichtlich des Arbeitsschutzes besser organisieren, wenn die Abgrabungsbereiche jeweils vorher klar abgegrenzt und entsprechend der notwendigen Behandlungs- beziehungsweise Beseitigungsart eingeteilt werden.

Wegen der Festlegung von geeigneten Maßnahmen zum **Personenschutz** wird auf Kapitel 2.1.2 und Anlage D hingewiesen.

Die **Teerölphase auf der Aquifersohle** ließ sich bei einigen Standorten zu einem Teil über Brunnen direkt an der Sohle abpumpen. Danach verbleibt entsprechend der Viskosität des Teeröls und der Art des Untergrunds ein Restschadstoffgehalt, der noch langfristig Schadstoffe an das umgebende Grundwasser abgibt. Weitere Schutz- bzw. Sicherungsmaßnahmen, z.B. hydraulische Sanierung, Einkapselung, sind deshalb zu prüfen.

5 Literaturverzeichnis

1. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg, Stuttgart: Altlastenhandbuch :
 - Teil I: Altlastenbewertung [1988] *)
 - Teil II: Untersuchungsgrundlagen [1988] *)
2. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg, Stuttgart, Beirat "Erfassung und Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit" *) : Grundwasserüberwachungsprogramm in Baden-Württemberg:
 - Notwendigkeit und Kriterien für Emittenten- und Vorfeldmeßstellen [Februar 1986]
 - Anordnung von Emittenten- und Vorfeldmeßstellen (Mai 1986)
 - Festlegung von Probenahmestellen zur Untersuchung von Trinkwasser, Rohwasser und Grundwasser [Mai 1986]
 - Anleitung zur Probennahme von Grund-, Roh- und Trinkwasser [März 1987]
 - Bau und Ausbau von Grundwasserbeschaffenheitsmeßstellen [Mai 1987]
3. Symposium "Altlasten auf ehemaligen Gaswerksgeländen - Probleme und Lösungen" am 09./10.03.1989 in Karlsruhe, veranstaltet durch das Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe und den DVGW - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e.V. -
4. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe: Standortbegehung und Personenbefragung im Rahmen der Historischen Erkundung, [Mai 1989]*).
5. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe: Aufgabenbeschreibung für historische Erkundungen [1990] *).

Weiterführende Literatur

1. E. Bartholomé:
Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie, 3. Auflage [Band 4: 1953, Band 10: 1958], 4. Auflage [1977], Verlag Urban & Schwarzenberg, München und Berlin
2. A. Borgmann, F. Claus, D. Gerdt, A. Musinszki:
ehemalige Gaswerksgelände wirksamer sanieren, Umwelt 11-12/87, S. 479-483
3. Fachkongress
"Sanierung kontaminierter Standorte 1987" am 12./13.11.1987 in Berlin, veranstaltet durch das Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V.
4. F. Franzius, R. Stegmann und W. Klaus:
Handbuch der Altlastensanierung, R.v. Decker's Verlag, G. Schenck GmbH, Heidelberg [1988]
5. H. Gutsche und T. Heike:
Altlasten auf ehemaligen Gaswerksgeländen, Einführung in die Problematik -, GWF 1989 Nr. 8
6. Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden:
Handbuch Altablagerungen, Teil 4: Standorte ehemaliger Gaswerke [Mai 1987]

7. C. Hoppener:
Untersuchung, Bewertung und Sanierung von cyanidkontaminierten Standorten - niederländische Erfahrungen - [1984], herausgegeben vom Umweltbundesamt Berlin
8. U. Kinner, L. Kötter, M. Niclauß:
"Branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen - ein erster Schritt zur Gefährdungsabschätzung für ehemalige Betriebsgelände". GST Essen, INFU Dortmund, Bodenschutz-Forschungsbericht, 1070300 I im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin, [März 1986]
9. J. Körting:
Geschichte der deutschen Gasindustrie, Vulkanverlag Dr. W. Classen, Essen, [1963]
10. J. Pintsch:
Gasanstalten, (Eigenverlag) [1915]
11. E. Richter, D. Kramer und E.-R. Schramek:
Gefährdungsabschätzung bei ehemaligen Kokereistandorten, Müll und Abfall 7/88
12. A. Schäfer:
Einrichtung und Betrieb eines Gaswerkes, Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin [1929]
13. J. Schmidt:
Technologie der Gaserzeugung, Band I: Entgasung, und Verkokung, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig [1964]
14. J. Schmidt:
Technologie der Gaserzeugung, Band II: Vergasung, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig [1966]
15. Schröter, Lautenschläger, Bibrack:
Taschenbuch der Chemie, Harri Deutsch, Thun und Frankfurt [1983]
16. United Kindom Atomic Energy Authority Harwell, Environmental and Medical Sciences Division AERE, D.C. Wilson, C. Stevens:
Problems Arising from the Redevelopment of Gas Works and Similar Sites [Nov. 1981]

Anlage A: Zur Neufassung des Altlastenhandbuchs

Vermerk der Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg, Institut für Altlastensanierung vom 17.02.1989 zur Neufassung des Altlastenhandbuchs Teile I und II

a. Altlastenhandbuch Teil I, S. 28 ff:

Beweisniveau 1:

Historische Erkundung abgeschlossen

Alle verfügbaren Informationen und Unterlagen über die altlastverdächtige Fläche bzw. Altlast und ihrer Umgebung sind erhoben und ausgewertet. Aufgrund der Erstbewertung wird entschieden, ob die Fläche aus der Bearbeitung ausgeschieden und in der Verdachtsflächendatei archiviert ("A") werden kann, ob die weitere Bearbeitung der Fläche zurückgestellt werden kann ("B") oder ob eine technische Erkundung (Handlungsbedarf "E₁₋₂") durchgeführt werden muß.

Beweisniveau 2:

Orientierende Erkundung E₁₋₂ abgeschlossen

Durch erste systematische Messungen und Untersuchungen ist die Altlast soweit erkundet, daß fundierte Kenntnisse über die Art sowie ein Überblick über den Umfang des Gefährdungspotentials und das räumliche Ausmaß der Kontamination in der Altlast und in den betroffenen Schutzgütern vorliegen. Detailkenntnisse über das räumliche Ausmaß der Schadstoffbelastung und die expositionsbestimmenden Verhältnisse des Einzelfalls liegen noch nicht vor. Die vorhandenen Informationen ermöglichen eine Entscheidung, ob die Altlast aus der Bearbeitung ausgeschieden und in der Arbeitsdatei für wasser- und abfallwirtschaftliche Objekte archiviert ("A") oder für eine weitere Bearbeitung zurückgestellt werden kann ("B"), ob eine weitergehende technische Erkundung ("E₂₋₃") durchgeführt werden muß oder eine fachtechnische Kontrolle ("C") ausreicht. Für den Handlungsbedarf "B" können Auflagen und Bedingungen festgelegt werden. Art und Umfang der gegebenenfalls erforderlichen fachtechnischen Kontrolle können festgelegt werden. Die Maßnahmen der weitergehenden "näheren" technischen Erkundung können konzipiert werden.

