

**Altlastenhandbuch Teil I**  
**Altlastenbewertung**  
**Wasserwirtschaftsverwaltung Heft 18**  
**Ministerium für Umwelt und Verkehr**  
**Baden-Württemberg**  
**Kernerplatz 9**  
**70182 Stuttgart**

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

# Inhaltsverzeichnis

<b>VORWORT</b> .....	<b>1</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>2</b>
<b>2 DAS BEWERTUNGSVERFAHREN</b> .....	<b>4</b>
2.1 VORGABEN .....	4
2.1.1 Technische Vorgaben.....	4
2.1.2 Organisatorische Vorgaben.....	5
2.2 VERFAHRENSPRINZIP UND -ABLAUF.....	6
2.2.1 Verfahrensprinzip.....	6
2.2.2 Verfahrensablauf.....	7
2.3 STOFFGEFÄHRlichkeit .....	13
2.3.1 Stoffgefährlichkeit allgemein .....	13
2.3.2 Stoffgefährlichkeit in "Vergleichslage" .....	15
2.4 BERÜCKSICHTIGUNG DER ÖRTLICHEN VERHÄLTNISSE - TATSÄCHLICHES RISIKO .....	17
2.5 BEDEUTUNG DES SCHUTZGUTES - GEWICHTETES RISIKO .....	18
2.6 MAßGEBLICHES RISIKO .....	18
2.7 KENNNTNISSTAND UND BEWEISNIVEAU.....	19
2.8 VORGEHEN/HANDLUNGSBEDARF .....	23
2.9 HANDLUNGSBESTIMMENDES SCHUTZGUT/ DRINGlichkeit.....	25
<b>3 VORARBEITEN</b> .....	<b>26</b>
3.1 POTENTIELLE GEFAHRENHERDE .....	26
3.1.1 Grundwasser .....	26
3.1.2 Oberflächengewässer.....	29
3.1.3 Luft.....	30
3.1.4 Boden .....	31
3.2 HISTORISCHE ERHEBUNG.....	31
3.3 HISTORISCHE ERKUNDUNG.....	34
3.4 ALTLASTENBESCHREIBUNG UND DOKUMENTATION .....	36
<b>4 GEFAHRENEINSCHÄTZUNG UND HANDLUNGSBEDARF</b> .....	<b>41</b>
4.1 GEFAHRENEINSCHÄTZUNG UND HANDLUNGSBEDARF GRUNDWASSER .....	42
4.1.1 Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage .....	42
4.1.2 Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse - tatsächliches Risiko .....	44
4.1.3 Bedeutung des Schutzgutes .....	52
4.1.4 Maßgebliches Risiko .....	54
4.1.5 Kenntnisstand und Beweisniveau Grundwasser.....	54
4.1.6 Vorgehen/Dringlichkeit Grundwasser .....	54
4.1.7 Handlungsbestimmendes Schutzgut/Dringlichkeit.....	54
4.2 GEFAHRENEINSCHÄTZUNG UND HANDLUNGSBEDARF OBERFLÄCHENGEWÄSSER .....	54
4.2.1 Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage .....	54
4.2.2 Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse - tatsächliches Risiko .....	54
4.2.3 Bedeutung des Schutzgutes .....	60
4.2.4 bis 4.2.7.....	61
4.3 GEFAHRENEINSCHÄTZUNG UND HANDLUNGSBEDARF LUFT .....	61
4.3.1 Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage .....	62
4.3.2 Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse - tatsächliches Risiko .....	62
4.3.3 Bedeutung des Schutzgutes .....	67
4.3.4. bis 4.3.7.....	67

4.4 GEFAHRENEINSCHÄTZUNG UND HANDLUNGSBEDARF BODEN .....	68
4.4.1 Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage .....	69
4.4.2 Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse - tatsächliches Risiko .....	70
4.4.3 Bedeutung des Schutzgutes .....	73
4.4.4 bis 4.4.7 .....	74
4.5 SONSTIGE GEFAHREN .....	74
<b>5 BEISPIELE.....</b>	<b>75</b>
<b>ANLAGEN .....</b>	<b>88</b>
ANLAGE 1: WIRTSCHAFTSZWEIGE - STOFFE-MATRIX .....	88
ANLAGE 2: WIRTSCHAFTSZWEIG-ABFALLSTOFF-MATRIX.....	93
ANLAGE 3: ZUSAMMENSTELLUNG WIRTSCHAFTSZWEIG / STOFF / EINSATZBEREICH (BEISPIELE).....	95
ANLAGE 4: ZUSAMMENSTELLUNG WIRTSCHAFTSZWEIG / STOFF / ANLAGENTYP (BEISPIELE) .....	97
ANLAGE 5: HYDROGEOLOGISCHE STANDORTTYPEN .....	98
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>104</b>
<b>INDEXVERZEICHNIS.....</b>	<b>105</b>

## Vorwort

Aus der Zeit von der Neuordnung der Abfallbeseitigung in Bund und Ländern zu Beginn der 70er Jahre sind eine Vielzahl ehemaliger Müllkippen und „wilder“ Abfallablagerungen mit zum Teil gefährlichen Inhaltsstoffen zurückgeblieben. Zahlreiche Grundwasserschadensfälle haben deutlich vor Augen geführt, daß auch von ehemaligen Gewerbe- und Industrieflächen, soweit dort unsachgemäß mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wurde, erhebliche Gefahren für die Schutzgüter Wasser, Boden und Luft ausgehen können.

Neben der Vorsorge zur Vermeidung ähnlicher Risiken in der Zukunft ist die Behandlung vorhandener Altlasten eine zentrale umweltpolitische Aufgabe. Ihre Bewältigung erfordert

- die möglichst vollständige Erhebung aller altlastverdächtigen Flächen und zugleich
- die vorzugsweise Behandlung derjenigen kontaminierten Flächen, von denen Gefahren für Menschen oder Schutzgüter ausgehen können

Die effektive und wirtschaftliche Sanierung einer Altlast setzt genaue Kenntnisse über Art und Umfang des Schadstoffinventars, des Maßes des Austrags dieser Schadstoffe in die Schutzgüter sowie des Transportverhaltens der Schadstoffe innerhalb eines Schutzgutes voraus.

Die Erkundung altlastverdächtiger Flächen müssen zu nachvollziehbaren Bewertungen führen, die den Handelnden in Politik und Verwaltung in die Lage versetzen, dem Handlungsbedarf entsprechende Entscheidungen zu treffen. Das Altlastenhandbuch enthält hierzu wichtige fachliche Grundlagen.

Die erste Auflage des Altlastenhandbuches war innerhalb von 18 Monaten vergriffen. In der zweiten Auflage sind die Anwendungserfahrungen berücksichtigt worden, die inzwischen bei der Bewertung vieler hundert altlastverdächtiger Flächen gewonnen wurden.

Das Altlastenhandbuch ist als praktische Arbeitshilfe für Fachleute kopiert worden. Der sich ständig erweiternde Wissenstand auf dem noch relativ jungen Gebiet der Altlastenerfassung und -behandlung wird auch zukünftig in Fortschreibungen des Handbuches eingehen.

Stuttgart, im Dezember 1988

Dr. Erwin Vetter  
Minister für Umwelt des Landes Baden-Württemberg

# 1 Einleitung

Abfälle wurden in der Vergangenheit verhältnismäßig sorglos an Stellen abgelagert, die aus den verschiedensten Gründen geeignet erschienen. Diese "**Altablagerungen**" häuslicher, industrieller und gewerblicher Abfälle sowie Produktionsrückstände können erhebliche Umweltgefährdungen bewirken. Dies gilt auch für Flächen ehemaliger Industrie- und Gewerbebetriebe, auf denen vormals gefährliche Stoffe abgelagert wurden oder wo mit solchen Stoffen umgegangen wurde („**Altstandorte**“). Die Gesamtheit von Altablagerungen und Altstandorten wird als "**gefahrverdächtige Flächen**" bezeichnet.

Wenn nach fachlicher Beurteilung durch die zuständigen Behörden begründeter Verdacht besteht, daß von solchen Standorten eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung oder Gefahren bzw. Beeinträchtigungen für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt ausgehen können, dann werden sie als „Altlasten“ bezeichnet.

Die Bewertung von Altablagerungen und Altstandorten umfaßt sowohl gefahrverdächtige Flächen als auch Altlasten. Der Einfachheit halber wird im folgenden Text im wesentlichen von Altlasten gesprochen. Die Ausführungen gelten sinngemäß jedoch auch für die Bewertung von gefahrverdächtigen Flächen.

Von Altlasten abgegebene Stoffe können die **Schutzgüter** Grundwasser, Oberflächengewässer, Boden und Luft belasten. Bemerkte wurde dies häufig erst, nachdem diese Stoffe bereits die Schutzgüter erreicht hatten und z.B. bei der Trinkwasserversorgung zu Problemen führten. Dabei sind genauer Standort, Größe und Zusammensetzung sowie Verursacher der Altlasten zumeist unbekannt. Aufgrund einer ersten systematischen Erhebung sind in Baden-Württemberg bislang schon über 6500 Standorte von Altablagerungen registriert, von denen etwa 1200 im Einzugsgebiet von bestehenden oder möglichen Entnahmen für die öffentliche Trinkwasserversorgung liegen.

Es ist besonders vordringlich, solche Informationen und Daten zu sammeln bzw. sicherzustellen, die später nicht mehr oder nur mit großem Aufwand gewonnen werden können. Je länger mit der Erhebung der Daten gewartet wird, desto weniger Zeugen und Unterlagen werden noch verfügbar sein. Zudem gebietet die beschleunigte Umwidmung von Flächen, insbesondere in Ballungsräumen, oft unverzügliches Handeln, wenn man einen Standort ausreichend erkunden und bewerten sowie die Möglichkeit für seine künftige Sicherung und Sanierung offenhalten will.

Die Behandlung von Altablagerungen und Altstandorten stellt ein vielfältiges und komplexes Problem dar, das wegen seiner besonderen Bedeutung für die Umwelt schnell und konsequent angegangen werden muß. Dabei erfordert jeder Einzelfall eine besondere Bearbeitung. Gleichzeitig soll bei der Behandlung von Altlasten möglichst landeseinheitlich vorgegangen werden. Über eine Vielzahl von Altlasten sind jedoch nur geringe Kenntnisse vorhanden. Um der Aufgabenstellung unter diesen Randbedingungen gerecht zu werden, wurde ein neues Bewertungsverfahren entwickelt. Es läßt bereits auf der Grundlage weniger Informationen eine weitgehend einheitliche Beurteilung des jeweiligen Gefahrenpotentials zu und erlaubt Aussagen über die erforderlichen Maßnahmen. Dadurch ist es möglich, die risikoreichsten Altlasten

mit dem dringlichsten Handlungsbedarf kurzfristig für die weitere Bearbeitung (Erkundung, Sanierung) zu ermitteln. Das Verfahren ist besonders darauf ausgelegt, zunehmende Erkenntnisse, die im Zuge der stufenweisen Erkundung gewonnen werden, jeweils neu zu berücksichtigen.

Es zielt auch darauf ab, Experten effektiver einzusetzen und ihre Kommunikation untereinander zu erleichtern und das Ergebnis der Bewertung leicht nachvollziehbar zu dokumentieren. Das Verfahren ermöglicht im Interesse einer einheitlichen Bewertung ein enges Zusammenwirken zwischen der zentralen Fachbehörde - in Baden-Württemberg der Landesanstalt für Umweltschutz-, den örtlich zuständigen Behörden - den Unteren Wasserbehörden und Wasserwirtschaftsämtern - und anderen Fachbehörden.

Um sicherzustellen, daß gefahrverdächtige Standorte einheitlich und systematisch behandelt und auch wirtschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigt werden, wurde dieses Altlasten-Handbuch erarbeitet. Es gibt Hinweise zur Erhebung, Erkundung, Bewertung, Sicherung und Sanierung von Altlasten. Darüber hinaus enthält es Informationen, die für den verwaltungsinernen Gebrauch von Bedeutung sind.

Das Altlasten-Handbuch besteht bisher aus folgenden Teilen:

Teil I: Altlasten-Bewertung

Teil II: Untersuchungsgrundlagen.

Vorgesehen sind weitere Teile, u.a. ein Teil: „Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen“.

Der vorliegende Teil I des Altlastenhandbuches behandelt Erkennung, Erhebung und Beschreibung des gefahrverdächtigen Standorts, sowie vor allem die Abschätzung der von ihm ausgehenden Gefahr und die Ermittlung des Handlungsbedarfes (Bewertung), der sich daraus ergibt. Es wird eine systematische Vorgehensweise vorgestellt.

In Abschnitt 2 wird das Bewertungs-Verfahren zusammenhängend beschrieben. Abschnitt 3 erläutert die Vorarbeiten, die für eine Gefahreinschätzung und die Ermittlung des Handlungsbedarfs am einzelnen Gefahrenherd erforderlich sind. Im Abschnitt 4 werden - getrennt für die vier Schutzgüter Grundwasser, Oberflächengewässer, Luft und Boden - die Grundlagen und Hilfsmittel für die Anwendung des Bewertungsverfahrens aufgezeigt. Abschnitt 5 enthält schließlich Beispiele für Bewertungen, um das Vorgehen zusätzlich zu erläutern.

Rechtliche Gesichtspunkte zur Behandlung von Altlasten sind im vorliegenden Teil I des Altlasten-Handbuchs nicht angesprochen, da sie bei der - ausschließlich unter fachlichen Gesichtspunkten durchgeführten - Altlastenbewertung nicht von Bedeutung sind. Die rechtlichen Aspekte werden in Teil II behandelt.

## 2 Das Bewertungsverfahren

### 2.1 Vorgaben

#### 2.1.1 Technische Vorgaben

An Bild 1 sind die Gefahren veranschaulicht und erläutert, die von einer Altlast ausgehen können. Ein Gefahrenherd kann grundsätzlich Stoffe enthalten, welche die Schutzgüter gefährden. Diese Stoffe können ihre nachteilige Wirkung nur dann entfalten, wenn sie mit dem zu schützenden Gut tatsächlich in Berührung kommen. Bei der **Ermittlung der Gefahr** für die Schutzgüter Grundwasser, Oberflächengewässer, Luft und Boden sind - neben der Stoffgefährlichkeit selbst - folgende Bilanzgrößen und Prozesse zu unterscheiden:

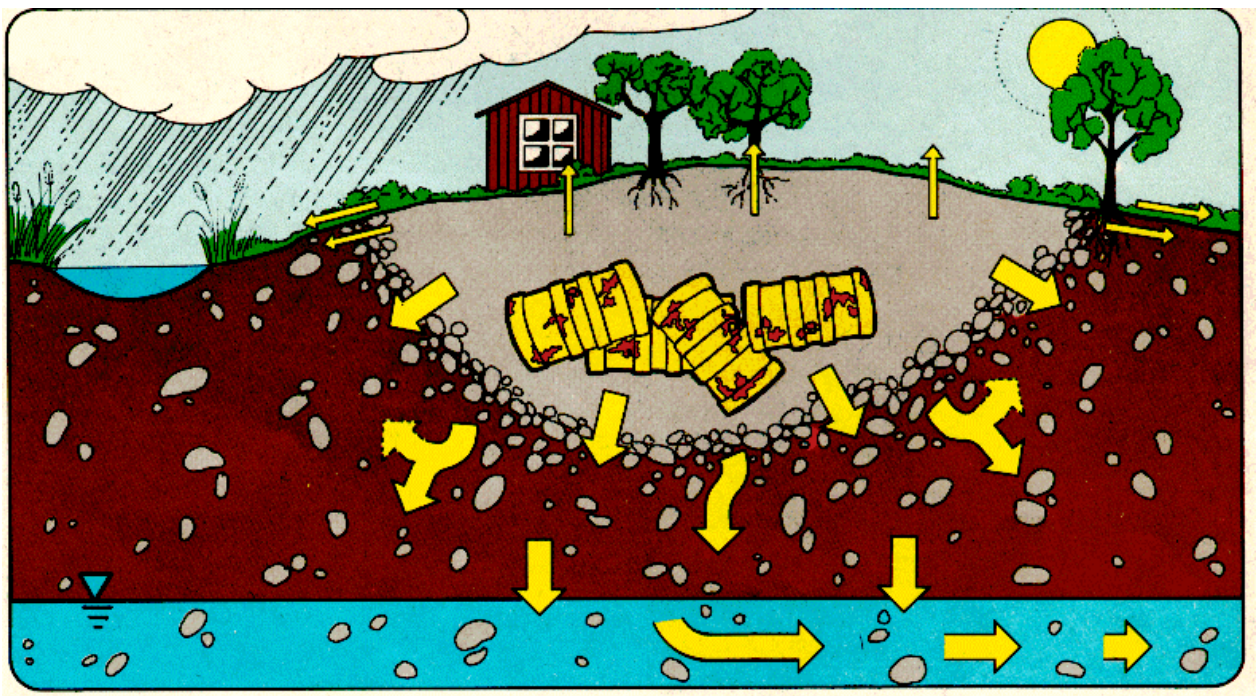
I Schadstoffaustrag aus der Altlast

II Schadstoffeintrag in das Schutzgut

III Transport und Wirkung im Schutzgut

Dabei repräsentiert der „Eintrag“ des Schadstoffes die Exposition des Schutzgutes. Der „Austrag“ ist dabei Voraussetzung, daß es zu einer Exposition überhaupt kommt.

Bild 1 zeigt schematisch die Zusammenhänge:



**Bild 1: Schadstoffaustrag, -eintrag, -transport und -wirkung**

**I Austrag:** Mit dem „Austrag“ wird die Menge des Schadstoffes beschrieben, welche die Altlast verläßt. Ausschlaggebend für die Größe des Austrags ist die Dichtheit bzw. die Rückhaltungswirkung des Materials, das die Altlast umgibt.

**II Eintrag:** Wenn der Schadstoff den Gefahrenherd verlassen hat, wandert er zum jeweiligen Schutzgut. Dabei ist die Beschaffenheit des Untergrund- bzw. Boden- und Abdeckmaterials von Bedeutung, welches der Schadstoff zu durchwandern hat. Hier können Abbau- und Sorptionsvorgänge stattfinden. Es können aber auch Remobilisierungseffekte auftreten. Das Ausmaß dieser Effekte ist dafür ausschlaggebend, welche Menge des Schadstoffes ins Schutzgut eingetragen wird.

**III Transport und Wirkung im Schutzgut:** Die ins Schutzgut eingetragenen Schadstoffe können dort einem weiteren Transport sowie einer weiteren Rückhaltung (insbesondere durch Abbau und Sorption) unterliegen. In welchem Umfang diese Effekte auftreten, hängt ebenso wie das Ausmaß möglicher Schadstoffwirkungen auf das Schutzgut - von der Beschaffenheit und den Eigenschaften des Schutzgutes ab.

Die Gefahreneinschätzung muß zu einer Entscheidung über ein angemessenes Vorgehen (**Handlungsbedarf**) am Gefahrenherd führen, das den Bedürfnissen der Praxis Rechnung trägt. Dabei kommen folgende Möglichkeiten in Betracht:

A: „Ausscheiden und Archivieren“

B: „Belassen“ zur Wiedervorlage

C: „Fachtechnische Kontrolle“

D: „Durchprüfen von Möglichkeiten zur Gefahrenminderung“

E: „Erkundung“

Die Darstellung in Bild 1 macht die Vielzahl von Faktoren deutlich, die bei der Gefahreneinschätzung zu berücksichtigen sind. Angesichts der Unterschiedlichkeit der Schadstoffe bei Altlasten und der Verschiedenheit der hydrogeologischen Verhältnisse in Baden-Württemberg sind bei der Gefahreneinschätzung und der Ermittlung des Handlungsbedarfs jeweils Einzelfall-Entscheidungen erforderlich.

## 2.1.2 Organisatorische Vorgaben

Trotz der Individualität dieser Einzelfälle muß nach übergreifenden Gesichtspunkten gesucht werden, die in gewissem Rahmen ein einheitliches Vorgehen erlauben. Dabei muß auch berücksichtigt werden, daß standortunabhängige und vertiefte Erkenntnisse über Stoffgefährlichkeit zumeist nur an einer zentralen Stelle der Verwaltung zusammengetragen werden.

Neben dem Handlungsbedarf soll das Bewertungsverfahren eine Abschätzung der Dringlichkeit von Maßnahmen erlauben. Dies muß bereits bei einem relativ niedrigen Kenntnisstand bzw. Stand der Erkundung möglich sein, was der Situation bei einer Vielzahl der vorkommenden Fälle in der Praxis entspricht.



Aufgrund der bisherigen Erfahrungen mit der Bewertung von Altlasten ist es notwendig, den verschiedenen Experten (Toxikologen, Chemiker, Ingenieure, Geologen) ihre Mitwirkungsgebiete eindeutig zuweisen zu können. Es sind Hilfsmittel für die Kommunikation untereinander zu schaffen, um das Ergebnis der Bewertung - auch Zwischen- und Teilergebnisse transparent zu machen. Der Sachverstand der zentralen Fachbehörde in Baden-Württemberg der Landesanstalt für Umweltschutz - muß mit den Kenntnissen der örtlich zuständigen Behörden - den Unteren Wasserbehörden und den Wasserwirtschaftsämtern - und anderer Fachbehörden (z.B. Geologisches Landesamt, Gesundheitsamt, Gewerbeaufsichtsamt, Landwirtschaftsamt) verbunden werden und zusammenwirken, um eine fachgerechte und möglichst einheitliche Bewertung zu erreichen.

Schließlich muß in einem Bewertungsverfahren der ständig zunehmende Kenntnisstand leichten Eingang finden können. Dies gilt vor allem für neue Erkenntnisse, die im Zuge einer stufenweisen Erkundung gewonnen werden und für Ergebnisse technischer und wissenschaftlicher Untersuchungs-, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

Das Verfahren muß zu einer einfachen und übersichtlichen Dokumentation der Fakten führen, die für eine Bewertung maßgeblich sind. Dabei ist es besonders wichtig, daß Korrekturen, die aufgrund veränderter Kenntnisse vorgenommen werden, auch für einen Außenstehenden nachvollziehbar sind.

## **2.2 Verfahrensprinzip und -ablauf**

### **2.2.1 Verfahrensprinzip**

Obwohl die Vielfalt der Faktoren grundsätzlich Einzelfall-Entscheidungen erfordert, gibt es in gewissem Umfang Möglichkeiten eines einheitlichen Vorgehens.

Die technischen Vorgaben in Abschn. 2.1 zeigen, daß eine getrennte Betrachtungsweise der Gefahren für die einzelnen Schutzgüter Grundwasser, Oberflächengewässer, Luft und Boden - sinnvoll ist und Stoffgefährlichkeit, Austrag, Eintrag sowie Transport und Wirkung bei allen Schutzgütern in gleicher Weise entscheidend sind. Wesentliche Verfahrensschritte sind damit vorgegeben.

Das Bewertungsverfahren ist ein Analogie-Verfahren, das auf den Erfahrungen bekannter Fälle aufbaut. Es soll in erster Linie der vergleichenden Betrachtung der Vielzahl von Altlasten dienen, um daraus relativ einfach und kurzfristig die gefahrträchtigsten auswählen zu können. Es soll eine Festlegung der Prioritäten und eine Abstufung der Dringlichkeit der Maßnahmen ermöglichen.

Zur isolierten Betrachtung eines einzelnen Standortes, um dessen „absolute Gefährlichkeit“ zu ermitteln, ist das Verfahren allerdings nicht angelegt.

Das Verfahren läßt sich auch mit Erfolg anwenden, um die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Gefahrenminderung zu beurteilen. Diesem Gesichtspunkt wird künftig mehr Bedeutung zukommen. Bei der Kosten-Wirksamkeits-Betrachtung (s. Teil II) wird das Verfahren ebenfalls angewandt.

Das Verfahren berücksichtigt vier Stufen der Erkundung (Beweisniveau). Sie sind so gewählt, daß am Ende jeder Erkundungsstufe eine Neu beurteilung der Gefahr sowohl technisch als auch wirtschaftlich sinnvoll ist. Dadurch wird eine fachliche und wirtschaftliche Optimierung der jeweils aufgrund der Bewertung erforderlichen Maßnahmen erreicht und die Verhältnismäßigkeit der aufgewendeten Mittel sichergestellt.

Es ermöglicht die Beurteilung eines Standortes bereits auf der Basis eines geringen Informationsstandes.

Häufig wird man auf Altlasten dadurch aufmerksam, daß eines der Schutzgüter nachteilig verändert worden ist. Maßnahmen können erst dann geplant bzw. durchgeführt werden, wenn eindeutig feststeht, welche Altlast dafür die Ursache ist. Voraussetzung für eine sachgerechte Bewertung ist eine gründliche Erkundung aller potentiellen Gefahrenherde. Ausführliche Hinweise hierzu gibt Abschnitt 3.1.

Wenn ein Gefahrenherd ermittelt worden ist, müssen die Informationen darüber so umfassend wie möglich zusammengestellt werden, bevor eine Bewertung durchgeführt wird. Dazu gehört z.B. das Studium von Akten, die Befragung von Zeugen, die Auswertung von Karten und Luftbildern (näheres s. Abschn. 3.2).

## 2.2.2 Verfahrensablauf

Die Altlastenbewertung erfolgt in mehreren Schritten. Die einzelnen Bewertungsschritte werden nacheinander, aber insoweit unabhängig voneinander durchgeführt, als jeweils nur die für den einzelnen Schritt relevanten fachlichen Gesichtspunkte einbezogen werden. Dadurch wird eine Entflechtung des Sachverstandes ermöglicht und die Berücksichtigung neuer Erkenntnisse sowie das Nachvollziehen des Bewertungsgangs erleichtert.

Ausgehend von einer Stoffgefährlichkeit ( $r_0$ ), die unter Zugrundelegung einer standardisierten Lagerungssituation („Vergleichslage“) für das schadstoffbelastete Abfall- und Bodenmaterial ermittelt wird, schätzt man in drei Verfahrensschritten ab, wie weit sich die tatsächlichen örtlichen Verhältnisse hinsichtlich Austrag (I), Eintrag (II), Transport und Wirkung (III) risikomindernd bzw. -erhöhend ( $r_I$ ,  $r_{II}$ ,  $r_{III}$ ) auswirken. Der Einfluß der örtlichen Verhältnisse wird hierbei jeweils in Multiplikatoren, den sogenannten m-Werten ( $m_I$ ,  $m_{II}$ ,  $m_{III}$ ) ausgedrückt. Die schrittweise Anpassung des Risikos an die örtlichen Verhältnisse erfolgt damit nach:

$$\begin{aligned} r_I &= m_I \cdot r_0 \\ r_{II} &= m_{II} \cdot r_I \\ r_{III} &= m_{III} \cdot r_{II} \end{aligned}$$

Das so ermittelte tatsächliche Risiko ( $r_{III}$ ) wird entsprechend der Bedeutung des Schutzgutes in einem vierten Verfahrensschritt gewichtet ( $r_{IV} = m_{IV} \cdot r_{III}$ ).

Im Regelfall ist dieses Risiko dann maßgebend für das weitere Vorgehen (maßgebliches Risiko R).

Um nach Abschätzung des maßgeblichen Risikos zum Handlungsbedarf zu kommen, ist es notwendig, das Beweisniveau (BN) zu charakterisieren. Durch Kombinationen mit dem maß-

geblichen Risiko läßt sich auf einfache Weise über eine Matrix der Handlungsbedarf ableiten (vgl. Abschn. 2.8).

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Verfahrensschritte noch ausführlich beschrieben.

Grundlagen und Ergebnisse der Bewertung sowie mündliche und schriftliche Stellungnahmen von Experten müssen in einem Protokoll niedergelegt werden. Damit sollen die getroffenen Entscheidungen - z.B. für eventuelle rechtliche Auseinandersetzungen, Schadensersatzansprüche u.a. nachvollziehbar bleiben. Daneben wird ein landeseinheitlicher EDV-gerechter Bewertungsbogen (siehe Bild 2a) zur Dokumentation der Bewertungsergebnisse angelegt. Darin werden der Kenntnisstand und die Auswirkungen, die sich jeweils daraus auf das Bewertungsergebnis ergeben, zusammenfassend ggf. mit einem Vermerk zur Zuordnung zum Protokoll - dokumentiert. Außerdem werden die Zahlenangaben für r, m, R und BN übersichtlich festgehalten. Ergänzend sind Angaben über die Qualität der vorliegenden Informationen (festgestellt = „F“, vermutet = „V“, unbekannt = „U“) zu machen. Als „Handlungsbedarf“ wird dann der aus der Handlungsmatrix abgeleitete Handlungsbedarf (A, B, C, D, E<sub>1-2</sub>, E<sub>2-3</sub>, E<sub>3-4</sub>) (s. Kap. 2.8) eingetragen. Die konkreten technischen Maßnahmen zur Realisierung des Handlungsbedarfs, z.B. das Niederbringen einer Grundwassermeßstelle oder chemisch-physikalische Untersuchungen im Grundwasser sind nach den Vorgaben des Teil II des Altlasten-Handbuches festzulegen. Im Bild 2 b ist der früher verwendete Bewertungsbogen dargestellt, auf den die graphische Randgestaltung der nachfolgenden Kapitel noch abgestimmt ist. Im Vorfeld der rechnergestützten Datenverarbeitung war darauf noch die gemeinsame Darstellung mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender Bewertungen vorgesehen.

Für jedes Schutzgut ist ein gesonderter Bewertungsbogen anzulegen. Wenn an einem Gefahrenherd verschiedene Stoffgruppen räumlich getrennt vorkommen bzw. unterschiedliche Lager- und Untergrundverhältnisse vorliegen, kann es angezeigt sein, getrennte Bewertungsbögen anzulegen.



Schadstoffeintrag $m_{II}$	Bewertungsrelevante Sachverhalte	m-Wert-Auswirkungen
F V U		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Mächtigkeit der ungesättigten Zone .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Boden- und Gesteinsart .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Schichtung, Durchlässigkeit .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Änderung der Schadstoffkonzentration (Sorption, Abbau, Mobilisierung?) .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> .....	_____	_____
Begründung der Bewertung (falls abweichend vom „Standard“) .....		_____
$\Delta r_{II} = -,-; r_{II} = -,-$		$m_{II} = -,-$
Schadstofftransport und -wirkung $m_{III}$		
F V U		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Grundwasserfließgeschwindigkeit .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Parameteränderung (pH, pe ...) .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Änderung der Schadstoffkonzentration (Sorption, Abbau, Mobilisierung?) .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> .....	_____	_____
Begründung der Bewertung (falls abweichend vom „Standard“) .....		_____
$\Delta r_{III} = -,-; r_{III} = -,-$		$m_{III} = -,-$
- 4 -		
Bedeutung des Schutzgutes $m_{IV}$		
F V U		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Nutzung (nicht nutzbar, nicht vorgesehen, möglich, findet statt) .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Vorbelastung des Grundwassers .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Schonbereich .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Wasserschutzgebiet .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Aufbereitung (möglich, vorhanden) .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> alternative Versorgungsmöglichkeit .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> private Nutzung (Trink- oder Brauchwasser) .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Restfließzeit bis Entnahmestelle .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Verdünnungseffekt (Größe des Dargebots, Schadstoffmenge) .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> .....	_____	_____
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> .....	_____	_____
Begründung der Bewertung (falls abweichend vom „Standard“) .....		_____
$\Delta r_{IV} = -,-; r_{IV} = -,-$		$m_{IV} = -,-$
Bemerkungen, Erläuterungen		
Maßgebliches Risiko R .....	_____	R = -,-
Beweisniveau BN .....	_____	BN = -
Handlungsbedarf .....	_____	(Schl. AL 11) _____

<b>Bewertungsbogen</b>	
Gefahrenverdächt. Standort nähere Standortbeschreibung	Stoffgruppe Schutzobjekt
1. Bewertung	2. Bewertung
Bearbeiter ..... Datum .....	Bearbeiter .....
0. Stoffgefährlichkeit	$r_0 = \dots\dots\dots$
I. Austrag	$m_I = \dots\dots\dots \Delta r_I = \dots\dots\dots r_I = \dots\dots\dots$
II. Eintrag	$m_{II} = \dots\dots\dots \Delta r_{II} = \dots\dots\dots r_{II} = \dots\dots\dots$
III. Transport/Wirkung	$m_{III} = \dots\dots\dots \Delta r_{III} = \dots\dots\dots r_{III} = \dots\dots\dots$
IV. Bedeutung	$m_{IV} = \dots\dots\dots \Delta r_{IV} = \dots\dots\dots r_{IV} = \dots\dots\dots$
maßgebli. Risiko	$R = \dots\dots\dots$
Beweis-niveau	Handlungsbedarf $BN = \dots\dots\dots$
Maßnahmen	

überholt

	Regionalschlüssel / PLZ / Gemeinde Kennziffer / Bezeichnung
<b>3. Bewertung</b>	
Nummer / Bearbeiter / Datum	
$r_0 = \dots\dots\dots$	<b>Bewertungsprofil</b> 0 1 2 3 4 5 6 Risiko in Vergleichslage ( $r_0$ ) 0 1 2 3 4 5 6 tatsächliches Risiko ( $r_{III}$ ) 0 1 2 3 4 5 6 gewichtetes Risiko ( $r_{IV}$ ) 0 1 2 3 4 5 6 maßgebliches Risiko (R)
$m_I = \dots\dots\dots \Delta r_I = \dots\dots\dots r_I = \dots\dots\dots$	
$m_{II} = \dots\dots\dots \Delta r_{II} = \dots\dots\dots r_{II} = \dots\dots\dots$	
$m_{III} = \dots\dots\dots \Delta r_{III} = \dots\dots\dots r_{III} = \dots\dots\dots$	
$m_{IV} = \dots\dots\dots \Delta r_{IV} = \dots\dots\dots r_{IV} = \dots\dots\dots$	
$R = \dots\dots\dots$	
Handlungsbedarf <span style="margin-left: 100px;">Handlungsbedarf</span> $BN = \dots\dots\dots$	
	Beweisebeneau 1 2 3 4 A B C D E 1-2 E 2-3 E 3-4

Bild 2: Bewertungsbögen

## 2.3 Stoffgefährlichkeit

### 2.3.1 Stoffgefährlichkeit allgemein

Ausgangspunkt für die Bewertung von gefahrverdächtigen Standorten bzw. Altlasten ist die Abschätzung der Gefährlichkeit des schadstoffbelasteten Abfall- und Bodenmaterials.

