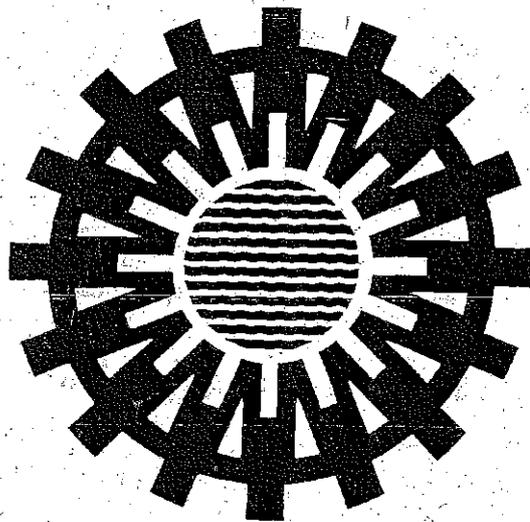


# *Länderarbeitsgemeinschaft Wasser*

## **Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden**



**Erarbeitet vom Arbeitskreis "Grundwassergüte"**

**Stand: Oktober 1993**

**Bearbeiter:**

Mund,	Umweltministerium Baden-Württemberg
Jedlitschka, <b>(Obmann)</b>	Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
Dr. Schretzenmayer,	Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
Böhme,	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin
Meier,	Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg
Dr. Quadflieg,	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten
Dr. Schultz-Wildelau,	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
Dr. Kalthoff,	Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen
Häfner,	Staatliches Umweltfachamt Leipzig
Bach,	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
Wolters,	Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein
Frau Dr. rer. nat. Gabriel,	Thüringer Landesanstalt für Umweltschutz
Keppner,	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

## Gliederung

1	Vorbemerkungen	Seite	1
2	Ziele		2
3	Vorgehen bei Grundwasserschäden		3
4	Erfassung und Erstbewertung		4
5	Sofortmaßnahmen		5
6	Erkundung		6
7	Bewertung		7
7.1	Allgemeines		7
7.2	Definitionen		7
7.3	Sanierungsschwellen		8
7.3.1	Grundwasser		8
7.3.2	Boden		9
8	Dringlichkeit der Sanierung		12
9	Sanierungsziele		13
9.1	Allgemeines		13
9.2	Sanierungsziele Grundwasser		14
9.3	Sanierungsziele Boden		14
9.4	Erhöhte Sanierungsanforderungen		14
10	Planung und Durchführung einer Sanierung		16
11	Überwachung		18
12	Dokumentation		19
Anhang 1	Vorhandene Richtlinien der Bundesländer		1 - 4
Anhang 2	Leitparameter für mögliche Grundwasserverunreinigungen		1 - 4
Anhang 3	Tabellen		1 - 3

## 1 Vorbemerkungen

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat mit ihrem im März 1987 verabschiedeten LAWA-Grundwasserschutzprogramm einen grundlegenden Bericht über Gefährdungspotentiale und Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers in der Bundesrepublik Deutschland vorgelegt. Der Bericht hebt hervor, daß bei der Entwicklung von Strategien für einen wirksamen Grundwasserschutz dem Vorsorgeprinzip absoluter Vorrang einzuräumen ist. Daneben weist der Bericht u.a. auf einen dringenden Handlungsbedarf in der Sanierung festgestellter Grundwasserschäden und der Beseitigung von Gefährdungspotentialen hin, wie sie z.B. durch Altablagerungen und Altstandorte gegeben sind.

Auch in der Europäischen Gemeinschaft gewinnt die Behandlung von Grundwasserschäden zunehmend an Bedeutung. Daher kamen die Umweltminister der Mitgliedstaaten im November 1991 in Den Haag beim Ministerseminar überein, daß unverschmutztes Grundwasser in seiner Beschaffenheit erhalten, eine weitere Beeinträchtigung vermieden und verschmutztes Grundwasser und Boden mit angemessenem Aufwand entsprechend den örtlichen Bedingungen saniert werden soll.

In Anbetracht der bereits zahlreich vorhandenen, unterschiedlichsten Grundwasserbelastungen und Gefährdungspotentiale ist die Formulierung allgemein anerkannter wasserwirtschaftlicher Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden vorrangig. Die folgenden Empfehlungen sollen als Grundlage für Hinweise, Anweisungen oder sonstige Maßnahmen der Länder für den wasserrechtlichen Vollzug dienen.

Detaillierte Ausführungen und Hinweise über die sich schnell entwickelnden technischen Maßnahmen zur Sanierung von Grundwasserschäden, über Untersuchungsmethoden, Analytik u.a. werden hier nicht behandelt; darauf einzugehen bleibt den technisch-wissenschaftlichen Vereinigungen und Fachverbänden, den Fachinstituten, Fachfirmen u.a. vorbehalten. Auch auf das verwaltungsmäßige Umsetzen der Empfehlungen in den Bundesländern wird wegen ihrer unterschiedlichen Verwaltungsstruktur nicht eingegangen.

## 2 Ziele

Die Reinhaltung des Grundwassers als Teil des natürlichen Wasserkreislaufs und wichtiges Element des Naturhaushalts ist lebensnotwendig. Sauberes Grundwasser ist für die Versorgung des Menschen mit dem wichtigsten Lebensmittel Trinkwasser unverzichtbar.

Verunreinigungen des Grundwassers werden meist erst spät erkannt, die Ursachen sind häufig nur schwer festzustellen. Schadstoffe breiten sich mit dem Grundwasserstrom gemäß ihrer Löslichkeit, Adsorbierbarkeit am Boden und der Durchlässigkeit des Untergrundes aus. Schwer abbaubare Stoffe bleiben lange erhalten und werden höchstens metabolisiert. Schäden dauern daher lange an, Sanierungen sind sehr schwierig und kostspielig und Sanierungserfolge höchst unsicher. Belastungen gefährden deshalb das Grundwasser in seiner lebenserhaltenden Funktion weit mehr als oberirdische Gewässer.

Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers sollten vorrangig zum Ziel haben, Verunreinigungen gar nicht erst entstehen zu lassen. Vermeidungsmaßnahmen sollten deshalb an der Quelle ansetzen. Das Vorsorgeprinzip hat Vorrang. Diese Ziele sind im Wasserhaushaltsgesetz des Bundes verankert, z.B. in § 1a (Grundsatz), §§ 19a ff (wassergefährdende Stoffe) und § 34 (Reinhaltung des Grundwassers).