Beweisniveau 3:

Nähere Erkundung abgeschlossen

Durch ergänzende Messungen und Untersuchungen ist die Altlast soweit erkundet, daß Art und räumliches Ausmaß der Schadstoffbelastung am Standort und in den betroffenen Schutzgütern sowie die expositionsrelevanten Verhältnisse des Standortes umfassend bekannt sind. Die Entscheidung, ob - außer "A" oder "B" - eine fachtechnische Kontrolle "C" ausreicht oder ob weiter zu erkunden ist ("E_{3.4}"), kann getroffen werden. Für "B" können Auflagen und Bedingungen, für "C" Art und Umfang der Kontrollen festgelegt werden. Die technischen Maßnahmen der eingehenden technischen Erkundung können in Abhängigkeit von den aufgrund einer Vorauswahl infrage kommenden Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen konzipiert werden.

Beweisniveau 4:

Eingehende Erkundung für Sanierungs- und Sicherungsvorschläge abgeschlossen

Die Altlast ist durch ergänzende Detailuntersuchungen abschließend erkundet. Alternative Sicherungs- und Sanierungsvorschläge können entwickelt und beurteilt werden. Sofern sich bei der abschließenden Bewertung der Altlast eine fachtechnische Kontrolle ("C") als ausreichend erweist, kann deren Art und Umfang festgelegt werden. Sind Möglichkeiten zur Gefahrenminderung zu prüfen ("D"), können die Sanierungsziele festgelegt werden.

b. Altlastenhandbuch Teil II, Seite 8 ff:

1. Orientierende Erkundung (E₁₋₂)

Die orientierende Erkundung führt von Beweisniveau 1 auf 2 und hat die Ziele, fundierte Kenntnisse über die Art sowie einen Überblick über den Umfang des Gefährdungspotentials und das räumliche Ausmaß der Kontamination in der Altlast und in den betroffenen Schutzgütern zu erlangen.

Das Beweisniveau 2 ist dann erreicht, wenn entschieden werden kann, ob die Altlast aus der Bearbeitung ausgeschieden und in der Arbeitsdatei für wasser- und abfallwirtschaftliche Objekte archiviert (A) oder für eine weitere Bearbeitung zurückgestellt werden kann (B) oder ob eine weitergehende technische Erkundung (E₂₋₃) durchgeführt werden muß.

Die orientierende Erkundung ist in sich abgestuft durchzuführen. Dabei ist von wenig aufwendigen Untersuchungen - soweit möglich an bestehenden oder mit beschränktem technischen Aufwand herstellbaren Meßstellen - und von einfachen technischen Methoden auszugehen. Soweit erforderlich sind unter Berücksichtigung der dabei gewonnenen Erkenntnisse zusätzliche Meßstellen einzurichten und Untersuchungen in groben Rastern durchzuführen.

Dabei werden hauptsächlich die folgenden Methoden angewandt:

- Beobachtung von Flora und Fauna (passives Biomonitoring; vgl. Abschn. 2.7)
- Chemisch-physikalische Untersuchungen (Parameter Stufen 1 und 2; vgl. Abschn. 2.6)
- Einfache technische Methoden wie Schürfen, Sondieren, Bodenluft/Untersuchungen (vgl. Abschn. 2.6.3)
- Mechanische und geophysikalische Sondiermethoden (vgl. Abschn. 2.4 und 2.5)
- Hydrogeologische Erkundungsmethoden, insbesondere Grundwasserfließrichtung und -geschwindigkeit (vgl. Abschn. 2.3)
- Einrichtung von Meßstellennetzen in grobem Raster

2. Nähere Erkundung (E₂₋₃)

Die nähere Erkundung führt von Beweisniveau 2 auf 3 und hat das Ziel, umfassende Kenntnisse über Art und räumliches Ausmaß der Schadstoffbelastung am Standort und in den betroffenen Schutzgütern sowie die expositions- und emissionsrelevanten Verhältnisse des Standortes zu erlangen.

Das Beweisniveau 3 ist dann erreicht, wenn entschieden werden kann, ob eine fachtechnische Kontrolle (C) ausreicht oder ob weiter zu erkunden ist (E₃₋₄).

Bei der näheren Erkundung werden hauptsächlich die folgenden Methoden angewandt:

- Mechanische und geophysikalische Sondierungsverfahren (vgl. Abschn. 2.4 und 2.5) in engerem Raster
- Hydrogeologische Erkundungsverfahren (vgl. Abschn. 2.3)
- Verdichtung der Meßstellennetze
- gegebenenfalls Modellrechnungen
- Bodenluftmessungen, ggf. in engerem Raster
- Chemisch-physikalische Untersuchungen (Parameter-Stufen 1, 2 und 3; vgl. Abschn. 2.6) in engerem Raster
- Biomonitoring (vgl. Abschn. 2.7)

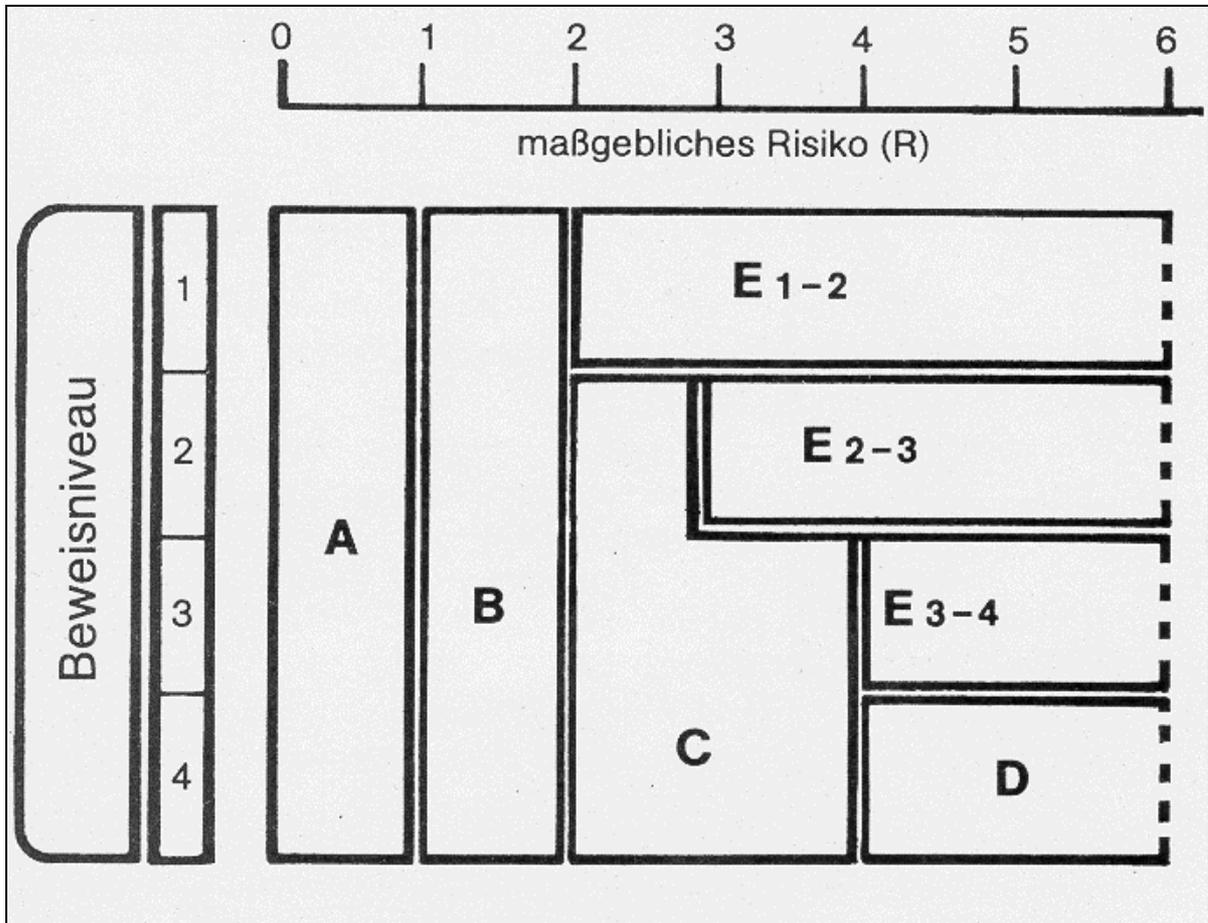
3. Eingehende Erkundung für Sicherungs- bzw. Sanierungsvorschläge (E₃₋₄)