Weil die Wirkung des Stoffes je nach Schutzgut verschieden ist, ist die von diesem Material ausgehende Gefahr, die Stoffgefährlichkeit, für die Schutzgüter Grundwasser, Oberflächen-gewässer, Luft und Boden getrennt zu ermitteln.

Die Gefährlichkeit eines Stoffes hängt von verschiedenen Faktoren ab. Um ein möglichst zu-treffendes Bild von der tatsächlichen Gefahr zu bekommen, die von einem Stoff ausgeht, müssen diese Faktoren umfassend betrachtet werden. Dazu gehören:

- öko- und humantoxische Eigenschaften
- Möglichkeiten zur Bioakkumulation (z.B. Lipophilie),
- synergistische Effekte,
- Konzentration, Verteilung,
- Löslichkeit, Auslaugbarkeit, Mischbarkeit,
- Aggregatzustand, Konsistenz, Struktur, Dichte, Viskosität,
- Mobilität, Remobilisierbarkeit, Beständigkeit, Flüchtigkeit, Dampfdruck,
- Reaktivität mit Wasser, Wasserinhaltsstoffen und anderen Stoffen,
- mögliche Veränderungen durch Alterung,
- Langzeitverhalten, Stabilität, Abbaubarkeit, Abbaugrad, Metabolite, Persistenz
- Lagerungszustand bzw. Abschirmung,
- Art der Vorbehandlung, z.B. Verfestigung,
- Art des Einbaus, z.B. Verdichtung.

Die toxikologische Bewertung von Stoffen mit geringen Schadstoffkonzentrationen macht häufig große Schwierigkeiten, weil die notwendigen Daten vielfach fehlen. Erkenntnisse aus der klassischen Human-Toxikologie lassen sich nicht direkt übertragen. Die Wirkung von Schadstoffen aus Altlasten auf den Menschen erfolgt meistens indirekt. Es müssen natürliche und technische Barrieren (z.B. Deponiesohle) überwunden werden. Damit gewinnt die ökotoxikologische Bewertung an Bedeutung - zum einen direkt in bezug auf die Schutzgüter Wasser, Boden und Luft, zum anderen indirekt in bezug auf den Menschen, wenn man davon ausgeht, daß eine Beeinträchtigung der Schutzgüter auch für den Menschen schädlich sein kann. Beispielhaft seien die Bewertungskriterien einiger Systeme zur Stoffbewertung aufgeführt:



**Beratungsgremium für umweltrelevante Altstoffe (BUA)**

- Vorkommen in Wasser, Boden, Luft,
- mögliche Anreicherung in der Nahrungskette,
- Abbaubarkeit in Wasser und Luft,
- akute Toxizität für Wasserlebewesen und Säugetiere,
- erbverändernde, krebserzeugende Eigenschaften.

**Ökotoxikologische Profilanalyse nach Korte u.a.**

- Bioakkumulation für Algen und Fische,
- Retention,
- biologische Abbaubarkeit,
- Photomineralisation.

**Einstufung im Katalog wassergefährdender Stoffe**

- akute orale Säugetiertoxizität,
- akute Bakterientoxizität,
- akute Fischtoxizität,
- biologische Abbaubarkeit.

**EG-Entwurf zur Klassifizierung von Substanzen als „gefährlich für die Umwelt“**

- potentielle Verteilung in der Umwelt (aus der Flüchtigkeit berechnet),
- Abbaubarkeit,
- Bioakkumulationspotential,
- akute Toxizität.

Alle Systeme berücksichtigen Daten zur Toxizität und zur möglichen Exposition. Die im konkreten Einzelfall bei der Altlastenbewertung vorhandene natürliche oder künstliche Barrierewirkung wird nicht berücksichtigt.

Dies geschieht beispielsweise in Bewertungssystemen der amerikanischen Environmental Protection Agency (EPA), des US-Staates New Jersey und der Freien und Hansestadt Hamburg, in denen der Einfluß der Barrierewirkung systematisch erfaßt und quantifiziert wird.

Im allgemeinen reichen die vorhandenen toxikologischen Daten nur in wenigen Fällen aus, z.B. bei bestimmten Metallsalzen. Bei der Vielzahl von organischen Stoffen kann man zwar auf Dateien und externe Datenbanken zurückgreifen, aber die Daten müssen sorgfältig ausgesucht und anhand der Originalliteratur von Fachleuten auf ihre Aussagekraft und Zuverlässigkeit für die Altlastenbewertung geprüft werden.

Es wird zu untersuchen sein, wie weit eine Beschränkung auf wenige Testmethoden für praktische Fragestellungen möglich ist. In Frage kommen hier z.B. der Daphnientest und ausgewählte Fischtests. Beziehungen zwischen chemischer Struktur und biologischer Wirkung werden derzeit intensiv untersucht. Dies könnte eine Möglichkeit zur Voraussage von toxischen Eigenschaften chemischer Substanzen bieten.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Bewertung der Stoffgefährlichkeit besteht darin, daß es speziell ausgebildete Ökotoxikologen bislang kaum gibt. Allein anhand von toxikologischen Daten und Kenntnissen sowie nach Abschätzung der Exposition (Austrag und Eintrag) können konkrete Fälle noch nicht so weit beurteilt werden, daß man sagen kann, ob und welche Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind oder welche Belastung an einem bestimmten Ort zumutbar ist. Hierzu müssen Bewertungssysteme angewandt werden, die in jedem individuellen Fall die Mitarbeit von Fachleuten verschiedener Fachrichtungen erfordern. Die Entscheidung, was aufgrund einer bestimmten Belastungssituation im Einzelfall zu tun ist, muß auch bei Anwendung von Bewertungssystemen dem vor Ort tätigen Fachmann mit der nötigen Entscheidungsfreiheit überlassen werden. Die Entwicklung eines entsprechenden EDV-gestützten „Expertensystem - Stoffgefährlichkeit“, das die Fachbehörden bei der Bearbeitung der konkreten Fälle und der landeseinheitlichen Ermittlung eines „Risiko-Wertes in Vergleichslage“, des  $r_0$ -Wertes unterstützen soll, ist derzeit in Entwicklung. Die zahlreichen von der LfU bereits getroffenen Entscheidungen bei der Prüfung der Ablagerbarkeit eines Stoffes auf Deponien geben die Datenbasis für das System ab. Eine wachsende Zahl an Beurteilungen wird eine immer zuverlässigere Festlegung des  $r_0$ -Wertes erlauben. Das System soll es ermöglichen, die Vielzahl von Faktoren, die bei derartigen Entscheidungen von Einfluß sind, effektiv zu berücksichtigen. Es soll im Dialog eine Hilfe bei der Auswahl und Bewertung der Daten bieten, die im konkreten Fall zur Verfügung stehen. Damit sind auch statistische Auswertungen möglich.

Die bereits bestehenden „Stoff-Datenbanken“ liefern auf Anfrage bislang nur eine Fülle von schwer auszuwählenden und zu beurteilenden Einzeldaten.

### 2.3.2 Stoffgefährlichkeit in "Vergleichslage"

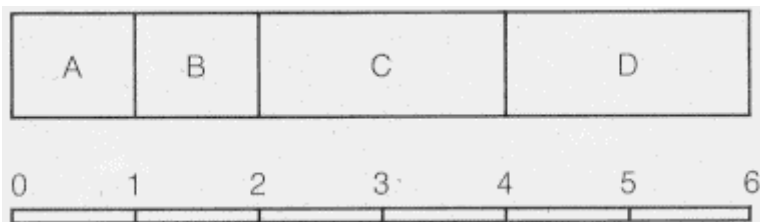
Die Gefahren, die von einem Stoff ausgehen, lassen sich nur dann bewerten, wenn seine Lage bekannt ist. In Baden-Württemberg mußte bereits in vielen Fällen bei der Prüfung der Depo- nierbarkeit eines Stoffes über dessen Gefährlichkeit für die Schutzgüter Grundwasser, Ober- flächengewässer, Luft und Boden befunden werden. Dabei handelte es sich in den meisten Fällen um die Lage in einer Hausmülldeponie, die nach den Regeln der Technik eingerichtet ist und betrieben wird. Je nach der Gefährlichkeit des Stoffes in dieser Lage wurden dabei unterschiedliche Schutzvorkehrungen festgelegt. Bewertet man das schadstoffbelastete Bo- den- und Abfallmaterial einer Altlast so, als ob es in einer solchen Hausmülldeponie lagern würde, dann läßt sich auch für diesen Stoff - wendet man die gleichen Grundsätze an - ein hypothetischer Handlungsbedarf ableiten. Es läßt sich dann beurteilen, ob der Stoff für eine Deponierung zu gefährlich ist (D), unter fachlicher Kontrolle gelagert werden kann (C), oder ob diese Kontrolle nicht nötig ist (B) bzw. der Stoff gänzlich ungefährlich ist (A). Als Hand- lingsbedarf gem. Abschn. 2.1.1 ergibt sich dann im Fall D: das „Durchprüfen von Möglich- keiten zur Gefahrenminderung“, im Fall C: „fachtechnische Kontrolle“, im Fall B: „Belassen in der Altlastendatei“ und im Fall A: „Ausscheiden und Archivieren“.

Auf dieser Basis ist es nun möglich, in einem ersten Bewertungsansatz die Gefährlichkeit ver- schiedener Stoffe miteinander zu vergleichen und unter Anwendung einheitlicher Grundsätze einen Handlungsbedarf abzuleiten. Um eine differenzierte Einstufung vornehmen zu können, werden im weiteren Verfahrensablauf anstelle der Buchstaben Ziffern verwendet, wie nach- folgend bildlich dargestellt wird. Dies ist hilfreich, wenn es darum geht, eine größere Anzahl

von Standorten vergleichend zu bewerten und Prioritäten festzulegen, oder wenn umfangreiche Analysenergebnisse über die chemisch-physikalische Zusammensetzung und das Verhalten des Abfall- bzw. Bodenmaterials vorliegen, die eine weitergehendere Differenzierung erlauben. Auch bei der Gefahrenbeurteilung gestatten die Zahlenwerte eine bessere Anpassung bei der Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse, wie sie nachfolgend erläutert wird.

Aufgrund von Stoffbeschreibungen, Analysenwerten, chemischen Bindungsformen, welche die in Abschn. 2.3.1 genannten wesentlichen Eigenschaften kennzeichnen, sowie Verpackung und Verteilung des Schadstoffes im Abfall und Bodenmaterial wird dieser Zahlenwert zwischen 0 und 6 gewählt und als  $r_0$ -Wert bezeichnet.

Handlungsbedarf in Vergleichslage



Risiko  $r_0$  in Vergleichslage

Die vorn erwähnte hypothetische Lage in der Hausmülldeponie wird hier als „Vergleichslage“ bezeichnet. Dabei handelt es sich um eine nach den Regeln der Technik eingerichtete und abgeschlossene Hausmülldeponie, wie sie im Deponiemerkblatt der LAGA vom 01.09.1978 dargelegt sind.

Die charakteristischen Merkmale sind:

- Gestaltung, Abdeckung, Bewuchs und Unterhaltung der Oberfläche nach den Regeln der Technik,
- kein Fremdwasserzufluß,
- Abdichtung der Deponiesohle mit mineralischer Dichtung,  $k_f$ -Wert kleiner als  $10^{-8}$  m/s,
- geordnete Entwässerung der Sohle

Der  $r_0$ -Wert ist für diese Bedingungen zu ermitteln. Der tatsächliche Handlungsbedarf, bei dem zusätzlich der Einfluß der örtlichen Verhältnisse berücksichtigt wird, wird in den weiteren Schritten des Verfahrens bestimmt. Rückhalte-Effekte, die auf dem Weg zum Schutzgut und im Schutzgut selbst auftreten, werden - entsprechend den jeweiligen örtlichen Verhältnissen - dabei eingehender berücksichtigt.

Die Abschätzung der Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage erfolgt zweckmäßigerweise durch das örtlich zuständige Wasserwirtschaftsamt. Um jedoch landesweit ein möglichst einheitliches Vorgehen sicherzustellen, ist eine zentrale Begutachtung der festgelegten Risiken in Vergleichslage und der dafür maßgeblichen Kriterien besonders wichtig. Sie soll durch die Landesanstalt für Umweltschutz in Karlsruhe erfolgen. Das erwähnte EDV-gestützte Expertensystem soll künftig diesen Bewertungsvorgang unterstützen.

Der Kenntnisstand über die Stoffgefährlichkeit muß in den Bewertungsbogen eingetragen werden. Beispiele für Bewertungen sind in Abschnitt 5 aufgeführt.

## 2.4 Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse - tatsächliches Risiko

Die Anpassung der „**Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage ( $r_0$ )**“ an die örtlichen Verhältnisse erfolgt in drei Verfahrensschritten.

1. Im ersten Verfahrensschritt wird berücksichtigt, wieviel von dem Schadstoff den Gefahrenherd verläßt, d.h. wie groß der **Austrag** ist.
2. Im zweiten Verfahrensschritt wird einbezogen, wieviel von dem ausgetragenen Schadstoff bei dem Schutzgut ankommt, d.h. wie groß der **Eintrag** ist. Dabei ist von Bedeutung, wie sich der Schadstoff nach Art und Menge **auf dem Weg** zum Schutzgut verändert.
3. Im dritten Verfahrensschritt wird berücksichtigt, wie sich Art und Menge des Schadstoffes beim **Transport** im Schutzgut verändern und welche **Wirkung** von dem eingetragenen Schadstoff auf das Schutzgut ausgeht.

Schadstoffaustrag, -eintrag, -transport und -wirkung werden dabei nicht in absoluten Größen abgeschätzt. Statt dessen werden die tatsächlichen örtlichen Verhältnisse des Einzelfalls bezüglich des Schadstoffaustrags, -eintrags, -transports und der -wirkung mit jeweils definierten Verhältnissen in der Vergleichslage verglichen, und dabei lediglich abgeschätzt, ob sich die örtlichen Verhältnisse gegenüber der jeweiligen Vergleichslage gefahrenvermindernd oder -erhöhend auswirken. Hierin besteht der besondere Vorteil des Verfahrens bei der Anwendung in der Praxis.

Die bereits erwähnten Multiplikatoren (**m-Werte**) werden hierbei weniger der rechnerischen Verknüpfung der Risikowerte (r-Werte) wegen eingeführt, sondern zur Erleichterung der Verständigung unter Sachverständigen in Arbeitskreisen bzw. Entscheidungsgremien und des Vergleichs von Entscheidungen.

Die m-Werte lassen sich außerdem leicht dokumentieren und erlauben ggf. eine zentrale Auswertung mit einem Datenverarbeitungssystem. Die Multiplikatoren eignen sich hier in besonderer Weise, weil sich mit ihnen die örtlichen Verhältnisse meist gut charakterisieren lassen. Die Risiko- bzw. -abschläge ergeben sich nämlich bei gleicher Lage meist in erster Näherung proportional zum Ausgangsrisiko. So rechtfertigt z.B. das Fehlen einer Oberflächenabdeckung im Falle eines lagernden Sonderabfalles mit einem  $r_0$ -Wert von 5,5 einen größeren Risikozuschlag als im Falle eines Bauschuttes mit  $r_0$  von 1,5. Drückt man die örtlichen Verhältnisse „Fehlen einer Oberflächenabdeckung“ durch einen m-Wert als r-Wert-Multiplikator aus, ist dieser Tatsache Rechnung getragen.

Die Vergleichslage ist für jedes Schutzgut für jeden der genannten Verfahrensschritte so festgelegt, daß sie geläufige und hinsichtlich der Gefährdung der Schutzgüter „mittlere“ Verhältnisse repräsentiert. In bezug auf den Schadstoffaustrag werden in der Praxis bei nahezu allen Altlasten ungünstigere, bezüglich des Schadstoffeintrags, -transportes und der -wirkung dagegen sowohl günstigere als auch ungünstigere Verhältnisse als in der Vergleichslage auftreten.

In Abschnitt 4 sind die fachlichen Grundlagen für die praktische Anwendung des Bewertungsverfahrens dargestellt. In Abschnitt 5 sind Bewertungsbeispiele enthalten. Dort sind in den einzelnen Verfahrensschritten zusätzlich zu den Multiplikatoren sogenannte  $\Delta r$ -Werte errechnet, welche die eigentlichen Risikozu- bzw. -abschläge in absoluten Zahlen wiedergeben:

$$\begin{aligned}\Delta r_I &= r_I - r_0 \\ \Delta r_{II} &= r_{II} - r_I \\ \Delta r_{III} &= r_{III} - r_{II} \\ \Delta r_{IV} &= r_{IV} - r_{III}\end{aligned}$$

der  $\Delta r$ -Wert charakterisiert den Einfluß der jeweiligen Verfahrensschritte auf das Gesamtergebnis. Seine graphische Darstellung in einem Bewertungsprofil am rechten Rand des Bewertungsbogens soll den mit der Bewertung einhergehenden Abschätzungs- und Gewichtungsvorgang erleichtern.

Mehrfachbewertungen von Einflußfaktoren in verschiedenen Verfahrensschritten sind zu vermeiden. Dies kann dann schwierig sein, wenn sich Einflußfaktoren einem einzelnen Verfahrensschritt nicht eindeutig zuordnen lassen.

Bei geringem Kenntnisstand kann es angebracht sein, anstelle von Einzelwerten Wertebereiche („Bandbreiten“ in den Bewertungsbogen einzutragen. Im Zuge fortschreitender Erkundung wird dann die Bandbreite geringer.

## 2.5 Bedeutung des Schutzgutes - gewichtetes Risiko

Bei der Vielzahl der Altlasten müssen Prioritäten für die Bearbeitung festgelegt werden. Dazu wird das tatsächliche Risiko entsprechend der aktuellen und zukünftigen Bedeutung des Schutzgutes gewichtet. Daraus ergibt sich dann das „gewichtete Risiko“. Auch dieser Schritt kann im Bewertungsbogen dargestellt werden, indem das tatsächliche Risiko mit einem weiteren Faktor multipliziert wird. Dadurch wird eine vorrangige Bearbeitung der Altlasten ermöglicht, die ein Risiko für bedeutende Schutzgüter bergen. Durch diese Vorgehensweise wird sowohl eine maximale Gefahrenminderung ermöglicht als auch ein effektiver Einsatz der begrenzten finanziellen und personellen Mittel sichergestellt.

## 2.6 Maßgebliches Risiko

Das **maßgebliche Risiko** bestimmt das zur Behandlung der Altlast gebotene Vorgehen. In den meisten Fällen wird als maßgebliches Risiko das gewichtete Risiko gewählt. Grundsätzlich erscheint bei jeder Altlast eine Ermittlung der Risikozu- und -abschläge bis hin zum gewichteten Risiko sinnvoll. Es können aber auch Gründe vorliegen, ein anderes ermitteltes Risiko als maßgeblich anzusehen. So sind Fälle denkbar, daß Abbau und Rückhaltung des Schadstoffes auf dem Weg zum Schutzgut, im Schutzgut sowie dessen Bedeutung nicht berücksichtigt werden (maßgebliches Risiko  $R = r_1$ ). Dies ist u.U. angemessen bei kleinen Altlasten (Bagatellfälle), bei denen die Sanierung sinnvoller ist als die langfristige Beobachtung.

Welches Risiko als maßgeblich angesehen wird, ist im Bewertungsbogen zu vermerken und kurz zu begründen.

## 2.7 Kenntnisstand und Beweismiveau

Bei Altlasten sind die Kenntnisse normalerweise unzureichend sowohl über den ursprünglichen Geländezustand als auch über Veränderungen, die in der Vergangenheit zu verschiedenen Zeiten stattgefunden haben. Die vorhandenen Daten über Art und Menge der abgelagerten Stoffe sind häufig ebenfalls wenig aussagekräftig, da es sich zumeist um Abfallstoffe bzw. flüssige Abfälle handelt, für deren Zusammensetzung sich lange Zeit niemand interessierte. Für die Bewertung der Gefahrenlage müssen daher viele Daten geschätzt werden. Erst über die in den 70er Jahren angelegten Deponien liegen wenigstens Unterlagen über die örtlichen Verhältnisse und baulichen Maßnahmen sowie Angaben über die Abfallzusammensetzung vor.

Gewöhnlich ist bei Altablagerungen ein hoher Erkundungsaufwand notwendig, ehe über Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen entschieden werden kann und bevor sie durchgeführt werden können. Im Zuge dieser Erkundungsmaßnahmen zeigt sich dann, ob die Gefahrenbeurteilung, welche vor der Erkundung abgegeben wurde, aufrechterhalten werden kann oder korrigiert werden muß. Nicht selten ergeben sich erhebliche Veränderungen.

Das Verfahren berücksichtigt, wie in Abschnitt 2.2 dargestellt, vier verschiedene Erkundungsstände (Beweismiveau, BN). Sie sind so gewählt, daß am Ende jeder Erkundungsstufe eine Beurteilung der Gefahr sowohl technisch als auch wirtschaftlich sinnvoll ist. Daraus ergeben sich folgende **Erkundungsstufen**:

- E<sub>0-1</sub>: Erkundung bis BN 1 - **Historische Erkundung**
- E<sub>1-2</sub>: Erkundung von BN 1 nach BN 2 - **orientierende bzw. indikative Erkundung**
- E<sub>2-3</sub>: Erkundung von BN 2 nach BN 3 - **nähere bzw. Gesamterkundung**
- E<sub>3-4</sub>: Erkundung von BN 3 nach BN 4 - **eingehende Erkundung für Sanierungs- bzw. Sicherheitsvorschläge.**

Der Ablauf von stufenweiser Erkundung und Bewertung ist in Bild 2 schematisch dargestellt.

Die nach fachlichen Gesichtspunkten erfolgte Bewertung einer Altlast setzt als Mindestinformationsstand das Beweismiveau 1 voraus. Wenn der Kenntnisstand bei einer gefahrverdächtigen Fläche das Beweismiveau 1 noch nicht erreicht hat, muß als Voraussetzung für die fachliche Gefahreinschätzung die historische Erkundung erfolgen bzw. ergänzt werden.

Da die Kosten für die Erkundung mit jeder Stufe überproportional ansteigen, ist ein abgestuftes Vorgehen besonders wichtig. Wenn sich dadurch eine gefahrverdächtige Fläche schon in einem früheren Erkundungsstadium als ungefährlich herausstellt, lassen sich erhebliche Kosten einsparen, weil unnötige Maßnahmen vermieden werden.

Erfahrungen in den Niederlanden mit einem vergleichbaren stufenweisen Vorgehen bei der technischen Erkundung (in Baden-Württemberg : E<sub>0-1</sub>, E<sub>1-2</sub>, E<sub>2-3</sub>, E<sub>3-4</sub>) ergaben folgendes Bild der durchschnittlichen Kosten :

- |           |       |   |        |       |
|-----------|-------|---|--------|-------|
| 1. Stufe: | 5000  | - | 15000  | DM/ha |
| 2. Stufe: | 15000 | - | 50000  | DM/ha |
| 3. Stufe: | 50000 | - | 150000 | DM/ha |

Die vier Stufen des Beweisniveaus werden folgendermaßen definiert:

#### **Beweisniveau 1:**

**Historische Erkundung** abgeschlossen, historische Daten sind ausgewertet.

Informationen und Unterlagen zum Standort und seiner Umgebung sind ausgewertet. Die Entscheidung, ob der Standort aus der Altlastendatei auszuschneiden oder weiter zu erkunden ist, kann getroffen werden.

Beispiele:

- Akten wurden gesichtet und ausgewertet,
- Zeugen wurden vernommen,
- Luftbilder wurden ausgewertet,
- vorhandene chemisch-physikalische Daten zum Standort und seiner Umgebung wurden gesichtet und ausgewertet,
- vorhandene Gutachten (geohydrologische, geologische, bodenkundliche, wasserwirtschaftliche) wurden gesichtet,
- Vertreter des Wasserwirtschaftsamtes haben eine Begehung und eine örtliche Erhebung am Standort durchgeführt,
- einfache Beobachtungen an Flora und Fauna wurden durchgeführt.

#### **Beweisniveau 2:**

Indikative bzw. **orientierende Erkundung** abgeschlossen.

Die Altlast ist durch erste Stichproben und in der Regel wenig aufwendige Messungen so weit erkundet, daß zu erkennen ist, ob gefährliche Kontaminationen vorhanden sind. Art und Umfang der Kontamination sind noch nicht umfassend bekannt. Es ist möglich zu entscheiden, ob die gefahrverdächtige Fläche weiter zu untersuchen ist oder ob sie aus der Altlastendatei auszuschneiden bzw. für den Fall von Nutzungsänderungen darin zu belassen ist. Für den letzteren Fall können Auflagen und Bedingungen hierfür festgelegt werden.

Beispiele:

- chemisch-physikalische Untersuchungen
  - mit beschränktem Aufwand (Summen oder Leit-Parameter)
  - an vorhandenen oder einfach herzustellenden Meß- und Probennahmestellen
- Beobachtung von Flora und Fauna durch Fachbehörde (passives Biomonitoring, s. Altlasten-Handbuch, Teil II, Abschn. 1.6).

**Beweisniveau 3 :**

**Nähere** bzw. Gesamt-**Erkundungen** abgeschlossen.

Durch ergänzende Messungen ist die Altlast so weit erkundet worden, daß ein Überblick über Art und räumliches Ausmaß der Schadstoffbelastung möglich ist. Die Entscheidung, ob eine fachtechnische Kontrolle ausreicht oder ob weiter zu erkunden ist, kann getroffen werden. Art und Umfang der Kontrollen können festgelegt werden.

Beispiele:

- umfassende chemisch-physikalische Untersuchungen, erforderlichenfalls an zusätzlich einzurichtenden Meßstellen
- Beobachtung von Flora und Fauna durch Spezialisten
- ungefähre Abschätzung der Schadstoffausbreitung, z.B. Berechnung aufgrund geschätzter Kennwerte.

**Beweisniveau 4:**

**Eingehende Erkundung für Sanierungs- und Sicherungsvorschläge** abgeschlossen.

Die Altlast ist durch ergänzende Untersuchungen so weit erkundet, daß alternative Sicherungs- und Sanierungsvorschläge entwickelt und beurteilt werden können. Es kann die Entscheidung getroffen werden, ob der Standort fachtechnisch zu kontrollieren oder ob Möglichkeiten zur Gefahrenminderung geprüft werden müssen. Art und Umfang der Kontrollen und Sanierungsziele können festgelegt werden.

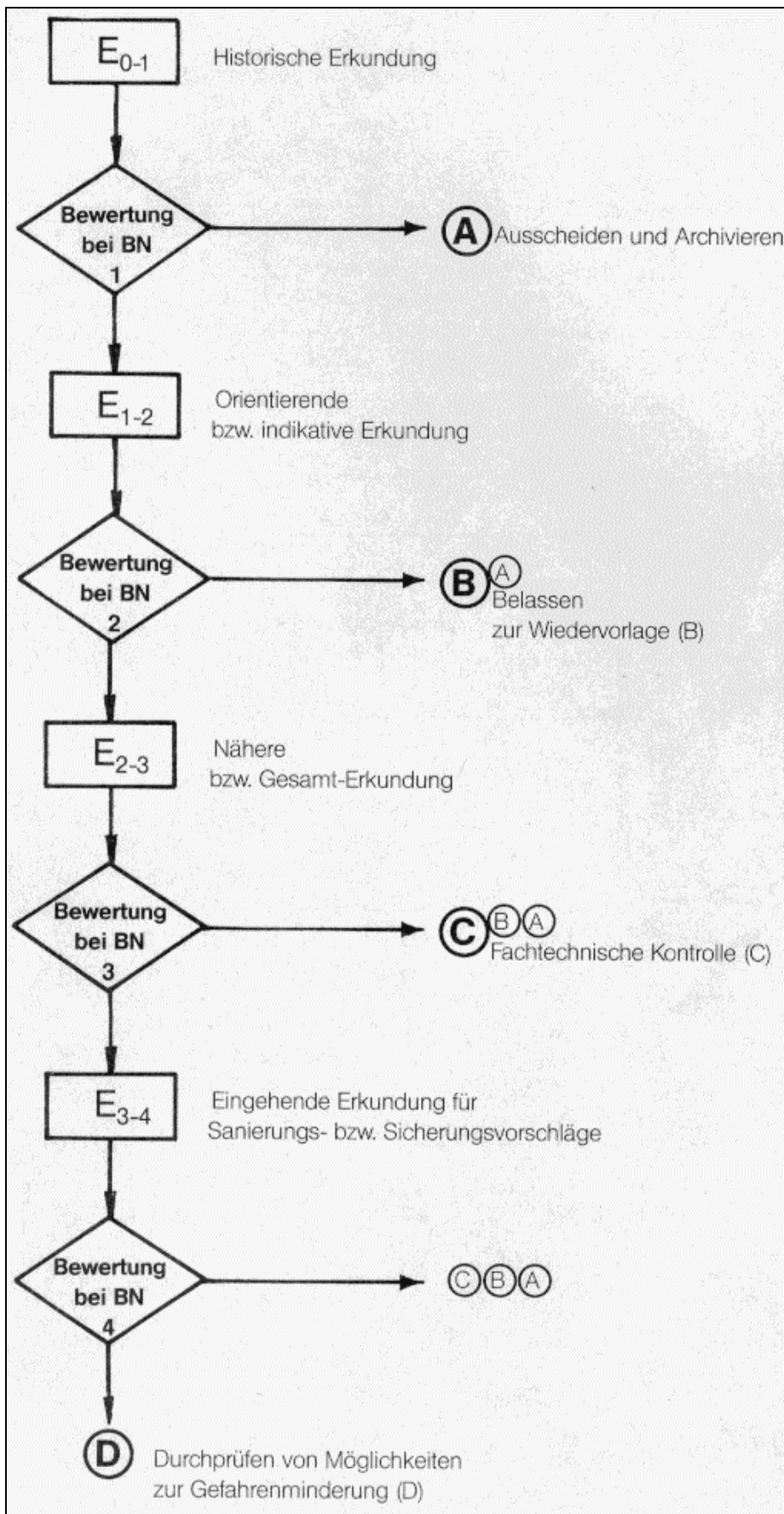
Beispiele:

(Erkundungen, aufbauend auf BN 3)

- umfassende chemisch-physikalische Untersuchung (in engerem Raster und über einen längeren Zeitraum),
- Ermittlung der Schadstoffausbreitung (Hochrechnung, Modellrechnung aufgrund gemessener Daten),
- Beobachtung von Flora und Fauna durch Spezialisten (eventuell Biotest und aktives Monitoring; s. Altlasten-Handbuch Teil II, Abschn. 1.6).

Unter Berücksichtigung der genannten Beispiele und Definitionen ist bei der Bewertung eines Gefahrenherdes festzulegen, welches Beweisniveau der Einschätzung insgesamt zugrunde liegt. Das Beweisniveau ist in den Bewertungsbogen einzutragen.

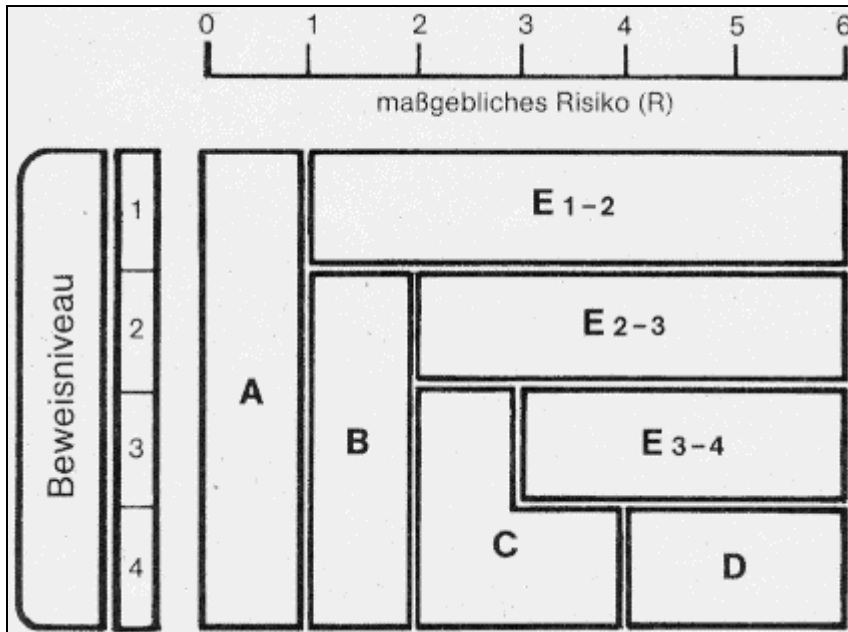




**Bild 3: Ablaufschema stufenweiser Erkundung und Bewertung**

## 2.8 Vorgehen/Handlungsbedarf

Wenn das maßgebliche Risiko (vgl. Abschn. 2.6) und der Kenntnisstand (vgl. Abschn. 2.7) festgelegt sind, dann läßt sich das Vorgehen (Handlungsbedarf) aus der folgenden Matrix ersehen. Auf der Höhe des Beweinsniveaus ist horizontal und in Höhe des maßgeblichen Risikos vertikal in die folgende Matrix einzugehen, siehe Bild 3:



**Bild 4 : Ermittlung des Handlungsbedarfs**

Mit zunehmenden Kenntnissen und wiederholter Gefahrenbeurteilung läßt sich das Vorgehen immer wieder überprüfen und ggf. korrigieren (s. auch Beispiele in Abschn. 5). In den folgenden Beispielen ist der aus der Handlungsmatrix abgeleitete Handlungsbedarf (A, B, C, D, E<sub>0-1</sub>, E<sub>1-2</sub>, E<sub>2-3</sub>, E<sub>3-4</sub>) als Basis mit dem als Hochzahl angefügten maßgeblichen Risiko als Kurzzeichen verwendet worden.