Die herausragende Bedeutung des Grundwassers erfordert, Grundwasserschäden grundsätzlich zu sanieren. Dabei wird allerdings darauf hingewiesen, daß im Hinblick auf die verfügbaren Mittel und die technische Machbarkeit nicht alle Schäden vollständig, rasch und gleichzeitig zu sanieren sind.

Unter Grundwasserschäden im Sinne dieser Empfehlungen sind anthropogen bedingte, nachteilige Veränderungen der Beschaffenheit des Grundwassers zu verstehen. Zu den nachteiligen Veränderungen zählen deutlich über den geogenen Hintergrund hinausreichende Stoffkonzentrationen. Derartige Schäden können lokal begrenzt oder flächenhaft auftreten. Flächenhafte Belastungen sind vor allem auf diffuse Einträge z.B. aus der Landwirtschaft (Düngemittel, Pflanzenschutzmittel) oder aus Industrie, Verkehr und Hausbrand über den Luftpfad (saurer Niederschlag verursacht durch Stickstoff- und Schwefeloxide; CKW) zurückzuführen. Flächenhafte Belastungen können praktisch nicht saniert werden, ihnen muß vorrangig durch Vermeidungsmaßnahmen an den Quellen begegnet werden (Gewässerschonende Landwirtschaft, Luftreinhaltung). Schließlich kann Grundwasser auch nachteilig durch Versickerung von Oberflächengewässern beeinflußt werden (Flußversickerungen, Dolinen etc.).

### 3 Vorgehen bei Grundwasserschäden

Die nachstehenden Ausführungen beziehen sich auf lokal begrenzte Grundwasserschäden und Gefährdungspotentiale für das Grundwasser.

Die Sanierung von Grundwasserschäden umfaßt im wesentlichen folgende Tätigkeiten:

- Erfassung und Erstbewertung
- Sofortmaßnahmen
- Untersuchung
- Bewertung
- Festlegung der Dringlichkeit
- Festlegung des Umfangs einer Schadenssanierung oder Sicherung (Sanierungsziel)
- Planung und Durchführung einer Sanierung
- Überwachung der Sanierungs- und Schutzmaßnahmen sowie Kontrolle und langfristige Überwachung der Erfolge
- Dokumentation aller Maßnahmen von der Erfassung von Grundwasserschäden und Gefährdungspotentialen bis zur abschließenden "Entlassung" aus der Behandlung.

Das unterschiedliche Gefährdungspotential von Gefahrenherden und Grundwasserbelastungen sowie die in aller Regel nur begrenzt verfügbaren Mittel - soweit nicht Verursacher (Störer) herangezogen werden - erfordern bereits in der Erkundungsphase (Erfassung und Untersuchung) bis hin zur Sanierungsphase ein angemessenes, stufenweises, an Prioritäten orientiertes Vorgehen. Die Einstufung in eine bestimmte Sanierungspriorität ist in allen Phasen ständig zu überprüfen und gegebenenfalls zu berichtigen. Dies dient insbesondere auch dazu, die Notwendigkeit von Sofortmaßnahmen zu erkennen. Entscheidend für das Vorgehen bei der Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden sind immer die Erfordernisse des Einzelfalls. Das bedeutet, daß einzelne der vorgestellten, aufeinander aufbauenden Arbeitsschritte je nach Situation u.U. verkürzt, erweitert, zusammengefaßt, parallel zueinander bearbeitet oder übersprungen werden können.

#### 4 Erfassung und Erstbewertung

Der Schutz des Grundwassers erfordert eine eingehende Erfassung sämtlicher Hinweise und Daten über Grundwasserbeeinträchtigungen und Gefährdungspotentiale. Auf ggfs. bestehende Altlastenkataster kann zurückgegriffen werden. Im Rahmen der Erfassung sind insbesondere auch Informationen über Verunreinigungen in Boden und Ablagerungen zu sammeln, die zu einer Grundwasserbeeinträchtigung führen können. Dazu können z.B. Altablagerungen und Altstandorte (Industrie) gehören.

Ziel der Erfassung ist das Beschaffen grundlegender Informationen u.a. auch über die Historie des Schadensfalles als Basis für eine erste Bewertung, die Festlegung von Prioritäten für weitere Untersuchungen und gegebenenfalls für die Einleitung von Sofortmaßnahmen.

Die Einrichtung von Meßstellen und die Entnahme von Proben sind in dieser Phase in aller Regel noch nicht erforderlich; bereits vorhandene Untersuchungsergebnisse sind jedoch mit zu erfassen. Wenn die Erfassung Hinweise auf eine konkrete Gefahr gibt, ist diesen unverzüglich mit gezielten Untersuchungen (z.B. Wasseruntersuchungen, Bodenluftmessungen usw.) nachzugehen, damit u.U. notwendige Sofortmaßnahmen, Sicherungsmaßnahmen oder Sanierungsmaßnahmen möglichst rasch eingeleitet werden können.

## 5 Sofortmaßnahmen

Sofortmaßnahmen kommen in Betracht, um

- eine bestehende oder unmittelbar drohende Gefahr für die menschliche Gesundheit abzuwenden oder zu verringern, z.B. bei Gefährdung einer Trinkwasserversorgung.
- eine drohende gravierende Verschlechterung der Situation zu verhindern, z.B. durch massiven Schadstoffeintrag in das Grundwasser.

Beurteilungskriterien sind vor allem

- Art und Ausmaß der akuten Gefährdung,
- technische Möglichkeiten und deren Wirksamkeit.

Die Entscheidung über Sofortmaßnahmen und ggfs. über deren Art und Umfang ist nicht auf Grund abstrakter Kriterien, sondern nach den Verhältnissen des Einzelfalls zu treffen und in allen Phasen einer Grundwasserschadensbehandlung immer wieder zu überprüfen.

Selbst wenn keine unmittelbaren Gefahren für die menschliche Gesundheit bestehen, können kurzfristige Maßnahmen dann angezeigt sein, wenn durch einfache und relativ kostengünstige Eingriffe z.B. an den Gefahrenquellen Grundwasserschäden vermieden oder vermindert werden können.

## 6 Erkundung

Die nach der Erfassung vorliegenden Informationen erlauben in aller Regel über die Sofortmaßnahmen hinaus noch keine abschließenden Entscheidungen über Dringlichkeit, Art und Umfang der Maßnahmen insgesamt. Hierzu sind weitere Untersuchungen notwendig.

Die Priorität von weiteren Untersuchungen ist um so höher,

- je größer das Gefährdungspotential (d.h. Art, Menge und Mobilität bzw. Mobilisierbarkeit) eines Stoffes ist,
- je weniger wirksam der Schadstoff eingeschlossen ist,
- je mehr hochwertige Nutzungen beeinflusst oder bedroht sind,
- je mehr Umweltbereiche betroffen sind.