Die eingehende Erkundung für Sicherungs- bzw. Sanierungsvorschläge führt von Beweisniveau 3 nach 4. Sie beginnt mit der Vorauswahl der infrage kommenden alternativen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen und hat das Ziel, die Altlast durch ergänzende Detailuntersuchungen abschließend so zu erkunden, daß die vorausgewählten alternativen Sicherungs- und Sanierungsvorschläge beurteilt und ggfs. Sanierungsziele festgelegt werden können.

Entsprechend den Fragestellungen des Einzelfalls sind bei der eingehenden Erkundung insbesondere chemisch-physikalische, bodenkundliche und hydrogeologische Spezialuntersuchungen durchzuführen.

c. Neufassung der Handlungsbedarfsmatrix

Als konsequente Folgerung aus den vorstehenden Neudefinitionen insbesondere der Beweise-niveaus 2 und 3 müssen auch die Entscheidungsmöglichkeiten bei Erreichen der Beweise-niveaus wie folgt erweitert werden:



Anlage B: Checkliste der für die Historische Erkundung notwendigen Tätigkeiten und Unterlagen

Einsicht in schriftliche Unterlagen, Pläne, Fotos:

- beim früheren Gaswerksbetreiber
- beim Bauamt/Baurechtsamt
- bei der unteren Wasserbehörde
- beim Wasserwirtschaftsamt.
- beim Geologischen Landesamt
- bei der Chemischen Landesuntersuchungsanstalt
- im Gemeindearchiv
- in anderen Archiven
- beim Landesvermessungsamt
- Sonstige:

Welche **Informationsquellen**:

- Genehmigungsurkunden
- historische Stadtpläne
- historische topographische Karten
- historische Luft- und Schrägbilder
- Grundbücher und Katasterpläne
- Planungs-, Bau- und Gewerbeakten der Gemeinde
- Archiv der Gemeinde
- Archiv des ehemaligen Betreibers des Gaswerks
- Archiv der Feuerversicherung
- Archiv der Lokalzeitung
- Sonstige:

Welche **Zeugen**:

- frühere Beschäftigte des Gaswerks
- Beschäftigte beim Bauamt
- Beschäftigte der unteren Wasserbehörde
- Beschäftigte des Wasserwirtschaftsamtes
- Nachbarn
- sonstige ortskundige Personen
- Beschäftigte der mit dem Abbruch des Gaswerks beauftragten Firma
- Sonstige:

Charakteristische Feststellung bei der **Ortsbegehung**: (Erläuterung im Text)

- Auffüllungen/Aufschüttungen
- Verfärbungen des Bodens
- Vegetationsauffälligkeiten
- frühere Sickerstellen
- Stellen mit auffallendem Geruch
- unterirdische Gruben, Schächte
- Gefahrenstellen

Für die **Dokumentation** wurden folgende Unterlagen erstellt:

- Liste der am Standort durchgeführten Tätigkeiten
- Detailpläne der ehemaligen und heutigen Flächennutzung am Standort und in der Umgebung
- Pläne über Grundwassermeßstellen
- Unterlagen über die möglicherweise beeinträchtigten Schutzgüter und Nutzungen
- Analysenergebnisse
- Darstellung der vermuteten Grundwasserfließrichtung
- Liste der zu erwartenden Schadstoffe
- Pläne über mögliche Fundstellen von Schadstoffen
- Erläuterungsbericht
- Protokoll und Fotos über die Ortsbegehung
- geohydraulisches Gutachten

Anlage C: Checkliste zur Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse aus der Historischen Erkundung

1. Verbale Beschreibung der (umweltrelevanten) Tätigkeiten

Beispiele:

- Wie und wo erfolgte die Gasreinigung?
- Welche Abfall- bzw. Nebenprodukte entstanden in welcher Menge?
- Wie und wo wurden Abfall- bzw. Nebenprodukte aufbereitet?
- Wie wurden Abfall- bzw. Nebenprodukte beseitigt bzw. verwertet?
- Wo und wie wurden wassergefährdende Stoffe zwischengelagert, umgeschlagen, transportiert?

Die gesamte Betriebszeit des Werkes ist zu betrachten, nicht nur die Zeit unmittelbar vor Betriebsstillegung.

Sofern keine Mengenangaben überliefert sind, sind sie zu schätzen oder aus der Menge des produzierten Gases oder der durchgesetzten Steinkohle hochzurechnen.

2. Darstellung in Plänen

Lage der (möglicherweise umweltrelevanten) **Anlagenteile** mit Angabe des Datums von Inbetrieb- und Außerbetriebnahme,

Beispiele:

Bereich 1: Kohlen- und Kokslager, Kohlenmahl- und -mischanlage, Koksseparierung,

Bereich 2: Ofenhaus und Generatoranlage,

Bereich 3: Apparatehaus bzw. Apparatanlage,

Bereich 4: Schwefelwasserstoff- und Cyanwasserstoffreinigung, einschließlich des Bereichs für die Regenerierung der Gasreinigermasse,

Bereich 5: Kondensatscheideanlage mit Teer-, Teerscheide- und Ammoniakwassergrube,

Bereich 6: Gasspeicherung,

Bereich 7: Nebenanlagen beispielsweise Anlagen zur:

- Teerdestillation,
- Ammoniakwasseraufbereitung,
- Benzolraffination.

Bereich 8: unterirdische Leitungen für wassergefährdende Flüssigkeiten, z.B. Teer, Ammoniakwasser,

Bereich 9: Umfüll- und Verladestellen für wassergefährdende Stoffe,

Bereich 10: Zwischen- und Endlagerstellen von Rest- bzw. Zwischenprodukten,

Bereich 11: Versickerungsstellen von flüssigen Schadstoffen,

Bereich 12: sonstige Lagertanks, Umfüllplätze für wassergefährdende Flüssigkeiten,

Lage der sonstigen Anlageteile und Bauten, von denen in der Regel keine unmittelbaren Beeinträchtigungen von Boden und Gewässern zu erwarten sind.

Beispiele:

- Bürogebäude, Wohnhäuser,
- Werkstätten, Lagerräume,
- Garagen,

sonstige Flächennutzungen,

Beispiele:

- Fahrwege, Parkplätze,
- Grünflächen,
- Brachflächen, Böschungen,

Eigentümerverzeichnis zu den betroffenen Grundstücken.