## Beispiele:

- |   |
|---|
| <p>1. Erdaushub abgelagert in Vergleichslage<br/>R = 0,5<br/>Daten historisch verlässlich<br/>BN 1<br/>Vorgehen : A = Ausscheiden aus der Altlastendatei (Kurzbezeichnung im Bewertungsbogen A<sup>0,5</sup>)</p> <p>1a. Wie Beispiel 1, jedoch ungünstigere örtliche Verhältnisse als in Vergleichslage.<br/>R = 1,1<br/>Vorgehen : Erkundung von BN 1 nach BN 2<br/>E<sub>1-2</sub></p>   |
| <p>2. Bauschutt abgelagert in Vergleichslage,<br/>R = 1,5<br/>Beschaffenhheitsdaten anhand von Stichproben überprüft<br/>BN 2<br/>Vorgehen : B = Belassen in der Altlastendatei<br/>B<sup>1,5</sup></p> <p>2a. Wie Beispiel 2, jedoch ungünstigere örtliche Verhältnisse als in Vergleichslage<br/>R = 2,2<br/>Vorgehen : Erkundung von BN 2 nach BN 3<br/>E<sub>2-3</sub></p>  |
| <p>3. Weitgehend mineralisierter Hausmüll, abgelagert in Vergleichslage,<br/>R = 2,5<br/>bestätigt durch Erkundungen, die einen Überblick über die Gefahrenlage ermöglichen<br/>BN 3<br/>Vorgehen : C fachtechnische Kontrolle<br/>C<sup>2,5</sup></p> <p>3a. Wie Beispiel 3, jedoch ungünstigere örtliche Verhältnisse als in Vergleichslage<br/>R = 3,3<br/>Vorgehen : Erkundung von BN 3 nach BN 4<br/>E<sub>3-4</sub></p> <p>3b. Wie Beispiel 3, jedoch BN = 2, da Gesamtüberblick über Gefahrenlage noch nicht erreicht.<br/>Vorgehen : Erkundung von BN 2 nach BN 3<br/>E<sub>2-3</sub></p> |
| <p>4. Galvanikschlamm zusammen mit Hausmüll in Vergleichslage abgelagert,<br/>R = 4,5<br/>Durch umfassende Erkundungsmaßnahmen bestätigt, die bereits auf Sanierungsziele hin ausgerichtet waren<br/>BN 4<br/>Vorgehen: D = Durchprüfen von Möglichkeiten zur Gefahrenminderung<br/>D<sup>4,5</sup></p> <p>4a. Wie Beispiel 4, jedoch ungünstigere örtliche Verhältnisse als in Vergleichslage<br/>R = 5,7<br/>Vorgehen: D = Durchprüfen von Möglichkeiten der Gefahrenminderung,<br/>D<sup>5,7</sup>,<br/>d.h. höhere Dringlichkeit als bei Beispiel 4 (vgl. folgenden Abschn. 2.9)</p>          |

## 2.9 Handlungsbestimmendes Schutzgut/ Dringlichkeit

Können von einer Altlast mehrere Schutzgüter betroffen sein, wird für jedes Schutzgut eine Gefahreinschätzung einschließlich der Ermittlung des Handlungsbedarfs durchgeführt.

Vor der Planung oder Durchführung entsprechender Maßnahmen (A, B, C, D, E<sub>0-1</sub>, E<sub>1-2</sub>, E<sub>2-3</sub>, E<sub>3-4</sub>) ist der aus der Gefahreinschätzung bei allen Schutzgütern resultierende Handlungsbedarf zusammenzustellen. Dabei sind auch die sonstigen Gefahren gemäß Abschnitt 4.5 zu berücksichtigen. Als handlungsbestimmendes Schutzgut einer Altlast wird dasjenige ermittelt, für das sich ggf. ein Handlungsbedarf D ergibt. Ansonsten wird das höchste maßgebliche Risiko zur Feststellung des handlungsbestimmenden Schutzgutes herangezogen. Erforderliche Maßnahmen nach C, D oder E sind in diesen Fällen so auszuwählen, daß unter Berücksichtigung aller betroffenen Schutzgüter der größtmögliche Effekt erzielt wird. Dies ist nicht zuletzt aus Kostengründen geboten.

Bei der Prioritätenfestlegung bzw. bei der Ermittlung der Dringlichkeit einzelner Maßnahmen wird nach denselben Grundsätzen verfahren. Mit höchster Dringlichkeit werden solche Altlasten bearbeitet, für die sich ein Handlungsbedarf D ergibt. Danach hat sich die Dringlichkeit nach der Höhe des maßgeblichen Risikos - ggf. des handlungsbestimmenden Schutzgutes - zu richten.

## 3 Vorarbeiten

Die systematische Aufarbeitung der Altlastenproblematik erfordert eine vollständige, flächen-deckende Erhebung aller möglichen gefahrverdächtigen Flächen. Prioritäten für ein zeitlich abgestuftes Vorgehen können nur dann sachgerecht festgelegt werden, wenn ein ausreichender Überblick über die potentiellen Gefahrenherde besteht.

Daneben muß im Rahmen der Behandlung einer bestimmten Altlast eine umfassende Erhebung möglicher weiterer Gefahrenherde in deren Umfeld durchgeführt werden, um den direkten Zusammenhang zwischen Altlast und Schutzgutbeeinträchtigung abzuklären.

### 3.1 Potentielle Gefahrenherde

Nach den Erfahrungen der Vergangenheit kristallisieren sich bestimmte Typen von altlastver-dächtigen Flächen heraus, bei denen eine Kontamination der Schutzgüter am ehesten zu be-fürchten ist.

- Deponie
- Ablagerung
- Aufhaldung
- Aufschwemmung
- Schlammteich
- Versickerungsstelle
- Unfallstelle
- Industrie- und Gewerbestandort

Geordnet nach den verschiedenen Schutzgütern kommen, dafür die im folgenden beschriebenen Standorte in Frage.

#### 3.1.1 Grundwasser

Grundwasser kann verunreinigt werden durch gelöste feste, flüssige, suspendierte und gas-förmige Schadstoffe, die ins Grundwasser gelangen oder durch Schadstoffe, die durch chemi-sche und/oder biologische Reaktionen mit/im Untergrund bzw. Grundwasser entstehen.

Für **Altablagerungen** wurden folgende Flächen bevorzugt in Anspruch genommen :

- Senken, Mulden, Niederungen,
- Bombentrichter,
- Hohlwege,
- Klingen,
- Feuchtgebiete, Brachflächen,
- Ton-, Kies-, Lehm - und Sandgruben,
- Steinbrüche,

- Seitenarme von Gewässern.

Die Auffüllungen bzw. Aufschüttungen können bestehen aus (**Stoffgruppe** gemäß Bewertungsbogen):

- ortsfremdem Erdaushub,
- Bauschutt,
- Hausmüll,
- Klärschlamm,
- Fäkalien,
- mineralischen Abfällen,
- Produktionsabfällen,
- industriellen Abfällen,
- Kampfmittelresten, Munition,
- hausmüllähnlichen Abfällen aus Gewerbe und Industrie,
- Rückständen aus Verbrennungsanlagen.

In der Anlage 1 (Wirtschaftszweig-Stoff-Matrix) und der Anlage 2 (Wirtschaftszweig-Abfallstoff-Matrix) sind Wirtschaftszweige aufgeführt, deren Produktions- und Betriebsstandorte als potentielle gefahrverdächtige Flächen betrachtet werden sollten. Es ist zu befürchten, daß dort eine Ablagerung oder Versickerung von Abfällen bzw. Arbeitsstoffen stattgefunden hat (**Altstandorte**). Hierbei muß man den Betriebs- und Anlagenstandort selbst, aber auch die für Ablagerungen geeignet erscheinenden Standorte in deren Umgebung, wie sie im obenstehenden Kasten aufgeführt sind, in Betracht ziehen. Standorte, die (früher) verkehrsgünstig lagen, müssen bevorzugt betrachtet werden.

Bei folgenden **Wirtschaftszweigen** ist die Wahrscheinlichkeit für eine Schadstoffbelastung besonders hoch. Dies gilt vor allem für die Bereiche Lagerung, Produktion, Be- und Verarbeitung, Ab- und Umfüllung sowie Anwendung von umweltgefährdenden Stoffen. Die ausschließliche Lagerung, der Handel und Vertrieb konfektionierter Ware ist in der Regel als weniger kritisch einzuschätzen.

- Chemische Industrie (Herstellung und Verarbeitung von chemischen Grundstoffen und Erzeugnissen, Chemikalienaufbereitung),
- Gaswerke, Kokereien, Teerverarbeitung,
- Eisenerzbergbau, NE-Metallerzbergbau,
- Metallverformung, Oberflächenveredelung, Härtung,
- Schmelzhütten, Gießereien, Stahlwerke, Walzwerke,
- Mineralölgewinnung,
- Mineralölverarbeitung,
- Altölaufbereitung,
- Chemische Reinigung,
- Gummi-Erzeugung und -Verarbeitung, z.B. Reifenherstellung, Vulkanisierwerke,
- Kunststoffherstellung und -verarbeitung,
- Lackierbetriebe,

- Verarbeitung von Asbest, Herstellung von Asbestzementwaren,
- Gerbereien (Ledererzeugung und -verarbeitung, Pelzveredelung),
- Druckereien, Vervielfältigung,
- Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung,
- Holzimprägnierwerke, Furnierwerke, Sperrholzwerke, Holzfaserplattenwerke, Holzspanplattenwerke und Abbeizbetriebe,
- Hersteller von Lacken und Anstrichmitteln und Konfektionieren dieser Produkte,
- Spraydosenabfüllbetriebe, Hersteller von Polyurethan-Formteilen, Formschaumhersteller
- Tierkörperbeseitigungsanstalten,
- Glashütten, Glasverarbeitung, Glasveredelung,
- Emailierbetriebe,
- feinkeramische Industrie,
- elektronische Industrie, insbesondere Leiterplattenherstellung,
- Herstellung von Batterien und Akkumulatoren,
- Textilgewerbe, z.B. Färben und Veredeln von Gewebe, Herstellung von beschichtetem Gewebe,
- Kfz-Werkstätten, Schrottplätze,
- Arzneimittelherstellung,
- Schmuckindustrie,
- Zwischenlagerung und Behandlung von Sonderabfall,
- Großhandlung und -lagerung von Chemikalien, Brenn- und Kraftstoffen, Dünge- und Pflanzenbehandlungsmitteln.

Dabei ist sowohl nach industriellem Einsatzbereich als auch Anlagentyp zu unterscheiden. Die beispielhaften Zusammenstellungen für einige Wirtschaftszweige und Stoffe in den Anlagen 3 und 4 verdeutlichen dies.

Darüber hinaus können auch an den folgenden Standorten Verunreinigungen aufgetreten sein:

- Lagerung von schadstoffbelasteten Schlämmen aus Oberflächengewässern (Baggergut),
- Verkehrsflächen, besonders an stark frequentierten Stellen oder Knotenpunkten, z.B. Autobahnen, Flughäfen, Güterbahnhöfen, Rangierbahnhöfen, Abstellgleisen, Bahnbetriebswerken, Zufahrtsstraßen zu Raffinerien, Chemiebetrieben u.a.,
- militärische Anlagen, z.B. Übungsplätze, Kasernen, Lagerstellen für Kampfmittel,
- luftimmissionsbelastete Flächen, beispielsweise im Bereich von Industriebetrieben mit starker Luftemission, von ungesichert gelagerten, leicht verwehbaren Schadstoffen,
- Unfallorte mit umweltgefährdenden Stoffen.

Bei großen industriellen und gewerblichen Standorten müssen gegebenenfalls Teilflächen davon als gefahrverdächtige Fläche für einen bestimmten Schadstoff angesehen werden.

Folgende Stellen innerhalb der genannten Standorte sind z.B. als besonders gefährdet durch wassergefährdende Stoffe anzusehen:

- Stellen, bei denen gefährliche Stoffe erzeugt, eingesetzt, umgeschlagen, behandelt oder abgefüllt werden,
- Lagerstellen für gefährliche Stoffe, z.B. Öl - und Brennstofflager, Faßlager, Altwarenlager, Lagerstellen für verunreinigtes Leergut, Abfallzwischenlager, Altölsammelstellen,
- Transportleitungen für gefährliche Stoffe,
- Abwasserbehandlungsanlagen, Pufferbecken, Leitungen, Pumpensümpfe,
- Abwasserriesel- oder -verregungsfelder; mit unzureichend oder nicht behandeltem Abwasser belastete Wassergräben,
- Schlammteiche, Schlamm-trockenbeete,
- Waschplätze.

Bei entsprechenden hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnissen (Infiltration) kann auch ein belastetes Oberflächengewässer zu einem Gefahrenherd für das Grundwasser werden.

### 3.1.2 Oberflächengewässer

**Oberflächengewässer** sind im wesentlichen durch die gleichen Gefahrenherde wie das Grundwasser betroffen. Ein Schadstoffeintrag durch folgende Ereignisse ist zu berücksichtigen:

- Abschwemmung (z.B. bei Starkregen, Hochwasser),
- Rutschungen, Windverfrachtungen,
- Brüche und Lecks von Gewässerverdolungen unter einem belasteten Standort,
- Zusickerung von belastetem Grundwasser.

**Oberflächengewässer** sind dann besonders gefährdet, wenn:

- sie unmittelbar an Gefahrenherde angrenzen, z.B. bei Ablagerungen an Teichen und Bächen oder Ablagerungen über verdolten Bächen,
- direkte Verbindungen zwischen Gefahrenherd und Gewässer, z.B. über Gräben oder Rohrleitungen, bestehen,
- Verbindungen des Oberflächengewässers mit den Gefahrenherden über das Grundwasser bestehen, z.B. bei porösem oder klüftigem Untergrund (Exfiltration in das Gewässer),
- der Gefahrenherd in hügeligem Gelände, insbesondere mit großen Oberflächenneigungen, liegt,
- der Gefahrenherd in Gebieten mit hohem Niederschlag liegt, insbesondere mit häufigen Starkregen,
- zur Zeit der Schneeschmelze, wenn mit einem hohen Wasserüberstau bzw. Wasserabfluß zu rechnen ist,



- Oberflächenwasser direkt auf Altdeponien und Ablagerungsplätze zufließt und dort infiltriert,
- die Unterhaltung und Wartung von Anlagen zur Oberflächen- und/oder Sickerwasserableitungen nicht auf Dauer gewährleistet ist.

Wenn ein Gefahrenherd verschiedene Oberflächengewässer beeinflusst, z.B. mehrere unterhalb gelegene Fischteiche oder Feuchtbiootope, ist in Abhängigkeit von deren Bedeutung zu prüfen, ob für jedes Schutzobjekt eine besondere Gefahrenbeurteilung durchgeführt werden muß.

Gefahrenherde, die Oberflächengewässer beeinträchtigen können, müssen nicht in jedem Fall auch das Grundwasser gefährden. Dies ist z.B. der Fall bei Schlammteichen, die gegen das Grundwasser abgedichtet sind, bei Flußsedimenten oder bei Ablagerungen am Rande von Oberflächengewässern.

### 3.1.3 Luft

Als Schutzgut wird hier sowohl die atmosphärische **Luft** als auch die Porenluft im Untergrund betrachtet. Eine besondere Schutzbedürftigkeit liegt bei atmosphärischer Luft in abgeschlossenen, von Menschen genutzten Räumen vor.

Bei der mikrobiellen Umsetzung organischer Stoffe unter anaeroben Bedingungen entstehen sogenannte Faulgase. Folgende Materialien kommen dafür in Frage:

- Hausmüll,
- Pflanzenabfälle (Trester, Laub),
- tierische Exkremente,
- organische Industrie- und Gewerbeabfälle (Gelatine, Bierhefe, Brennereirückstände).

Standorte, an denen diese Stoffe unter Ausschluß von Sauerstoff lagern, kommen als mögliche Gefahrenherde für das Schutzgut Luft in Frage. Durch Begleitstoffe kann sich die Schadwirkung der entstehenden Gase verstärken. Bei der gemeinsamen Ablagerung von gipshaltigen Abfällen mit Hausmüll wurde z.B. das Auftreten von hochgiftigem Schwefelwasserstoff festgestellt.

Auch bei der Ablagerung mineralischer Abfälle können toxische Gase entstehen. So entstehen z.B. bei Zutritt von Säuren zu Aluminium- oder Magnesiumkrätzen Ammoniak, elementarer Wasserstoff sowie Phosphor-, Schwefel- und Arsenwasserstoff. Wenn cyanidhaltige Härtesalze mit sauer reagierenden Stoffen gelagert werden, kann sich Blausäure bilden.

Es können auch flüssige oder feste Stoffe vorliegen, die aufgrund ihres Dampfdruckes gasförmig entweichen oder zusammen mit anderen Gasen ausgetragen werden können, z.B. leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe und niedrigmolekulare organische Säuren. Bei Umlagerung oder Freilegung von schadstoffbelastetem Material können ebenfalls Gefahren durch vorübergehenden, u.U. stoßartigen Austritt von Schadstoffen auftreten, wenn z.B. vorher abgeschlossene Lufträume geöffnet werden; Luftdruckveränderungen können erhebliche Mengen an Deponiegas freisetzen.

Unter besonderen Bedingungen kann es dadurch zu Explosionen oder Verpuffungen kommen, weil gewisse Gase schon in relativ geringer Konzentration mit Luft explosionsfähige oder

brennbare Gemische bilden können. Aber auch bei langsam ablaufenden Reaktionen können Gefahren für Menschen, Tiere und Pflanzen auftreten, wenn die Gase den Sauerstoff verdrängen (Erstickung) oder toxisch wirken.

Daneben müssen auch die Möglichkeiten der Entstehung von Aerosolen oder von Staub und die damit verbundenen Gefahren beachtet werden.

Zusammenfassend sind folgende Gefährdungsmöglichkeiten zu unterscheiden:

- Explosionen, Verpuffungen, Brände
- Vergiftungen, gesundheitliche Schädigung oder Beeinträchtigung,
- Verätzungen, Reizungen,
- Geruchsbelästigungen,
- Erstickung, Verdrängung von Atemluft,
- Aufhärtung von Grundwasser,
- Schädigung der Vegetation.

### 3.1.4 Boden

Unter „**Boden**“ als **Schutzgut** wird hier der eine Vegetationsdecke tragende und diese mit Wasser und Nährstoffen versorgende belebte Teil der Erdkruste verstanden, der durch Verwitterung, Tonmineralbildung, Humifizierung, Gefügebildung und Stoffverlagerung zu charakteristischen Profilen gestaltet worden ist.

Böden sind im wesentlichen durch die gleichen potentiellen Gefahrenherde betroffen wie das Grundwasser (vgl. Abschn. 3.1.1). Die Schadstoffe können durch direkte Versickerung, mit dem Oberflächen- und Sickerwasser, durch Wind in Form von Stäuben, durch Gase oder Dämpfe, aber auch durch landbauliche Bodenbewirtschaftung in den Boden eingetragen werden.

Eine **Gefährdung des Bodens** ist daneben durch alle die Schadstoffe gegeben, die den Untergrund oder das Abdeckmaterial während des Transports zu den Schutzgütern Grundwasser, Oberflächengewässer und Luft durchwandern und dabei teilweise zurückgehalten werden.

Ein schadstoffbelasteter Boden ist häufig zugleich Schutzobjekt und Ausgangspunkt von Beeinträchtigungen für andere Böden als Schutzobjekte.

## 3.2 Historische Erhebung

Im Rahmen der systematischen Sanierung von Altlasten müssen alle, insbesondere die im vorstehenden Abschnitt aufgeführten, möglichen altlastverdächtigen Flächen (Altablagerungen und Altstandorte) erhoben werden.

Dazu wird als erste Stufe eine **flächendeckende „historische“ Erhebung** durchgeführt. Ergebnis der historischen Erhebung sollen Hinweise sein, in welcher Zeit (wann?) mit welchen

Stoffen umgegangen (was?) und an welchen Standorten (wo?) sie wie gelagert oder abgelagert usw. wurden (wie?).

Die kurzfristige Durchführung der flächendeckenden historischen Erhebung ist besonders vordringlich, da mit fortschreitender Zeit immer weniger Zeugen und Unterlagen zur Verfügung stehen.

Die **flächendeckende historische Erhebung** ist sehr umfassend und weitgehend zu verstehen. Sie hebt nicht nur auf die erfahrungsgemäß tatsächlich gefahrrelevanten, sondern gezielt auf alle bereits altlastverdächtigen Flächen ab, um einen möglichst vollständigen Überblick zu erhalten. Von den erhobenen Flächen sind zunächst nur die folgenden „Mindestinformationen“ festzustellen, die ausreichen, um die Wahrscheinlichkeit des Gefahrverdacht abzuschätzen:

- Name/Bezeichnung,
- Standort/Lagebeschreibung (nähere Beschreibung, Gemeinde/Ortsteil, Straße/Gewann, Flurstück, K 25, Rechts- und Hochwert),
- Gewässernähe (Name/Bezeichnung, Lagebeschreibung),
- Art der gefahrverdächtigen Fläche,
- nähere Standortbeschreibung,
- vorliegende Stoffgruppe (womit wurde umgangen, was wurde produziert oder abgelagert),
- Ablagerungs-/Produktionszeitraum,
- Art des Umgangs, der Lagerung und Ablagerung,
- derzeitige Nutzung am Standort,
- gefährdete Schutzgüter,
- gefährdete Objekte und
- besondere Anhaltspunkte, Hinweise für mögliche Gefährdungen.

Um den Aufwand für die flächendeckende historische Erhebung zu begrenzen, werden dafür in erster Linie Quellen herangezogen, die diese Übersichts- und Querschnittsinformationen versprechen. Als Informationsquellen für die historische Erhebung kommen insbesondere in Frage:

- Akten der Wasserwirtschaftsämter,
- aktuelle und historische Stadtpläne,
- aktuelle und historische topographische Karten,
- eventuell vorliegende Luftbilder (keine systematische multitemporale Luftbilddauswertung),
- Bau- und Gewerbeakten sowie ggf. andere einschlägige Akten der Gemeinden,
- öffentliche und private Archive (Kommunen, Kammern, Verbände, Firmen, Medien),
- Landes- und städtische Adreßbücher aus verschiedenen Zeiten,
- Branchenverzeichnisse aus verschiedenen Zeiten,
- Öffentlichkeit (Zeitungsaufrufe, Informationsveranstaltungen) und
- private Initiativen.

Soweit erforderlich, sind auch orts- und geschichtskundige Personen (z.B. Behördenvertreter, Firmenmitarbeiter, Grundstückseigentümer usw.) zu befragen.

Die aufgrund dieser Informationsquellen festgestellten möglichen altlastverdächtigen Flächen sind auf jeden Fall in der Örtlichkeit zu besichtigen, um deren tatsächliche Relevanz zu überprüfen. Dabei können u.U. zusätzliche Befragungen von Anwohnern erfolgen.

Die Ergebnisse der historischen Erhebung werden in einheitlicher Form dokumentiert und in der „Verdachtsflächendatei“ erfaßt. Um eine evtl. spätere weitergehende standortspezifische historische Erkundung (vgl. Kap. 3.3) zu erleichtern, sollten die verwendeten Quellen bzw. deren Fundstellen möglichst präzise beschrieben werden. Die kartographische Dokumentation der gefahrverdächtigen Flächen erfolgt auf der topographischen Grundkarte (M 1:2500 bzw. 1:5000) sowie im „Wasser- und abfallwirtschaftlichen Atlas“ der Wasserwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg (M1:50000).

Auf der Grundlage der o. g. „Mindestinformationen“ werden die erhobenen altlastverdächtigen Flächen vom Wasserwirtschaftsamt daraufhin geprüft, ob eine Verunreinigung als wahrscheinlich anzusehen ist. Diese Prüfung beruht auf dem aktuellen Kenntnisstand der verschiedenen Fachbereiche des Wasserwirtschaftsamts. Die danach als besonders altlastverdächtig bestätigten Flächen werden weiter bearbeitet. In der Regel werden sie zunächst einer historischen Erkundung (vgl. Kap. 3.3) unterzogen (E). Die restlichen Flächen werden für eine weitere Bearbeitung zurückgestellt bzw. „belassen“ (B) oder endgültig ausgeschieden und archiviert (A).

Die Ergebnisse der historischen Erhebung einschließlich der Vorklassifikation der erhobenen altlastverdächtigen Flächen werden der Gemarkungsgemeinde mitgeteilt. Die Gemeinde entscheidet über die geeignete Form der Information der Öffentlichkeit. Eine offensive Öffentlichkeitsarbeit ist grundsätzlich zu empfehlen.

Auf jeden Fall sollte die Gemeinde die Informationen der historischen Erhebung bei der Bauleitplanung berücksichtigen. Insbesondere die mit „B“ und „E“ vorklassifizierten altlastverdächtigen Flächen sollten entsprechend der im Baugesetzbuch von 1986 vorgeschriebenen Kennzeichnungspflicht von Bodenbelastungen in den Flächennutzungs- und Bebauungsplänen dargestellt werden.

Die Fortschreibung der für ein bestimmtes Gebiet (z.B. Gemarkungsfläche) abgeschlossenen historischen Erhebung ist besonders wichtig, um „neue“ industrielle und gewerbliche Altstandorte, die durch Betriebsstillegungen und Nutzungsänderungen evtl. entstehen, zu erfassen. Sie sollte zweckmäßigerweise in Kooperation zwischen Wasserwirtschaftsamt und Gemarkungsgemeinde erfolgen, da die Gemeinde in der Regel von solchen altlastenrelevanten Veränderungen durch gewerberechtliche Um- oder Abmeldungen oder baurechtliche Anträge Kenntnis erlangt.

### 3.3 Historische Erkundung

Die **historische Erkundung** wird **standortspezifisch** durchgeführt. Sie hat das Ziel, über eine bekannte gefahrverdächtige Fläche bzw. Altlast (Altablagerung oder Altstandort) alle verfügbaren Informationen, die über die vorliegenden Verhältnisse und insbesondere die historische Entwicklung Aufschluß geben können, möglichst umfassend zusammenzutragen (vgl. dazu Auflistungen in Kap. 3.4). Technische Erkundungsmaßnahmen und chemisch-physikalische Untersuchungen sind nicht Bestandteil der historischen Erkundung.

Bei Altlasten, die bereits bearbeitet werden, sind die historischen Daten ggf. nachzuerheben. Außerdem kann auch bei Standorten, die bereits historisch erkundet wurden, im Rahmen der weiteren Bearbeitung eine wiederholte intensive Befassung mit dem historischen Material erforderlich werden.

Die historische Erkundung führt auf Beweisniveau 1. Ihre Ergebnisse sind Grundlage für die erste Bewertung des Standortes zur Ermittlung seines Gefährdungspotentials und des zu seiner weiteren Behandlung erforderlichen Handlungsbedarfs. Daher müssen die verfügbaren Informationen möglichst vollständig zugänglich gemacht werden, um eine möglichst fundierte Bewertungsgrundlage zu haben und erforderliche technische Erkundungsschritte gezielt und damit wirtschaftlich durchführen zu können. Der frühzeitigen Ermittlung des Polizeipflichtigen (Handlungsstörer, Zustandsstörer) kommt besondere Bedeutung zu, da dieser zu den Kosten für später notwendige technische Erkundungs-, Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen herangezogen werden kann.

Für das Ergebnis der historischen Erkundung ist es wichtig, Informationen, die nicht direkt standortspezifisch ermittelt werden können, soweit möglich mittelbar zu gewinnen. Je nach Fragestellung können sie z.B. aus einschlägigen Fachveröffentlichungen und regionalen thematischen Kartenwerken (z.B. geologische Karten, Flurabstandskarten, Grundwasserstandsplänen, Beschreibung hydrogeologischer Standorttypen, Wirtschaftszweige-Stoffe-Matrix, Wirtschaftszweig-Abfallstoffe-Matrix usw.) entnommen oder von nahegelegenen Aufschlüssen ggf. übertragen werden.

Bei der historischen Erkundung müssen die verschiedensten Quellen, die Aussagen über die betrachtete Fläche versprechen, möglichst umfassend genutzt werden. Quellen, die bereits für die historische Erhebung genutzt wurden, müssen ggf. einer vertieften Auswertung unterzogen werden.

- Akten staatlicher und kommunaler Stellen sowie privater Firmen und Betriebe,
- Plan- und Kartenunterlagen,
- Untersuchungsberichte, Gutachten usw.,
- Private und öffentliche Archive und
- Personenbefragungen.

Für die Aktenauswertung sind von besonderer Bedeutung die Unterlagen

- der Wasserwirtschaftsämter,
- der (unteren) Wasserbehörden (Landratsamt, Ordnungsamt, evtl. Regierungspräsidium) und

- der Gemarkungs-Gemeinden (insbesondere Bau- und Gewerbeakten, Grundbuch).

Aus diesen Akten kann in der Regel der überwiegende Anteil der verfügbaren Informationen entnommen werden. Gleichzeitig ergeben sich daraus häufig Hinweise für zusätzlich anzusprechende Stellen. Dafür kommen die folgenden Behörden in Frage, auf deren Befragung verzichtet werden kann, wenn entsprechende Hinweise nicht vorliegen:

- Gesundheitsbehörden,
- Gewerbeaufsichtsbehörden,
- Forstbehörden,
- Polizeibehörden,
- Naturschutz- und Landschaftspflegebehörden,
- Bergbehörden,
- Straßenbau- und -verkehrsbehörden,
- Vermessungsbehörden,
- Bundespost,
- Bundesbahn,
- Bundeswehr,
- Wasser- und Schifffahrtsverwaltung und
- Amtsgerichte (Konkursgericht, Handelsregister).

Folgende Plan- und Kartenunterlagen bieten sich im Rahmen der historischen Erkundung für eine Auswertung an:

- Kataster bzw. Flurkarten,
- Luftbilder,
- thematische Karten (wasser- und abfallwirtschaftlicher Atlas, geologische Karten, hydrogeologische Kartierung usw.) und
- Planunterlagen (Genehmigungs-, Bau-, Ausführungs- und Bestandspläne).

Unverzichtbar für die historische Erkundung ist die Auswertung von Untersuchungsberichten, Meßergebnissen, Gutachten usw.

- der Landesanstalt für Umweltschutz,
- des Geologischen Landesamtes und
- der Chemischen Landesuntersuchungsanstalt.

Die Auswertung von öffentlichen und privaten Archiven kann sich in der Regel auf die historische Erkundung von Altstandorten und dabei auf kommunale Archive sowie Chroniken und Jubiläumsschriften von Firmen beschränken. In Einzelfällen können kommunale und staatliche Archive auch wertvolle Informationen über Altablagerungen liefern.

Personenbefragungen sind ein wichtiger Bestandteil der historischen Erkundung. In Abhängigkeit von den Verhältnissen des Einzelfalls sollten sie sich erstrecken auf (ggf. ehemalige und aktive)

- Mitarbeiter der kommunalen Verwaltung (z.B. Bürgermeister, Ortsbaumeister usw.),
- Mitarbeiter von Firmen,
- Mitarbeiter von Entsorgungsfirmen,
- Deponiewärter,
- Grundstückseigentümer, -pächter usw. Und
- mit der Fläche örtlich und über einen längeren Zeitraum vertraute Forstbeamte, Landwirte, Feldhüter, Anwohner, regelmäßige Spaziergänger usw.

Um bei Personenbefragungen zusätzliche Informationen zu erhalten, kommt es darauf an, durch ausreichende Legitimation und evtl. Berufung auf andere Gesprächspartner eine Vertrauensbasis zu schaffen und dadurch die Hemmschwelle beim Gesprächspartner abzubauen. Außerdem sind gute Vorinformationen (Aktenlage, Standortkenntnisse) erforderlich, um die Befragungen gezielt durchführen zu können. Bei Zeugenaussagen muß versucht werden, diese durch andere Personen bestätigt zu bekommen.

Im Rahmen der historischen Erkundung sollte neben dem Studium von Akten und Unterlagen eine Begehung des zu erkundenden Standortes durchgeführt werden. Neben einem Gesamteindruck von den betrachteten Flächen können u.a. Erkenntnisse gewonnen werden über aktuelle Nutzungen am Standort und dessen Umgebung, vorhandene Sickerwasseraustritte, Vegetationsschäden oder -anomalien und die möglicherweise gefährdeten Schutzgüter. Eine Checkliste für die Ortsbegehung kann die Vollständigkeit der Informationen sicherstellen und deren Protokollierung erleichtern. Außerdem sollte auch eine fotografische Dokumentation erfolgen.

Neben der reinen Daten- und Informationssammlung sollten die wesentlichen Ergebnisse der historischen Erkundung in einem kurzen Sachstandsbericht zusammengefaßt werden. In Einzelfällen können in diesem Rahmen auch schematische Querschnitte mit angedeuteter Geologie erforderlich werden, um die Einbindung der Altlast in die direkte Umgebung darzustellen.

Wegen des mit fortschreitender Zeit zunehmenden Informationsverlustes, müssen auch die standortspezifischen historischen Erkundungen baldmöglichst durchgeführt werden.

### **3.4 Altlastenbeschreibung und Dokumentation**

Grundlage für die Behandlung jeder gefahrverdächtigen Fläche bzw. jeder Altlast ist ihre möglichst umfassende Beschreibung. Eine Beschreibung wird für alle festgestellten altlastverdächtigen Flächen der Kategorien „B“ und „E“ (vgl. Kap. 3.2) angelegt.

Die Beschreibung muß alle Informationen enthalten, die für die Beurteilung und Bewertung der Altlast interessant sind. Von besonderer Bedeutung sind Angaben über ihre geographische Lage, die jeweiligen Boden- und Untergrundverhältnisse, Art, Menge, eventuelle Vorbehandlung und Lagersituation der abgelagerten Stoffe, Überwachungs- und Kontrolleinrichtungen. Von der Richtigkeit und Vollständigkeit dieser Angaben hängt letztlich ab, welche Maßnahmen zur weiteren Erkundung ergriffen werden müssen. Die Altlastenbeschreibung hat daher im Bewertungsverfahren eine besondere Bedeutung.