Durch Voruntersuchungen sollte möglichst rasch geklärt werden, ob allein der Boden oder auch das Grundwasser verunreinigt sind. Hierzu sind nach Ort, Art und Häufigkeit repräsentative Messungen im Boden und im Grundwasser notwendig.

Die Haupt-Untersuchung muß zuverlässige und umfassende Erkenntnisse liefern über

- Art, Menge und Gefährlichkeit des Schadstoffs (Gefährdungspotential),
- Lage des Schadstoffpotentials, lokale, insbesondere hydrogeologische Verhältnisse,
- Lagerungsbedingungen, Schutzbarrieren, Abdeckung,
- Vorhandensein von Emissionen, Ausbreitungsbedingungen für einen Schadstoff unter besonderer Berücksichtigung der Stoffeigenschaften und der hydrogeologischen und der sonstigen örtlichen Verhältnisse,
- räumliche und zeitliche Ausdehnung einer Boden- und Grundwasserbelastung nach Art und Umfang,
- berührte tatsächliche oder geplante Nutzungen (z.B. Trinkwasserversorgung),
- weitere Auswirkungen auf die Umwelt,
- Verursacher

Meßnetz, Meßturnus und Parameter richten sich nach den Verhältnissen im Einzelfall. Mit den Untersuchungen sind fachkundige Büros zu beauftragen. Einzuschaltende Labors müssen den Vorgaben der LAWA zur analytischen Qualitätssicherung entsprechen oder gleichwertige Qualifikationen nachweisen.

## 7 Bewertung

### 7.1 Allgemeines

Die nach den Untersuchungen ansetzende Bewertung ist Grundlage für die Festlegung der Notwendigkeit, der Dringlichkeit und des Umfangs der Sanierung (Dekontamination oder Sicherung), Schadstoffpotential, Situation, Emissionen und Immissionen sind zusammenfassend darzustellen.

Allgemein verbindliche, stoffbezogene Grenzwerte für die Bewertung von Grundwasserschäden und Gefährdungspotentialen existieren nicht (siehe Kap. 7.2). Ihre verbindliche Festlegung ist aus grundsätzlichen wasserwirtschaftlichen Überlegungen (keine Güteklassen für das Grundwasser), angesichts der unterschiedlichen geogenen Prägungen oder anthropogenen Belastungen nicht sachgerecht. Darüber hinaus sind die zahlreichen Vorgänge der Stoffausbreitung und des Stoffverhaltens im Boden und Grundwasser noch nicht ausreichend wissenschaftlich geklärt.

Jeder Grundwasserschadensfall ist individuell zu bewerten, da insbesondere die örtlichen geologischen, bodenkundlichen und gewässerkundlichen Gegebenheiten das Sanierungsbedürfnis und den Sanierungsumfang entscheidend beeinflussen. Deshalb müssen die zuständigen Behörden einen Ermessensspielraum für ihre Entscheidungen behalten. Die Behörden orientieren sich dabei häufig an Bewertungslisten, die von anderen Organisationen für andere Zwecke entwickelt wurden (z.B. Holland-Liste). Unter diesen Aspekten war basierend auf bestehenden und geplanten Länderregelungen (siehe Anhang 1) die Erarbeitung von Orientierungshilfen für die Behörden durch die LAWA notwendig. Dabei reicht eine nur verbale Beschreibung für die Arbeit in der Praxis nicht aus; vielmehr müssen die Entscheidungshilfen als Orientierungswerte gegeben werden.

### 7.2 Definitionen

Für vorliegende Empfehlungen ist von folgenden Definitionen auszugehen:

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Werte, die nicht überschritten werden dürfen. Eine Überschreitung hat rechtliche und evtl. ökonomische Folgen.

Orientierungswerte sind rechtlich nicht verbindliche Werte, bei deren Überschreitung keine rechtlichen oder ökonomischen Folgen zu ziehen sind. Sie stellen als Vergleichsmaßstab eine Hilfe bei der Beurteilung, z.B. eines Verunreinigungsgrades, einer Belastung, eines Sanierungsziels u.a. dar.

Nachfolgend handelt es sich ausschließlich um Orientierungswerte.

- Referenz- bzw. Hintergrundwerte geben den geogenen Hintergrund einschließlich der ubiquitären Belastung an.
- Prüfwerte sind Werte, bei deren Unterschreitung der Gefahrenverdacht in der Regel als ausgeräumt gilt. Bei Überschreitung ist eine weitere Sachverhaltsermittlung geboten (z.B. Hauptuntersuchung).
- Maßnahmschwellenwerte sind Werte, deren Überschreitung in der Regel weitere Maßnahmen, z.B. eine Sicherung oder eine Sanierung auslöst.

Aus den in 7.1 genannten Gründen ist es zumindest derzeit nicht möglich, Grenzwerte für Sanierungsschwellen (ab wann zu sanieren ist) und für Sanierungsziele (wieweit zu sanieren ist) festzulegen. Daher werden Orientierungswerte gewählt. Diese Orientierungswerte dürfen keinesfalls schematisch angewandt werden und können nur Ausgangspunkt für eine auf die örtlichen Bedingungen abgestimmte Bewertung des Einzelfalles sein. Orientierungswerte dürfen insbesondere nicht als Grundwasserqualitätsziele gedeutet werden (keine Güteklassen für Grundwasser).

### 7.3 Sanierungsschwellen

#### 7.3.1 Grundwasser

Wenn aufgrund von Tatsachen ein Schadensverdacht vorliegt, muß im Zuge einer Voruntersuchung anhand ausgewählter Parameter eine mögliche Grundwasserbelastung abgeschätzt werden. In Tab. 1 (Anhang 3) sind Prüfwerte (absolute Differenzwerte) zusammengestellt, die angeben, ab welcher Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit gegenüber dem Oberstrom bzw. der Referenzwerte eine mögliche Untergrundverunreinigung vorliegen kann. Dabei ist die Größenordnung der Konzentration im Oberstrom bzw. der Referenzwerte zu beachten. Je nach Kenntnisstand kann der Parameterumfang abgeändert werden. Somit kann mit Hilfe von ver

hältnismäßig wenigen Parametern festgestellt werden, ob und welche anthropogen bedingte Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit vorliegen, die weitere Untersuchungen erfordern.