3. Bauliche und betriebliche Schutzvorkehrungen zur Verhinderung von Schadstoffemissionen

Beispiele:

- Wurden Leitungen für Teer und Ammoniakwasser oberirdisch verlegt?
- Wurden für Teer und Ammoniakwasser Hochtanks erstellt?
- Wurde der Untergrund gegen eventuelle Kontaminationen geschützt?

4. Auswirkungen von größeren Unfällen (Explosionen, Brände, Korrosionen an Leitungen und Behältern) oder von Zerstörungen durch Kriegseinwirkung, Sabotage

Beispiele:

- Was wurde zerstört?
- Wann erfolgte der Schaden?
- Welche Schadstoffart und -menge wurde frei?
- Welche Maßnahmen zur Begrenzung bzw. Sanierung des Schadens wurden ergriffen?

5. Auswertung und übersichtliche Darstellung von vorhandenen chemisch-physikalischen Analysendaten

Beispiele:

- Linien gleicher Schadstoffkonzentration in Lageplänen und Schnitten
- Ganglinien

6. Relevante Wahrnehmungen bei der Standortbegehung

Beispiele:

- Wo sind Verfärbungen des Untergrunds oder des Mauerwerks?
- Wo sind Vegetationsauffälligkeiten?
- Wo sind Stellen mit auffälligem Geruch?
- Wo sind Differenzen zwischen überlieferten Planunterlagen und der tatsächlichen Situation vorhanden?
- Wo sind mögliche Gefahrenstellen?

Name, Adresse und eventuelle Funktion im Betrieb von Informanten und Zeugen sind zu dokumentieren.

7. Bisher durchgeführte Sanierungsmaßnahmen

Beispiele:

- Welche Gruben, Behälter, Leitungen etc. wurden geleert, gereinigt, verfüllt bzw. beseitigt?
- Welche Gruben, Behälter, Leitungen etc. wurden ohne vorherige Leerung und Reinigung verfüllt?
- Wo wurden Schadstoffe abgegraben, eingekapselt etc.?
- Wo wurden Schadstoffe überdeckt oder überbaut?
- Welche Maßnahmen zum Gewässerschutz wurden durchgeführt, beispielsweise Abwehr- und Sanierungsbrunnen, Abschirmen von Schadstoffbelastungen?
- Welche Restschadstoffbelastungen wurden toleriert?

8. Sonstige Standortveränderungen seit Stilllegung, die für die weitere Bearbeitung relevant werden könnten

Beispiele:

- Wurden neue Gebäude errichtet?
- Wurden Fahrwege und Plätze befestigt?
- Wurden Abgrabungen, Aufschüttungen vorgenommen?

Die Veränderungen sind zu erläutern.

Beispiele:

- Wie tief sind die neuen Gebäude gegründet?
- Wie wurde anfallendes Aushubmaterial beseitigt?
- Wurden bei Tiefbauarbeiten Kontaminationen festgestellt?

9. Charakterisierung der Untergrund- und Grundwasserfließverhältnisse

Beispiele:

- Grundwasserflurabstand,
- Art des Untergrunds bis zur grundwasserführenden Schicht,
- Grundwasserfließrichtung, -geschwindigkeit, -spiegelgefälle,
- Art und Mächtigkeit des Aquifers,
- Sind tiefere Grundwasserleiter vorhanden, betroffen bzw. gefährdet?
- Sind schützende Deckschichten vorhanden?

10. Relevante Schutzgüter bzw. -objekte

Beispiele:

- Sind grundwasserunterstromig Wassergewinnungsanlagen vorhanden?
- Liegt das Werk innerhalb eines Wasserschutzgebiets?
- Sind am Standort oder seiner näheren Umgebung empfindliche Bodennutzungen vorhanden?

11. Auswertung

- Aufzeigen und begründen von Bereichen, bei denen mit Schadstoffen gerechnet werden muß ("Verdachtsstellen"). Die möglichen Schadstoffe sind anzugeben und ihre mögliche Verbreitung in Lageplänen darzustellen.
- Aufzeigen und begründen von (wahrscheinlich) unbelasteten Bereichen.

12. Zusammenstellung sonstiger Tatbestände, die bei der weiteren Erkundung, Sanierung bzw. Sicherung des Standorts relevant werden können

Beispiele:

- Sind geeignete Grundwasserentnahme- oder -meßstellen vorhanden, die sich für eine Prüfung des Grundwassers eignen?
- Muß bei Bodenaufschlüssen bzw. Bohrungen im Untergrund mit Hindernissen gerechnet werden, z.B. Leitungen, Behälter?
- Wie ist die Zugänglichkeit des Geländes?

Anlage D: Arbeitsschutz bei Erkundungsstufen E₀₋₁ sowie E₁₋₂ bis E₃₋₄

Schutzkatalog der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut für Altlastensanierung

(Stand Oktober 1988)

Vorbemerkung

Der Schutzkatalog wurde nach Diskussion mit den zuständigen Behörden und Organisationen erarbeitet und bildet zunächst die Grundlage für Arbeitsschutzmaßnahmen an den Modellstandorten in Baden-Württemberg. Die dabei gewonnenen Erfahrungen werden gegebenenfalls bei einer Überarbeitung dieses Papiers berücksichtigt.

1. Einleitung

Bei der systematischen Aufarbeitung der Altlastenproblematik nach der Einführung des Altlastenhandbuches Teil I und II in Baden-Württemberg sind alle beteiligten Behörden und die Sanierungspflichtigen (Unternehmensträger) vor neue Aufgaben gestellt.

Das Arbeiten im Bereich von altlastverdächtigen Flächen bzw. Altlasten erfordert besondere Maßnahmen zum Schutz aller Beteiligten (Auftraggeber, Auftragnehmer, Arbeiter, Besucher etc.). Diese besonderen Maßnahmen sind von organisatorischer sowie technischer Art und erstrecken sich auf Arbeitsvorbereitung und Maßnahmendurchführung.

Hierbei ist es erforderlich, daß die allgemeinen Arbeitsschutzmaßnahmen bzw. Arbeitssicherheitsanweisungen maßnahmenbezogen angepaßt ggfs. stufenweise geplant werden, um optimal umgesetzt werden zu können.

Im folgenden sind hierzu Grundsätze erarbeitet worden, die zunächst an den Modellstandorten umgesetzt werden sollen. Dabei wurden folgende Grundsätze beachtet:

- Schutz bzw. Vorsorge hat Vorrang vor Überwachen bzw. Messen sowie Nachsorge
- Trennung von (möglicherweise) kontaminierten ("schwarz") und nicht kontaminierten ("weiß") Bereichen
- Vermeidung von Schadstoffverschleppungen

2. Schutzkatalog

2.1 Schutzkatalog für Historische Erhebung und Historische Erkundung (Erkundungsstufe E₀₋₁)

Im Altlastenhandbuch Teil I ist u.a. vorgesehen bei der Historischen Erhebung und der Historischen Erkundung eine Begehung der altlastverdächtigen Fläche durchzuführen (keine Probenahme etc.). Begehungen finden gleichfalls im Rahmen der weiteren behördlichen Überwachungen statt. Eine Begehung von Schächten, Kanälen, Gruben und dergleichen ist in diesem Rahmen nicht vorgesehen.

Hinweise für den Umfang der Schutzmaßnahmen sind den Ergebnissen der flächenhaften Erhebung bzw. einem ersten Aktenstudium zu den altlastverdächtigen Flächen zu entnehmen.