Die Altlastenbeschreibungen müssen mit zunehmendem Kenntnisstand aufgrund weiterer Erkundungen und Untersuchungen laufend ergänzt und aktualisiert werden.

Für die Altlastenbeschreibung sollen einheitliche Formulare verwendet werden. Diese Formulare sollten gleichzeitig als EDV-Erfassungsbelege gestaltet sein, so daß die spätere Übernahme der Daten auf Datenträger problemlos möglich ist.

Die Beschreibung enthält im wesentlichen die folgenden Informationen:

Allgemeine Beschreibung:

- Nummer, Bezeichnung,
- Anschriften (Betreiber-, Zustands-, Handlungsstörer),
- Standort/Lagebeschreibung (Gemeinde Teilgemeinde, Flurstück, Gewann/Straße, Topkarten-Nummer, Nummer im wasserwirtschaftlichen Atlas, Rechts- und Hochwert, Geländehöhe, Flußgebiets-Kennziffer),
- Fläche, Tiefenlage, Volumen,
- Lage in Gewässernähe (Gewässer-Nummer, Lage am Gewässer, Uferabstand in Meter, Gewässer-km),
- Lage im Wasserschutzgebiet (Name/Bezeichnung, Schutzzone),
- Lage in wasserwirtschaftlichen Vorbehaltsgebieten (z.B. Überschwemmungsgebiete, Überflutungsflächen, mit Name/ Bezeichnung, Nummer),
- Lage in sonstigen Vorbehaltsgebieten (z.B. Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, mit Name/Bezeichnung, Objekt-Nr.),
- Gefahrverdächtiger Standort,
- Nähere Standortbeschreibung,
- Betriebszeitraum,
- Lage zum Grundwasser.

Stoffbeschreibung:

- Stoffart, -zustand und -menge
  - Einzelstoffe,
  - Stoffgemische,
  - Stoffverbindungen,
  - fest, flüssig, gelöst, emulgiert, suspendiert.
- Vorbehandlung vor Ablagerung/Versickerung
  - Zerkleinerung,
  - Mischung,
  - Homogenisierung,
  - Sortierung,
  - Auslese bestimmter Stoffe,
  - Verfestigung,
  - Verbrennung,



- Verschmelzung,
- chemisch-physikalische Behandlung.
- Einbau und Lagerung
  - Vermischung mit gefährlicheren bzw. weniger gefährlichen Stoffen,
  - getrennte Lagerung,
  - Versickerung (punktuell, flächig usw.),
  - Hüllmaterial,
  - Verpackung (Fässer, Gebinde usw.),
  - Kassetteneinbau,
  - Einbau in dichten Mulden,
  - Wirkung von Zwischenabdeckschichten,
  - Verdichtung,
  - Kippenbetrieb,
  - Verbrennung,
  - Geräteinsatz (Planierdrape, Kompakter usw.).

#### Sicherheits- und entsorgungseinrichtungen

- Sohlabdichtung,
- Oberflächenabdeckung, -abdichtung, Überdachung,
- seitliche Abschirmung,
- Bodenluftabsaugung,
- Sickerwassersammlung, -speicherung, -ableitung, -behandlung,
- Entgasung (Gasfassung, -ableitung, -behandlung, -beseitigung, -verwertung)
- Schutz- und Warneinrichtungen (Auffangwannen, opt. und akust. Warngeräte usw.),
- Niederschlagswasserableitung,
- Abwassersammlung, -behandlung, -beseitigung,
- bauliche Besonderheiten (z.B. Lage über Verdolung).

#### Betriebsprozesse und Strukturen

- Verarbeitungsprozesse (Stoffe, Mengen, Verfahren),
- Anlagenstandorte (z.B. Behälter, Becken, Umschlagplätze, Leitungen, Anwendungs-, Ver- und Bearbeitungsstellen),
- Anlagenbauten, -erweiterungen, -stillegungen und
- Kriegseinwirkungen, Explosionen, Brände usw.

### Metereologische, hydrologische, hydrogeologische und Bodenverhältnisse

- meteorologisches Gebiet,
- Niederschlagsverhältnisse (mittlerer Niederschlag),
- Windverhältnisse (Hauptwindrichtung),
- Grundwasserstände, Flurabstände,
- Grundwasserentnahmen, -infiltrationen,
- Grundwasserlandschaft,
- hydrogeologischer Standorttyp,
- geologisches Profil,
- vorhandene Meßeinrichtungen (Grund- und Oberflächenwasser, Boden, Luft, Gas mit Name/Bezeichnung, Nummer),
- vorhandene Untersuchungsergebnisse (Grund- und Oberflächenwasser, Boden, Luft, Gas).

### Mögliche Auswirkungen

- Schutz-, Vorbehalts- oder Vorranggebiete, (Wasser, Landschaft, Natur, Überschwemmung usw.),
- Gefährdungsmöglichkeiten (Wasser, Landschaft, Natur, Überschwemmung usw.),
- Nutzungsbeeinträchtigungen (Grund- und Oberflächenwasser, Boden usw.)

### Rechtsvorgänge

- Rechtsvorgänge
- Art des Rechtsvorgangs,
- zuständige Behörde,
- Daten,
- Fristen,
- Auflagen.

### Baumaßnahmen

- Baumaßnahmen
- ausführende Firmen,
- Ausführungszeit,
- Kosten für bauliche, maschinentechnische Anlagen, Steuer-, Mess- und Regeltechnik,
- sonstige Kosten (Ing.- Honorare, Erschließungskosten, Untersuchungskosten).

Die effektive Behandlung der Altlasten erfordert vor allem wegen ihrer großen Anzahl - eine sorgfältige Dokumentation aller in diesem Zusammenhang anfallenden Informationen.

In Baden-Württemberg werden die Daten, soweit möglich, in die bei den Wasserwirtschaftsämtern geführte EDV-gestützte landesweit einheitliche „Arbeitsdatei für wasser- und abfallwirtschaftliche Objekte mit Überwachungssystem“ übernommen. Die landesweite Einheitlichkeit der Arbeitsdatei bietet die Voraussetzung für weitergehende überregionale und zentrale Auswertungen durch die Landesanstalt für Umweltschutz. Im Rahmen des Umweltinformationssystems sollen diese Daten auch den anderen Behörden des Landes zur Verfügung gestellt werden.

Den EDV-Erfassungsbögen, die Grundlage für die Datenübernahme in die Arbeitsdatei sind, werden zusätzliche Informationen, die nicht auf Datenträger übernommen werden können, der Sachstandsbericht sowie Lagepläne, Schnitte usw. angeschlossen und zur „Standort-Akte“ zusammengefaßt.

Ergänzend zu den Sachinformationen sollten in der Dokumentation auch Hinweise über deren Zuverlässigkeit und Glaubwürdigkeit gegeben werden (z.B. Vermutung in Akten; Aussage aufgrund Erkundungsbohrung; bestätigte/unbestätigte Zeugenaussage usw.).

In der Standortakte müssen auch die Fundstellen der im Rahmen der historischen Erkundung gewonnenen Informationen angegeben werden, um bei Bedarf einen Quellennachweis führen bzw. in Einzelfällen später nochmals intensiv nachforschen zu können.

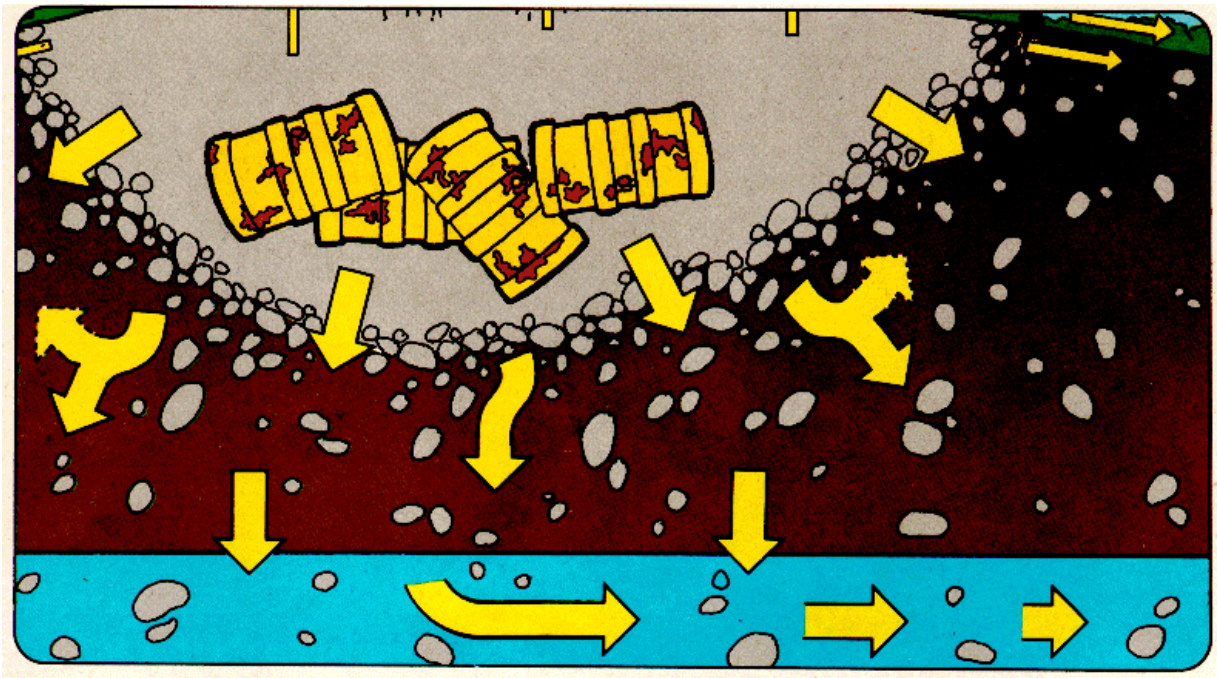
## 4 Gefahreneinschätzung und Handlungsbedarf

Die Gefahreneinschätzung und die Ermittlung des sich daraus ergebenden Handlungsbedarfs wird nach dem in Abschnitt 2 beschriebenen Bewertungsverfahren gesondert für jede Altlast vorgenommen. Grundlage ist der jeweils aktuelle Kenntnisstand. Bei der Erstbewertung einer gefahrverdächtigen Fläche wird dies häufig lediglich das Ergebnis der historischen Erkundung sein.

Nachfolgend sind getrennt für die Schutzgüter Grundwasser, Oberflächengewässer, Luft und Boden die in die Diskussion zur Festlegung der m-Werte in den jeweiligen Verfahrensschritten einzubeziehenden fachlichen Gesichtspunkte und Einflußfaktoren dargestellt.

Datenlage und Kenntnisstand erlauben bei den oft wenig erforschten Wirkungsmechanismen meist keine direkte Quantifizierung der Effekte. Neben den m-Werten zur Beschreibung der Vergleichslagen sind daher auch für gefahrerhöhende und gefahrmindernde Verhältnisse, die einer Beschreibung leicht zugänglich sind, m-Werte als Maßstab für die Gefahreneinschätzung angegeben.

Die Vorgaben für die m-Werte beruhen auf den bisher in Baden-Württemberg bei der Behandlung von Altlasten vorliegenden Erfahrungen. Sie sind daher als „erste Näherung“ zu verstehen. Unter Berücksichtigung der bei den künftigen Bewertung gewonnenen Erkenntnisse müssen diese Angaben verfeinert und optimiert werden.



**Bild 5: Schadstoffaustrag,- sickern und -eintrag ins Grundwasser sowie Schadstofftransport und -wirkung im Schutzgut.**

Die Bewertung ist zwar grundsätzlich für jedes von dem betrachteten Standort beeinträchtigten Schutzgut (Grundwasser, Oberflächengewässer, Luft, Boden) durchzuführen. In der Praxis wird jedoch in vielen Fällen die Betrachtung des Grundwassers als das am häufigsten und nachhaltigsten betroffene Schutzgut ausreichen. Die für die einzelnen Bewertungsschritte bedeutsamen Kriterien werden im folgenden, gegliedert nach Schutzgütern, behandelt.

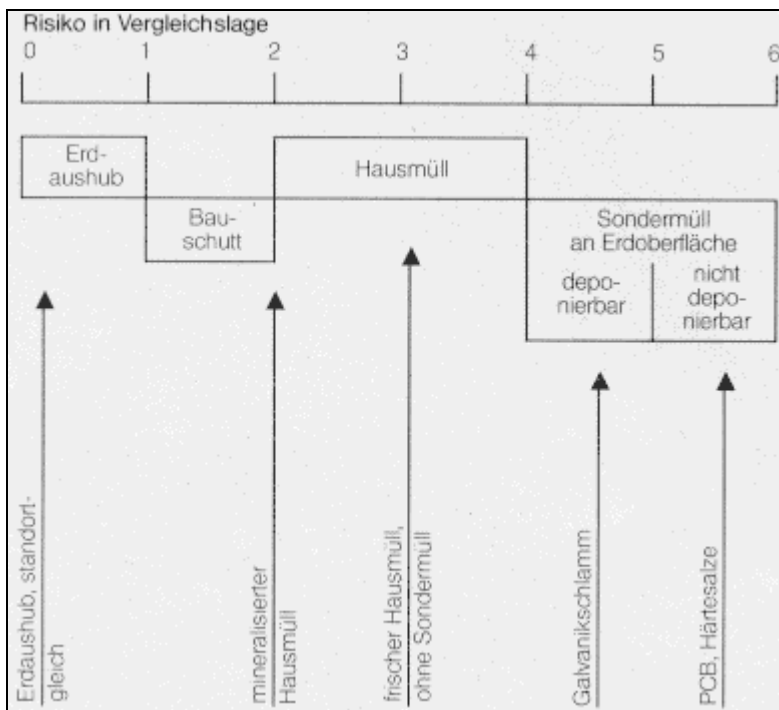
Auf die Notwendigkeit einer schadstoffspezifischen Betrachtungsweise bei der Altlastenbewertung ist nachdrücklich hinzuweisen, da verschiedene Schadstoffe sehr unterschiedliche Verhaltensmuster und Wirkungsweisen aufweisen können.

## 4.1 Gefahreneinschätzung und Handlungsbedarf Grundwasser

### 4.1.1 Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage

Die Stoffgefährlichkeit ist in Form des „Risikos in Vergleichslage“ ( $r_0$ ) als Bewertungsansatz gesondert für jedes Schutzgut zu bestimmen (vergleiche Abschnitt 2.3.).

Im Interesse einer möglichst einheitlichen Bewertung werden in Bild 5 - zur Orientierung und falls detaillierte Kenntnisse über die Stoffgefährlichkeit (noch) nicht vorliegen - für vertraute und in ihrem Gefährdungspotential für das Grundwasser weitgehend geläufige Stoffgruppen  $r_0$ -Wertebereiche sowie Stoffbeispiele vorgegeben:



**Bild 6.1 :  $r_0$ -Wertebereiche für Stoffgruppen,  $r_0$ -Werte für Stoffbeispiele**

Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben und der in Bild 6.2 angegebenen Beispiele wird die  $r_0$ -Wert-Bestimmung im Zuge einer Erstbewertung durchgeführt.

Merkmale	$r_0$	
standortgleicher Erdaushub, mineralisierter Gartenabfall	ca. 0,2	Erdaushub
nicht standortgleicher Erdaushub mit mineralischem Bauschutt, kein Hausmüll	1,0	
nicht standortgleicher Erdaushub, mineralisierter Hausmüll, je nach Anteil Hausmüll	2,0	
mineralisierter Hausmüll ohne Gewerbe- und Sonderabfall	2,0	
teilmineralisierter Hausmüll ohne Gewerbe- und Sonderabfall, je nach Mineralisierungsgrad	2,5	
„die Kippe“ einer kleinen, landwirtschaftlich geprägten Gemeinde, Hausmüll noch nicht vollständig mineralisiert, Anteil Gewerbeabfall (hausmüllähnlich) gering, kein Sonderabfall	2,5	
Merkmale wie bei $r_0 = 2,5$ je nach Art und Anteil Hausmüll sowie Anteil hausmüllähnlicher Gewerbeabfall	2,5	
Bauschutt und Baustellenabfälle	2,7	Bauschutt
nicht mineralisierter Hausmüll, größere Anteile hausmüllähnlichen Gewerbeabfalls und „unkritischer“ Abfälle (Verpackungen, Brauereiabfälle, Schlachthofabfälle, ausgehärtete Kunststoffe, etc.) und geringe Mengen (ca. 1%) Sonderabfall (z.B.: Galvanikschlamm, Tankstellenabfälle)	3,0	Hausmüll
je nach Art und Anteil der Sonderabfälle	3,5	
„die Kippe“ einer Gemeinde/Stadt mit wenig kritischem (qualitativ und quantitativ) Gewerbe- und Industriebesatz	3,5	
je nach Art und Anteil des Sonderabfalls bzw. des Gewerbe- und Industriebesatzes	4,0	
„die Kippe“ einer Gemeinde/Stadt mit überdurchschnittlich kritischem (qualitativ und quantitativ) Gewerbe- und Industriebesatz	4,5	
je nach Art und Anteil des Sonderabfalls bzw. des Gewerbe- und Industriebesatzes	5,0	Sonderabfall, an Erdoberfläche deponierbar
wenig Hausmüll, ganz überwiegend Sonderabfall, insgesamt noch oberirdisch ablagerbar (vgl. Abfallartenkatalog)	5,0	
je nach Ablagerbarkeit und Anteilen des Sonderabfalls, Salzschlacke je nach Löslichkeitsanteil	5,5	
kein Hausmüll, ausschließlich Sonderabfall, ganz überwiegend nicht oberirdisch ablagerbar (vgl. Abfallartenkatalog)	5,5	Sonderabfall, an Erdoberfläche nicht deponierbar
Gaswerk ohne Sanierungs- oder Sicherheitsmaßnahmen	5,5	
je nach Ablagerbarkeit und Anteilen des Sonderabfalls	6,0	
ausschließlich extrem kritische, nicht oberirdisch ablagerbare Sonderabfälle (vgl. Abfallartenkatalog)	6,0	

**Bild 6.2: Beispiele der Stoffgefährlichkeit  $r_0$  für die Schutzgüter Grundwasser und Oberflächengewässer**

Bei der Ermittlung des  $r_0$ -Wertes für das Grundwasser werden mögliche Abbau- und Rückhalteeffekte in der ungesättigten und gesättigten Zone (Schadstoffeintrag, -transport und -wirkung) nicht im einzelnen berücksichtigt (siehe Definition der Vergleichslage in Abschn. 2.3). Sie finden bei den nachfolgenden Verfahrensschritten zur Anpassung an die örtlichen Verhältnisse eingehende Berücksichtigung.

## 4.1.2 Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse - tatsächliches Risiko

### 4.1.2.1 Schadstoffaustrag

Im ersten Verfahrensschritt einer Anpassung der in Abschnitt 4.1.1 ermittelten „Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage“ ( $r_0$ ) an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_1$ -Wert als  $r_0$ -Multiplikator zu bestimmen ( $r_1 = m_1 \cdot r_0$ ). Grundlage dieser Einschätzung ist der Schadstoffaustrag bzw. lediglich dessen Abweichung von der Vergleichslage. Siehe hierzu Abschnitt 2.4.

Als Transportmittel für Schadstoffe kommt in den meisten Fällen Wasser in Frage, solange es sich nicht um flüssige, nichtwässrige Abfälle handelt, die in Phase austreten. Die Zu- und Austrittsmöglichkeiten von Wasser sind daher für die Größe des Schadstoffaustrages ausschlaggebend. Der Austrag durch Diffusion ist meist unbedeutend. In einzelnen Fällen ist auch eine mittelbare Beeinträchtigung des Grundwassers durch Schadstoffe möglich, die z.B. aus dem Standort - oft auch nur zeitweilig - oberflächlich austreten und nach einer gewissen Fließstrecke wieder in den Untergrund versickern. Diese Transportwege sind bei der Standortbewertung mit zu berücksichtigen.

In der ersten Stufe der Betrachtung wird daher die dichtende Wirkung eventuell vorhandener Abdeckungen und Abdichtungen bzw. des natürlich anstehenden Bodenmaterials geprüft.

Hydraulische Durchlässigkeiten für Abdichtungs- und Abschirmmaterialien wurden in der Vergangenheit meist nur für reines Wasser ermittelt. Für andere Flüssigkeiten liegen nur wenig Werte vor, die aber wesentlich von denen des Wassers abweichen können. Für stark belastete Sickerwässer aus Sondermülldeponien können bis zu 10-fach höhere Werte für die Durchlässigkeit auftreten als für reines Wasser. Bei leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen sind diese Werte noch weit höher. Diese Stoffe durchdringen Ton, Holz, Beton, viele Kunststoffe und andere Materialien.

Je nach Menge und Beschaffenheit des Wassers, das in die schadstoffbelasteten Bereiche eindringt (Oberflächen- und Niederschlagswasser, Quellen und Hangwasser usw.), wird der Schadstoff mehr oder weniger stark gelöst (Auslaugung des Gefahrenherdes). Dabei ist der pH-Wert von wesentlichem Einfluß auf eventuelle Mobilisierungsvorgänge. Bei alten Gefahrenherden ist häufig ein Großteil der Schadstoffe bereits gelöst und mit dem Sickerwasser ins Grundwasser abgegeben worden.

In abflußlosen, dichten Gruben können dagegen im Laufe der Zeit hochkonzentrierte Lösungen entstanden sein. Laufen diese Gruben eines Tages über oder werden Austrittsmöglichkeiten für das Sickerwasser geschaffen - z.B. durch äußere Eingriffe oder Setzungen -, so tritt ein

sehr hoher Schadstoffaustrag auf, der sich u.U. auch noch als hoher Schadstoffeintrag in das Schutzgut auswirkt, weil Abbau- und Rückhalteeffekte kaum zum Tragen kommen. Eine einstaufreie Entwässerung der Grubensohle läßt einen Schadstoffaustrag in geringerer Konzentration und Menge zum Grundwasser erwarten. Wenn eine Altlast direkt im Grundwasser liegt und Wasserzu- und -abfluß bzw. -durchströmung ungehindert stattfinden, ist der Austrag besonders hoch.

Insgesamt sind für den Schadstoffaustrag im Hinblick auf das Schutzgut Grundwasser folgende, die Lagerungssituation kennzeichnende Faktoren von Bedeutung:

- Oberflächenabdichtung, Zwischenabdeckung (Art, Qualität, Rissigkeit, Bewuchs)
- Oberflächenwasserableitung (Oberflächengestaltung, Neigungsverhältnisse, Wasserableitung, Art und Zustand von Gräben)
- Wasserzutritte (Hangwasserzutritt, Schichtwasserzutritt, Quellen)
- Klima (Niederschlagsmenge, Verdunstungsrate)
- Sohlabdichtung ( $k_f$ -Wert, Material, Gefälle)
- Entwässerung der Sohle oder von dichten Zwischenschichten (Profilierung der Sohle, Abstände, Einstauhöhe, Durchmesser, Material, Gefälle von Entwässerungsleitungen)
- Existenz und Haltbarkeit von Abdichtungen (Schadstoffbeständigkeit)
- Art der Einlagerung (Dichte der Zwischenschichten, Kassetteneinbau, Hüllmaterialien wie Fässer und Folien, Stauhorizonte, dichte Mulden)

Bei der Betrachtung des Schadstoffaustrages muß man sich darüber klar sein, daß auch die beste Dichtung nur einen Zeitgewinn bedeuten kann. Denn in sehr großen Zeiträumen findet ein Ausgleich unterschiedlicher Konzentrationen löslicher Stoffe durch jede Abschirmung hindurch statt. Der Schadstoff geht dann nur in einer entsprechend geringeren Menge pro Zeiteinheit ab. Die hierdurch entstehende Rückhaltewirkung wirkt sich u.U. stark risikominierend auf die Betrachtung von Stoffaustrag, -eintrag, -transport und -wirkung aus. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Schadstoffe die rückhaltenden Medien in geringen Mengen und gleichmäßig durchströmen. Andererseits kann eine Undichtheit an der tiefsten Stelle einer Flächenabdichtung oder eine Leckage an der Sickerwasserleitung mit konzentriertem Stoffeintrag ins Grundwasser einen erheblichen Risikozuschlag notwendig machen.

Der Vorteil eines solchen „Zeitgewinnes“ kann auch darin gesehen werden, daß sich der Schadstoff mit der Zeit abbaut bzw. umwandelt oder daß in Zukunft bessere Technologien oder günstigere Energiepreise entsprechende Sanierungsmaßnahmen erleichtern.

Folgende Eigenschaften des Schadstoffes sind für den Austrag von Bedeutung:

- Wasserlöslichkeit und Mischbarkeit
- Wanderungsverhalten in gelöster Form bzw. in Phase
- Viskosität
- Dichte
- Flüchtigkeit
- Schadstoffverteilung und -bindungsform (Struktur des Abfall- und Bodenmaterials)
- Langzeitverhalten
- Schadstoffkonzentration und -menge.



Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung des Schadstoffaustrags ist folgendermaßen definiert:

$m_I = 1,0$ :	Gestaltung, Abdeckung, Bewuchs und Unterhaltung der Oberfläche nach den Regeln der Technik, Fremdwasserzufluß ausgeschlossen, Abdichtung der Sohle mit mineralischer Dichtung, ( $k_f$ -Werte kleiner als $10^{-8}$ m/s, Dicke = 0,6 m), geordnete Entwässerung der Sohle und Volumen ca. 50000 m <sup>3</sup> .
---------------	--

Die folgenden  $m$ -Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnissen:

$m_I = 0,7$ :	Sohlabdichtung vorhanden ( $k_f$ -Werte kleiner als $10^{-10}$ m/s, Dicke = 3 m (Sonderabfalldéponie)), und kontrollierbare Oberflächenabdichtung (z.B. sachgerecht eingebaute Kunststoffolie mit Kontrolldrainage, geschützt gegen Durchwurzelung).
$m_I = 1,1$ :	keine Sohlabdichtung und -entwässerung
$m_I = 1,3$ :	Lage im Grundwasserwechselbereich
$m_I = 1,4$ :	Lage im Grundwasser

Abminderung von  $m_I$  um je 0,1:

- Ablagerungsvolumen kleiner als 10000 m<sup>3</sup>
- sehr steile Oberflächengestaltung (45°)
- Niederschlag kleiner als 700 mm/a

Abminderung von  $m_I$  um je 0,2:

- Ablagerungsvolumen kleiner als 1000 m<sup>3</sup>

Erhöhung von  $m_I$  um je 0,1:

- Ablagerungsvolumen größer als 100000 m<sup>3</sup>
- keine Oberflächenabdeckung vorhanden
- Hang-, Schichtwasserzutritt usw. Nicht auszuschließen
- Niederschlag größer als 1000 mm/a

Erhöhung von  $m_I$  um je 0,2:

- Ablagerungsvolumen größer als 1000000 m<sup>3</sup>
- Niederschlagsmenge größer als 1300 mm/a

Ist der Faktor  $m_I$  festgelegt, ergibt sich das Risiko  $r_I$  zu

$$r_I = m_I \cdot r_0.$$

Im Risiko  $r_I$  sind die örtlichen Verhältnisse bezüglich des Schadstoffaustrages berücksichtigt.

#### 4.1.2.2 Schadstoffsickerung bzw. -eintrag

Im zweiten Verfahrensschritt einer Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_{II}$ -Wert als  $r_I$ -Multiplikator zu ermitteln. Grundlage dieser Einschätzung ist die Bilanzgröße „Stoffeintrag“ bzw. lediglich deren Abweichung von der Vergleichslage. Siehe hierzu Abschnitt 2.4.

Für die weitere Differenzierung des Gefahrenpotentials eines gefahrverdächtigen Standortes ist es notwendig, den Weg des Schadstoffs zum Schutzgut zu betrachten. Bei Grundwasser ist dabei die Durchsickerung der ungesättigten Bodenzone der wichtigste Transportvorgang. Sie erfolgt durch die Klüfte, Spalten, Kapillaren und Poren des Untergrunds. Der Schadstoff liegt dabei in gelöster bzw. flüssiger, suspendierter oder emulgierter Form vor. Ein möglicher Schadstoffeintrag durch Diffusion ist bei den meisten Standorten daneben von nachgeordneter Bedeutung, sie darf aber nicht in jedem Fall vernachlässigt werden: bei Tonen mit einer Durchlässigkeit von weniger als  $10^{-8}$  m/s wurden in neueren Untersuchungen Schadstoffdurchwanderungen in einem Maße festgestellt, das sich durch eine Ausbreitung allein infolge Konvektion nicht erklären läßt.

Unter Eintrag versteht man die Menge des Schadstoffs, die das Grundwasser erreicht und dort eine qualitative Beeinträchtigung verursacht. Das am Boden kapillar oder adsorptiv gebundene Wasser - soweit es sich im ungesättigten Untergrund befindet - wird hierbei nicht als Grundwasser verstanden. Für die Größe des Schadstoffeintrages ins Grundwasser ist ausschlaggebend, welche Menge bzw. welcher Anteil der aus dem belasteten Bereich ausgetragenen Schadstoffmenge in der ungesättigten Zone zurückgehalten und/oder abgebaut wird.

Diese Schadstoffrückhaltung ist davon abhängig, in welchem Maße der Untergrund in der Lage ist, den jeweiligen Schadstoff bei der Durchsickerung anzulagern, chemisch umzuwandeln oder Möglichkeiten für einen biologischen Ab- oder Umbau bietet. Obwohl zum Rückhaltevermögen bzw. zum Sickerungsverhalten von Schadstoffen in der ungesättigten und in der gesättigten Zone verschiedener Bodenarten schon umfangreiche Erfahrungen vorliegen und Untersuchungen durchgeführt wurden, lassen sich dazu, vor allem wegen der Vielfalt der Einflußgrößen, nur sehr begrenzt allgemeingültige Hinweise geben. So können z.B. hohe Konzentrationen eines prinzipiell abbaubaren Stoffes toxisch auf Bakterien wirken, während niedrige Konzentrationen unter der Schwelle liegen können, die einen biochemischen Abbau induziert, so daß eine entsprechende mikrobielle Besiedlung im Untergrund nicht zustande kommt. Phenol z.B. wirkt in hohen Konzentrationen desinfizierend, ist in niedrigen Konzentrationen jedoch abbaubar.

Im einzelnen sind folgende Faktoren des Untergrundes für den Schadstoffeintrag von Bedeutung:

- Aufbau und insbesondere Homogenität des Untergrunds (Porengrößenverteilung, Wasserdurchlässigkeit, Klüftigkeit, Gebirgsdurchlässigkeit, Korngröße, Kornverteilung, Filtereigenschaften)
- Physikalisch-chemische Eigenschaften (Gesteinszusammensetzung, Bodenfeuchtigkeit, pH-Wert, Redoxpotential, Ionenaustauschkapazität, Tongehalt, Kalkgehalt, Art und Menge der organischen Substanzen, Sorptionseigenschaften)
- Temperatur

- Volumen und Qualität der Bodenluft (CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub>-Gehalt)
- Bodenleben (Bewuchs mit Mikroorganismen, Nährstoffsituation, Stoffwechselprodukte)

Für die Einschätzung des Sorptionsverhaltens eines Schadstoffes ist zu unterscheiden, ob er in Phase oder in Lösung vorliegt. Bei Schadstoffen in Phase sind folgende Faktoren zu betrachten:

- Dichte (liegt der Schadstoff auf dem Wasser oder unterschichtet er es?)
- Viskosität
- Oberflächenspannung und Grenzflächenspannung zu Wasser

Bei Schadstoffen in Lösung sind ausschlaggebend:

- Molekülstruktur
- die Polarität und Symmetrie des Moleküls
- die Molekülgröße (große Moleküle werden meist leichter adsorbiert als kleine)
- die Lipophilie (Verteilungskoeffizient Octanol/Wasser)

Das Abbauverhalten eines Schadstoffes kann ohne stoffspezifische Daten kaum vorausgesagt werden. Allerdings sind bestimmte Strukturelemente bekannt, die eine schlechte Abbaubarkeit erwarten lassen (z.B. gewisse Kettenverzweigungen im Molekül). Bei der Beurteilung der Abbaubarkeit von Schadstoffen ist also Vorsicht angebracht.

Konzentration und Fracht des Schadstoffes spielen bei der Beurteilung von Sorption und Abbau ebenfalls eine Rolle.

Die vielfältigen und komplexen Einflüsse auf das Rückhaltevermögen der ungesättigten Zone können bei der Beurteilung nicht im einzelnen berücksichtigt werden. Da jedoch ein genereller Zusammenhang zwischen der vertikalen Wasserdurchlässigkeit der ungesättigten Zone und deren Rückhaltevermögen besteht (gutes Rückhaltevermögen bei geringer Durchlässigkeit für Wasser, schlechtes Rückhaltevermögen bei hoher Durchlässigkeit), läßt sich die vertikale Durchlässigkeit der ungesättigten Zone hilfsweise als pauschaliertes Entscheidungskriterium für das Schadstoffrückhaltevermögen heranziehen. Sofern in Einzelfällen entsprechende Detailkenntnisse vorliegen, sind diese bei der Ermittlung des  $r_{II}$ -Wertes selbstverständlich in die Betrachtungen mit einzubeziehen.

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung des Schadstoffeintrags ist definiert als:

$m_{II} = 1,0$ :	Mächtigkeit der wasserungesättigten Bodenzone ca. 5 m, wasserungesättigte Bodenzone wenig durchlässig (Gesteinsdurchlässigkeit $10^{-5}$ - $10^{-6}$ m/s) und kein Schadstoffrückhaltevermögen angesetzt (wegen möglicher erhöhter Gebirgsdurchlässigkeit).
------------------	---

Die folgenden  $m_{II}$ -Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnisse:

$m_{II} = 0,6$ :	Mächtigkeit der wasserungesättigten Bodenzone größer als 5 m und Deckschicht geringdurchlässig (Gesteinsdurchlässigkeit, d.h. Durchlässigkeit des Porenraums kleiner als $10^{-8}$ m/s, Gebirgsdurchlässigkeit (Durchlässigkeit über Klüfte) nicht wesentlich größer).
$m_{II} = 1,2$ :	Sehr geringmächtige und sehr durchlässige wasserungesättigte Bodenzone (Gesteinsdurchlässigkeit $10^{-3}$ - $10^{-4}$ m/s) oder mächtige aber verkarstete oder stark klüftige wasserungesättigte Bodenzone oder ungesättigte Bodenzone nur zeitweise vorhanden.
$m_{II} = 1,3$ :	Ungesättigte Zone nicht vorhanden.