Im Zuge einer Hauptuntersuchung werden zusätzlich branchentypische Leitparameter im Bereich des Grundwasserschadens untersucht (siehe hierzu auch Anhang 2). Für einige dieser Stoffe sind in Tab. 2 (Anhang 3) Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte angegeben. Wenn die Prüfwerte nicht überschritten sind, kann der Gefahrenverdacht in der Regel als ausgeräumt gelten. Werden die Prüfwerte überschritten, ist eine Einzelfallprüfung erforderlich. Bei Überschreitung der Prüfwerte ist eine Einzelfallprüfung erforderlich. Werden die Maßnahmenschwellenwerte überschritten, ist in der Regel eine Sanierung des Grundwassers erforderlich, wobei auf die Referenzwerte und auf evtl. von Oberstrom kommende anthropogene Vorbela- stungen zu achten ist.

Dann muß die Sanierungspriorität festgelegt werden. Z.B. ist im Grundwassereinzugsgebiet einer Trinkwasserversorgung und in ökologisch empfindlichen Bereichen eine höhere Sanie- rungspriorität gegeben (Näheres s. Abschn. 8).

### 7.3.2 Boden

Aus wasserwirtschaftlicher Sicht sind Bodenbelastungen im Hinblick

- auf eine Gefährdung des Grundwassers (insbes. durch Auswaschungen und
- auf eine Gefährdung oberirdischer Gewässer (insbes. durch Abschwemmungen) zu bewerten.

Eine Beurteilung der Auswirkungen auf oberirdische Gewässer sowie im Hinblick auf andere Schutzziele und Gefährdungen wie

- landwirtschaftliche/forstwirtschaftliche Nutzung,
- Beeinträchtigung von Wohnbevölkerung/Freizeitanlagen
- Ausgasungen und Verwehungen und
- abfallwirtschaftliche Gesichtspunkte

ist nicht Gegenstand dieser Empfehlungen und ist von den hierfür zuständigen Fachstellen zu treffen.

Zur Abschätzung der Gefährdung des Grundwassers ist primär der unter realen Bedingungen eluierbare bzw. der mobile und mobilisierbare Stoffanteil maßgebend. Darüber hinaus sind weitere Merkmale von ausschlaggebender Bedeutung, z.B.

- Stoffcharakteristik (stoffspezifisches Gefährdungspotential und Stoffmenge, stoffspezifisches Migrationsverhalten, Stoffänderungen aufgrund physikalischer, chemischer oder biologischer Vorgänge und Synergismen).
- lokale Standortcharakteristik (Wasserhaushalt und Grundwasserbeschaffenheit, Bodeneigenschaften, Struktur des Untergrunds, Strömungsbedingungen, Flurabstand).

Eine wasserwirtschaftliche Beurteilung von Bodenbelastungen ist nur unter Berücksichtigung all dieser Gesichtspunkte möglich, wobei orientierende Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte für die Eluierbarkeit in  $\mu\text{g/l}$  für viele Stoffe angegeben werden können. Die Eluate sind nach den Werten der Tab. 2 zu bewerten. Als weitere Entscheidungsgrundlage dienen die Orientierungswerte für Bodenbelastungen nach Tab. 3. Für lipophile und leichtflüchtige organische Stoffe gibt sie hilfsweise als Übergangslösung Hinweise zur Bewertung. Sie gilt, bis wissenschaftlich fundierte Gesamtgehalte oder einheitliche Elutionsverfahren für diese Stoffe verfügbar sind. Für leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe sind in Tab. 3 zur Bewertung der Bodenbelastung zusätzlich Werte für die Belastung der Bodenluft in  $\text{mg/m}^3$  angegeben.

Wenn die Prüfwerte für das Eluat der Bodenprobe nach Tab. 2 nicht überschritten sind, kann der Gefahrenverdacht aus wasserwirtschaftlicher Sicht in der Regel als ausgeräumt gelten. Bei erhöhter Eluierbarkeit ist eine Einzelfallprüfung erforderlich, wobei orientierende Prüfwerte für Bodenbelastungen eine zusätzliche Bewertungshilfe geben. Bei Überschreitung der Maßnahmenschwellenwerte für das Eluat nach Tab. 2 werden eine Sanierung des Bodens oder Sicherungsmaßnahmen aus wasserwirtschaftlicher Sicht in der Regel erforderlich, wobei hier im Rahmen der Prüfung der Verhältnismäßigkeit berücksichtigt werden kann, daß die Eluate nur als lokal begrenzte Schadstofffracht auf das Grundwasser einwirken. Eine weitere Entscheidungshilfe geben die Maßnahmenschwellenwerte für den Boden in Tab. 3. Die geogenen und ubiquitären Belastungen sind dabei zu berücksichtigen. Weiterhin ist zu prüfen, ob die oben angegebenen Stoff- und Standortmerkmale eine Sanierung oder Sicherung erfordern.

Für die Bestimmung der Eluierbarkeit wird derzeit das Verfahren nach DIN 38 414-S4 angewendet. Bei Schwermetallen kann das Elutionsverhalten jedoch durch unterschiedliche pH-Bedingungen und Redoxverhältnisse entscheidend beeinflusst werden. Eingeschränkte Aussage-

kraft hat dieses Verfahren auch bei organischen Schadstoffen. Differenziertere Verfahren befinden sich in der praktischen Erprobung. Das pHstat-Verfahren als Ergänzung zum DEV-S4-Verfahren ist bereits praxisreif (Materialienband Nr. 6 NRW). Es liefert Informationen über die Höhe der Schadstoffkonzentration im ungünstigsten Fall und über die Wahrscheinlichkeit der Mobilisierung dieser Schadstoffe.

Für die abschließende Klärung der Frage, ob und mit welcher Priorität der Boden zu sanieren ist, sind auch die anderen Schutzziele neben dem Grundwasser zu berücksichtigen. Dann muß die Sanierungspriorität festgelegt werden. Z.B. ist im Grundwassereinzugsgebiet einer Trinkwasserversorgung und in ökologisch empfindlichen Bereichen eine höhere Sanierungspriorität gegeben (näheres s. Abschn. 8).

## 8 Dringlichkeit der Sanierung

Da die vorhandenen Mittel für eine rasche und gleichzeitige Sanierung aller Fälle generell nicht ausreichen, ist es notwendig, die Dringlichkeit einer Sanierung (Sanierungspriorität) für den Einzelfall festzulegen, soweit nicht die Abwehr von Gefahren einem Verantwortlichen auferlegt werden kann. Die Festlegung der Sanierungspriorität muß auf den Ergebnissen der Untersuchungen und der Bewertung aufbauen und insbesondere berücksichtigen

- Umfang und Art der Belastung,
- Gefahr der Ausbreitung,
- derzeitige oder künftige Nutzung, betroffene Schutzgüter,
- generelle Belastung der Umgebung (Referenzwerte),
- erreichbare Wirkung,
- ggfs. weitere Schadensfälle im Einzugsgebiet,
- die damit verbundenen Kosten und somit die Angemessenheit der Mittel,
- Veränderungen (Abbauverhalten) von Stoffen.

Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren für die menschliche Gesundheit, z.B. zum Schutz von Trinkwassergewinnungsanlagen, besitzen höchste Priorität. Von ebenso hoher Priorität ist die Sanierung massiver Schädigungen bedeutsamer Ökosysteme. Sachschäden oder Sachgefährdungen haben insbesondere bei geringer Ausdehnung eine deutlich niedrigere Sanierungspriorität.

Die Festlegung der Dringlichkeit einer Sanierungs- oder Schutzmaßnahme ist mit einer Zielangabe zu verbinden, innerhalb welcher Fristen

- Sanierungsplanung zu erarbeiten und
- die Sanierung durchzuführen ist.

## 9 Sanierungsziele

### 9.1 Allgemeines

Grundwasserschäden sollten grundsätzlich mit dem Ziel saniert werden, möglichst den "ursprünglichen" Zustand wieder herzustellen. Allerdings können Grundwasserbelastungen wegen der hydrogeologischen Bedingungen und der begrenzten Wirksamkeit technischer Verfahren in aller Regel nicht mehr vollständig behoben werden. Vor Beginn einer Sanierung ist den Ursachen nachzugehen und nach Möglichkeit die Quelle der Verunreinigungen zu beseitigen.

Ziel der Sanierung von Grundwasserschäden und der Beseitigung von Gefahrenherden muß aber mindestens sein

- Gesundheitsgefahren weitestmöglich zu vermeiden,
- stark ökotoxische Wirkungen und sonstige massive Umweltbeeinträchtigungen abzuwehren,
- Nutzungen wieder zu ermöglichen und
- wertvolle Schutzgüter in ihrem Bestand zu sichern und ihre Funktion wieder herzustellen.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen bezeichnet z.B. mit Altlastensanierung "... die Durchführung von Maßnahmen durch die sichergestellt wird, daß von der Altlast nach der Sanierung keine Gefahr für Leben und Gesundheit des Menschen sowie keine Gefährdung für die belebte und unbelebte Umwelt im Zusammenhang mit der vorhandenen oder geplanten Nutzung des Standortes ausgehen". Damit werden auch Verfahren als Sanierung bezeichnet, die die Ausbreitung der Schadstoffe verhindern, in dem sie die Kontamination im Boden fixieren oder Verfahren, die die Ausbreitung der Schadstoffe über die Wirkungspfade verhindern (Sicherungsverfahren).

Sanierungsmaßnahmen sind stets so durchzuführen, daß die Schadstoffe nicht lediglich in ein anderes Medium (Luft, Boden) verlagert werden.

Sollte sich im Rahmen einer Sanierung zeigen, daß trotz erheblicher Anstrengungen das Sanierungsziel nicht ganz erreicht wird, so kann der zulässige Konzentrationswert für das Sanierungsziel unter Berücksichtigung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit erhöht werden.

## 9.2 Sanierungsziele Grundwasser

Als Sanierungsziel für Grundwasser ist eine deutliche Unterschreitung des Maßnahmenschwellenwertes für Leitparameter anzustreben, wobei einerseits die technische Machbarkeit, andererseits der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz zugrunde zu legen ist. Dabei ist in jedem Einzelfall neben dem Erstrebenswerten die Angemessenheit und Verhältnismäßigkeit der Mittel zu berücksichtigen. Langfristig muß infolge natürlicher Austauschvorgänge im Grundwasser das Ziel angestrebt werden, eine natürliche Grundwasserbeschaffenheit zu erreichen (Referenzwerte).

## 9.3 Sanierungsziele Boden

Die Sanierungsziele für den Boden sind unter Berücksichtigung des in Abschn. 7.3.2 Gesagtem festzulegen. Das Sanierungsziel muß neben dem Erstrebenswerten die Angemessenheit und Verhältnismäßigkeit der Maßnahmen und gegebenenfalls den Ort der späteren Verwendung des gereinigten Materials berücksichtigen. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht kommen dabei auch Sicherungsmaßnahmen (Einkapselung) in Frage. U.U. sind aufgrund anderer Schutzziele weitergehende Sanierungsziele festzulegen.

Sofern eine Behandlung und keine Sicherung oder Verbringung des Bodens auf eine Deponie vorgesehen wird, ist als Sanierungsziel für den Boden aus wasserwirtschaftlicher Sicht eine deutliche Unterschreitung des Sanierungsschwellenwertes für Leitparameter im Eluat nach Tab. 2 anzustreben, wobei die technische Machbarkeit zugrunde zu legen ist. Zusätzliche Entscheidungshilfen, für lipophile und leichtflüchtige organische Stoffe, geben die Maßnahmenschwellenwerte für Stoffkonzentrationen im Boden bzw. Bodenluft nach Tab. 3. (siehe auf Ziffer 7.3.2, S. 13). Bei der Entscheidung über die Sanierung einer Bodenverunreinigung kann im Rahmen der Prüfung der Verhältnismäßigkeit berücksichtigt werden, daß die Eluate nur als lokal begrenzte Schadstofffracht auf das Grundwasser einwirken.

## 9.4 Erhöhte Sanierungsanforderungen

Unabhängig von den zuvor genannten Grundsätzen zur Festlegung von Sanierungszielen sollten innerhalb eines Einzugsgebietes einer Wassergewinnungsanlage für die öffentliche Wasserversorgung oder im Bereich eines für die öffentliche Wasserversorgung nutzungswürdigen

Grundwasservorkommens strengere Anforderungen gestellt werden als außerhalb. Mit der für Sanierungs- oder Schutzmaßnahmen vorgeschlagenen Regelung wird der Grundsatz eines flächendeckenden, ungeteilten Grundwasserschutzes nicht durchbrochen.

## 10. Planung und Durchführung einer Sanierung

Die Durchführung einer Sanierung ist ein komplexer Vorgang, der häufig mehrere Umweltbereiche (Boden, Wasser, Luft) integrierend erfaßt und daher einer detaillierten Planung bedarf.

Grundsätzlich sind zwei verschiedene Sanierungs-Ansätze möglich:

- 1) quellenorientierte Sanierungen (Dekontamination) = Beseitigung des Schadstoffpotentials durch Entfernung oder Umwandlung
- 2) wirkungsorientierte Sanierung (Sicherung) = Fixieren und/oder Isolieren des Schadstoffs an Ort und Stelle.