Für die Festlegung der Schutzmaßnahmen ist folgende Einteilung der altlastverdächtigen Fläche sinnvoll:

- Typ I - Altablagerung von Hausmüll und hausmüllähnlichem Gewerbe- und Industrieabfall mit Anteilen von Sonderabfall
- Typ II - Altstandorte bzw. Ablagerungen von Sonderabfall

Folgende Maßnahmen kommen in Frage und sind in Arbeitsschutzmaßnahmen, Verhaltens- und Beobachtungsregeln, Arbeitsein- und -unterweisungen sowie Erste-Hilfe-Planungen für den konkreten Einzelfall umzusetzen:

- Trink-, Eß- und Rauchverbot auf der altlastverdächtigen Fläche
- Standortbegehungen sollten insbesondere bei Gefahr des Vorhandenseins von Gas nicht alleine vorgenommen werden, damit ggfs. Hilfe geleistet bzw. geholt werden kann
- Standortbegehungen können mit normaler Straßenoberbekleidung (lange Hose, langes Hemd) durchgeführt werden (d.h. keine kurze Hose o.ä.)
- Aufmerksames und umsichtiges Verhalten aller Personen ist zu fordern
- Nach der Standortbegehung sollten umgehend die Hände gewaschen werden, um eventuelle Verunreinigungen zu entfernen.

a) Standortbegehung Typ I

- Es sind Schutzschuhe nach DIN 4843 (Bauschutzgummistiefel) mit durchtrittsicherer Sohle zu tragen (keine Ledersohlen!).
- Auf die Verwendung von Atemschutzgeräten kann i.d.R. verzichtet werden, da z.B. in ca. 1,50 Meter Höhe über dem Gelände von einer Gasverdünnung (von ca. 1 :1 500) auszugehen ist. Ein längerfristiger bodennaher Aufenthalt ist jedoch zu vermeiden.
- Darüber hinaus sind Bereiche, die intensiv nach Deponiegas (Methan) riechen bzw. Minderwuchs (Kahlstellen) aufweisen, zu vermeiden.

b) Standortbegehung Typ II

wie a), jedoch zusätzlich:

- Das Schuhwerk ist vor Ort von sichtbarer Verschmutzung zu reinigen, um die Verunreinigung nicht zu verschleppen. Die Stiefel können auch in einer gesonderten Kunststofftüte transportiert werden; an einem geeigneten Ort ist das Schuhwerk dann zu reinigen (jedoch nicht am vorbeifließenden Bach!).
- Bei starkem und intensivem Staubanfall sollte eine Papiervliesmaske zum Schutz der Atemwege verwendet werden (filtrierende Halbmaske für einmaligen Gebrauch; Filterklasse mindestens P2).
- Falls Giftstäube vorhanden sind bzw. sein können, ist ein atmungsaktiver Einwegchemikalienschutzanzug (z.B. Kimberly-Clark, Tyvek) zu verwenden.
- Wenn kontaminierte Betriebsstätten begangen werden, ist ein Arbeitsschutzhelm nach DIN 4840 und ein atmungsaktiver Einwegchemikalienschutzanzug (Schutz der Straßenoberbekleidung vor Beschmutzen) zu tragen. Ein mehrmaliges Verwenden der Einwegchemikalienschutzanzüge ist bei getrennter Aufbewahrung in Kunststofftüten möglich. Bei stärkerer Verschmutzung muß der Einwegchemikalienschutzanzug ordnungsgemäß entsorgt werden.
- Ohne besondere Schutzvorkehrungen dürfen keine verlassen geschlossenen Räume betreten werden, die unter der Geländeoberkante liegen. Bei der Begehung derartiger Räume ist als eine besondere Schutzvorkehrung je nach Einzelfall mindestens ein Kombi-Meß-Warngerät (Anzeige: untere Explosionsgrenze, CH₄, H₂S, O₂) mitzuführen und kontinuierlich zu betreiben, damit gefährliche Gaskonzentrationen erkannt werden können. Bei angezeigtem Sauerstoffmangel müssen umgebungsluftunabhängige Atemschutzgeräte benutzt werden! Im übrigen wird auf Regel ZH1/177 verwiesen.
- Bereiche mit sinnlich wahrnehmbaren Gasen/Dämpfen sind zu meiden.

Es wird empfohlen ggfs. bei diesen Arbeiten alle beteiligten Personen regelmäßigen arbeitsmedizinischen Untersuchungen zu unterwerfen, um u.a. Eignung zu gewährleisten sowie Vorsorge und Beweissicherung zu treffen. Alle Atemschutzgeräteträger sind nach dem Grundsatz G 26 arbeitsmedizinisch zu untersuchen!

In diesem Zusammenhang wird auf eine erforderliche Tetanus-Schutz-Impfung hingewiesen.

2.2 Schutzkatalog für Erkundungsstufen E₁₋₂ bis E₃₋₄

Folgende Untersuchungen, die prinzipiell der Erkundungsstufe E₁₋₂ zuzurechnen sind:

- Geophysikalische Untersuchungen
- Standortkundliche Kartierungen (Biologie, Boden)
- Probenahme (Grundwasser, Pflanzen, Bodenmaterial)

können mit reduzierten Schutzanforderungen durchgeführt werden, falls nachfolgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Es sind keine Arbeiten vorgesehen, die in irgendeiner Weise die Oberfläche der altlastverdächtigen Fläche nennenswert verletzen.
2. Die Schutzanforderungen der Erkundungsstufe E_{0-1} werden eingehalten.

Bei den weiteren Erkundungsstufen E_{1-2} bis E_{3-4} nach dem Altlastenhandbuch Teil I sind insbesondere nachfolgend aufgeführte Untersuchungen und Maßnahmen vorgesehen:

- Sondierungen (Schlitzsondierung, Bodenluftmessung)
- Bohrungen
- Schürfen/Schürfgruben
- Probenahme (Abfall, Sickerwasser, kontaminiertes Bodenmaterial)

Für die Planung der Arbeitsschutzmaßnahmen, der Ausschreibungen, der Maßnahmenbeschreibungen sowie der Arbeitsanweisungen gibt die Historische Erkundung Hinweise zur Gefährlichkeit der altlastverdächtigen Fläche.

Sofern die anzuwendenden gesetzlichen und unfallversicherungsrechtlichen Vorschriften (Auszug siehe nachfolgend) nicht bereits verbindliche Regelungen vorsehen (u.a. ist bei Grab- und Sondierarbeiten vorher abzuklären, ob Leitungen, Behälter und dergleichen im Untergrund vorhanden sind), sind neben den anerkannten Regeln der Technik die im folgenden beschriebenen speziellen Arbeitsschutzmaßnahmen im Interesse einer wirksamen Unfall- und Schadensverhütung bzw. Personenschutz einzuhalten.

a) Grundsätzliches

Folgende Maßnahmen kommen in Frage und sind in Arbeitsschutzmaßnahmen, Verhaltens- und Beobachtungsregeln, Arbeitsein- und -unterweisungen sowie Erste-Hilfe-Planungen umzusetzen (sinnvoll erscheint in diesem Zusammenhang eine gesonderte Regelung für die Arbeiten selbst und für die Überwachung [Ing. Büro, Behörde etc.]) :