Abminderung von  $m_{II}$  um 0,1 bis 0,3:

- Schadstoff unterliegt Abbau und Sorption in unterschiedlichem Ausmaß

Erhöhung  $m_{II}$  um 0,1:

- Schadstoff mobilisiert andere Schadstoffe aus der ungesättigten Zone, z.B. Lösung von Schwermetallen durch saure Schadstoffe

In Anlage 5 sind verschiedene hydrogeologische Standorttypen mit weiteren Beispielen für die Festlegung des Faktors  $m_{II}$  dargestellt.

Mit dem danach festgelegten Faktor  $m_{II}$  ergibt sich das Risiko des Standortes unter Einbeziehung der örtlichen Verhältnisse bis einschließlich der ungesättigten Zone aus dem Risiko  $r_I$  nach

$$r_{II} = m_{II} \cdot r_I.$$

#### 4.1.2.3 Schadstofftransport und -wirkung

Im dritten Verfahrensschritt einer Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_{III}$ -Wert als  $r_{II}$ -Multiplikator zu ermitteln ( $r_{III} = m_{III} \cdot r_{II}$ ). Grundlage dieser Einschätzung sind Stofftransport und -wirkung, bzw. lediglich deren Abweichung von der Vergleichslage.

Nach dem Eintrag des Schadstoffs ins Grundwasser ist das weitere Verhalten und die Wirkung im Grundwasser zu bewerten. Für die von dem Schadstoff ausgehende Gefahr ist dabei insbesondere die Transportstrecke und -geschwindigkeit von Bedeutung, um die bzw. mit der sich der Schadstoff im Grundwasserkörper ausbreitet, bzw. in welchem Umfang er bei diesem Transport zurückgehalten, d.h. angelagert, um- oder abgebaut wird. Daneben sind die unmittelbaren und mittelbaren Wirkungen des Schadstoffs auf das Grundwasser zu beachten. Es können z.B. toxische Wirkungen auf die natürliche biologische Besiedlung, pH-Wert-Verschiebungen und Aufhärtungen infolge  $CO_2$ -Produktion usw. auftreten. Bei allen Abbau- und Umwandlungsvorgängen im Grundwasser müssen auch die dabei entstehenden Reaktionsprodukte berücksichtigt werden. Bei bestimmten Stoffen, z.B. manchen chlorierten Kohlenwasserstoffen, können die Metabolite giftiger sein als die Ausgangssubstanzen. Verände-

rungen in Viskosität und Oberflächenspannung (z.B. durch Tenside) können ebenfalls auftreten und ökologische Folgen nach sich ziehen (Kapillarsaum kann absinken).

Die Ausbreitung des Schadstoffes in Poren, Klüften oder Spalten des Aquifers erfolgt durch:

- Konvektion (Transport von Wasser)
- Dispersion (Konzentrationsänderung infolge unterschiedlicher Fließgeschwindigkeiten des Wassers in den Poren)
- Diffusion (Molekularbewegung der Teilchen im Wasser)
- Sickerung (Ausbreitung nach Schwerkraft bzw. Dichteunterschieden)
- Reaktion (Sorption/Abbau)

Dabei können Wasserinhaltsstoffe in unterschiedlichen Zustandsformen im Untergrund auftreten:

- gelöst (z.B. als Ionen, einfache oder komplexe Moleküle)
- suspendiert (z.B. als Trüb- und Schwebstoffe)
- emulgiert (z.B. Mineralölbestandteile).

Entsprechend ihrem Verhalten im Aquifer können Schadstoffe in zwei Klassen eingeteilt werden:

- Persistente Stoffe, hierbei sind zu unterscheiden
  - Stoffe, wie z.B. Chlorid, Bor u.a., die weder durch chemische noch biologische Reaktionen dem Grundwasser entzogen werden können und
  - Stoffe, wie z.B. Schwermetalle, die zwar ausgefällt werden, aber von Pflanzen und Tieren angelagert bzw. gespeichert werden können, sowie
  - organische Stoffe, die mikrobiell und chemisch nicht umgewandelt werden.
- Abbaubare Stoffe, die durch chemische oder mikrobielle Prozesse abgebaut bzw. umgewandelt und aus dem Grundwasser entfernt werden können. Bei unvollständigem Abbau können allerdings toxischere Metabolite entstehen (s. o.).

Die maßgeblichen Faktoren für die Beschreibung des Stofftransports im Grundwasser sind das Sorptions- und das Abbauverhalten sowie die Fließgeschwindigkeit. Diese wiederum sind abhängig von den folgenden Einflußgrößen:

- Sorption:
  - Art, Menge und Konzentration des Schadstoffs
  - Gehalt des Aquifers an organischem Kohlenstoff
  - Tongehalt des Aquifers
  - Ionenaustauschkapazität des Aquifers
- Abbau:
  - Redoxpotential, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Temperatur des Grundwassers
  - mikrobiologische Besiedlung des Aquifers
  - Nährstoffsituation
  - Art, Menge und Konzentration des Schadstoffs

- Fließgeschwindigkeit:
  - Porosität, Klüftigkeit, Durchlässigkeit des Aquifers
  - Grundwassergefälle

Der Schadstoff kann sich auf folgende Eigenschaften des Grundwassers auswirken:

- Sorptionsverhalten des Aquifers, indem z.B. die Ionenaustauschkapazität verändert wird
- Abbaupotential, indem der Schadstoff Mikroorganismen abtötet oder indem er weitere Mikroorganismen einbringt bzw. ihr Wachstum induziert
- Redoxpotential
- pH-Wert
- Temperatur
- Oberflächenspannung
- Viskosität

Wie bei der ungesättigten Zone wird auch das Schadstoffverhalten in der gesättigten Zone durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind über deren Einflüsse zwar verschiedene qualitative, jedoch kaum quantitative Angaben möglich. Besonders zwischen der Grundwasserfließgeschwindigkeit und der Transportgeschwindigkeit sowie dem möglicherweise stattfindenden Abbau von Schadstoffen in der gesättigten Zone besteht ein Zusammenhang in der Form, daß bei großen Fließgeschwindigkeiten ein rascher Transport und kein, gegebenenfalls nur ein geringfügiger Abbau der Schadstoffe, bei kleinen Fließgeschwindigkeiten ein langsamer Transport und eventuell ein merklicher Abbau der Schadstoffe stattfindet. Aus diesem Grund läßt sich, sofern geeignete Detailkenntnisse nicht vorliegen, für die Beurteilung des Transports und der Wirkung des Schadstoffs im Grundwasser die Grundwasserfließgeschwindigkeit hilfsweise als pauschaliertes Beurteilungskriterium verwenden.

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung des Schadstofftransports und der -wirkung ist folgendermaßen definiert:

$m_{III} = 1,0$ : Grundwasserfließgeschwindigkeit ca. 1 m/d

Die folgenden m-Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnisse

$m_{III} = 1,1$ : Grundwasserfließgeschwindigkeit ca. 2-5 m/d  
 $m_{III} = 1,2$ : Grundwasserfließgeschwindigkeit ca. 5-10 m/d  
 $m_{III} = 1,3$ : Hohe Grundwasserfließgeschwindigkeit (im m/h-Bereich)

Abminderung von  $m_{III}$  um 0,1 - 0,3 (bei vorhandenen Meßergebnissen): Verringerung der Schadstoffkonzentration (in Abhängigkeit von deren Umfang)

Bei den in der Anlage 5 dargestellten hydrogeologischen Standorttypen sind auch Beispiele zur Festlegung des Faktors  $m_{III}$  angegeben.

Mit dem Faktor  $m_{III}$  ergibt sich das Risiko des Standortes  $r_{III}$  unter Einbeziehung der örtlichen Verhältnisse einschließlich der gesättigten Zone aus dem Risiko  $m_{II}$  nach der Beziehung

$$r_{III} = m_{III} \cdot r_{II}$$

Mit der Festlegung des  $r_{III}$  -Werts ist das tatsächliche Risiko ermittelt (vgl. Abschn. 2.4).

### 4.1.3 Bedeutung des Schutzgutes

Im vierten Verfahrensschritt dieser Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_{IV}$ -Wert als  $r_{III}$  - Multiplikator zu ermitteln ( $r_{IV} = m_{IV} \cdot r_{III}$ ). Grundlage dieser Einschätzung ist die Bedeutung des Grundwasservorkommens bzw. lediglich deren **Abweichung von der Vergleichslage**.

Die Bedeutung eines Grundwasservorkommens hängt neben allgemeinen ökologischen Anforderungen in erster Linie davon ab, ob und in welcher Art eine derzeitige oder zukünftige Nutzung besteht bzw. vorgesehen ist, welche Wasserqualität dafür erforderlich und welche Beeinträchtigungen dieser Nutzungen durch den Gefahrenherd zu erwarten sind. Die Nutzungen und die möglichen Auswirkungen müssen bei der Gewichtung des Risikos berücksichtigt werden.

Besonders hoch ist die Bedeutung eines Grundwasservorkommens dann anzusetzen, wenn das Grundwasser als Trinkwasser verwendet wird und der Gefahrenherd im Wasserschutzgebiet oder Zustrombereich der Entnahmestelle liegt. In Baden-Württemberg ist dies vielfach der Fall.

Die Bedeutung und damit auch die Dringlichkeit eines eventuell notwendigen Vorgehens - wird auch dadurch bestimmt, ob Aufbereitungsmöglichkeiten für die relevanten Schadstoffe bestehen oder einfach einzurichten sind und ob alternative Wasserversorgungsmöglichkeiten verfügbar sind.

Insgesamt sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Dargebot
- Art und Umfang der Nutzung
- Vorbelastung mit anderen Stoffen (Wasserqualität)
- Kontrollmöglichkeiten
- vorhandene Aufbereitungsmöglichkeiten
- vorhandene Abwehrmöglichkeiten
- alternative Versorgungsmöglichkeiten

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung der Bedeutung des Schutzgutes ist folgendermaßen definiert:

$m_{IV} = 1,0$ : Nutzung als Trinkwasser ohne Aufbereitung möglich, mittleres Dargebot und Notversorgung.
---

Die folgenden m-Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnisse:

$m_{IV} = 0,6$ :	Grundwasser nicht nutzbar (Dargebot, Wasserqualität)
$m_{IV} = 0,8$ :	Nutzung als Trinkwasser langfristig nicht vorgesehen
$m_{IV} = 1,1$ :	Standort im Schonungsbereich für eine Wassergewinnung
$m_{IV} = 1,2$ :	Standort in der (festgesetzten bzw. fachlich notwendigen) weiteren Schutzzone (Zone III) oder im Zustrombereich einer (Trink-) Wasserfassung
$m_{IV} = 1,3$ :	Standort in der (festgesetzten bzw. fachlich notwendigen) engeren Schutzzone (Zone II) einer Trinkwasserfassung
$m_{IV} = 2,0$ :	Standort im Fassungsgebiet einer Trinkwasserfassung

Abminderung und Erhöhung von  $m_{IV}$ :

große „Restfließzeit“ (der Spitze der ggf. Bereits eingetretenen Verunreinigung) bis Entnahmestelle, für jedes Jahr über 3 Jahre	: $m_{IV} - 0,1$
Wasserfassung dient einer privaten Trinkwasserfassung	: $m_{IV} - 0,1$
Aufbereitungsanlage vorhanden oder Brauchwasser ohne Qualitätsansprüche (z.B. Kühlwasser)	: $m_{IV} - 0,2$
Wasserfassung dient einer Brauchwasserversorgung	: $m_{IV} - 0,2$
Ergiebigkeit des Grundwasservorkommens/Schadstoffmenge (Verdünnungseffekt):	
- kleine Schadstoffmenge bei großem Dargebot	: $m_{IV} - 0,4$ bis
- große Schadstoffmenge bei geringem Dargebot	: $m_{IV} + 0,1$
keine alternative Versorgungsmöglichkeit	: $m_{IV} + 0,1$
geringe „Restfließzeit“ (der Spitze der ggf. Bereits eingetretenen Verunreinigung) bis Entnahmestelle, für jedes Jahr unter 3 Jahre	: $m_{IV} + 0,1$

Mit dem Faktor  $m_{IV}$  ergibt sich das gewichtete Risiko  $r_{IV}$  des Standortes unter Einbeziehung der Bedeutung des Grundwasservorkommens aus dem tatsächlichen Risiko  $r_{III}$  zu

$$r_{IV} = m_{IV} \cdot r_{III}$$

Die vorstehenden Ausführungen sind bei anderen Nutzungen des Grundwasservorkommens (Brauchwasser, Mineralwasser, Heilwasser usw.) sinngemäß anzuwenden. Die  $m_{IV}$ -Werte sind dabei je nach Situation zu erhöhen oder abzumindern.

### Beeinträchtigung mehrerer Grundwasservorkommen

Können durch eine Altlast neben dem direkt betroffenen noch weitere Grundwasservorkommen (tiefer(e)s Stockwerk(e), (gegenseitiger) Wasseraustausch zwischen verschiedenen Grundwasservorkommen) mittelbar beeinträchtigt werden, müssen sie in die Gefahreinschätzung einbezogen werden. Dazu wird das Risiko  $r_{III}$  des Standortes einschließlich des Verhaltens des Schadstoffs in der gesättigten Zone (Wirkung und Transport) für das direkt betroffene Grundwasservorkommen ermittelt und ggf. unter Berücksichtigung des Schadstoffabbaus oder -rückhaltes während des Transports bis zu dem mittelbar betroffenen Vorkommen abgemindert auf das Risiko  $r_{III}^*$ .

Bei der Bewertung des mittelbar beeinträchtigten Vorkommens wird das Risiko  $r_{III}^*$  anstelle des Risikos  $r_I$  angesetzt. Unter Berücksichtigung des Abbau- und Rückhaltevermögens eines



vorhandenen Zwischenhorizonts ( $m_{II}$  kleiner 1,0), ergibt sich dann  $r_{III} = m_{II} \cdot r_{III}^*$ . Fehlt ein Zwischenhorizont, ist  $m_{II} = 1,0$  und damit  $r_{II} = r_{III}^*$ . Die weitere Bewertung des Grundwasservorkommens erfolgt wie üblich.

#### 4.1.4 Maßgebliches Risiko

Das maßgebliche Risiko R für das Schutzgut Grundwasser ist gemäß Abschn. 2.6 zu bestimmen.

#### 4.1.5 Kenntnisstand und Beweisniveau Grundwasser

Das Beweisniveau ist gemäß Abschn. 2.7 festzulegen.

#### 4.1.6 Vorgehen/Dringlichkeit Grundwasser

Das Vorgehen ist gemäß Abschn. 2.8 zunächst für das Grundwasser aufgrund des ermittelten maßgeblichen Risikos R und des Beweisniveaus zu ermitteln.

#### 4.1.7 Handlungsbestimmendes Schutzgut/Dringlichkeit

Ist das Vorgehen auch für die anderen ggf. betroffenen Schutzgüter ermittelt, wird für die einzelne Altlast das handlungsbestimmende Schutzgut festgestellt. Die Dringlichkeit der erforderlichen Maßnahmen ergibt sich durch die Festlegung der Prioritäten für die Vielzahl der Altlasten (vgl. Abschn. 2.9).

### 4.2 Gefahreneinschätzung und Handlungsbedarf Oberflächengewässer

Eine Altlast kann u.U. mehrere Oberflächengewässer gefährden. Diese verschiedenen Schutzobjekte sind getrennt zu bewerten (vgl. auch das Vorgehen bei den Schutzgütern Luft und Boden).

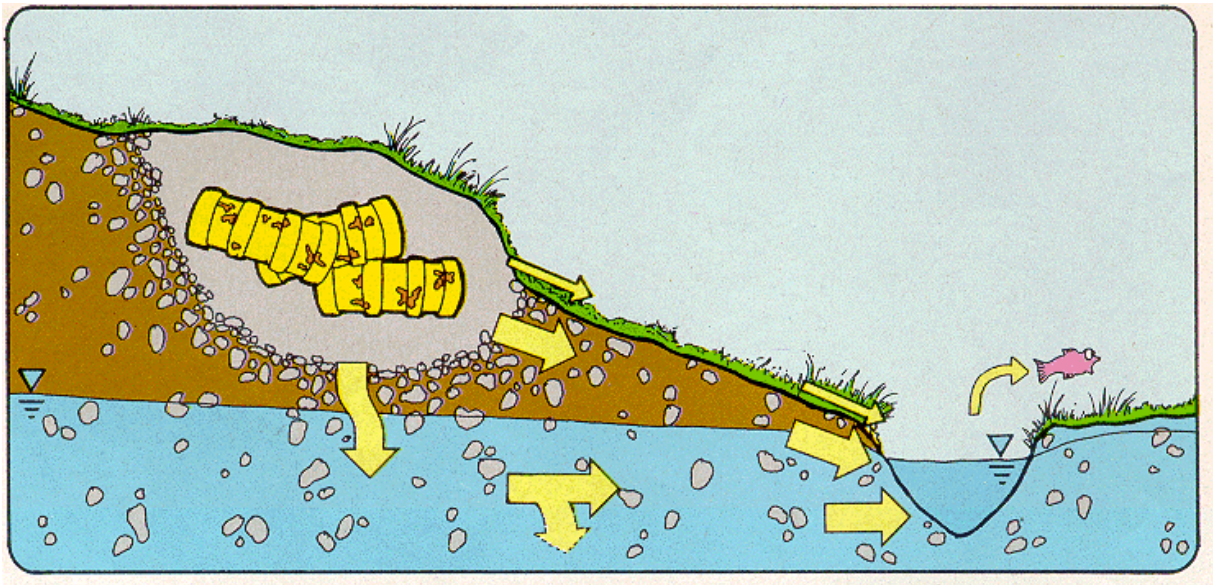
#### 4.2.1 Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage

Die Stoffgefährlichkeit ist beim jeweiligen Gefahrenherd in Form des „**Risikos in Vergleichslage**“ ( $r_0$ ) als Bewertungsansatz grundsätzlich für jedes Schutzgut besonders zu bestimmen (vgl. Abschnitt 2.3). Vereinfachend für das Schutzgut Oberflächengewässer können die in Kapitel 4.1.1 für das Grundwasser ermittelten  $r_0$ -Werte angewandt werden.

#### 4.2.2 Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse - tatsächliches Risiko

Das **tatsächliche Risiko** für das Schutzgut Oberflächengewässer wird analog dem Vorgehen beim Grundwasser durch Anpassung des Risikos in Vergleichslage an die örtlichen Verhältnisse ermittelt.

Bei den nachfolgenden Ausführungen wird vertieft auf die Aspekte eingegangen, die für das Schutzgut Oberflächengewässer spezifisch sind. Im Regelfall sollte daher die Bewertung für das Schutzgut Grundwasser bereits vorliegen.



**Bild 7 : Schadstoffaustrag, -sickerung und -eintrag ins Oberflächengewässer sowie Schadstofftransport und -wirkung im Schutzgut**

#### 4.2.2.1 Schadstoffaustrag

Im ersten Verfahrensschritt einer Anpassung des  $r_0$ -Wertes an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_T$ -Wert als  $r_0$ -Multiplikator zu bestimmen ( $r_1 = m_T \cdot r_0$ ). Grundlage dieser Einschätzung ist die Bilanzgröße „**Schadstoffaustrag**“ bzw. lediglich deren Abweichung von der Vergleichslage.

Bei der Beurteilung der Gefährdungslage für das Schutzgut Oberflächengewässer sind für den Schadstoffaustrag die in Bild 6 dargestellten Fälle zu unterscheiden:

- direkter Abtrag von Feststoffen (Bodenabtrag)
  - Abschwemmung (Starkregen, Wasser)
  - Rutschungen
  - Windverfrachtung
  - Bruch von Gewässerverdolungen
- Schadstoffaustrag mit dem Sickerwasser, dabei ist zu unterscheiden zwischen
  - unterirdischem Austrag in die ungesättigte oder gesättigte Zone (für diesen Belastungspfad gelten die Ausführungen für den Schadstoffaustrag ins Grundwasser (Kap. 4.1.2.1))
  - oberirdischem Austrag (Sickerwasseraustritte)

Für diesen Gefährdungspfad sind folgende Faktoren von Bedeutung:

- Oberflächenabdichtung, Zwischenabdeckung (Art, Qualität, Rissigkeit, Bewuchs)
- topografische Verhältnisse (Höhenlage des Schadstoffherdes zum natürlichen Gelände)
- Wasserzutritte (Hangwasserzutritt, Schichtwasserzutritt, Quellen)
- Klima (Niederschlagsmenge, Verdunstungsrate)
- Entwässerung der Sohle oder von dichten Zwischenschichten (Profilierung der Sohle, Abstände, Einstauhöhe, Durchmesser, Material, Gefälle von Entwässerungsleitungen)
- Art der Einlagerung (Dichte der Zwischenschichten, Kassetteneinbau, Hüllmaterialien, Stauhohizonte, dichte Mulden)
- Schadstoffmenge

Welcher Gefährdungspfad im Einzelfall maßgebend ist, ist im konkreten Fall anhand der örtlichen Gegebenheiten zu prüfen. Eine vergleichende Bewertung der verschiedenen Pfade kann hierbei Grundlage sein.

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung des Schadstoffaustrags ist folgendermaßen definiert:

$m_I = 0$ :	Gestaltung, Abdeckung, Bewuchs und Unterhaltung der Oberflächen nach den Regeln der Technik, Fremdwasserzufluß ausgeschlossen, Abdichtung der Sohle mit mineralischer Abdichtung ( $k_f$ -Wert kleiner als $10^{-8}$ m/s, Dicke = 0,60 m), geordnete Entwässerung der Sohle, geeignetes System zur Gassammlung (passive Entgasung) vorhanden, schadlose Beseitigung des Gases
-------------	--

Die folgenden  $m$ -Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnisse:

$m_I = 0,8$ :	kontrollierbare Oberflächenabdichtung vorhanden
$m_I = 1,1$ :	Altlast liegt in rutschgefährdetem Gelände
$m_I = 1,2$ :	keine Oberflächenabdeckung und Altlast liegt an steilem Abhang

Ist der Faktor  $m_I$  festgelegt, ergibt sich das Risiko  $r_I$  zu

$$r_I = m_I \cdot r_0$$

#### 4.2.2.2 Schadstofftransport bzw. -eintrag

Im zweiten Verfahrensschritt einer Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_{II}$ -Wert als  $r_I$ -Multiplikator zu ermitteln ( $r_{II} = m_{II} \cdot r_I$ ). Grundlage dieser Einschätzung ist die Bilanzgröße „Stoffeintrag“ bzw. lediglich deren Abweichung von der Vergleichslage.

Entsprechend den beim Schadstoffaustrag (Kap. 4.2.2.1) genannten Belastungspfaden muß beim Eintrag des Schadstoffes hinsichtlich des Schutzgutes Oberflächengewässer getrennt werden nach (s. dazu auch Bild 6):

- Oberirdischer Eintrag von Feststoffen und belastetem Wasser:  
Dabei können folgende Faktoren von Einfluß sein
  - vorhandene Anlagen, z.B. Gräben, Rohrleitungen
  - Fließweg bzw. -zeit zum Schutzgut, Abflußbeiwert, Bewuchs, Sauerstoffeintrag, Häufigkeit bestimmter Abflußmengen
  - Schadstoffart, -menge und -konzentration, Abbaubarkeit, Sorptionsverhalten des Schadstoffs, Persistenz, Flüchtigkeit Bewuchs, Bodenleben
  - kleinklimatische Verhältnisse (Temperatur, Frosttage, Schneehöhe, Windverhältnisse, Sonneneinstrahlung, Luftfeuchtigkeit).

Anzumerken sei an dieser Stelle, daß ein (ständiger) oberirdischer Schadstoffeintrag in der Regel leicht erkennbar ist und oft durch einfache Sofortmaßnahmen beseitigt werden kann. Bei der Bewertung sind solche Einträge nur dann zu berücksichtigen, wenn derartige Sofortmaßnahmen sich nicht durchführen lassen.

- Unterirdischer Eintrag:  
Unter Berücksichtigung der Ausführungen in Abschn. 4.1.2.2 (Schadstoffeintrag ins Grundwasser) und Abschn. 4.1.2.3 (Schadstofftransport und -wirkung im Grundwasser) bestimmen u.a. folgende Faktoren den Austausch zwischen Grund- und Oberflächenwasser:
  - Spiegeldifferenz zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer
  - Grundwassergefälle und -fließrichtung
  - Schadstoffveränderungen bei der Untergrundpassage
  - Dichtheit der Gewässersohle.

Auf den Sonderfall von Schäden an einer Gewässerverdolung unter einem belasteten Standort wird nochmals hingewiesen. Dabei kann ein unmittelbarer Schadstoffeintrag erfolgen.

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung des Schadstoffeintrags ist folgendermaßen definiert:

$m_{II} = 1,0$ :	Keine direkt oberflächige Verbindung zwischen Gefahrenherd und Gewässer und Oberflächengewässer ist Vorfluter für das Grundwasser
------------------	--

Die folgenden m-Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnisse:

$m_{II} = 0,5$ :	Oberflächengewässer nur mit geringem Umfang und nur für geringe Zeit Vorflut für das Grundwasser
$m_{II} = 1,5$ :	Sickerwasserleitung direkt ins Oberflächengewässer

Ist der Faktor  $m_{II}$  festgestellt, ergibt sich das Risiko  $r_{II}$  zu

$$r_{II} = m_{II} \cdot r_I$$

### 4.2.2.3 Schadstofftransport und -wirkung

Im dritten Verfahrensschritt einer Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_{III}$ -Wert als  $r_{II}$ -Multiplikator zu ermitteln ( $r_{III} = m_{II} \cdot r_{II}$ ). Grundlage dieser Einschätzung ist die Prozessgröße „Schadstofftransport und -wirkung“ bzw. lediglich deren Abweichung von der Vergleichslage.

Bei der Beurteilung des Schadstofftransports und der Schadstoffwirkung in Oberflächengewässern ist eine getrennte Betrachtung von stehenden und fließenden Gewässern erforderlich, vor allem wegen des unterschiedlichen Sedimentations- und Abbauverhaltens.

Das Schadstoffverhalten (Abbau, Sorption und Transport) in Oberflächengewässern kann sich wesentlich von dem im Grundwasser unterscheiden. Die wesentlichsten Gesichtspunkte dabei sind:

- Möglichkeit des Ausgasens, z.B. von leichtflüchtigen Stoffen, begünstigt durch die Turbulenz im Wasser
- Transport- und Mischungsverhalten (höhere Fließgeschwindigkeit, turbulente Mischungsvorgänge)
- größeres Oxidationspotential durch den direkten Kontakt mit der Atmosphäre
- Abbauverhalten.

Besonderes Augenmerk ist der Sedimentproblematik zu widmen. Schädigungen können auftreten durch:

- Sedimentationsvorgänge (Fällung, Flockung, Schwerkraft)
- Akkumulationsvorgänge im Sediment
- Rücklösung von Schadstoffen durch Milieuänderungen
- Verfrachtung von Sedimenten durch Abflußänderungen.

Die Wirkungen von Schadstoffen in Oberflächengewässern können sich beziehen auf:

- das Wasser selbst (Wasserchemismus, physikalische Eigenschaften)
- die Wasserflora
- die Wasserfauna  
(Bei letzteren sind besonders Anreicherungsverfahren (Bioakkumulation) zu berücksichtigen).

Zusammenfassend hängt das Maß, in welchem sich Schadstoffe auf ein Oberflächengewässer auswirken, außer von den Stoffeigenschaften noch von folgenden Faktoren ab:

- Art und Weise der Belastung :
  - stoßweiser oder kontinuierlicher Eintrag
  - Schadstoffkonzentration
  - Häufigkeit und Dauer des Schadstoffeintrags.

- Gewässer:
  - (Die genannten Faktoren sind maßgebend für die „Selbstreinigungskraft“ eines Gewässers)
  - stehendes oder fließendes Gewässer (Turbulenz, Temperaturschichtung)
  - Ausbau, Bepflanzung (Gewässertiefe, Beschattung, Sonneneinstrahlung)
  - Gewässergüte (Vorbelastung, Sauerstoffgehalt, Nährstoffsituation, Temperatur)
  - Biozönose/ökologische Valenz (Organismenart und -anzahl, Artenvielfalt), gewässerspezifische ökologische Zustandsbeschreibung (GÖZ)
  - Wasserführung, Abfluß (Wasservolumen, Abflußwerte, Abflußschwankungen, Extremwerte von Abfluß und Wasserstand).

Bei leicht sedimentierbaren Schadstoffen muß man beachten, daß sie besonders die wirbellosen Organismen stark beeinträchtigen können, da viele von ihnen standortgebunden sind. Auch ein ständiger, unter Umständen schwacher Stoffeintrag kann sich hier unerwartet negativ auswirken.

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung des Schadstofftransports und der -wirkung ist folgendermaßen definiert:

$m_{III} = 1,0$ :	kleines, empfindliches Fließgewässer in weitgehend natürlichem Zustand (Gewässergüteklasse I/II), geringes Verdünnungsvermögen Schadstoffabbau zu vernachlässigen und oligotropher See.
-------------------	--

Die folgenden  $m$ -Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnissen:

$m_{III} = 0,7$ :	große Wasserführung (Verdünnungsmöglichkeit)
$m_{III} = 0,8$ :	langfristige Adsorption des Schadstoffes am Sediment gewährleistet und schnellfließendes Gewässer
$m_{III} = 1,1$ - 1,3:	stehendes Gewässer (je nach Schadstoffart, z.B. Persistenz, Flüchtigkeit)
$m_{III} = 1,1$ - 1,5:	Biozönose wird beeinträchtigt (in Abhängigkeit vom Grad, Umfang und Dauer der Schädigung)

Ist der Faktor  $m_{III}$  festgelegt, ergibt sich das Risiko  $r_{III}$  zu

$$r_{III} = m_{III} \cdot r_{II}$$

Damit ist das „tatsächliche Risiko“ für das Schutzgut Oberflächengewässer unter Berücksichtigung der tatsächlichen örtlichen Verhältnisse ermittelt.

### 4.2.3 Bedeutung des Schutzgutes

Im vierten Verfahrensschritt einer Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_{IV}$  als  $r_{III}$ -Multiplikator zu ermitteln ( $r_{IV} = m_{IV} \cdot r_{III}$ ). Grundlage dieser Einschätzung ist die **Bedeutung des Oberflächengewässers** bzw. lediglich dessen Abweichung von der Vergleichslage.

Wie beim Schutzgut Grundwasser ist auch die Bedeutung des Schutzguts Oberflächengewässer dann besonders hoch anzusetzen, wenn das Gewässer zur Trinkwassergewinnung herangezogen wird. In Baden-Württemberg ist dies aber nur in wenigen Einzelfällen der Fall. Im übrigen sind bei der Beurteilung der Bedeutung eines Oberflächengewässers die folgenden Aspekte von Belang:

- Ökologische Aspekte:
  - Ökologische Valenz des Gewässers
  - Einbindung in wertvolle Biotope
- Nutzung:
  - Trinkwassergewinnung (direkt oder aus Uferfiltrat)
  - Erholung und Freizeit (Baden, Fischen)
  - landwirtschaftliche Bewässerung
  - Kühlwasserentnahme
  - Vorfluter für Abwasserbehandlungsanlagen
- Sonstiges:
  - Infiltration ins Grundwasser
  - Durchfließen des Zustrombereiches bzw. des Wasserschutzgebietes einer Trinkwasserfassung

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung der Bedeutung des Schutzgutes ist folgendermaßen definiert:

$m_{IV} = 1,0$ : Gewässer nicht zur Trinkwassergewinnung genutzt oder vorgesehen,  
 Gewässer nicht in einem Wasserschutzgebiet  
 keine anderen Nutzungsansprüche  
 hohe ökologische Bedeutung.