Das Verbringen von belastetem Boden auf eine Deponie stellt nur eine lokale Verlagerung des Problems dar und sollte nur in Ausnahmefällen herangezogen werden.

Die Sanierung muß so koordiniert werden, daß durch sinnvolle Zusammenarbeit aller Beteiligten (Behörden, Zustands- bzw. Handlungsstörer, Öffentlichkeit, Forschungsinstitute, etc.) in relativ kurzen Zeiträumen eine erfolgsversprechende, wirtschaftlich zumutbare Maßnahme durchgeführt werden kann.

Diese Koordinierung und ebenso die Überwachung der Sanierung liegt in der Zuständigkeit der jeweiligen Behörde. Dabei müssen folgende Aufgaben wahrgenommen werden:

- Im Vorfeld müssen die Zuständigkeiten einzelner Dienststellen und Personen genau festgelegt werden, soweit nicht bereits durch Rechtsvorschriften vorgegeben.
- Der Sachverhalt wird dem Zustands- bzw. Handlungsstörer mitgeteilt.
- Die zuständige Behörde formuliert das Sanierungsziel.
- Der Störer wird zur Vorlage eines Sanierungskonzeptes aufgefordert oder - im Fall der Ersatzvornahme - die Behörde beauftragt ein kompetentes Ing.-Büro mit der Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes.

- Die Sanierungsmethode wird in Abhängigkeit von den Schadstoffen und deren Bindung sowie unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten ausgewählt.
- Die zuständigen Fachbehörden müssen zur Erfolgskontrolle parallel zur Sanierung ein Überwachungskonzept erstellen.
- Auf die rechtzeitige Einholung der erforderlichen Genehmigungen (Immissions-, Abfall-, Wasser-, Arbeitsschutzrecht, etc.) ist zu achten.

## 11. Überwachung

Ziel der Überwachung ist es, anthropogene Beeinflussungen und ihre Veränderungen festzustellen sowie den Sanierungserfolg zu kontrollieren. Überwacht werden die Kontaminationsquellen und die durch die Kontaminierung bzw. durch deren Sanierung hervorgerufenen Veränderungen des Grundwassers. Darüber hinaus sollten die Hauptinhaltsstoffe des Grundwassers untersucht werden.

Da vom Stoffpotential im Grundwasser nur der Anteil nachzuweisen ist, der unter den gegebenen chemischen bzw. physikalisch-chemischen Milieubedingungen gelöst bzw. suspendiert vorliegt, ist die Feststoffphase des Grundwasserleiters (das "chemische Langzeitgedächtnis") ebenfalls auf die Auswirkung anthropogener Stoffeinträge hin zu kontrollieren und in die Überwachung mit einzubeziehen.

Grundwasserschäden sind in der Regel in drei Schritten zu überwachen.

Die erste Phase setzt ein mit Bekanntwerden des Schadens und deckt den Zeitraum bis zum Beginn der Sanierungsmaßnahmen ab. Hier ist über eine intensive Überwachung jede mögliche Veränderung bzw. Ausbreitung des Schadens zu kontrollieren und festzustellen.

In der zweiten Phase wird die Sanierung durch gezielte Überwachung der Maßnahme und ihrer Wirksamkeit begleitet, bis das geplante Sanierungsziel erreicht ist.

In der dritten Überwachungsstufe wird überprüft ob der Grundwasserschaden dauerhaft behoben ist und sich im Grundwasserraum wieder eine stabile Stoffverteilung eingestellt hat wie sie dem Sanierungsziel entspricht.

## 12. Dokumentation

Alle Daten, Fakten und Entscheidungen über Grundwasserschäden, die bei künftigen Rückfragen Bedeutung haben können, sind in einem Schadenskataster (z.B. Altlastenkataster) zu sammeln und zu dokumentieren. Die Dokumentation beginnt mit der Zusammenführung erster Informationen bei Bekanntwerden des Schadensfalls. Die Datensammlung ist ständig fortzuschreiben. In vielen Ländern sind die Dokumentationspflichten gesetzlich geregelt (Anhang 1).

Die im Schadenskataster zusammengefaßten Kenntnisse und Aufzeichnungen werden zunächst zur Abgrenzung der Schadensflächen und zur Bewertung des Schadensumfangs benötigt. Während der Sanierung bieten die Informationen die erforderliche Grundlage für alle zu treffenden Entscheidungen. Zwischen den handelnden Behörden/Stellen ist eine ständige Rückkoppelung erforderlich.

Nach Ablauf der Sanierungsmaßnahmen bleiben in der Regel Restbelastungen zurück, die zu überwachen sind. Die Meßwerte sind ebenfalls zu dokumentieren. Sie geben Aufschluß über die Sanierungserfolge, können jedoch auch eventuelle negative Spätfolgen aufzeigen und erleichtern dann die Ursachenforschung.

Bei künftigen Planungen und Vorhaben wie zum Beispiel bei Bauleitplänen oder bei beabsichtigten Grundwassernutzungen können mit Hilfe der Dokumentationen mögliche Gefahren abgeschätzt werden.

## Anhang 1

Vorhandene Richtlinien der Bundesländer  
(Fundstellen bei den Umweltministerien nachzufragen)

- Baden-Württemberg:
- Leitfaden für die Beurteilung und Behandlung von Grundwasserverunreinigungen durch leichtflüchtige CKW, Heft 13 (1983)
  - Altlasten Handbuch, Teil I, Altlasten-Bewertung, Heft 18 (1987)
  - Altlasten Handbuch, Teil II, Untersuchungsgrundlagen, Heft 19 (1987)
  - VwV über Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen vom 16.09.1993
- Bayern:
- Altlasten Leitfaden für die Behandlung von Ablagerungen und kontaminierten Standorten in Bayern (1990)
  - Rundschreiben des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft vom 10.01.89 zur Behandlung von Grundwasserverunreinigungen durch LHKW
- Berlin:
- Bewertungskriterien für die Beurteilung kontaminierter Standorte in Berlin (Berliner Liste), Bek. vom 19.11.1990
- Brandenburg:
- Brandenburger Liste zur Bewertung kontaminierter Standorte

## Hamburg:

- Vorläufige Leitwerte für die Sanierung von Grundwasser- und Bodenkontaminationen aus Sicht des Grundwasserschutzes - Mineralöl - Kohlenwasserstoffe (1990), Senatsdrucksache Nr. 1491
- Vorläufige Leitwerte für die Sanierung von Grundwasser- und Bodenkontaminationen aus Sicht des Grundwasserschutzes - Chlorierte Kohlenwasserstoffe - Aromatische Kohlenwasserstoffe - Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe - Benzinkohlenwasserstoffe
- Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft (Drs 13/5693) vom 20.03.90 "Bodenbelastung mit Schwermetallen in Hamburg"