- eine Notfallplanung ist erforderlich (insbesondere wo ist welcher Arzt, in welchem Krankenhaus /Fachklinik, über ggfs. vorgehaltenem Telefon erreichbar, etc.) sowie Vorgaben zum Verhalten (umsichtig und aufmerksam, Meldung auffälliger Dinge etc.) bei Störungen und Unfällen.
- Trink-, Eß- und Rauchverbot auf der altlastverdächtigen Fläche. Trinken und Essen ist nur nach Ablegen der Schutzausrüstung und gründlichem Waschen außerhalb der Gefahrenbereiche gestattet.
- Keine "Alleinarbeiten", damit ggfs. Hilfe geleistet bzw. geholt werden kann.
- Ständige Anwesenheit eines fachkundigen Aufsichtsführenden (Nachweis durch Referenzen bzw. Lehrgang) mit geeigneten Meßgeräten.
- Ständige Anwesenheit von ausgebildeten Ersthelfern mit Grundausstattung (Erste-Hilfe-Kasten), um Augendusche ergänzt.
- Feuer- bzw. Brandschutz ist zu gewährleisten (u.a. kein offenes Feuer, Feuerlöscher griffbereit halten etc.)
- Gefahrenbereichsabsperungen sind erforderlich.

- Getrennte und ausreichend große Bereiche (ggfs. auch im Freien) bzw. Räume für das An- und Ablegen der Schutzkleidung mit Waschgelegenheit und/oder Dusche. Vorgenannte Bereiche/ Räume dürfen in keinem Nutzungszusammenhang mit anderen Bereichen (Pausenbereich bzw. Büroraum) stehen, um die Trennung von kontaminierten und nicht kontaminierten Bereichen zu gewährleisten (z.B. Trennung von Pausenbereich/Fahrzeug und Arbeitsbereich/Materiallager etc.).
 - Durch Befeuchten und ggfs. Absaugen ist Staubbildung an dem jeweiligen Arbeitsbereich zu vermeiden.
 - Kontaminiertes Material (z.B. aus Bohrungen) und Aushub sowie nicht wieder verwertbare Schutzkleidung müssen ordnungsgemäß entsorgt werden (Sammlung in geschlossenem Container).
 - Vor bzw. nach jedem Teileinsatz sind die Geräte ordnungsgemäß (nach Vorgabe mit/ohne Reinigungsmitteln) ggfs. auf einem Waschplatz zu reinigen, um keine Verunreinigungen zu verschleppen.
 - Reinigungsmittel und Hautschutzcremes (ggfs. schadstoffabgestimmt, z.B. zur Entgiftung der Haut bei Berührung mit Cyaniden kann eine 2%ige Natriumhydrogencarbonatlösung vorsorglich bereitgehalten werden) sind vorzuhalten und den Beschäftigten zur Verfügung zu stellen.
 - Vor Arbeitsbeginn und regelmäßig während der Arbeiten sind Arbeitsunterweisungen und Belehrungen über mögliche Gefahrensituationen, die erforderlichen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln für die Arbeiter durch den Arbeitgeber (Auftragnehmer) vorzunehmen; Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisungen sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen.
- b) Für alle Arbeiten ist als persönliche Schutzausrüstung u.a. zur Verhinderung des Hautkontaktes mit kontaminiertem Material zusätzlich zu Punkt a) folgendes notwendig:
- Verwendung von Bauschutzgummistiefel nach DIN 4843 bzw. GUV 20.16 (antistatisch und chemikalienbeständig). Nach Gebrauch bzw. beim Verlassen des Gefahrenbereiches ist das Schuhwerk mit Reinigungsmitteln zu waschen. (Es können auch Einwegschuhüberzieher verwendet werden).
 - Verwendung von Arbeitsschutzhelmen nach DIN 4840 bzw. GUV 20.15.
 - Verwendung von atmungsaktiven Schutzanzügen (Einwegchemikalienschutzanzug) nach DIN 32763 bzw. GUV 20.19.
 - Verwendung von überlangen chemikalienbeständigen Schutzhandschuhen nach DIN 4841 sowie zusätzlichen Baumwollhandschuhen als Unterzieher bzw. Vinyleinweghandschuhen bei hohen Kontaminationen, damit der Selbstschutz beim Ablegen der langen Schutzhandschuhe gewährleistet ist.
 - Verwendung von Gehörschutz bei lärmintensiven Arbeiten.
- c) bei Spritzgefahr (z.B. bei Bohrungen) wie b), jedoch zusätzlich
- Verwendung eines Gesichtsschutzschirmes.

d) Bei Gasanfall (-austritt) wie bei b), jedoch zusätzlich :

- Ständige Anwesenheit eines fachkundigen Meßtechnikern.
- Da Riechprobe nicht ausreichend ist, ist es erforderlich, daß kontinuierliche Gasmessungen durchgeführt werden, z.B. Kombi-Meß-Warngerät (Anzeige: untere Explosionsgrenze, CH₄, H₂S, O₂); besteht Verpuffungs- bzw. Explosionsgefahr, sind die Arbeiten sofort einzustellen.
- Bei Bohrungen sind diese ggfs. mit Preßluft bzw. Stickstoff zu spülen bzw. die Bohrlochstelle ist zu bewettern (Ventilator).
- Bei Bohrungen gehört zur persönlichen Schutzausrüstung ein Atemschutzgerät für die Selbstrettung, das ständig mitzuführen ist. (Unerwartet auftretende intensiv riechende Gase können als Bedrohung empfunden werden, dies hat schon bei Arbeiten zu kollapsartigen Erscheinungen geführt. Das mitgeführte Atemschutzgerät gibt daher für die Selbstrettung eine besondere Sicherheit, weil es sofort auf Mund und Nase gedrückt werden und so der Arbeitsplatz sicher verlassen werden kann.)

e) Bei Probenahme auf Sonderabfallablagerungen bzw. Altstandorten wie d) jedoch zusätzlich :

- Verwendung einer Papiervliesmaske zum Schutz der Atemwege (filtrierende Halbmaske für einmaligen Gebrauch ; Filterklasse mindestens P2).
- Bei stark kontaminiertem Material (Bohrgut, Sickerwasser, etc.) sollte nur mit Atemschutzvollmaske (mit Filter, z.B. ABEK-P2, ohne Hg-Schutz, wenn kein Quecksilber oder Quecksilberverbindungen vermutet werden) die Probe genommen werden. Hierbei ist auf das Atemschutzmerkblatt und auf Trage- und Ruhezeiten nach Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 415 zu achten.

f) Bei Schürfen, Schürfgruben und Schächten (diese sollten nur in unabdingbar notwendigem Maß betreten werden) wie d), jedoch zusätzlich:

- Hier ist analog den "Sicherheitsregeln für Arbeiten in geschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen (ZH 1/177)" zu verfahren, welche verbindlich geregelt sind und seit 1. April 1988 im gewerblichen Bereich anzuwenden sind.
- Tiefe Schürfen und besondere Schächte dürfen nur befahren bzw. begangen werden, wenn das Personal durch Anseilen gesichert wird, und Einrichtungen vorhanden sind, die ein problemloses Bergen des Personals gewährleisten.
- Es ist sicherzustellen, daß im Gefahrenbereich das Betretungsverbot eingehalten wird.

Es wird weiterhin empfohlen, alle bei den Arbeiten beteiligten Personen regelmäßigen arbeitsmedizinischen Untersuchungen zu unterwerfen, u.a. um Eignung zu gewährleisten sowie Vorsorge und Beweissicherung zu treffen.