Die folgenden  $m$ -Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnisse:

$m_{IV} = 1,2$ : Infiltration ins Grundwasser  
 $m_{IV} = 1,4$ : Gewässer zur Trinkwassergewinnung vorgesehen  
 $m_{IV} = 1,6$ : Gewässer zur Trinkwassergewinnung genutzt

Mit dem Faktor  $m_{IV}$  ergibt sich aus dem tatsächlichen Risiko  $r_{III}$  das gewichtete Risiko  $r_{IV}$  des Standortes unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und der Bedeutung des Schutzgebietes zu

$$r_{IV} = m_{IV} \cdot r_{III}$$

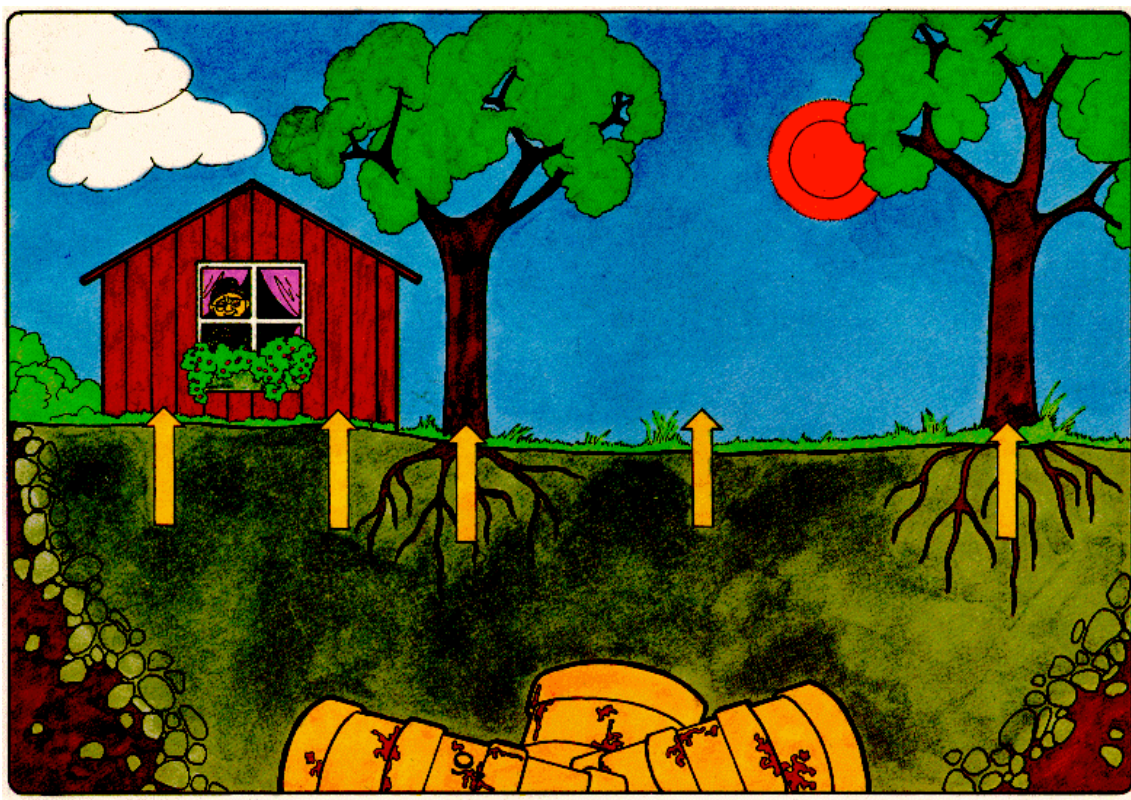
## 4.2.4 bis 4.2.7

Vergleiche Abschnitt 4.1.4 bis 4.1.7

## 4.3 Gefahreneinschätzung und Handlungsbedarf Luft

Bei der Bewertung von gefährverdächtigen Standorten im Hinblick auf das Schutzgut Luft sind vier gefährdete Bereiche („Schutzobjekte“) zu unterscheiden (vgl. auch Abschn. 3.1.3):

- Freier Luftraum unmittelbar über der Altlast:  
Zu berücksichtigen ist eine mögliche toxische Wirkung von Gasen und Dämpfen in der Atemluft für Mensch und Tier.
- Freier Luftraum in der Umgebung der Altlast:  
Zu berücksichtigen ist - neben einer erheblichen Geruchsbelästigung eine toxische Wirkung von Gasen und Dämpfen in der Atemluft für Mensch und Tier, die Deposition luftverfrachteter Schadstoffe und ihre Wirkungen insbesondere auf die Vegetation und den Boden, u.U. aber auch auf Gebäude.
- Luft im Porenraum des Bodens (Bodenluft):  
Zu berücksichtigen sind die Lebensbedingungen von Bodenorganismen und Pflanzen.
- Umschlossene Räume im oder am Boden, insbesondere Keller, Schächte, Gruben usw.:  
Zu berücksichtigen ist der geringe Luftaustausch und damit die Gefahr hoher Schadstoffkonzentrationen. (Erstickungsgefahr, Explosionsgefahr, Korrosion an unterirdischen Bauteilen).



**Bild 8 Schadstoffaustrag und -eintrag in die Luft/Atmosphäre sowie Schadstofftransport und -wirkung im Schutzgut**



### 4.3.1 Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage

Die **Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage**  $r_0$  einer Altlast für das Schutzgut Luft hat weitgehend unabhängig von der  $r_0$ -Wertfestlegung für das Grundwasser zu erfolgen. Die Mechanismen der Schadstoff-Freisetzung des -Austrags, -Eintrags sowie des -Transports und der -Wirkung sind grundverschieden. Bei der Vergleichslage sind andere Schutzvorkehrungen und Verhältnisse maßgebend.

	Luft	(Grundwasser)
frischer Hausmüll, es entsteht Deponiegas	$r_0 = 3$	( $r_0 = 3$ )
mineralisierter Hausmüll, Gasbildung abgeschlossen	$r_0 = 2$	( $r_0 = 2$ )
Hausmüll, vermischt mit Gas in großen Mengen	$r_0 = 5$	( $r_0 = 3$ )
cadmiumhaltiger Galvanikschlamm	$r_0 = 1$	( $r_0 = 4,5$ )

Daraus wird deutlich, daß besonders gasförmige Stoffe, und solche, die die Bildung von Gasen begünstigen können, für die Luft wesentlich kritischer zu beurteilen sind als flüssige oder feste Schadstoffe.

### 4.3.2 Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse - tatsächliches Risiko

#### 4.3.2.1 Schadstoffaustrag

Im ersten Verfahrensschritt einer Anpassung des  $r_0$ -Wertes an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_T$ -Wert als  $r_0$ -Multiplikator zu bestimmen ( $r_1 = m_T \cdot r_0$ ). Grundlage dieser Einschätzung ist die Bilanzgröße „**Schadstoffaustrag**“ bzw. lediglich deren Abweichung von der Vergleichslage.

Wenn im Inneren einer Altlast Gase produziert werden, breiten sich diese aufgrund des entstehenden Überdrucks aus. Dadurch kann auch der Luftraum unmittelbar über der Altlast und die Bodenluft in dem den Gefahrenherd umgebenden Untergrund beeinträchtigt werden. Bei gasförmigen Schadstoffen kommt außerdem dem diffusionsbedingten Austrag Bedeutung zu.

Das austretende Gas kann, insbesondere wenn es in großen Mengen entsteht, als „Trärgas“ für andere Gase wirken, die ansonsten den Nahbereich des Schadstoffherdes nicht verlassen würden, z.B. Spurenstoffe im Deponiegas wie CKW, Phosphine, niedrigmolekulare organische Säuren.

Die Emission von Schadgasen kann durch Oberflächen- und Flankenabdichtungen nur umgelenkt werden. Durch Entgasungsmaßnahmen läßt sich ein Gasüberdruck abbauen. Abdichtungen sind großtechnisch jedoch nur in dem Maße wirksam, wie Entspannungsmöglichkeiten für Gase gegeben sind, da sie kaum großflächig gasdicht hergestellt werden können.

Die Angaben über die Durchlässigkeit von Dichtungsmaterialien gegenüber Gasen sind bisher spärlich. Von entscheidendem Einfluß im Fall mineralischer Dichtungen sind Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse (Porosität, Wassersättigung).

Von Einfluß sind Luftdruck-, Wind-, Temperatur- und Gefälleverhältnisse. Wobei den Luftdruck- und Temperaturverhältnissen bei Deponiegas besondere Bedeutung zukommt. Infolge von Frost können vorübergehend veränderte Verhältnisse auftreten.

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung des Schadstoffaustrages ist folgendermaßen definiert:

$m_I = 1,0$ :	Gestaltung, Abdeckung, Bewuchs und Unterhaltung der Oberfläche nach den Regeln der Technik, Fremdwasserzufluß ausgeschlossen, Abdichtung der Sohle mit mineralischer Dichtung ( $k_f$ -Wert kleiner als $10^{-8}$ m/s, Dicke = 0,60 m), geordnete Entwässerung der Sohle, geeignetes System zur Gassammlung (passive Entgasung) vorhanden schadlose Beseitigung des Gases und Volumen ca. 50000 m <sup>3</sup> .
---------------	--

Die folgenden m-Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnisse:

$m_I = 0,7$	aktive Entgasung und engmaschiges Gassammelsystem
$m_I = 1,4$	einzelne, unzusammenhängende dichte Zwischenabdichtung oder unvollständig Endabdeckung ohne Entgasungsmaßnahme

Ist der Faktor  $m_I$  festgelegt, ergibt sich das Risiko  $r_I$  zu

$$r_I = m_I \cdot r_0$$

#### 4.3.2.2 Schadstofftransport bzw. -eintrag

Im zweiten Verfahrensschritt einer Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_{II}$ -Wert als  $r_I$ -Multiplikation zu ermitteln ( $r_{II} = m_{II} \cdot r_I$ ). Grundlage deren Einschätzung ist die Bilanzgröße „**Schadstoffeintrag**“ bzw. lediglich deren Abweichung von der Vergleichslage.

Der Transport zu den Schutzobjekten kann erfolgen:

- durch natürliche oder künstliche Klüfte, Spalten, Poren im Untergrund
- durch Leitungen
- durch die Atmosphäre.

Ob und in welcher Menge, Konzentration und Zusammensetzung das Schadgas letztlich in den gefährdeten Bereichen ankommt, hängt von den folgenden Faktoren ab:

- Wegsamkeiten (Poren, Klüfte, Spalten, Leitungen, Schichtungen des Untergrundes; bei Bauten sind besonders kritische Stellen: Leitungsdurchführungen, Risse, Spalten, Fugen)
- Trennelemente (Tonschichten, Wasserkörper)
- Strömungsbedingungen (Druck-, Temperaturdifferenzen, Strömungsquerschnitte und -widerstände, Luftdruckdifferenzen, Windeinflüsse, spezifisches Gasgewicht, Feuchtigkeit, Fremdluftzutritt, Wasserzutritte als Verdrängung von Luft und Deponiegas.
- Transportmedien für Schadgase, z.B. Deponiegas für Spurengase

- Konzentrationsveränderungen (Verdünnung, Vermischung, Adsorption, chemische Umwandlung, biochemischer Abbau, Trennung von Gasgemischen, Diffusionsgeschwindigkeit)
- stoffliche Veränderungen („Biofilter“, Reaktion mit Materialien des Durchgangsmediums)

Eine besonders weite Ausbreitung der Gase im Untergrund wurde in klüftigem oder porösem Untergrund beobachtet, vor allem, wenn der Gasaustausch mit der Atmosphäre durch dichte Oberflächenabdeckungen der Altlast unterbunden oder beeinträchtigt ist.

Die Möglichkeiten von mittelbaren Schadstoffeinträgen in Bodenluft, Atmosphäre und Raumluft, speziell durch Ausgasungen von Schadstoffen aus Oberflächengewässern oder aus dem Grundwasser, werden nicht in die weiteren Betrachtungen einbezogen.

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung des Schadstoffeintrags ist folgendermaßen definiert:

$m_I = 1,0$	Entfernung zum Schutzobjekt ca. 100 m und Verbindung zum Schutzobjekt durch Grobkies, wasserungesättigt.
-------------	---

Die folgenden m-Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnissen:

$m_{II} = 0,8$ :	langfristig wirksame Filterwirkung vorhanden, z.B. mikrobieller Abbau nach Art des Kompostfilters
$m_{II} = 1,1$ :	kiesig-sandiger Untergrund, großes freies Porenvolumen ohne Wassersättigung und breitflächiges Entweichen von Gas möglich.

Damit ergibt sich das Risiko für einen Schadstoffeintrag ins Schutzgut Luft zu

$$r_{II} = m_{II} \cdot r_I$$

#### 4.3.2.3 Schadstofftransport und -wirkung

Im dritten Verfahrensschritt einer Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_{III}$ -Wert als  $r_{II}$ -Multiplikator zu ermitteln ( $r_{III} = m_{III} \cdot r_{II}$ ). Grundlage dieser Einschätzung sind „**Schadstofftransport und -wirkung**“ bzw. lediglich deren Abweichung von der Vergleichslage.

Gegenüber dem atmosphärischen Luftraum der Umgebung ist eine Altlast, die Schadgase abgibt, i.d.R. als Flächenquelle anzusehen. Je nach den meteorologischen Voraussetzungen werden Schadstoffe in Gas- und Aerosolform in das umliegende Immissionsgebiet verfrachtet. Wegen der niedrigen Quellhöhe findet eine etwaige Stoffdeposition in der Regel in der unmittelbaren Umgebung statt.

In der atmosphärischen Luft erfolgt die Ausbreitung, d.h. der Transport und die Verdünnung schädlicher Gase praktisch ausschließlich durch Windverfrachtung.

Für die Ausbreitung der Schadstoffe in der Atmosphäre sind die folgenden Faktoren entscheidend:

- meteorologische Gegebenheiten (Windgeschwindigkeiten, Windrichtungen, austauscharme Wetterlagen)
- topografische Verhältnisse, Kleinklima.

Der Schadstofftransport in der Bodenluft erfolgt nach den in den vorstehenden Abschnitten über den Austrag und Eintrag von gasförmigen Stoffen beschriebenen Transportmechanismen auf den dort aufgeführten Wegsamkeiten.

Nachteilige Wirkungen auf den oberirdischen Luftraum (atmosphärische und Raumluft) sind in der Regel nur dann zu erwarten, wenn eine Vermischung mit der atmosphärischen Luft behindert ist, wie z.B. in Geländemulden, während austauscharmer Wetterlagen, in umschlossenen Lufträumen wie Schächten, Zelten, Behelfsbauten, Gebäuden und in unterirdischen Hohlräumen.

Bei unabgedeckten Standorten verdünnt sich austretendes Gas bereits unmittelbar über der Oberfläche sehr stark mit Luft, so daß dort im allgemeinen keine Gefahren auftreten. Dagegen kann es vor allem bei abgedeckten Standorten im Bereich von Rissen, Spalten und Klüften zu starken, konzentrierten Gas-Emissionen kommen. Besonders gefährlich kann die Situation bei Grabungsarbeiten werden.

Für die Wirkung von Schadgasen in der Atmosphäre und in der Raum-Luft sind folgende Faktoren von Bedeutung:

- Art und Konzentration des Schadgases einschließlich Spurenstoff
- Möglichkeit der Bildung von explosiven Gasgemischen (Sauerstoffgehalt, Temperatur; Möglichkeiten der Zündung)
- sekundäre Luftschadstoffe, z.B. Spurenstoffe im Schadgas
- Geruchsintensität („erhebliche Belästigung“)
- Toxizität
- Einwirkungszeit (kurzfristig oder anhaltend)
- Häufigkeit des Luftwechsels (Zu- und Abluft, natürliche bzw. künstliche Ventilation, spezifisches Gasgewicht, Temperaturverhalten, Diffusion, Vermischung, Akkumulation).

Die Wirkung des Schadgases in der Bodenluft hängt neben den ökotoxischen Eigenschaften auch davon ab, inwieweit der Boden aufgrund seiner Struktur einen Gasaustausch mit der Atmosphäre zuläßt und inwieweit dadurch die natürliche Bodenluft durch das Schadgas verdrängt werden kann. Tiefwurzelnende Pflanzen können eher geschädigt werden als flachwurzelnende.

Bei der Beurteilung der Wirkung von Schadstoffen auf die Bodenluft spielt die Zeitdauer der Einwirkung eine besondere Rolle. Eine langandauernde Einwirkung im Falle einer großen Schadstoffmenge kann unter Umständen eine Adaption von Lebewesen hervorrufen, was zur Ausbildung von natürlichen Biofiltern führen kann. Derart günstige Verhältnisse setzen allerdings eine stabile Situation bezüglich der Schadstoffzufuhr voraus. Bei Altablagerungen hat

sich mitunter das Boden- und Pflanzenleben an die Situation angepaßt. Im Hinblick auf die ökologische Bedeutung einer ausgewogenen Tier- und Pflanzenzusammensetzung muß, von seltenen Ausnahmen abgesehen, eine solche Anpassung aber bereits als Schädigung des Naturraumes angesehen werden. Häufig ist dabei z.B. eine Artenverarmung zu beobachten.

Für die Wirkung von Schadgasen in der Bodenluft sind folgende Faktoren von Bedeutung:

- Art und Konzentration des Schadgases (einschließlich der Spurenstoffe)
- Toxizität (für Bodenorganismen und Pflanzen)
- Mikrobiozönose des Bodens (gasverbrauchende und gaserzeugende Mikroorganismen)
- Bodenstruktur (Bodenart, Porosität, Wassergehalt usw.)
- Durchwurzelung
- Adaptionfähigkeit von Bodenorganismen und Pflanzen
- Möglichkeit einer chemischen Gasumwandlung (Bodenzusammensetzung, O<sub>2</sub>-Gehalt, Redoxpotential, Gaskonzentration, Feuchtigkeit, pH-Wert, Begleit- und Spurenstoffe)
- Möglichkeiten einer biologischen Gasumwandlung (Nährstoffangebot, Mikrobiozönose des Bodens, Temperatur, Feuchte, Kontinuität der Gaszufuhr, Gaskonzentration, Trägermedium für Mikrobiozönose).

Bei unterirdischen Gebäudeteilen ist die Korrosionswirkung belasteter Bodenluft zu berücksichtigen. Hierbei ist die chemische Zusammensetzung des Gases von Bedeutung. Die direkte Wirkung von Gefahrenherden auf Gebäude wird in Abschn. 4.5 (Sonstige Gefahren) behandelt.

Die Vergleichslage zur Bewertung des Transports und der Wirkung von Schadstoffen in der Atmosphäre ist wie folgt definiert:

$r_{III} = 1,0$ :	Gasaustausch behindert, z.B. Muldenlage keine Vorbelastung durch andere Emittenten und austauscharme Wetterlage
-------------------	---

Die folgenden m-Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnissen:

#### Atmosphäre und Raum-Luft:

$m_{III} = 0,8$ :	ebenes Gelände, keine Behinderung des Gasaustausches, gute Durchlüftung
$m_{III} = 1,4$ :	Gasaustausch stark behindert, z.B. geschlossene Räume

#### Bodenluft:

$m_{III} = 0,8$ :	großes Porenvolumen, große Gasdurchlässigkeit und Gasaustausch mit atmosphärischem Luftraum möglich.
$m_{III} = 1,4$ :	geringes Porenvolumen und Gasaustausch mit atmosphärischen Luftraum möglich.

Ist der Faktor  $m_{III}$  festgelegt, ergibt sich das Risiko  $r_{III}$  zu

$$r_{III} = m_{III} \cdot r_{II}$$

### 4.3.3 Bedeutung des Schutzgutes

Im vierten Verfahrensschritt einer Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_{IV}$ -Wert als  $r_{III}$ -Multiplikator zu ermitteln ( $r_{IV} = m_{IV} \cdot r_{III}$ ). Grundlage dieser Einschätzung ist die Schutzwürdigkeit der Nutzung des betreffenden Luftraumes bzw. lediglich deren Abweichung von der Vergleichslage. Hierbei sind die landwirtschaftliche Nutzung (Schadstoffaufnahme durch Pflanzen aus der Atmosphäre bzw. der Bodenluft), die Nutzung für Freizeit und Erholung, die bauliche Nutzung sowie ökologische Gesichtspunkte maßgebend.

Bei der atmosphärischen und der Raum-Luft ist entscheidend, ob die Lufträume für die Atmung von Mensch und Tier genutzt werden. Die Zugänglichkeit und die Art der Nutzung der Räume spielt dabei eine besondere Rolle. Wesentlich sind folgende Faktoren:

- Atmosphäre und Raumluft:
  - Art der Nutzung
  - Ständiger Aufenthalt von Menschen (Wohnhaus, Arbeitsplatz, Spielplatz, Grillplatz - Explosionsgefahr!)
  - Lebensraum von Tieren
  - topographische und kleinklimatische Verhältnisse
- Bodenluft:
  - Art und Intensität der Bodennutzung
  - ökologische Bedeutung der betroffenen Fläche, Vorhandensein schutzwürdiger Vegetation, Ökologie.

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung der Bedeutung des Schutzgutes ist folgendermaßen definiert:

$m_{IV} = 1,0$ : keine wirtschaftliche oder sonstige Nutzung und außerhalb von Erholungsgebieten.

Die folgenden  $m$ -Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnissen:

$m_{IV} = 1,0 - 1,4$ : Wohnräume, Räume für den dauernden oder zeitweiligen Aufenthalt von Personen sind gefährdet.  
der Luftraum besiedelter Gebiete, Erholungsgebiete usw. wird beeinträchtigt (in Abhängigkeit von der räumlichen Entfernung zu den möglichen Gasaustrittsstellen)

Daraus ergibt sich das gewichtete Risiko des Standortes unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und der Bedeutung des Schutzgutes zu

$$r_{IV} = m_{IV} \cdot r_{III}$$

### 4.8.4. bis 4.3.7

Vergleiche Abschnitte 4.1.4 bis 4.1.7

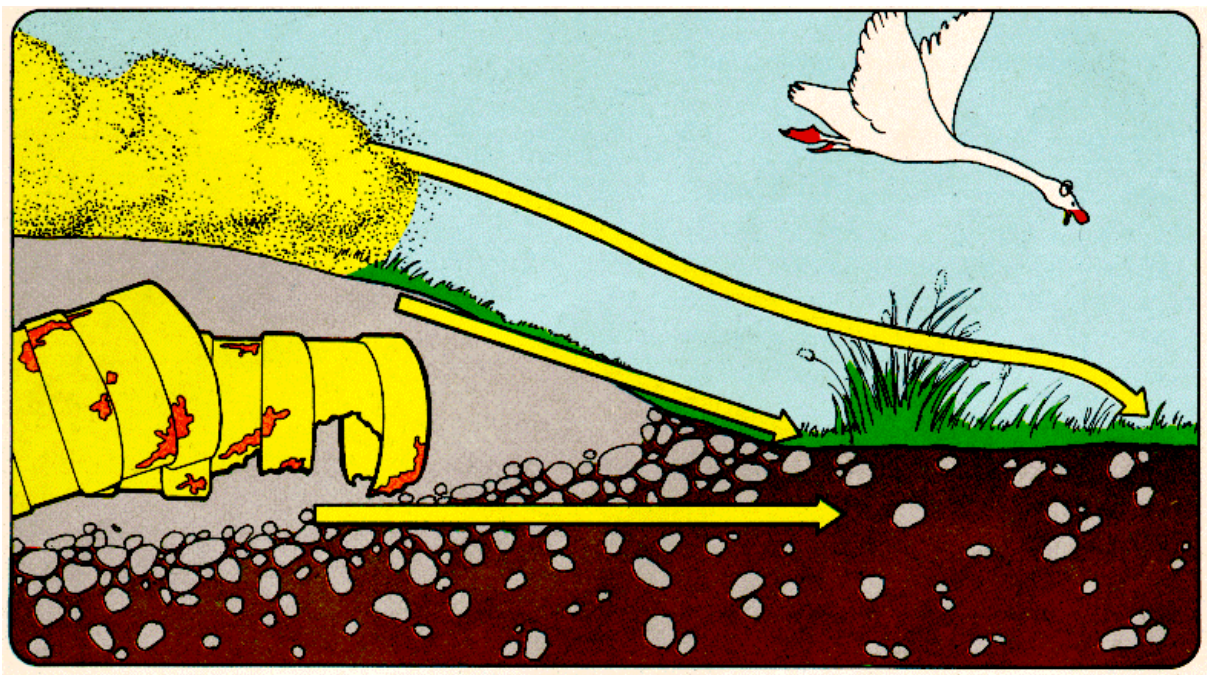
## 4.4 Gefahreneinschätzung und Handlungsbedarf Boden

Altlasten können sich dem Schutzgut Boden gegenüber in unterschiedlicher Lage befinden. Folgende Fälle lassen sich dabei unterscheiden:

- Fall 1: Altlast ist selbst Schutzgut.
- Fall 2: Der zu schützende Boden liegt unterhalb der Altlast. Er wird vorwiegend durch Sickerwasser beeinträchtigt
- Fall 3: Der zu schützende Boden ist das Abdeckmaterial über der Altlast. Er kann vorwiegend durch gasförmige Schadstoffe beeinträchtigt werden.
- Fall 4: Die zu schützende Bodenbereiche befinden sich in der Umgebung der Altlast.

Bevorzugt kommen solche Bodenbereiche als Schutzobjekte in Betracht, die eine besondere Empfindlichkeit dem in der Altlast lagernden Schadstoff gegenüber aufweisen, z.B. saure, humusarme, gut durchlüftete Böden gegenüber einer schwermetallemitternden Altlast bzw. Böden mit einer besonders empfindlichen Nutzung wie etwa bei Gemüseanbau.

Darüber hinaus kommen als Verunreinigungsquellen Flächen in Betracht, von denen ein Schadstoffabtransport auf Böden in der Umgebung, z.B. aufgrund topographischer und klimatischer Verhältnisse, leicht möglich ist.



**Bild 9: Schadstoffaustrag, -eintrag in den Boden sowie Schadstofftransport und -wirkung im Schutzgut.**

Wie beim Schutzgut Luft muß auch für jeden dieser gefährdeten Bodenbereiche die Gefahren-einschätzung gesondert durchgeführt werden, z.B. auch in Fällen, in denen die gleiche Altlast verschiedene Bereiche unterschiedlicher Empfindlichkeit und Nutzung bzw. Bedeutung gefährdet.

Ist die Altlast selbst Schutzgut (Fall 1), was in den meisten Beurteilungsaufgaben der Praxis der Fall ist, enthält die Betrachtung von Schadstoffaustrag und -eintrag. Bei der Bewertung sind für den ersten und zweiten Verfahrensschritt die ungünstigsten Verhältnisse anzunehmen.

Grenzt der Gefahrenherd direkt an das Schutzgut an (Fälle 2 und 3), so entfällt der Durchwanderungsbereich. Bei der Bewertung ist dann im nur zweiten Verfahrensschritt von den ungünstigsten Verhältnissen auszugehen.

Im Fall 4 ist das Bewertungsverfahren in allen seinen Schritten durchzuführen, z.B. sind auch die Verhältnisse des Transportes der Schadstoffe von der Altlast zum Schutzgut im zweiten Verfahrensschritt zu bewerten.

Nachfolgend werden die einzelnen Verfahrensschritte für den Fall 4 behandelt, die in der bekannten Weise aufeinanderfolgen.

Für Altlasten gemäß Fall 1 wird mit dem dritten Verfahrensschritt begonnen, indem man den sogenannten  $r_{II, \max}$ -Wert festlegt. In diesem Wert sind bereits die genannten ungünstigsten Verhältnisse im ersten und zweiten Verfahrensschritt berücksichtigt. In Abschn. 4.4.1 sind als Orientierungshilfe für verschiedene schadstoffhaltigen Abfall- und Bodenmaterialien  $r_{II, \max}$ -Werte angegeben.

Die Gefahren für einen belebten Boden durch Schadgase wurden bereits in Abschn. 4.3 behandelt.

#### 4.4.1 Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage

Bei der Beurteilung der Stoffgefährlichkeit einzelner Schadstoffe sind deren Wirkungsmechanismen im Schutzgut Boden und bei der evtl. Aufnahme durch Mensch, Tier und ggf. Pflanzen zu beachten. Dies gilt grundsätzlich auch für den Boden als Schutzgut, vor allem für die oberste, belebte Bodenschicht, den sog. Mutterboden. Böden bilden sich nur in langen Zeiträumen und lassen sich mit den heutigen Möglichkeiten kaum regenerieren. Die Böden haben jedoch eine hohe Filter-, Puffer- und Speicherfähigkeit für Schadstoffe und die Übergangsraten von im Boden enthaltenen Stoffen in Nahrungs- und Futterpflanzen sind häufig gering.

Die Stoffgefährlichkeit ist unter Zugrundelegung der Expositionssituation der Vergleichslage ( $r_0$ -Wert) (Fälle 2 bis 4) oder der direkten Exposition ( $r_{II, \max}$ -Wert) (Fall 1) festzulegen.

Die hohen Anforderungen an Vorkehrungen zur Verhinderung einer Schadstoffabwanderung im Falle des Schutzgutes Grundwasser begründen sich einerseits aus dem hohen Mobilität der in Wasser gelösten Schadstoffe und andererseits aus dem großen Schutzbedürfnis des Grundwassers. Um einer Gefährdung eines Bodens angemessen begegnen zu können, genügen in der Regel wesentlich weniger aufwendige Maßnahmen. Die Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage bei schadstoffbelasteten Abfall- und Bodenmaterialien wird aus diesem Grunde hinsichtlich des Schutzgutes Boden generell wesentlich niedriger einzustufen sein als hinsichtlich des Schutzgutes Grundwasser. In diesem Zusammenhang ist auf die um Zehnerpotenzen niedrigeren zulässigen Grenzwerte für bestimmte Schadstoffe im Trinkwasser als in anderen Lebensmitteln hinzuweisen.



Aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsmechanismen im Wasser und Boden und bei der Aufnahme durch Mensch, Tier oder ggf. auch durch die Pflanze (Transferfaktoren) wird die Stoffgefährlichkeit einzelner Schadstoffe darüber hinaus im Falle des Schutzgutes Boden anders zu bewerten sein als im Falle des Schutzgutes Grundwasser.

Bei den nachfolgend aufgeführten Stoffbeispielen für eine Ersteinstuflung wird daher zum einen die Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage  $r_0$  für verschiedene schadstoffbelastete Abfall- und Bodenmaterialien angegeben, zum anderen ein an die örtlichen Verhältnisse bezüglich des Schadstoffaustrags und -eintrags angepaßtes Risiko  $r_{II, max}$ . Hierbei geht man von den diesbezüglich ungünstigsten Verhältnissen (Fall 1) aus.

	$r_0$	$r_{II, max}$
Küchenabfälle oder Küchenkompost:	0,2	1
Hausmüll nach Schadstoffabtrennung vorzerkleinert:	0,6	2
Hausmüll:	2	3 - 5
cadmiumbelastetes Neckarbaggergut:	2	3 - 5
Klärschlamm:	0,5 - 2	2 - 5
mineralöhlhaltiger Boden :	(0,5) 1 - 2	4 - 5
HCH-haltige Rückstände:	2,5	6

## 4.4.2 Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse - tatsächliches Risiko

### 4.4.2.1 Schadstoffaustrag

Im ersten Verfahrensschritt einer Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_I$ -Wert als  $r_0$ -Multiplikator zu ermitteln ( $r_I = m_I \cdot r_0$ ). Grundlage dieser Einschätzung ist der **Schadstoffaustrag** bzw. lediglich dessen Abweichung von der Vergleichslage.

Bei der Betrachtung des Schadstoffaustrags im Falle des Schutzgutes Boden sind - neben den bereits genannten Gesichtspunkten - folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- **Wasserzu- und -austrittsmöglichkeiten** unter besonderer Berücksichtigung der **Erosionsgefährdung**
- **Windverhältnisse**  
(Windstärke und Häufigkeit; Windwiderstände infolge von Bodenrauigkeiten, Abdeckungen)
- **Neigungsverhältnisse**
- **Temperaturverhältnisse**  
(z.B. Frosttage)
- **Schadstoffbeschaffenheit**  
(Aggregatzustand, physikalische Struktur, Oberflächenbeschaffenheit, Rauigkeitsbeiwert, Konzentrationen, Konzentrationsveränderungen mit der Schichttiefe, Verwehbarkeit)
- **Pflanzenverfügbarkeit**

- **Wechselwirkung mit anderen Belastungen**  
(Intensivdüngung)

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung des Schadstoffaustrags ist folgendermaßen definiert:

$m_r = 1,0$ :	Gestaltung, Abdeckung, Bewuchs und Unterhaltung der Oberfläche nach den Regeln der Technik Fremdwasserzufluß ausgeschlossen und Abdichtung der Sohle mit mineralischer Dichtung ( $k_f$ -Wert kleiner als $10^{-8}$ m/s, Dicke = 0,60 m), geordnete Entwässerung der Sohle und Volumen ca. 50000 m <sup>3</sup>
---------------	--

Der folgende m-Wert dient als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnissen:

$m_r = 1,4$ :	freie Lage, direkter Zu- und Austritt der Transportmedien Luft, Wasser usw. (ungünstigste Verhältnisse)
---------------	--

Ein Risikoabschlag für den Schadstoffaustrag Boden kommt in der Praxis kaum vor, da die Verhältnisse in der Vergleichslage dafür als optimal anzusehen sind.

Das Risiko  $r_I$  ergibt sich daraus zu:

$$r_I = m_r r_0$$

#### 4.4.2.2 Schadstofftransport bzw. -eintrag

Im zweiten Verfahrensschritt einer Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_{II}$ -Wert als  $r_I$ -Multiplikator zu ermitteln ( $r_{II} = m_{II} \cdot r_I$ ). Grundlage dieser Einschätzung ist der Schadstoffeintrag bzw. lediglich dessen Abweichung von der Vergleichslage.

Der aus einer Altlast ausgetragene Schadstoff wird in vielen Fällen zunächst einmal in den anstehenden Untergrund mit dem Sickerwasser, in Phase oder als Gas eingetragen und ggf. zu den Schutzgütern Grundwasser, Oberflächengewässer und Luft im Untergrund weitertransportiert. Häufig wurde Boden in der Vergangenheit von Abfällen überlagert. Ob dieser Boden noch schutzbedürftig ist, muß im Einzelfall entschieden werden.

Je nachdem, wie weit der Bereich des Untergrundes, der als Schutzgut Boden zur Bewertung ansteht, entfernt ist, wird ein mehr oder weniger großer Bereich des Untergrundes als Durchwanderungsbereich wirksam und muß bei der Einschätzung des Schadstoffeintrages berücksichtigt werden. Folgende Faktoren beeinflussen den Schadstofftransport und -eintrag zum bzw. ins Schutzgut Boden:

- Abwandernde **Schadstoffmengen und Konzentrationen**
- **Transportfähigkeit des Schadstoffes**  
(spez. Gewicht, Vermischbarkeit, Löslichkeit, Windflugfähigkeit, Beschaffenheit)
- **Sorptionsfähigkeit**
- **Hindernisse, Barrieren**  
(Pflanzen, Hecken, Neigungsverhältnisse, Abflußbeiwert, Rauigkeit der Geländeoberfläche)

- **Kleinklima**  
(Windverhältnisse: Stärke, Richtung, Häufigkeit, Jahreszeit)
- **Reaktivität mit anderen Stoffen**
- **Vorhandensein der Transportmedien Wasser Gase bzw. Luft**

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung des Schadstoffeintrags ist folgendermaßen definiert:

$m_{II} = 1,0$ : keine Schadstoffrückhaltung nach Abgang und Schutzobjekt Boden grenzt an Altlast an.