## Hessen:

- Bewertung altlastverdächtiger Flächen, Teil 1: Leitfaden Datensammlung und Informationsbeschaffung Altablagerungen 1990

## Niedersachsen:

- Altlastenprogramm des Landes Niedersachsen
  - Altablagerungen
  - Altlastenbuch

## Nordrhein-Westfalen:

- Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten

Band 1: Untersuchungen über ein Konzept zur Ermittlung von Grundwassergefährdungen durch Altablagerungen und Altstandorte

Band 2: Anwendbarkeit von Richt- und Grenzwerten aus Regelwerken anderer Anwendungsbereiche bei der Untersuchung und sachkundigen Beurteilung von Altablagerungen und Altstandorten

Band 3: Verdachtsflächen rüstungs- und kriegsbedingter Altlasten in Nordrhein-Westfalen (Schwerpunkt 1930 - 1950)

Band 4: Erfassung und Auswertung der Hintergrundgehalte ausgewählter Schadstoffe in Böden Nordrhein-Westfalens

Band 5: Verdachtsflächen rüstungs- und kriegsbedingter Altlasten in Nordrhein-Westfalen (Schwerpunkt 1900 - 1930)

Band 6: Mobilisierung von Schwermetallen in Porenwässern von belasteten Böden und Deponien. Entwicklung eines aussagekräftigen Elutionsverfahrens

- Leitfaden zur Grundwasseruntersuchung bei Altablagerungen und Altstandorten
- Leitfaden zur Grundwasseruntersuchung in Festgesteinen bei Altablagerungen und Altstandorten

Sachsen:

- Grundlagen und Empfehlungen zur Erfassung, Untersuchung und Bewertung von Altlasten im Schadstoffpfad Grundwasser - Altlastenmethodik

Sachsen-Anhalt:

- Handlungsempfehlungen für den Umgang mit kontaminierten Böden im Land Sachsen-Anhalt

Schleswig-Holstein:

- Merkblatt zur Untersuchung der Auswirkungen von Altablagerungen

## Leitparameter für mögliche Grundwasserverunreinigungen

Die folgende "offene Liste" beinhaltet Vorschläge für Parameter, die zur Untersuchung des Grund- und Rohwassers in Betracht kommen, um Veränderungen der Wasserbeschaffenheit durch mögliche Schadstoffeinträge zu erkennen.

Diese Liste ist weder bindend noch erhebt sie einen Anspruch auf Vollständigkeit, sie dient lediglich als Hilfestellung bei der Festlegung von individuellen Untersuchungsprogrammen unter Berücksichtigung der jeweiligen Verhältnisse des Einzelfalles. Parameter, deren Konzentrationsänderungen auf Sekundärreaktionen (reduzierende Bedingungen, pH-Änderung) beruhen, wurden nicht in die Liste aufgenommen.

Die verwendeten Abkürzungen sind am Ende der Liste zusammengestellt.

1. Industrie- und Gewerbebetriebe mit Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Umschlagen, Herstellen, Verwenden und Behandeln wassergefährdender Stoffe:

- Nahrungsmittelerzeugung und -verarbeitung:

grundsätzlich immer: Temperatur, pH, DOC,  $\text{KMnO}_4$

zusätzlich bei:

- Milchverarbeitung:  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ , TON, evtl. Desinfektionsmittel

- Fleischwirtschaft:  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ , TON, Cl,  $\text{PO}_4$

- Ölsaataufbereitung, Speisefett- und Speiseölraffination: LHKW, KW

- Futtermittelherstellung: LHKW

- Zuckerherstellung:  $\text{NH}_4$ , Cl

- Galvanik, Metallverarbeitung: pH, LHKW, KW,  $\text{CN}_{\text{ges}}$ ,  $\text{NO}_2$ , F, Al, Cd, CrVI und Crges., Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Fe (Metalle und Schwermetalle je nach Verwendung und Produktpalette)

- Erdölgewinnung und -verarbeitung, Raffinerien: DOC, KW, Phenolindex, CSB,  $\text{KMnO}_4$ , BTX, PAK, Cl

- Herstellung, Lagerung und Verarbeitung von Lösemitteln und Anstrichstoffen:

allgemein: DOC, LHKW, AOX

bei org. Farbstoffen: Phenolindex, BTX, SAK-254, evtl. spezielle Lösemittel

bei anorg. Pigmenten: Cd, Ba, CrVI, Crges., Pb, Zn, Fe, Ti,  $\text{CN}_{\text{ges}}$

- Tierkörperbeseitigung: DOC, LHKW,  $\text{KMnO}_4$ , pH

- Lederherstellung, Pelzveredelung: DOC,  $\text{KMnO}_4$ , Cr
  - Textilherstellung und Textilverarbeitung: DOC, AOX,  $\text{KMnO}_4$ , Zn, Cu, Cr, KW, LHKW
  - Zellstofferzeugung, Herstellung von Papier und Pappe: DOC, AOX, Phenolindex, Hg,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Cl}_2$
  - Herstellung von Hautleim, Gelatine und Knochenleim: DOC, pH,  $\text{KMnO}_4$
  - Herstellung von Holzfaserplatten: DOC, Phenolindex,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{NH}_4$ , HCHO
  - Herstellung keramischer Erzeugnisse: DOC,  $\text{KMnO}_4$ , Cd, Pb, evtl. weitere Schwermetalle
  - Herstellung und Verarbeitung von hemiefasern und Kunststoffprodukten: DOC, SAK-254, Sulfid sowie produktspezifische Parameter
  - Herstellung von Waschmitteln und Perboraten: B,  $\text{PO}_4$ ges., Tenside (MBAS, BiAS), UV-Fluoreszenz
  - Herstellung von Arzneimitteln: DOC, AOX,  $\text{KMnO}_4$ , SAK-254
  - Alkalichloridelektrolysen nach dem Amalgamverfahren: Hg, Cl, pH, LF
2. Altablagerungen:
- Altablagerungen unbekannter Art: Stufenweises Vorgehen:
    - 1.) Parameter des Grundmeßprogrammes
    - 2.) LHKW, As, Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Cr, KW, BTX, CNges, B
    - 3.) DOS, Phenolindex, PAK, Pestizide, weitere Schwermetalle, org. Mikroverunreinigungen, PCB
  - Altablagerungen bekannter Art:
    - ehemaliges Gaswerksgelände: Phenolindex,  $\text{NH}_4$ , PAK, BTX, CNges, DOC
    - Galvanik bzw. Metallbetriebe: LHKW, Schwermetalle, insbesondere Cr III und CrVI, CNges
    - Mineralölprodukte: DOC, PCB, CSB, PAK, KW
    - Teerprodukte: PAK, Phenolindex, KW, DOC, LHKW, BTX
    - Papierschlämme: AOX, DOC, Hg, org. Säuren (LS)
    - Altdeponien: siehe Abschnitt 3: "Deponien..."