Hierzu gilt insbesondere:

- Regelmäßiger arbeitsmedizinischer Untersuchungsumfang aufgrund maßnahmenspezifischer Expositionssituation.
- Eignungsuntersuchung und Folgeübungen nach einschlägigen Regelungen für Arbeiter nach G 26, die Atemschutzgeräte tragen sollen bzw. müssen.

- Personen, die lediglich vorgesehen sind ggfs. Atemschutzgeräte zu tragen, sind darin analog den Regelungen im Abwasserbereich (Rettung unter Atemschutz ohne Untersuchung nach G 26) einzuweisen.

3. Vorschriften

Bei diesen Arbeitsschutzmaßnahmen greifen diverse Unfallverhütungsvorschriften (UVV), insbesondere UVV Nr.:

UVV	Allgemeine Vorschriften	(GUV 0.1 /VBG 1)
UVV	Erste Hilfe	(GUV 0.3/VBG 109)
UVV	Arbeitsmedizinische Vorsorge	(GUV 0.6/VBG 100)
UVV	Bauarbeiten	(GUV 6.1 /VBG 37)
UVV	Gase	(GUV 9.9/VBG 61)
	Sicherheitsregeln für Rohrleitungs- bauarbeiten	(GUV 11.9)
	Sicherheitsregeln für Abwasser- behandlungsanlagen	(GUV 17.5)
	Explosionsschutz-Richtlinien (Ex-RL)	(GUV 19.8/ZH 1/10)
	Atemschutz-Merkblatt	(GUV 20.14/ZH 1/134)
UVV	Schutzhelm-Merkblatt	(GUV 20.15)
UVV	Sicherheitsschuh-Merkblatt	(GUV 20.16)
UVV	Schutzkleidungs-Merkblatt	(GUV 20.19)
	Anleitung zur Ersten Hilfe bei Unfällen	(GUV 20.5/ZH 1/143)
DVGW	Arbeitsblatt Technische Regeln für Gasinstallation	(G 600)
	Technische Regeln für Gefahrstoffe	(TRSG 415)
UVV	Arbeiten an Gasleitungen	(VBG 50)
	Richtlinien für Arbeiten in Behältern und engen Räumen	(ZH 1/77)
	Erste Hilfe bei Einwirken chemischer Stoffe	(ZH 1/175)
	Sicherheitsregeln für Arbeiten in geschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen	(ZH 1/177)
	Verordnung über gefährliche Stoffe	(ZH 1/220)
	Gefahrstoff-Verordnung (GefStoffV) vom 26. August 1986 (BGBl. I S. 1470)	

- Sonderdruck "Arbeiten im Bereich kontaminierter Standorte - Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten" Abruf-Nr. 780.1 bei der Tiefbau-Berufsgenossenschaft.

Für Beschäftigte von privaten Auftragnehmern gelten die Vorschriften der für sie jeweils zuständigen Berufsgenossenschaft.

Die vorgenannten Vorschriften und Unterlagen sind beim nachfolgend jeweils zuständigen gesetzlichen Unfallversicherungsträger GUV bzw. TBG kostenlos zu erhalten. Gewerbliche Betriebe, die Untersuchungen und Arbeiten durchführen, erhalten die angesprochenen Unterlagen bei dem gesetzlichen Unfallversicherungsträger, bei dem sie als Mitgliedsbetrieb registriert sind.

Tiefbau-Berufsgenossenschaft, Technischer Aufsichtsdienst, Am Knie 6, Tel.: 089/8897-1, 8000 München

Für die Bezirke der Regierungspräsidien Freiburg und Karlsruhe:

Badischer Gemeindeunfallversicherungsverband, Waldhornplatz 1, Postfach 6929, Tel.: 0721/6098-1, 7500 Karlsruhe 1

Für die Bezirke der Regierungspräsidien Stuttgart und Tübingen:

Württembergischer Gemeindeunfallversicherungsverband, Panoramastr. 11, Postfach 106062, Tel.: 0711/2007-0, 7000 Stuttgart 10

Die Explosionsschutz-Richtlinien, die Gefahrstoff-Verordnung, das DVGW-Arbeitsblatt "Technische Regeln für Gasinstallation" und die Sicherheitsregeln für Abwasserbehandlungsanlagen u.a. sind bei der Tiefbau-Berufsgenossenschaft nur als Belegexemplare vorhanden und nicht kostenlos zu erhalten. Diese Unterlagen sind beim Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 5000 Köln 41, zu bestellen.

4. Schlußbemerkung

Ein bundeseinheitliches Regelwerk zum Arbeitsschutz im Bereich von altlastverdächtigen Flächen bzw. Altlasten ist derzeit in Bearbeitung.

Wenn weitere Erfahrungen vorliegen, werden die Schutzkataloge ggfs. weiterspezifiziert bzw. aufge-/unterteilt.

Abbildungsverzeichnis

BILD 1: GASWERKSSTILLEGUNGEN IN DER BRD NACH EINER UMFRAGE DES DVGW, AN DER SICH 256 WERKE BETEILIGTEN [3]	3
BILD 2: BEISPIEL FÜR DIE ZUSAMMENSETZUNG VON GASWERKSTEER.....	6
BILD 3: BEISPIEL FÜR DIE ZUSAMMENSETZUNG VON VERBRAUCHTER GASREINIGERMASSE	6
DIE RELEVANTEN SCHADSTOFFE SIND:	7
BILD 4: HAUPTSÄCHLICHE ART DER AUSBREITUNG VON GASWERKSSPEZIFISCHEN SCHADSTOFFEN IN UNTERGRUND UND GRUNDWASSER (PRINZIPIKIZZE)	8
BILD 5: MÖGLICHE GEFÄHRDUNGSPFADE VON GASWERKSSPEZIFISCHEN SCHADSTOFFEN	11
BILD 6: FUNKTIONSSCHEMA GASERZEUGUNG UND -REINIGUNG	22
BILD 7: MÖGLICHE SCHADSTOFFE IN DEN TEILBEREICHEN EINES GASWERKS	31
BILD 8: SCHEMATISCHER LAGEPLAN EINES KLEINEREN GASWERKES	32
BILD 9: ÜBERSICHT ÜBER DIE BEI DER GASERZEUGUNG AUS KOHLE ENTSTANDENEN PRODUKT- BZW. STOFFMENGEN (GROBE ANHALTSWERTE BEZOGEN AUF DEN EINSATZ VON 1000 KG STEINKOHLE SOWIE BEZOGEN AUF EINE ERZEUGTE REINGASMENGE VON 1000 NM ³)	33

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: BEISPIEL FÜR DIE ZUSAMMENSETZUNG VON AMMONIAKWASSER	7
TABELLE 2: CHEMISCH-PHYSIKALISCHE KENNGRÖßEN FÜR WICHTIGE EINZELSUBSTANZEN IN GASWERKSSPEZIFISCHEN ABFÄLLEN	10
TABELLE 3: SOFORTMAßNAHMEN	12
TABELLE 4: VORSCHLAG FÜR DIE CHEMISCH-PHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNG VON BODEN UND GRUNDWASSER..	42
TABELLE 5: BEISPIELE FÜR EXPOSITIONSRELEVANTE UND EMISSIONSRELEVANTE TATBESTÄNDE.....	47
TABELLE 6: ANWENDBARKEIT VON SANIERUNG- BZW. SICHERUNGSMETHODEN BEI KONTAMINIERTEN BÖDEN.....	49