Die folgenden m-Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnissen:

$m_{II} = 0,7$ : Große Entfernung des Schutzgutes von der Altlast  
 $m_{II} = 1,3$ : Schutzgut ist mit der Altlast identisch

Das Risiko  $r_{II}$  ergibt sich daraus zu:

$$r_{II} = m_{II} \cdot r_I$$

#### 4.4.2.3 Schadstoffverhalten und -wirkung

Im dritten Verfahrensschritt einer Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_{III}$ -Wert als  $r_{II}$ -Multiplikator zu ermitteln ( $r_{III} = m_{III} \cdot r_{II}$ ). Grundlage dieser Einschätzung ist der Schadstofftransport und die Schadstoffwirkung auf den Boden bzw. lediglich deren Abweichung von der Vergleichslage.

Für die Wirkung des Schadstoffes auf den Boden ist es entscheidend, ob und in welchem Maße chemische oder biologische Prozesse zu Umwandlungen des Schadstoffes führen können und nicht zuletzt, ob diese Umwandlungsprodukte weniger oder stärker toxisch auf das Bodenleben wirken. Bei der Beurteilung von Wirkung und Verhalten des Schadstoffes im Boden müssen die verschiedenen Funktionen des Bodens berücksichtigt werden:

- Nährsubstrat für Nutzpflanzen
- Puffer für schädigende Einwirkungen auf Bodenleben und Gewässer
- Humus- und Nährstoffspeicher
- Lebensraum.

Ob und in welchem Maße eine Wirkung auftritt, hängt von den folgenden Faktoren ab:

- Schadstoffmenge und -konzentration
- Bodenstruktur
- Bodenleben
- Bodenchemie
- Klimaverhältnisse (Versickerungsraten, Abflußbeiwert, Froststärke und -häufigkeit, Sonneneinstrahlung)
- Abbaubarkeit des Schadstoffes
- Vorbelastung des Bodens (Adaption an den Schadstoff oder Toxizität; Schädigung der Bodenbiozönose).

Die Empfindlichkeit der Böden ist gegenüber verschiedenen Schadstoffen sehr unterschiedlich. Dabei spielt ihre Zusammensetzung in chemischer, physikalischer und biologischer Hinsicht, d.h. die Bodenstruktur und das Bodenleben, eine entscheidende Rolle. Inwieweit über diesen Gefährdungspfad Mensch, Tier und Pflanze gefährdet werden, hängt davon ab, wie der Boden genutzt wird. Dies wird im nachfolgenden Abschnitt zu bewerten sein.

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung des Schadstoffverhaltens und der -wirkung ist folgendermaßen definiert:

$m_{III} = 1,0$ : Ab- bzw. Umbau der Schadstoffe gering und keine Verringerung des Schadstoffgehaltes, z.B. durch Pflanzen, Elution.

Die folgenden m-Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnisse:

$m_{III} = 0,6$ : Schadstoffe werden abgebaut bzw. immobilisiert  
 $m_{III} = 1,2$ : Schadstoff wirkt bereits in geringer Konzentration sehr toxisch auf Bodenle-  
 ben  
 Synergismus mit bereits vorhandenen Stoffen möglich,  
 Bodeninhaltsstoffe werden remobilisiert, (z.B. hohe Schwermetallmobilität  
 in sauren Böden, hohe  $NO_3$ -Mobilität bei intensiver Humuswirtschaft und  
 intensiver  $NO_3$ -Düngung)

Ist der  $m_{III}$ -Wert festgelegt, ergibt sich

$$r_{III} = m_{III} \cdot r_{II}$$

### 4.4.3 Bedeutung des Schutzgutes

Im vierten Verfahrensschritt einer Anpassung an die örtlichen Verhältnisse ist der  $m_{IV}$  = Wert als  $r_{III}$ -Multiplikator zu ermitteln ( $r_{IV} = m_{IV} \cdot r_{III}$ ). Grundlage dieser Einschätzung ist die Bedeutung des Schutzgutes Boden bzw. lediglich deren Abweichung von der Vergleichslage.

Bei der Einschätzung der Bedeutung des Bodens ist zu berücksichtigen, daß schädigende Wirkungen langfristig andauern bzw. irreversibel sein können. Mögliche zukünftige Nutzungen sind daher, soweit absehbar, in Betracht zu ziehen. Die Multifunktionalität des Bodens ist zu beachten.

Folgende Nutzungen des Bodens sind zu beachten:

- Erzeugung von pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln
- Freizeit und Erholung (Oberflächenbeschaffenheit, Verletzungs- und Infektionsgefahr usw.)
- Baugrund (Setzungen, Gasaustritte)
- ökologische Nutzung, z.B. als Standort für schützenswerte Biotope, als Grundlage für den Artenschutz
- Lebensraum für das Bodenleben.

Die Vergleichslage zur vergleichenden Bewertung der Bedeutung des Schutzgutes ist folgendermaßen definiert:

$m_{IV} = 1,0$ :	Klima, Bodenstruktur usw. erlauben keine Nahrungsmittelproduktion
------------------	---

Die folgenden m-Werte dienen als Anhalt zur Beurteilung von gegenüber der Vergleichslage abweichenden örtlichen Verhältnissen:

$m_{IV} = 0,8$ :	Boden aufgrund seiner Lage nicht nutzbar, z.B. versiegelt als Parkplätze, Verkehrsflächen
$m_{IV} = 1,1$ :	Boden ökologisch von Bedeutung
$m_{IV} = 1,2$ :	Boden ökologisch von höchster Bedeutung
$m_{IV} = 1,4$ :	Boden zur Erzeugung von Nahrungsmitteln genutzt (in Abhängigkeit vom Ausmaß der Schadstoffaufnahme durch Pflanzen)

Ist der  $m_{IV}$ -Wert festgelegt ergibt sich

$$r_{IV} = m_{IV} \cdot r_{III}$$

#### 4.4.4 bis 4.4.7

Vergleiche Abschn. 4.1.4 bis 4.1.7

### 4.5 Sonstige Gefahren

Die von gefahrverdächtigen Standorten bzw. **Altlasten** ausgehenden Gefahren beziehen sich hauptsächlich auf die vorstehend behandelten Schutzgüter Grundwasser, Oberflächengewässer, Luft und Boden oder lassen sich von diesen ableiten.

Folgende Gefahren können zusätzlich in Betracht kommen:

- Schäden an Bauwerken durch Setzungen, Rutschungen und Korrosion einschließlich der darin mittelbar begründeten Gefahren für den Menschen
- Gefährdungen von Mensch und Umwelt, z.B. Verletzungen, Vergiftungen, Allergien usw. bei
  - Eingriffen in Gefahrenherde, z.B. im Zuge von Baumaßnahmen
  - unzureichender Absicherung schadstoffbelasteter Standorte, z.B. fehlende Umzäunung
  - Überschwemmung infolge Einengung des Abflußquerschnitts bei Ablagerungen an Oberflächengewässern

Gefahren, die sich nicht direkt oder indirekt aus den Gefahren für die genannten Schutzgüter ableiten lassen, entziehen sich weitgehend einer systematischen Bewertung gemäß den vorstehenden Kapiteln. Ein ggf. aus anderweitigen Gefahren abgeleiteter Handlungsbedarf ist zu begründen.

## 5 Beispiele

Beispiele für die Gefahren einschätzung und die Ermittlung des Handlungsbedarfs

- Beispiele ausgefüllter Bewertungsbogen -

Beispiel 1:       Verfüllung einer Kiesgrube mit Hausmüll u.a. Schutzgut Grundwasser Bewertung bei Beweisniveau 1:

<b>G</b>	<b>Beispiel 1</b> Altablagerung ..... Hausmüll u. a. .... Gefahrenverdächtig Standort ..... Stoffgruppe Steinbruchverfüllung ..... Wasserfassung ..... nähere Standortbeschreibung ..... Schutzobjekt	Bewertungsbogen	Raum für: statistische Daten, Prüfungsvern
1. Bewertung		2. Bewertung	
Bearbeiter .....		Datum .....	
0. Stoffgefährlichkeit	Haus- und Gewerbemüll, Klärschlamm, u. U. vermischt mit Sonderabfällen / Akte, Zeugen, Foto weitgehend ausgelaugt, offene Schüttkante, Foto 1939 – 1957 / Akte Schütthöhe: ca. 5 m / Schätzung Grundfläche: ca. 100 ar / Begehung  <div style="text-align: right;"><math>r_0 = \dots 3,0 \dots</math></div>		
I. Austrag	Steinbruchsohle aus klüftigem Oberem Muschelkalk (kein Wasseranstau) / Zeuge Hangwasserzutritt aufgrund Schichteneinfall zu vermuten / Geol. Karte Abdeckung mit anstehendem Bodenmaterial, größere Hangneigung / Begehung N = 850 mm  <div style="text-align: right;"><math>m_I = \dots 1,2 \dots \quad \Delta r_I = \dots + 0,6 \dots \quad r_I = \dots 3,6 \dots</math></div>		$m_I = \dots \quad \Delta r_I = \dots$
II. Eintrag	klüftiger Oberer Muschelkalk, große Wasserdurchlässigkeit / Gebirgsdurchlässigkeit Grundwasserflurabstand ca. 50 m / Geologe Sorptions- und Abbaueffekte kaum anzunehmen  <div style="text-align: right;"><math>m_{II} = \dots 1,2 \dots \quad \Delta r_{II} = \dots + 0,7 \dots \quad r_{II} = \dots 4,3 \dots</math></div>		$m_{II} = \dots \quad \Delta r_{II} = \dots$
III. Transport/Wirkung	Grundwasserbereich des Mittleren Muschelkalks Abbau- und Sorptionseffekte nicht anzunehmen große Grundwasserfließgeschwindigkeit / Geologe  <div style="text-align: right;"><math>m_{III} = \dots 1,1 \dots \quad \Delta r_{III} = \dots + 0,4 \dots \quad r_{III} = \dots 4,7 \dots</math></div>		$m_{III} = \dots \quad \Delta r_{III} = \dots$
IV. Bedeutung	Lage in der weiteren Schutzzone einer Trinkwassergewinnungsanlage, Großes Wasserdargebot, geringe emittierte Schadstoffmenge Fließzeit von Schadensherd bis Entnahmestelle: ca. 2 Jahre A-Kohle-Filter bei Entnahmestelle möglich  <div style="text-align: right;"><math>m_{IV} = \dots 1,0 \dots \quad \Delta r_{IV} = \dots \pm 0 \dots \quad r_{IV} = \dots 4,7 \dots</math></div>		$m_{IV} = \dots \quad \Delta r_{IV} = \dots$
maßgebli. Risiko	Regelfall Altlast  <div style="text-align: right;"><math>R = \dots 4,7 \dots</math></div>		
Beweis-niveau	Begehung durchgeführt, historische Ermittlung abgeschlossen  <div style="text-align: right;"><math>BN = \dots 1 \dots</math></div>		Handlungsbedarf <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin: 5px;"> <math>E_{1-2}^{4,7}</math> </div> $BN = \dots$
Maßnahmen	Entnahme von Grundwasserproben Bodenluftmessungen am Gefahrenherd Schürfungen zur Entnahme von Sickerwasserproben aus eventuell vorhandenen Zwischenhorizonten. Inaugenscheinnahme des Abfallmaterials, eventuell Entnahme / Rückstellung von Abfallproben		

interne Angaben		Regionalschlüssel / PLZ / Gemeinde
		Kennziffer / Bezeichnung

### 3. Bewertung

Datum	Bearbeiter	Datum
-------	------------	-------

=	$r_0 =$	
=	$m_I = \quad \Delta r_I = \quad r_I =$	
=	$m_{II} = \quad \Delta r_{II} = \quad r_{II} =$	
=	$m_{III} = \quad \Delta r_{III} = \quad r_{III} =$	
=	$m_{IV} = \quad \Delta r_{IV} = \quad r_{IV} =$	

<div style="text-align: center;"> <math>R =</math>  <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> </div>	<div style="text-align: center;"> <math>=</math>  <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> </div>	<div style="text-align: center;"> <math>\triangleright</math>  <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> </div>
<div style="text-align: center;">                 Handlungsbedarf  <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> </div>	<div style="text-align: center;"> <math>BN =</math>  <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> </div>	<div style="text-align: center;">                 Handlungsbedarf  <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> </div>

#### Bewertungsprofil

maßgebliches Risiko (R)

Beweisniveau	1	2	3	4	
					E 1-2
					E 2-3
					E 3-4
					A B C D

Beispiel 2 : Verfüllung eines Tales mit Hausmüll u.a. Schutzgut Grundwasser Bewertung bei Beweisniveau 1:



G	Beispiel 2	Hausmüll	Bewertungsbogen	Raum für: statistische Daten, Prüfungsverm	
	Altablagerung Gefahrenverdicht. Standort Talverfüllung nähere Standortbeschreibung	Stoffgruppe Wasserfassung Schutzobjekt			
1. Bewertung		Bearbeiter .....	Datum .....	2. Bewertung	
0. Stoffgefährlichkeit	Hausmüll, Bauschutt, Ablagerungsstelle für Fäkalien eines Grubenentleerers / Akte 1950 – 1976 / Akte eventuell zusätzliche Sonderabfälle / Vermutung Schütthöhe bis 10 m / Schätzung Grundfläche: 50 ar / Akte, Lageplan				
	$r_0 = \dots 3,5 \dots$				
I. Austrag	Sohle: klüftiger Buntsandstein mit nur geringmächtiger Verwitterungsschicht / Geologe keine Abdeckung der Oberfläche, Hanglage, Steilböschungen / Begehung Hangwasserzutritte nicht zu erwarten / Geologe N = 800 mm				
	$m_I = \dots 1,2 \dots \quad \Delta r_I = \dots + 0,7 \dots \quad r_I = \dots 4,2 \dots$			$m_I = \dots \quad \Delta r_I = \dots$	
II. Eintrag	klüftiger Sandstein, Grundwasserflurabstand größer als 20 m / Geologe Sorptions- und Abbaueffekte sind nicht zu erwarten				
	$m_{II} = \dots 1,1 \dots \quad \Delta r_{II} = \dots + 0,4 \dots \quad r_{II} = \dots 4,6 \dots$			$m_{II} = \dots \quad \Delta r_{II} = \dots$	
III. Transport/Wirkung	Fließgeschwindigkeit des Grundwassers groß, Sorptions- und Abbaueffekte sind nicht zu erwarten				
	$m_{III} = \dots 1,1 \dots \quad \Delta r_{III} = \dots + 0,5 \dots \quad r_{III} = \dots 5,1 \dots$			$m_{III} = \dots \quad \Delta r_{III} = \dots$	
IV. Bedeutung	Im Zustrombereich zu einer Trinkwasserfassung großes Wasserdargebot, große Schadstoffemission rechnerische Fließzeit von Schadensherd bis Fassung: etwa 1 Jahr A-Kohle-Filter bei Entnahmestelle vorhanden.				
	$m_{IV} = \dots 1,2 \dots \quad \Delta r_{IV} = \dots + 1,0 \dots \quad r_{IV} = \dots 6,1 \dots$			$m_{IV} = \dots \quad \Delta r_{IV} = \dots$	
maßgebli. Risiko	Regelfall Altlast				
Beweis-niveau	Begehung durchgeführt, historische Erkundung abgeschlossen			$R = \dots 6,1 \dots$	
	$BN = \dots 1 \dots$			Handlungsbedarf $E_{1-2}^{6,1}$ $BN = \dots$	
Maßnahmen	Entnahme einer Grundwasserprobe, z.B. an einem Quellaustritt, Schürfung zur Entnahme von Sickerwasserproben aus eventuellen Zwischenhorizonten Inaugenscheinnahme des Abfallmaterials, Sicherung von Abfallproben, Bodenluftuntersuchungen				

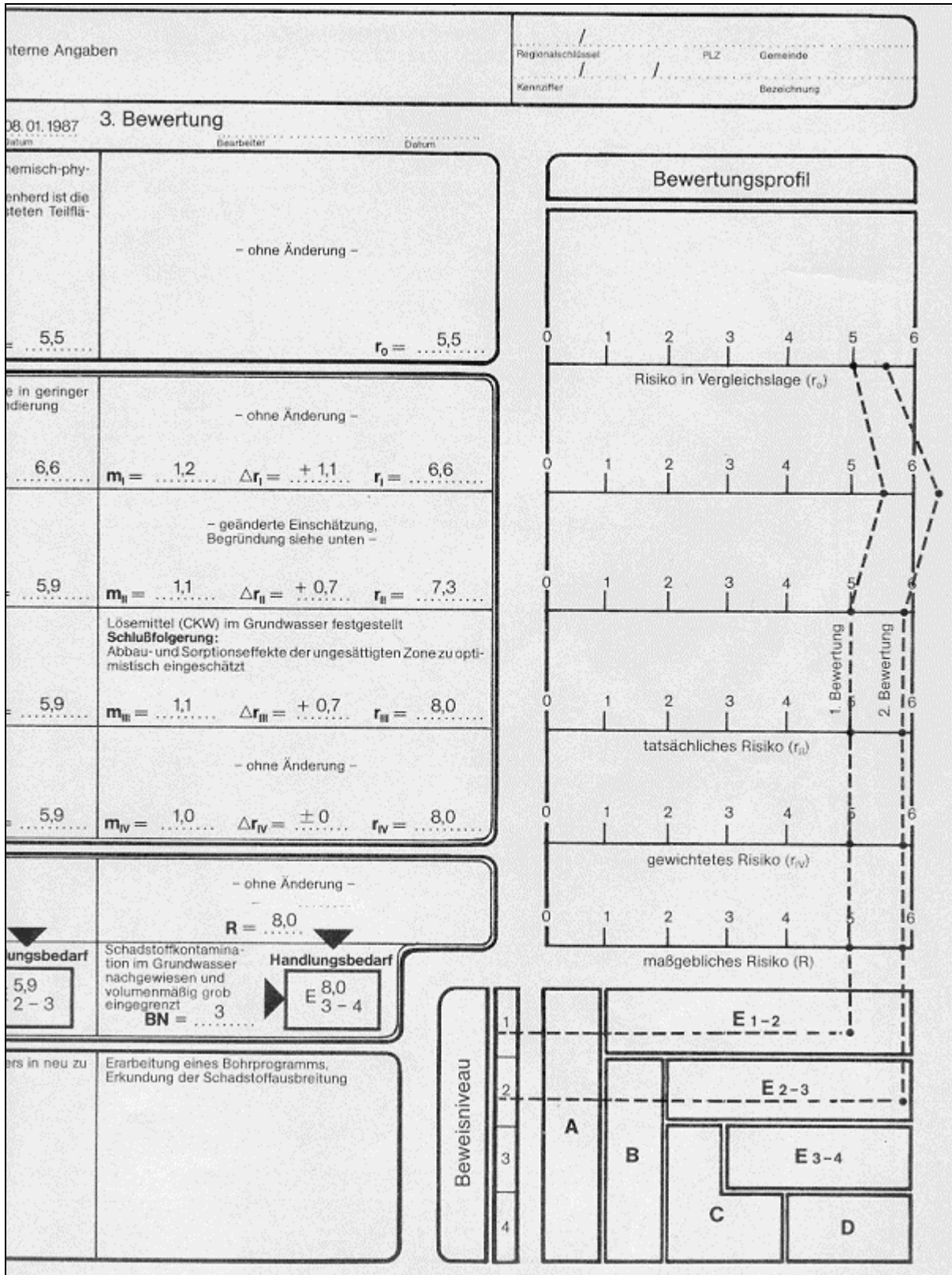
interne Angaben		Regionalschlüssel / PLZ / Gemeinde Kennziffer / Bezeichnung	
<b>3. Bewertung</b>			
Datum	Bearbeiter	Datum	
= .....	$r_0 = \dots\dots\dots$		
= .....	$m_I = \dots\dots\dots$	$\Delta r_I = \dots\dots\dots$	$r_I = \dots\dots\dots$
= .....	$m_{II} = \dots\dots\dots$	$\Delta r_{II} = \dots\dots\dots$	$r_{II} = \dots\dots\dots$
= .....	$m_{III} = \dots\dots\dots$	$\Delta r_{III} = \dots\dots\dots$	$r_{III} = \dots\dots\dots$
= .....	$m_{IV} = \dots\dots\dots$	$\Delta r_{IV} = \dots\dots\dots$	$r_{IV} = \dots\dots\dots$
<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 5px;"></div> Handlungsbedarf	= .....	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 5px;"></div> Handlungsbedarf	$BN = \dots\dots\dots$
		<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); border: 1px solid black; padding: 2px;">Beweisniveau</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; margin-right: 5px;"></div> </div> </div>	
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;">E 1-2</div> <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;">E 2-3</div> <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px; margin-bottom: 5px;">E 3-4</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px; margin-bottom: 5px;">A</div> <div style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px; margin-bottom: 5px;">B</div> <div style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px; margin-bottom: 5px;">C</div> <div style="border: 1px solid black; width: 20%; height: 15px; margin-bottom: 5px;">D</div> </div> </div>	

Beispiel 3: Verfüllung eines Gewässers mit Hausmüll u.a. Schutzgut Grundwasser Bewertung bei Beweisniveau 1 und 2:

G	<b>Beispiel 3</b> Altablagung ..... Hausmüll ..... Gefahrenrecht Standort ..... Stoffmenge ..... Gewässerleitverfüllung ..... Wasserfassung ..... nähere Standortbeschreibung ..... Schutzobjekt .....	Bewertungsbogen	Raum für: statistische Daten, Prüfungsverm
1. Bewertung		05.03.1987	2. Bewertung
<small>Bearbeiter</small>		<small>Datum</small>	<small>Bearbeiter</small>
0. Stoffgefährlichkeit	Hausmüll, Sperrmüll, Gartenabfälle, Bauschutt, Filterstaub, Galvanikschlämme Fässer mit wassergefährdenden Stoffen / Akte 1931 - 1969 / Akte bereits weitgehend ausgeleigt / Vermutung Grundfläche ca. 10.000 m <sup>2</sup> , Auffüllhöhe ca. 2 m / Akte, Lageplan		- ohne Änderung -
$r_0 = 3,5$			
I. Austrag	Abfälle liegen innerhalb der Grundwasserwechselzone, sie sind überwiegend eingestaut / Geologie keine Sohl- und Flankenabdichtung / Vermutung Abdeckung der Oberfläche mit humushaltigem Erdmaterial, landbauliche Nutzung, ebene Oberfläche / Begehung N = 650 mm		- ohne Änderung -
$m_1 = 1,3 \quad \Delta r_1 = +1,1 \quad r_1 = 4,6$		$m_1 = 1,3 \quad \Delta r_1 = +1,1$	
II. Eintrag	eine wasserungesättigte Zone ist den größten Teil des Jahres nicht vorhanden wegen hohem Grundwasserstand / Geologie		- geänderte Einschätzung ist
$m_2 = 1,2 \quad \Delta r_2 = +0,9 \quad r_2 = 5,5$		$m_2 = 1,1 \quad \Delta r_2 = +0,5$	
III. Transport/Wirkung	Fließgeschwindigkeit des Grundwassers ca. 0,5 m/d / Geologie geringe Abbau- und Sorptionseffekte sind zu erwarten / Vermutung		Im Grundwasser unterströmig wurde erhöhte organische Belastung festgestellt <b>Schlussfolgerung:</b> Abbau- u. Sorptionseffekte treten auf Schadstoffeintrag geringer als zunächst
$m_3 = 0,9 \quad \Delta r_3 = -0,5 \quad r_3 = 5,0$		$m_3 = 0,7 \quad \Delta r_3 = -1,5$	
IV. Bedeutung	im Zustrombereich zu einer Wasserfassung großes Wasserdargebot, geringe Schadstoffemission / Vermutung Fließzeit von Gefahrenherd zur Entnahmestelle rechnerisch ca. 3 Jahre / Vergleichsrechnung		- ohne Änderung -
$m_4 = 1,0 \quad \Delta r_4 = \pm 0 \quad r_4 = 5,0$		$m_4 = 1,0 \quad \Delta r_4 = \pm 0$	
maßgebli. Risiko	Regelfall Altlast		- ohne Änderung -
$R = 5,0$		$R =$	
Beweis-niveau	Begehung durchgeführt, historische Erkundung abgeschlossen <b>Handlungsbedarf</b> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px; margin: 5px;"> <math>E_{1-2}^{5,0}</math> </div>		Durch chem.-physikalische Analyse des Grundwassers wurde eine (leichte) Kontamination des Grundwassers festgestellt
$BN = 1$		$BN = 2$	
Maßnahmen	Untersuchung des Grundwassers an einer neu zu errichtenden Grundwassermeßstelle (geeignete Meßstellen sind noch nicht vorhanden)		Weitere Untersuchungen mit dem Ziel einzugrenzen. Dazu: Einrichtung weißer Stellen.







Beispiel 5: Ehemaliger Gaswerk-Standort Schutzgut Grundwasser Bewertung bei Beweisniveau 4 sowie Bewertung der Wirksamkeit alternativer Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen:

<b>G</b>	<b>Beispiel 5</b> Industriestandort ..... cyanidversirr. Erde Gefahrenverdacht, Standort ..... Stoffgruppe Lagerst./Gasreinigungsmasse ..... Wasserfassung ..... nähere Standortbeschreibung ..... Schutzobjekt	Bewertungsbogen	Raum für: statistische Daten, Prüfungsverm.
1. Bewertung		2. Bewertung <span style="float: right;">Alternative A: Bo</span>	
Bearbeiter .....		Datum .....	
0. Stoffgefährlichkeit	verbrauchte Gasreinigungsmasse, teilweise vermischt mit Erde (komplex gebundenes Cyanid) / Verunreinigungsbereich eingegrenzt durch chem.-phys. Untersuchungen des Untergrunds (Bohrungen und Schürfungen)	Entnahme der Gasreinigungsmasse ur Bereiche des Untergrunds (Zuordnung nie) Es verbleiben schwach kontaminierte	$r_0 = \dots 4,5 \dots$
I. Austrag	1. Abschirmung gegen Zutritt von Niederschlagswasser; Kopfsteinpflasterdecke, geordnete Ableitung von Niederschlagsw. 2. keine sonstigen Wasserzutritte 3. keine Sohlabdichtung, Lagerung direkt auf kiesig-sandigem Untergrund örtliche Erhebung, Aktenstudium	- ohne Änderung - (Schadstoffbelastung des Bodens daher $m_i = 1,0$ )	$m_i = \dots 1,1 \dots \quad \Delta r_i = \dots + 0,5 \dots \quad r_i = \dots 5,0 \dots$ $m_i = \dots 1,0 \dots \quad \Delta r_i = \dots \pm 0 \dots$
II. Eintrag	Grundwasserflurabstand 7 - 8 m Untergrund durchgängig aus kiesig-sandigem Material $k_f = 10^{-4} - 10^{-5}$ ohne dichtende Zwischenschichten Auswertung von Bohrprofilen	- ohne Änderung	$m_{II} = \dots 1,1 \dots \quad \Delta r_{II} = \dots + 0,5 \dots \quad r_{II} = \dots 5,5 \dots$ $m_{II} = \dots 1,1 \dots \quad \Delta r_{II} = \dots + 0,2 \dots$
III. Transport/Wirkung	Grundwasserfließgeschwindigkeit 1 bis 2 m/d Aquifermächtigkeit ca. 10 m Bohrungen, Messung hydraul. Kennwerte, hydraul. Berechnung	- ohne Änderung	$m_{III} = \dots 1,0 \dots \quad \Delta r_{III} = \dots \pm 0 \dots \quad r_{III} = \dots 5,5 \dots$ $m_{III} = \dots 1,0 \dots \quad \Delta r_{III} = \dots \pm 0 \dots$
IV. Bedeutung	Trinkwasserqualität außerhalb des Einzugsbereichs von Wassergewinnungsanl. Eigenwasserversorgungsanlagen nicht vorhanden kleine Schadstoffmenge, mittleres Grundwasserangebot örtliche Erhebung, Aktenstudium	- ohne Änderung	$m_{IV} = \dots 0,9 \dots \quad \Delta r_{IV} = \dots - 0,6 \dots \quad r_{IV} = \dots 4,9 \dots$ $m_{IV} = \dots 0,9 \dots \quad \Delta r_{IV} = \dots - 0,2 \dots$
maßgebli. Risiko	Altlast, Sanierung durch öffentliche Hand, Handlungsstörer existiert nicht mehr	- ohne Änderung	$R = \dots 4,9 \dots$ $R = \dots$
Beweisniveau	Gefahrenherd und Schadstoffausbreitung umfassend untersucht <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">                     Handlungsbedarf                      D 4,9                 </div>	- entfällt -	$BN = \dots 4 \dots$ $BN = \dots 4 \dots$
Maßnahmen	Folgende Möglichkeiten zur Gefahrenminderung werden durchgeprüft: A: Abgraben des schadstoffbel. Materials und ordnungsgemäße Beseitigung, z.B. Einlagerung in einer geeigneten Deponie, thermische Behandlung B: Abkapselung des Kontaminationsbereichs durch umfassende Schlitz- od. Schmalwand, Abdichtung des Sohlbereichs durch Untergrundverpressung, Abdichtung der Oberfläche (Asphaltdecke)		
		<b>Auflagen:</b> ● besondere Vorsicht bei Baumaßn Veränderungen im Nahbereich ● anfallender Erdaushub ist wie Bau	





<b>O</b>	<b>Beispiel 6</b> Altablagerung ..... Gefahrenverdacht, Standort ..... Klingerverfüllung ..... frühere Standortbeschreibung .....	Hausmüll ..... Stoffgruppe ..... Brauchwasserentw. .... Schutzobjekt .....	<b>Bewertungsbogen</b>	Raum für: statistische Daten, Prüfungsverm
1. Bewertung		2. Bewertung		
0. Stoffgefährlichkeit	● Hausmüll, unverdichtet eingebaut, häufige Brände, weitgehend mineralisiert, 1948 – 1957 / Akte ● Ölhaltige Schleifschlämme, 3 m <sup>3</sup> pro Woche → ca. 1500 m <sup>3</sup> / Akte ● Zwischenschichten aus bindigem Erdmaterial auf verschiedener Höhe, Neigung der Zwischenschichten unbekannt ● Schütthöhe: bis 15 m / Akte ● Grundfläche 150 x 100 m / Schätzung nach Begehung ● Volumen: ≈ 80000 m <sup>3</sup> / Schätzung			
	$r_0 = \dots 3,0 \dots$			
I. Austrag	● geringe Überdeckung mit Erdmaterial / Akte ● natürlicher Bewuchs (Buschgruppen, Feldgehölze) / Begehung ● Hangneigung teilweise bis 30 ... 40%, mittl. jährliche Niederschlagshöhe 1000 mm ● Grundwasserzuluß ● Ablagerung oberhalb Grundwasserspiegel / Geologie ● keine Sohldichtung und -entwässerung / Akte			
	$m_I = \dots 1,2 \dots \quad \Delta r_I = \dots + 0,6 \dots \quad r_I = \dots 3,6 \dots$		$m_I = \dots \quad \Delta r_I = \dots$	
II. Eintrag	Am Hangfuß tritt Wasser aus, Abfluß in offenem Graben, MQ = 10 l/s., es ist zu vermuten, daß dieses durch Deponiesickerwasser kontaminiert ist, Fließweg bis Einmündung Fluß: 300 m, Fließgeschwindigkeit 2 m/s., große Rauigkeit, Gewässerbett, gute Durchlüftung			
	$m_{II} = \dots 0,9 \dots \quad \Delta r_{II} = \dots - 0,4 \dots \quad r_{II} = \dots 3,2 \dots$		$m_{II} = \dots \quad \Delta r_{II} = \dots$	
III. Transport/Wirkung	Fließgeschwindigkeit Fluß ... 0,5 m/s., große Rauigkeit, Gewässerbett, MQ = 2 m <sup>3</sup> /s. / Begehung, Fluß ... ist gleichzeitig Vorfluter für Grundwasser			
	$m_{III} = \dots 0,9 \dots \quad \Delta r_{III} = \dots - 0,3 \dots \quad r_{III} = \dots 2,9 \dots$		$m_{III} = \dots \quad \Delta r_{III} = \dots$	
IV. Bedeutung	Unterstromig ca. 5 km ist eine Brauchwasserentnahme für eine Papierfabrik, die sehr sauberes und insbesondere unverfärbtes Wasser benötigt, außerdem Entnahmen für div. Beregnungsanlagen / Erkundung			
	$m_{IV} = \dots 1,2 \dots \quad \Delta r_{IV} = \dots + 0,6 \dots \quad r_{IV} = \dots 3,5 \dots$		$m_{IV} = \dots \quad \Delta r_{IV} = \dots$	
maßgebli. Risiko	Regelfall Altlast			
	$R = \dots 3,5 \dots$			
Beweisniveau	Erhebungen und Ermittlungen abgeschlossen BN = 1		Handlungsbedarf E 3,5 1-2 BN = .....	
Maßnahmen	chem.-phys. Untersuchung des Wassers, welches am Deponiefuß austritt			



## **Anlagen**

### **Anlage 1: Wirtschaftszweige - Stoffe-Matrix**









## Anlage 2: Wirtschaftszweig-Abfallstoff-Matrix

### Zusammenstellung gefährlicher Abfälle und sonstiger Produktionsrückstände verschiedener Industriebranchen

Die beigefügte Auflistung bietet eine Übersicht über die in verschiedenen Industriebranchen produktionsbedingt anfallenden Abfallarten.

Die Auflistung soll bei der Erkundung von Altablagerungen einen ersten Überblick über die an diesem Standort evtl. abgelagerten Abfallarten ermöglichen, sofern die als ehemalige Anlieferer in Betracht kommenden Firmen und Betriebe bekannt sind.

Die Auflistung beruht im wesentlichen auf dem 1978 von der Landesanstalt für Umweltschutz erstellten Abfallkatalog, in dem die Wirtschaftszweige und die dort anfallenden Abfallarten dargestellt sind. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden einzelne Wirtschaftszweige zu Branchengruppen zusammengefaßt. Ebenso sind bei den Abfallarten jeweils nur die Abfalluntergruppen (3-stelliger Abfallschlüssel) des LAGA-Abfallkataloges genannt.