Indexverzeichnis

A

Ablagerung	
Gaswerk	16
Ammoniakwasser.....	7, 9, 24, 25, 27, 28
Arbeitsschutz	
Gaswerk	20, 51

B

Berliner Blau	19, 26
biologische Behandlung	
Gaswerk	50
Biomonitoring	
Gaswerkerkundung.....	38
Bodenluftuntersuchung	
Gaswerkerkundung.....	38
Bodenprobe	
Gaswerkerkundung.....	37, 40
Bohrverfahren	
Gaswerkerkundung.....	39

C

chemisch-physikalische Untersuchung	
Gaswerkerkundung.....	37, 42
chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW)	
Gaswerkerkundung.....	44

D

DOC-Gehalt	
Gaswerkerkundung.....	44

E

eingehende Erkundung für	
Sanierungsmaßnahmen/ Sanierungsvorplanung (E3-4)	
Gaswerk	49
Emissionsschutz	
Gaswerk	50

G

Gaserzeugung	23
Gasreinigermasse.....	5, 6, 9, 26, 27
Gasreinigung	21, 26
Gaswerk	
Abfälle	30
Ablagerung.....	16
Abwasser.....	23
altes.....	15
Ammoniakwascher.....	25
Ammoniakwasser	7, 9, 24, 25, 27, 28
Ammoniakwasseraufbereitung.....	29
Ammoniakwassergrube	27
Anlagenteile	21, 61
Apparatehaus bzw. Apparateanlage.....	24

Arbeitsschutz.....	51
belastete Flächen.....	21
Benzol	25
Benzolraffination.....	29
Benzolwascher.....	25
Berliner Blau	26
biologische Behandlung.....	50
eingehende Erkundung	49
Emissionsschutz	50
Gasbehälter.....	28
Gaserzeugung.....	23
Gasreinigermasse.....	26, 27
Gasreinigung	21, 26
Gasspeicherung	28
Gaswasser.....	25
Gefährdungspfade.....	10
historische Erhebung	15
historische Erkundung	15, 16, 17, 61
Intensivkühler.....	24
kleines	32
Kohle.....	23
Kohlen- und Kokslager.....	23
Kohlenmahl- und -mischanlage	23
Kohlensortierung.....	23
Koks	23
Kondensate.....	7, 24
Kondensatscheideanlage	27
kriegsbedingte Zerstörungen.....	16
Kühlung und Reinigung des Gases.....	24
Lagerflächen.....	30
Lautmasse.....	26
Löschwasser	23
Luxmasse.....	26
nähere Erkundung	46
Naphthalinwascher	25
Nebenanlagen	28
Nebenprodukte.....	4, 7, 9
Nutzungen	34
Ofenhaus und Generatoranlage	23
orientierende Erkundung	36
Produkt- bzw. Stoffmengen.....	32
Rohrleitungen	27
Sanierung - Sanierungserkundung	49, 50, 63
Schadstoffe	4
schematischer Lageplan.....	32
Schutzmaßnahmen	16, 62
Schwefel	26
Schwefelwasserstoff- und	
Cyanwasserstoffreinigung	26
Sicherungsmaßnahmen.....	63
Sickerstellen	30
Standortumgebung.....	30
Standortveränderungen	63

Stilllegung.....	2, 16, 63	Probennahme.....	39
Teer.....	4, 5, 7, 8, 23, 24, 27, 28	Schadstoffe	7, 10, 37, 39, 42, 48
Teerabscheidung.....	25	Schürfe	39
Teeraufbereitung	29	Schutzgüter.....	34, 64
Teergrube	27	Schwermetalle	44, 48
Teerrückstände	24	Sofortmaßnahmen.....	12
Teerscheidegrube.....	27, 29	Untersuchungsparameter	42
Teerscheider.....	25	Vegetationsschäden	20
Teilbereiche.....	21, 35, 61	Verfärbungen des Untergrunds	19
Umbau.....	16	Verschleppung von Schadstoffen	39
Umschlagplätze	30	Vorgehensweise.....	12
Unfälle	62	geophysikalische Untersuchung	
unterirdische Leitungen.....	29	Gaswerkerkundung	38
Vorkühler.....	24	Grundwasserproben	
Vorlagenberieselung.....	24	Gaswerkerkundung	37, 40
Waschflüssigkeiten.....	7, 9, 24	H	
Waschöl	24, 25	historische Erhebung	
Wasserabscheidung	29	Gaswerk	15
Zerstörungen durch Kriegseinwirkung.....	62	historische Erkundung	
Gaswerkerkundung		Gaswerk	15, 16
allgemeine Parameter	44	L	
Arbeitsschutz.....	20, 65	Lautmasse	26
Art und Umfang der Untersuchungen	37	leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe	
Berliner Blau.....	19	(LHKW)	
Beweisniveau 1.....	35	Gaswerkerkundung	44
Beweisniveau 2.....	36	leichtflüchtige Schadstoffe	
Beweisniveau 3.....	46	Gaswerkerkundung	48
Beweisniveau 4.....	49	Leitparameter	
Biomonitoring	38	Gaswerkerkundung	42
Bodenluftuntersuchung.....	38	Literatur	
Bodenproben	37, 40	Gaswerkerkundung	52
Bohrungen.....	39	Luxmasse	26
Bohrverfahren	39	N	
chemisch-physikalische Untersuchung.....	37, 42, 63	nähere Erkundung	
chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW).....	44	Gaswerk	46
DOC-Gehalt	44	O	
Dokumentation, Auswertung und Bericht.....	13, 20, 34, 60	orientierende Erkundung	
expositions- und emissionsrelevante		Gaswerk	36
Tatbestände.....	46	Ortsbegehung	
geophysikalische Untersuchungsmethoden	38	Gaswerkerkundung	19, 60
Grundwasserfließverhältnisse	64	P	
Grundwasserproben	37, 40	Personenbefragung	
historische Erkundung.....	59	Gaswerkerkundung	18, 59
immobile Schadstoffe	37	Personenschutz	
Informationsquellen.....	59	Gaswerkerkundung	41
Kontaminationsbereiche	37	Probennahme	
leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe		Gaswerkerkundung	39
(LHKW)	44	R	
leichtflüchtige Schadstoffe.....	48	Rohgaskondensat.....	27
Leitparameter	42		
Leitparameter Gasreinigermasse.....	43		
Leitparameter Gaswerksteer	43		
Literatur	52		
Nutzungen.....	34		
Ortsbegehung	19, 60, 63		
Personenbefragung	18, 59		
Personenschutz.....	41		

S

Sanierung	
Gaswerk	49, 50
Schadstoffe	
Gaswerk	7, 10, 42
Gaswerkerkundung.....	37, 39, 48
Schürfe	
Gaswerkerkundung.....	39
Schwefelwasserstoff- und Cyanwasserstoffreinigung.....	26

Schwermetalle

Gaswerkerkundung	44, 48
------------------------	--------

Standortbegehung

Gaswerkerkundung	19, 60
------------------------	--------

T

Teer	4, 5, 7, 8, 23, 24, 27, 28
------------	----------------------------

U

Untersuchungsparameter

Gaswerkerkundung	42
------------------------	----