Zur besseren Handhabung der Auflistung sei angemerkt:

- auf einen bestimmten Betrieb, der einer der genannten Branchen zugehörig ist, müssen nicht alle der dieser Branche zugeordneten Abfalluntergruppen zutreffen,
- je nach Produktionsverfahren fallen i.d.R. nicht alle Abfallarten der jeweiligen Abfalluntergruppen an; z.B. müssen in einem Betrieb, der Galvanikschlämme (Abf.Schl. 511) erzeugt nicht zwangsläufig cadmiumhaltige Galvanikschlämme (Abf.Schl. 51106) anfallen,
- es muß in jedem Einzelfall geprüft werden, ob von einer Abfalluntergruppe die Abfallarten mit der größten Umweltrelevanz in der Ablagerung vertreten sein können; z.B. bei Mineralölen (Abf.Schl. 541) die PCB-haltigen Trafoöle (Abf.Schl. 54107),
- es ist damit zu rechnen, daß z.B. mit Abfällen der Abfalluntergruppen
  - Holzabfälle (Abf.Schl. 171)
  - Eisen- und Stahlabfälle (Abf.Schl. 351)
  - sonstige feste mineral. Schlämme (Abf.Schl. 314)
  - mineral. Schlämme (Abf.Schl. 316)erhebliche Mengen an wassergefährdenden Stoffen, z.B. Öle, Lösemittel etc., in die Ablagerung eingeschleppt wurden,
- in der Vergangenheit wurden die in den Betrieben anfallenden Abfälle nicht oder nur ungenügend vorbehandelt (z.B. Galvanikschlämme ungenügend entgiftet, Lack-  
schlämme nicht von Lösemitteln befreit), und zudem auch flüssige Abfälle abgelagert.





## Anlage 3: Zusammenstellung Wirtschaftszweig / Stoff / Einsatzbereich (Beispiele)

Beispiel Übersicht wassergefährdende Stoffe branchen- u. einsatzbezogen											
Branche	Branchen-Nr.	Stoff	(Kenn-Nr.)	EG-Nr. <sup>21</sup> CAS-Nr. <sup>22</sup>	Wassergef. Klasse	Industrieller Einsatzbereich					
Herst. chem. Grundstoffe Herst. chem. Erzeugnisse	4031	Acetoncyanhydrin (2-Cyanopropan-2-ol)	(7)	608-004-00-X 75-86-5	3	Zwischenprodukt bei org. Synthese, bes. Methymethacrylaten; auch als Insektizid					
	4034										
Herst. chem. Grundstoffe Herst. chem. Erzeugnisse Herst. von Kunststoffwaren Herst. von Chemiefasern	4031	Acrylnitril	(10)	608-003-00-4 107-13-1	3	Ausgangsstoff f. Herstellung v. Kunststoffen (Perbunan, Nitrilkautschuk usw.) Kunstfasern (Polyacrylnitrilfasern); als Bodenverbesserungsmittel große Bedeutung! Auch als Insektengift; es bildet wichtige Copolymerisationsprodukte mit Vinyl-, Styrol- u.a. Verbindungen.					
	4034										
	5800										
	4090										
Herst. chem. Erzeugnisse Herst. pharm. Erzeugnisse	4034	Arsen(III)oxid = Arsentrioxid, Weisarsenik, Asllioxid	(299)	033-002-00-5	3	Schädlingsbekämpfungsmittel (z.B. Mäuse- u. Rattengift); Kampfstoff; zur Konservierung v. Vogelbälgen; As-haltige Pharmazeutika für Gewichtszunahme, Blutbildung u. Knochenwachstum, gegen Brustkrebs, Lepra, Syphilitische Hautausschläge, Ätzmittel (Fowiersche Lös.)					
	4035										
Herst. chem. Erzeugnisse Metallverarbeitung	4034	Bariumcyanid	(303)		3	Metallurgie					
	3025										
Mineralölverarbeitung Herst. chem. Grundstoffe Herst. chem. Erzeugnisse Herst. pharm. Erzeugnisse Herst. von Kunststoffwaren Herst. von Chemiefasern	2200	Benzol	(29)	601-020-00-8 71-43-2	3	Beimischung zu Motorkraftstoffen; Ausgangsmaterial z.B. f. Anilin, Styrol, Nylon, Nitrobenzol, Kunststoffe, waschaktive Stoffe, Phenol, Insektizide, Farbstoffe, u.a.; als Lösemittel f. Guttapercha, Kautschucklacke, Wachse, Harze, Öle, in d. analytischen Chemie als Löse- u. Extraktionsmittel					
	4031										
	4034										
	4035										
	5800						Arsensäure	(301)	033-002-00-5	3	zur Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln
	4090						Ammoniumarsenat	(269)		3	zur Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln
							Ammoniumdichromat	(290)	024-003-00-1 7789-09-5	3	Beizmittel bei Textilfärbung, für Pyrotechn. Produkte, Gerbmittel, Gravierpräparate
							Arsen(V)oxid	(300)	033-002-00-5	3	Herstellung farbiger Gläser, Metallkleber, f. Fungizide (gegen Pilze)
							Blausäure	(309)	006-006-00-X 74-90-8	3	Schädlingsbekämpfung; Zwischenprodukt f. Acrylnitril u.a.
Optik Metallver- u. Bearbeitung Chemieindustrie Maschinenbau Fahrzeugbau E-Industrie Feinmech. Industrie Metallwarenindustrie	3711	Tetrachlorethen = Tetrachlorethylen = Perchlorethylen = Per	(287)	602-025-00-4 127-18-4	3	in Chem. Reinigungen; zur Metallentfettung, in Farben- u. Lackindustrie u. zur Farbverarbeitung					
	3025										
	4034										
	3200										
	3300										
	3600										
	3700										
	3800										
Metallver- u. Bearbeitung Maschinenbau Straßenfahrzeugbau E-Industrie Metallwarenindustrie Optik Augenoptik	3025	Trichlorethen = Trichlorethylen = Tri	(199)	602-027-00-9 79-01-6	3	zur Entfettung in d. Metallindustrie; Extraktionsmittel in der Lebensmittelindustrie (f. Öle, Fette, Wachse, Harze, Kaffee) zur Oberflächenveredelung in der Optik- und Glasindustrie als Zwischenprodukt in Synthesen zum Färben von Textilien					
	3200										
	3300										
	3600										
	3800										
	3711										
	3715										
	6391										
4034											
2200											
4031											
6860											

Branche	Branch.- <sup>1)</sup> Nr.	Stoff	(Kenn-Nr.)	EG-Nr. <sup>2)</sup> CAS-Nr. <sup>3)</sup>	Wassergef. Klasse	Industrieller Einsatzbereich
Metallver- u. Bearbeitung Maschinen- bau	3025	111 Trichlorethan = Methylchloroform	(198)	602-013-00-2 71-55-6	3	zum Kalt- u. Heißreinigen, Entfettung in der Metallindustrie Reinigen v. Textilien, Textilfärberei; Herstellung von Polituren, Farben, Klebstoffen, Kitten, Motorreinigern, Schrumpfolien, Insektiziden (DDT!), Aerosolen
	3200					
	3300					
	3600					
	3800					
Chemie- industrie Veredelung v. Textilien	4034					
	6391					
Mineralöl- verarbeitung Nahrungs- fettindustrie Herst. chem. Grundstoffe Leder- herstellung Druckereien Maschinen- bau Fahrzeugbau Elektro- industrie Leder- verarbeitung Metall- bearbeitung	2200	Dichlormethan = Methylchlorid		602-004-00-3 75-09-2	3	als Lösungs- u. Extraktionsmittel für fette Öle, Kakaobutter, Cellulose-Ester, Harze, Mineralöle, Wachse, usw.; als Feuerbekämpfungsmittel zum Abbeizen, Entfetten, Flockenent- fernung, als Treibgaskomponente in Sprühdosen; zum Entkoffeinieren v. Kaffee, zur Hopfenextraktion
	6844					
	4031					
	6100	Tetrachlorkohlenstoff = Tetrachlormethan Kohlenstofftetrachlorid	(189)	602-008-00-5 56-23-5	3	unbrennbares Lösungsmittel u. Ex- traktionsmittel für Fette, Öle, Harze, Kautschuk, Nitrocellulose usw. in Fleckenwässern, Bergemischung (f. Rauchkerzen), z. Ungezieferbe- kämpfung, f. chem. Reinigung u. Me- tallentfettung z. Chlorierung schwer verhältbarer Metalloxide; für Kälte- u. Treibmittel auf d. Basis v. Fluorkohlenstoffen
	5800					
	3200					
	3300					
	3600					
	3800					
	3025					
Herst. chem. Grundstoffe Herst. chem. Erzeugnisse Herst. pharm. Erzeugnisse KFZ-Repara- turwerkstatt Herst. von Lack, Farben, Verdünn.	4031	Toluol (Methylbenzol)	(194)	601-021-00-3 108-88-3	2	Lösemittel f. Motorölrückstände, Har- ze, Fette; Verdünnungsmittel in der Lack- u. Farbindustrie; u.a. in Nitrocellulose- lacken, Polierlacken u. Firnissen; Zu- satz zu Motorkraftstoffen Herstellung von Druckfarben u. Kleb- stoffen; Chem. Synthesen, z.B. Phenol, Ben- zoesäure, Pharmazeutika, Saccharin, Codein, Cortison.
	4034					
	4035					
	3390					
	4046					
Herst. chem. Grundstoffe Herst. chem. Erzeugnisse Herst. von Lack, Farben, Verdünn.	4031	Xylol, alle Isomere (Dimethylbenzol)	(206)	601-022-00-9 25-47-6 (o) 108-33-3 (m) 106-42-3 (p)	2	Lösungsmittel f. Motorölrückstände, f. Natur- u. Kunstharze, Fette, Wachse, Bitumen, Teer, usw. Herstellung von Lacken, Farben, Druckfarben, Klebstoffen, Bauten- schutzmitteln, Insektiziden Zusatz zu Motorkraftstoffen
	4034					
	4046					
		Turbinenkraftstoffe = Düsenkraftstoffe	(139)		2	Düsenflugbetrieb (f. Strahltriebwerke)
		Zinkphosphid	(431)	015-006-00-9 1314-84-7	2	als „Rodentizid“ = Gift gegen Nage- tiere (Ratten)
		Natriumcyanid	(60)		3	in der Galvanotechnik, zum Enthaa- ren von Häuten, zur Schädlingsbe- kämpfung, Hitzebehandl. v. Stahl, Me- tallreinigung
		Natriumarsenat	(23)		3	} Schädlingsbekämpfung, f. Phar- mazeutika, Entrinden v. Weich- holz
		Natriumarsenit	(368)		3	
		Natriumdichromat	(56)	024-004-00-7 10568-01-9	3	

<sup>1)</sup> Gliederung nach Branchenverzeichnis SYPRO (Systematik Produzierendes Gewerbe)

<sup>2)</sup> Nummernsystem der EG gemäß Anlage IV der Gefahrstoffverordnung vom 26. August 1986

<sup>3)</sup> CAS = Chemical Abstract System

## Anlage 4: Zusammenstellung Wirtschaftszweig / Stoff / Anlagentyp (Beispiele)

Beispiel Übersicht wassergefährdende Stoffe anlagenbezogen							
Firma	Branche	Branchen-Nr. <sup>1)</sup>	Anlage	Stoff	Kenn-Nr.)	Wassergef. Klasse	EG-Nr. <sup>2)</sup> CAS-Nr. <sup>3)</sup>
Betrieb 1	Chem. u. pharmazeutische Industrie	40	Extraktionsanlage	Methanol	(145)	1	603-001-00-X 67-56-1
			Vakuumverdampfer	Anthanol	(96)	0	
			Rekifizierkolonnen	Aceton	(6)	0	
			Strippkolonnen	Butanon-2	(40)	1	606-002-00-3 78-93-3
			Dünnschichtverdampfer	Ammoniumsulfat	(296)	1	
			Zentrifuge	Ethylen = Ethen	(~253)(?)	(2)	606-010-00-3 74-85-1
			Dekanter	Trichlorethen (=ethylen)	(199)	3	602-027-00-9 79-01-6
			Veresterungsanlage	Blei-II-Hydroxid-Acetat	(~36)	2	
			Bandrockner	Laurinsäure			
			Trocknungsanlagen	Capronsäure			
			Extrakt-Mahlanlage	Octansäure			
			Mischanlage	Fettsäuren			
			Tanklager	Schwefelsäure	(182)	1	016-020-00-8 7664-93-9
			Formgebung	Toluol	(194)	2	601-021-00-3 108-88-3
			Dragierung	Carbonsäureester			
Feuerungsanlage	Heizöl (Diesel)	(78)	2				
	Dichlormethan			602-004-00-3 75-09-2			
	Isopropanol	(135)	1				
Betrieb 2	Gießerei Maschinenbau Metallwarenindustrie	29 32 38	Leichtmetallgießerei	Alu-Zink-Legierung			
			Druckgießerei	dazu Schmelzbehandl.-Mittel			
			Graugießerei	Kohlenstoff (Ruß)			
			Naßentstaubung, Putzerei	Bentonit			
				Metalle: Eisen (Stahl), Nickel, Kupfer, Zink			
				Chlor	(223)	2	017-001-00-7 7782-50-5
				Cadmium	(~49)	(3)	
				Blei	(~310)	(3)	
				Molybdän (Mo)			
				Siliciumcarbid			
				Ferrosilicium			
				Ferromangan			
				Nickel			
				Chrom			
				Polyisocyanat			
	Harze						
Kernmacherei	Di-aethyl-amin	(248)	2				
	Tri-aethyl-amin						
Modellbau	Kunstharz-Härter						
Lackiererei	Kunstharzlack + Lösemittel						
	Acrylharzlack						
Heizkraftwerk	Heizöl S	(76)	2				
	Heizöl Diesel	(76)	2				
Teilefertigung – Trianlage	Lösungsmittel						
	Ti = Trichlorethylen	(199)	3	602-027-00-9 79-01-6			
Kleinmotorenfertigung	Epoxi-Gruppe						
	Peroxide	(z.B. 288 ?)	(0)				
Kunststoffteilefertigung	Formaldehyd	(112)	2	605-001-00-5 50-00-0 602-023-00-7 75-01-4			
	Vinylchlorid						

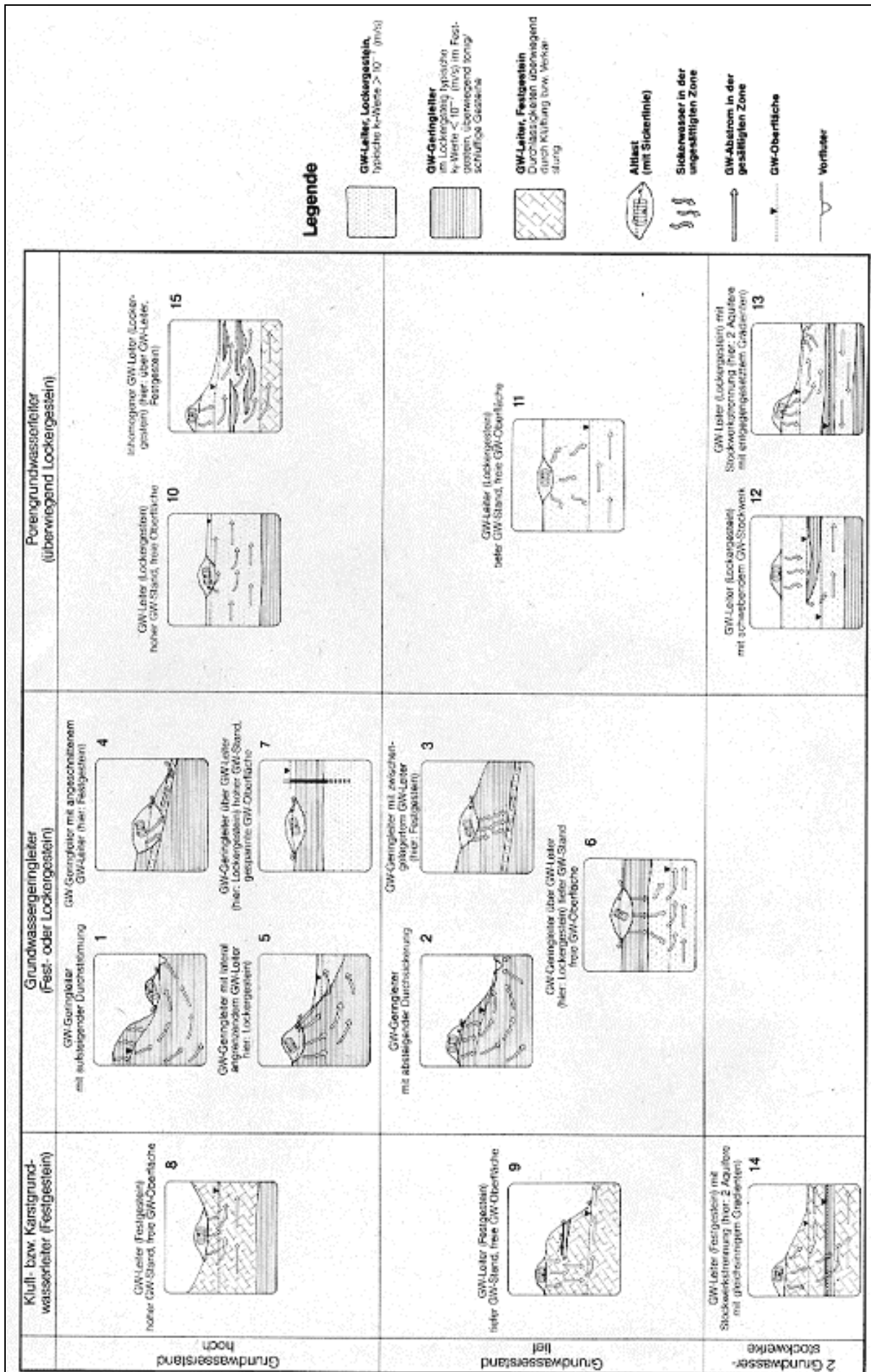
<sup>1)</sup> Gliederung nach Branchenverzeichnis SYPRO (Systematik Produzierendes Gewerbe)  
<sup>2)</sup> Nummernsystem der EG gemäß Anlage IV der Gefahrstoffverordnung vom 26. August 1986  
<sup>3)</sup> CAS = Chemical Abstract System

## Anlage 5: Hydrogeologische Standorttypen

Beurteilung von hydrogeologischen Standorttypen hinsichtlich der Schadstoffrückhaltung in der

- a) wasserungesättigten Zone („Schadstoffeintrag“)
- b) wassergesättigten Zone („Schadstoffwirkung und -transport“) beim Schutzgut Grundwasser

Die Untergrundverhältnisse in Baden-Württemberg sind sehr unterschiedlich. Entsprechend vielfältig sind die hydrogeologischen Verhältnisse. Deshalb können allgemeingültige Bewertungsgrundsätze für das Schadstoffverhalten im Untergrund kaum aufgestellt werden. Zur Erleichterung der Beurteilung und Bewertung des Schadstofftransports und -verhaltens sowohl in der wasserungesättigten als auch in der wassergesättigten Zone werden nachfolgend für 15 Standortsituationen (Standorttypen) das Schadstoffverhalten im Untergrund diskutiert und Anhaltswerte für  $m_{II}$  und  $m_{III}$  angegeben. Damit sind bei weitem nicht alle in der Natur vorkommenden Untergrundverhältnisse erfaßt, es dürfte aber möglich sein, darunter einen Standorttyp zu finden, der dem zu bewertenden Fall nahekommt oder entspricht.



Beurteilung von **hydrogeologischen Standorttypen** hinsichtlich der **Schadstoffrückhaltung** in der ungesättigten (II. Verfahrensschritt "**Schadstoffeintrag**") und in der gesättigten (III. Verfahrensschritt "**Schadstoffwirkung und -transport**") Zone.

Die für die verschiedenen Standorttypen angegebenen m-Werte sind als beispielhafte Angaben zu verstehen. Im Einzelfall sind die m-Werte unter möglichst detaillierter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Verhältnisse festzulegen.

#### **Hydrogeologischer Standorttyp 1:**

Die Altlast wird von mächtigen bindigen Schichten mit hohem Schadstoffrückhaltevermögen unterlagert. Das aufsteigende Grundwasser wirkt als zusätzliche hydraulische Barriere.

Die Verhältnisse bezüglich des Schadstoffeintrags und des Schadstofftransports sind aufgrund der hydraulischen Verhältnisse äußerst günstig ( $m_{II}$  kleiner 0,6;  $m_{III}$  kleiner 0,8).

Wird das Oberflächengewässer belastet, ist eine mittelbare Grundwasserbeeinträchtigung durch Infiltration möglich.

#### **Hydrogeologischer Standorttyp 2:**

Die Altlast wird von mächtigen bindigen Schichten mit hohem Schadstoffrückhaltevermögen unterlagert.

Die Verhältnisse bezüglich des Schadstoffeintrags und des Schadstofftransports sind sehr günstig ( $m_{II}$  ca. 0,6,  $m_{III}$  ca. 0,8).

Durch das belastete Oberflächengewässer ist eine mittelbare Grundwasserbeeinträchtigung durch Infiltration möglich.

#### **Hydrogeologischer Standorttyp 3:**

Die Altlast wird von bindigen Schichten mit hohem Schadstoffrückhaltevermögen unterlagert. Über durchlässigere Zonen und den zwischengelagerten Grundwasserleiter ist eine schnellere und weitreichende Schadstoffausbreitung möglich.

Die Verhältnisse hinsichtlich des Schadstoffeintrags sind günstig ( $m_{II}$  kleiner 1,0 bis 0,6).

Bezüglich des Schadstofftransports im Grundwasserleiter sind die Verhältnisse eher ungünstig ( $m_{III}$  kaum unter 1,0).

#### **Hydrogeologischer Standorttyp 4:**

Die Altlast wird von mächtigen bindigen Schichten mit hohem Schadstoffrückhaltevermögen unterlagert. Im angeschnittenen Grundwasserleiter ist ein schneller und weitreichender Schadstofftransport möglich.

Bezüglich des Schadstoffeintrags bestehen sehr ungünstige Verhältnisse, da dieser direkt in den Grundwasserleiter erfolgt ( $m_{II} = 1,3$ ).

Die Verhältnisse bezüglich des Schadstofftransports sind eher ungünstig ( $m_{III}$  kaum unter 1,0).

**Hydrogeologischer Standorttyp 5:**

Die Altlast wird von mächtigen bindigen Schichten mit hohem, Schadstoffrückhaltevermögen unterlagert. Für den in Grundwasserfließrichtung gelegenen, angrenzenden Grundwasserleiter besteht Kontaminationsmöglichkeit.

Die Verhältnisse bezüglich des Schadstoffeintrags sind sehr ungünstig, da eine ungesättigte Zone fehlt ( $m_{II} = 1,3$ ).

Die Verhältnisse bezüglich des Schadstofftransports sind bei geringen Fließgeschwindigkeiten als sehr günstig anzusehen ( $m_{III}$  gegebenenfalls auch kleiner 0,8).

Für das möglicherweise mittelbar betroffene Grundwasservorkommen ist eine gesonderte Gefahreinschätzung durchzuführen (vgl. Abschnitt 4.1.3).

**Hydrogeologischer Standorttyp 6:**

Die Altlast liegt in bindigen Schichten, die über einem ungespannten Lockergesteinsgrundwasserleiter lagern.

Die Verhältnisse bezüglich des Schadstoffeintrags werden wesentlich von der Mächtigkeit und der Durchlässigkeit der bindigen Schichten bestimmt ( $m_{II}$  von kleiner 1,0 bis 0,6).

Die Verhältnisse bezüglich des Schadstofftransports hängen entscheidend von den Stoffeigenschaften und den Untergrundverhältnissen ab ( $m_{III}$  von 0,8 bis über 1,0).

**Hydrogeologischer Standorttyp 7:**

Die Altlast liegt in bindigen Schichten, die über einem gespannten Lockergesteinsgrundwasserleiter lagern.

Bezüglich des Schadstoffeintrags und des Schadstofftransports bestehen dann sehr günstige Verhältnisse, wenn das Potential des Grundwasserleiters über dem innerhalb der bindigen Schichten liegt ( $m_{II}$  kleiner 0,6;  $m_{III}$  kleiner 0,8).

Mögliche mittelbare Verunreinigungen durch oberflächlich austretendes schadstoffbelastetes Wasser sind zu berücksichtigen.

Sind die Potentialverhältnisse umgekehrt bzw. wechselnd, sind die Verhältnisse in Anlehnung an die Ausführungen für den hydrogeologischen Standorttyp 6 zu beurteilen.

**Hydrogeologischer Standorttyp 8:**

Die Altlast lagert direkt auf Festgesteinsgrundwasserleiter.

Für den Schadstoffeintrag und den Schadstofftransport sind die Verhältnisse generell ungünstig ( $m_{II}$  1,2 bis über 1,3,  $m_{III}$  bis über 1,2).



**Hydrogeologischer Standorttyp 9:**

Der Standort entspricht im wesentlichen dem hydrogeologischen Standorttyp 8.

In Abhängigkeit von der Mächtigkeit der ungesättigten Zone können hier etwas günstigere Verhältnisse bezüglich des Schadstoffeintrags auftreten.

**Hydrogeologischer Standorttyp 10:**

Die Altlast liegt (teilweise) in der gesättigten Zone eines Lockergesteinsgrundwasserleiters.

Die Verhältnisse bezüglich des Schadstoffeintrags sind sehr ungünstig, da eine ungesättigte Zone fehlt ( $m_{II} = 1,3$ ).

Die Verhältnisse bezüglich des Schadstofftransports werden durch die Bedingungen in der gesättigten Zone und die Stoffeigenschaften bestimmt ( $m_{III}$  von unter 0,8 bis über 1,2 in Abhängigkeit von den Verhältnissen des Einzelfalls).

**Hydrogeologischer Standorttyp 11:**

Die Altlast liegt in der ungesättigten Zone eines Lockergesteinsgrundwasserleiters.

Je nach Mächtigkeit der ungesättigten Zone können die Verhältnisse bezüglich des Schadstoffeintrags etwas günstiger sein als beim Standorttyp 10.

Bezüglich der Verhältnisse des Schadstofftransports vgl. Standorttyp 10.

**Hydrogeologischer Standorttyp 12:**

Die Altlast lagert direkt über einem Lockergesteinsgrundwasserleiter. Aufgrund der Ausgestaltung von gering durchlässigen Zwischenschichten können schwebende Grundwasserstockwerke vorkommen.

Für das schwebende und das „normale“ Grundwasservorkommen sind getrennte Gefahreinschätzungen durchzuführen.

Bezüglich der Verhältnisse für den Schadstoffeintrag und den Schadstofftransport wird auf die Ausführungen zu den Standorttypen 10 und 11 verwiesen.

**Hydrogeologischer Standorttyp 13:**

Die Altlast lagert direkt über einem in Stockwerke gegliederten Lockergesteinsgrundwasserleiter.

Für die verschiedenen Grundwasserstockwerke sind gesonderte Gefahreinschätzungen durchzuführen.

Bezüglich des oberen Stockwerkes gelten die Ausführungen zu den Standorten 10 bzw. 11 entsprechend.

Für die Gefahreneinschätzung des tieferen Grundwasserstockwerks wird auf Kapitel 4.1.3 verwiesen.

Wird das Oberflächengewässer durch ausgetragene Schadstoffe belastet, sind mögliche Grundwasserbeeinträchtigungen durch Infiltration zu berücksichtigen.

#### **Hydrogeologischer Standorttyp 14:**

Die Altlast lagert direkt über einem in Stockwerke gegliederten Festgesteinsgrundwasserleiter.

Für die verschiedenen Grundwasserstockwerke sind gesonderte Gefahreneinschätzungen durchzuführen.

Zur Beurteilung der Verhältnisse bezüglich des Schadstoffeintrags und des Schadstofftransports im oberen Stockwerk wird die auf die Ausführungen zu den Standorttypen 8 bzw. 9 verwiesen.

Die Beurteilung des tieferen Stockwerks erfolgt gem. Abschnitt 4.1.3 unter Berücksichtigung der Wirksamkeit des Trennhorizonts.

#### **Hydrogeologischer Standorttyp 15:**

Die Altlast lagert direkt auf einem Lockergesteinsgrundwasserleiter mit eingelagerten unregelmäßigen und unterbrochenen Zwischenschichten geringer Durchlässigkeit. Der Lockergesteinsgrundwasserleiter wird von einem Festgesteinsgrundwasserleiter unterlagert.

Für beide Grundwasserleiter ist eine gesonderte Gefahreneinschätzung durchzuführen.

Zur Beurteilung der Verhältnisse bezüglich des Schadstoffeintrags und des Schadstofftransports im oberen Stockwerk wird auf die Ausführungen zu den Standorttypen 10 und 11 verwiesen. Die unterbrochenen Zwischenschichten können dabei nicht als gefahrenmindernd angesetzt werden.

Die Beurteilung des tieferen Grundwasserleiters erfolgt gem. Abschnitt 4.1.3, wobei das Fehlen eines geringdurchlässigen Zwischenhorizontes gefahrerhöhend zu berücksichtigen ist.

## Abbildungsverzeichnis

Bild 1:	Schadstoffaustrag, -eintrag, -transport und -wirkung.....	4
Bild 2:	Bewertungsbögen.....	12
Bild 3:	Ablaufschema stufenweiser Erkundung und Bewertung .....	22
Bild 4 :	Ermittlung des Handlungsbedarfs .....	23
Bild 5:	Schadstoffaustrag,- sickering und -eintrag ins Grundwasser sowie Schadstofftransport und -wirkung im Schutzgut. ....	41
Bild 6.1:	$r_0$ -Wertebereiche für Stoffgruppen, $r_0$ -Werte für Stoffbeispiele .....	42
Bild 6.2:	Beispiele der Stoffgefährlichkeit $r_0$ für die Schutzgüter Grundwasser und Oberflächengewässer .....	43
Bild 7:	Schadstoffaustrag, -sickering und -eintrag ins Oberflächengewässer sowie Schadstofftransport und -wirkung im Schutzgut .....	55
Bild 8:	Schadstoffaustrag und -eintrag in die Luft/Atmosphäre sowie Schadstofftransport und -wirkung im Schutzgut.....	61
Bild 9:	Schadstoffaustrag, -eintrag in den Boden sowie Schadstofftransport und -wirkung im Schutzgut. ....	68

# Indexverzeichnis

## A

Altablagerung	
Standortbeschreibung .....	26
Stoffgruppe .....	27
Altlasten	
Gefahren .....	74
altlastverdächtige Wirtschaftszweige .....	27
Altstandort	
nähere Standortbeschreibung .....	29

## B

Beweisniveau 1 .....	20
Beweisniveau 2 .....	20
Beweisniveau 3 .....	21
Beweisniveau 4 .....	21
Bewertung	
Beweisniveau 1 .....	20
Beweisniveau 2 .....	20
Beweisniveau 3 .....	21
Beweisniveau 4 .....	21
gewichtetes Risiko .....	18
maßgebliches Risiko .....	18
m-Werte .....	17
tatsächliches Risiko .....	17
Verfahrensablauf .....	7

## Boden

Gefährdung .....	31
------------------	----

## E

eingehende Erkundung für Sanierungs- und Sicherungsvorschläge .....	21
Erkundungsstufen .....	19

## F

flächendeckende historische Erhebung	
Allgemeines .....	32

## G

Gefahren	
Altlasten .....	74
Gefahrenherde .....	26
Gefahrermittlung .....	4
gewichtetes Risiko .....	18
Grundwasser-Verunreinigung .....	26

## H

Handlungsbedarf .....	5
historische Erhebung	
Allgemeines .....	31
historische Erkundung	
Allgemeines .....	20, 34

## L

Luft	
Gefährdung .....	30

## M

maßgebliches Risiko .....	18
Matrix-Wirtschaftszweig-Abfallstoff .....	93
Matrix-Wirtschaftszweige-Stoffe .....	88
m-Werte .....	17

## N

nähere Erkundung .....	21
nähere Standortbeschreibung	
Altstandorte .....	29

## O

Oberflächengewässer	
Gefährdung .....	29
orientierende Erkundung	
Allgemeines .....	20

## P

potentielle Gefahrenherde .....	26
---------------------------------	----

## S

Schadstoffaustrag	
Allgemeines .....	5
Schadstoffeintrag	
Allgemeines .....	5
Schadstofftransport .....	5
Schadstoffwirkung .....	5
Schutzgut Boden	
Allgemeines .....	31
Bedeutung .....	73
Gefahrenereinschätzung .....	68
Handlungsbedarf .....	68
Schadstoffaustrag .....	70
Schadstoffeintrag .....	71
Schadstofftransport und -wirkung .....	72
Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage .....	69
Schutzgut Grundwasser	
Allgemeines .....	26
Bedeutung .....	52
Schadstoffaustrag .....	44
Schadstoffeintrag .....	47
Schadstofftransport und -wirkung .....	49
Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage .....	42
Schutzgut Luft	
Allgemeines .....	30
Bedeutung .....	67
Gefahrenereinschätzung .....	61

Handlungsbedarf.....	61	Schutzgüter	
Schadstoffaustrag.....	62	Allgemeines .....	2
Schadstoffeintrag .....	63	Standortbeschreibung, nähere .....	26
Schadstofftransport und -wirkung .....	64	Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage 15, 17	
Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage .	62	<b>T</b>	
Schutzgut Oberflächengewässer		tatsächliches Risiko.....	17
Allgemeines .....	29	<b>V</b>	
Bedeutung .....	60	Vergleichslage	
Schadstoffaustrag.....	55	Abweichung .....	52
Schadstoffeintrag .....	56	<b>W</b>	
Schadstofftransport und -wirkung .....	58	Wirtschaftszweig-Abfallstoff-Matrix.....	93
Stoffgefährlichkeit in Vergleichslage .	54	Wirtschaftszweige-Stoffe-Matrix.....	88
tatsächliches Risiko .....	54		