- kontaminierte Betriebsflächen: entsprechend Abschnitt 1: "Industrie und Gewerbegebiete..."

3. Deponien für Hausmüll, Bauschutt, Sonderabfälle o.a.:

- Hausmüll: DOC, CSB,  $\text{KMnO}_4$ , pH,  $\text{SO}_4$ , Cl,  $\text{K}_\text{S}$ ,  $\text{K}_\text{B}$ , GH,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ , Cr, Ni, Zn, K, Na, Cu, B
- Bauschutt:  $\text{SO}_4$ , Ca
- Sonderabfälle: LHKW, KW, CN-ges., PAK, DOC, AOX, GC-fingerprint, CSB, Cd, Cr, Pb, Ni, Hg

4. Hauptverkehrsstraßen (Autobahnen und Bundesstraßen):

LF, Na, Cl, Pb, Cd, As, B, Cu, Cr, Ni, Ti, Zn, K,  $\text{NH}_4$ , Fe, Mn, KW, PAK, BTX

5. Güterbahnhöfe, Verkehrsflugplätze:

- Güterbahnhöfe: LHKW, KW, GH, DOC, SAK-254
- Verkehrsflugplätze: DOC, LHKW, Harnstoff, Ethylen-glycol, Isopropylglycol

6. Kläranlagen, Regenwasserbehandlungsanlagen, Abwasserversickerungen und -versenkungen, Abwasserbehandlung, Abwasserregnung, Untergrundverrieselung:

- Kläranlagen: DOC, CSB,  $\text{KMnO}_4$ , Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PO}_4$
- Abwasserversickerung: DOC, CSB, Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PO}_4$ , B, KW

7. Militärische Anlagen:

LHKW, KW, DOC, PAK

8. Erdöl- und Erdgasgewinnungsanlagen:

KW, Phenole, Cl

9. Kleingartenanlagen:

$\text{NO}_3$ , DOC,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_\text{S}$ ,  $\text{K}_\text{B}$ , GH, Pestizide

10. Landwirtschaftlich genutzte Flächen:

- Intensivkulturen:  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ , Cl, GH,  $\text{K}_\text{S}$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ , Pestizide

11. Gewerbliche Massentierhaltungen und landwirtschaftliche Betriebe mit Viehhaltung mit Jauche und Güllelagerung:

DOC, CSB,  $\text{NH}_4$ , TON,  $\text{NO}_3$ , K  
bei  $\text{pH} < 5$  auch Milchsäure

12. Kerntechnische Anlagen:

Tritium, Gesamtaktivität

13. Geschlossene Siedlungsgebiete:

$\text{pH}$ , DOC, CSB,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ ,  
LHKW, KW, Cd, Cr, Pb, Hg, B,  
Uranin, Bakteriologische Untersuchungen, weitere Parameter je nach Vorhandensein von Gewerbebetrieben (Tankstellen, chem. Reinigung etc.)

14. Tiergehege und Dauerweiden mit Großtierhaltung:

$\text{NO}_3$ , DOC,  $\text{NH}_4$

Abkürzungen:

- AOX = adsorbierbares, organisch gebundenes Halogen  
BIAS = Wismutaktive Substanzen, nicht ionische Tenside  
BTX = Benzol-, Toluol-, Xylol-Aromaten  
CSB = Chemischer Sauerstoffbedarf  
DOC = gelöster organischer Kohlenstoff  
DOS = gelöster organischer Schwefel  
HCHO = Formaldehyd  
 $\text{KMnO}_4$  =  $\text{KMnO}_4$ -Verbrauch (bzw. Oxidierbarkeit (MnVII-MnII)) als mg/l  $\text{O}_2$   
 $\text{K}_B$  =  $\text{K}_{B8,2}$  bzw.  $\text{K}_{B4,3}$ , Basekapazität bis  $\text{pH}$  8,2 bzw. 4,3  
 $\text{K}_S$  =  $\text{K}_{S4,3}$  bzw.  $\text{K}_{S8,2}$ , Säurekapazität bis  $\text{pH}$  4,3 bzw. 8,2  
KW = Kohlenwasserstoffe, gelöst und emulgiert  
LHKW = Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe  
LS = Ligninsulfonsäure  
MBAS = Methylenblauaktive Substanzen, anionische Tenside  
PAK = Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe  
SAK-254 = Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm  
SAK-436 = Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm  
TON = Gesamter, organisch gebundener Stickstoff

Tabelle 1	Prüfwerte für Basisparameter zur Vor- und Hauptuntersuchung von Grundwasser
Tabelle 2	Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte für einige Leitparameter der Hauptuntersuchung von Grundwasser
Tabelle 3	Orientierungswerte für Bodenbelastungen

**Vorbemerkung:**

Die Werte gelten für den Schadensschwerpunkt. Es wird dabei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die in den Tabellen 1 - 3 aufgeführten Orientierungswerte keinesfalls schematisch angewendet werden dürfen. Sie können nur Ausgangspunkt für eine auf die örtlichen Bedingungen abgestimmte Bewertung des Einzelfalls sein.

In den Tabellen 2 und 3 werden für Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte Wertebereiche angegeben. Beim Prüfwert wird der obere Bereichswert von der Langzeittoxizität (z.B. Trinkwassergrenzwert) und der untere Bereichswert von einer deutlichen Überschreitung des Referenzwertes (geogener Hintergrund einschließlich der abiotischen Belastung) abgeleitet.

Beim Maßnahmenschwellenwert entsprechen die Bereichswerte unter Berücksichtigung der Dosis-/Wirkungsbeziehung einem Mehrfachen der Langzeittoxizitätswerte.

**Tabelle 1: Prüfwerte für Basisparameter zur Vor- und Hauptuntersuchung von Grundwasser**

Parameter	Einheit	Mindeständerung im Vergleich zum Oberstrom (Differenzwert)	Voruntersuchung <sup>7)</sup>
Färbung (visuell) <sup>1)</sup>		Verfärbung	+
Trübung (visuell) <sup>1)</sup>		Eintrübung	+
Geruch (qualitativ) <sup>1)</sup>		deutlicher Fremdgeruch	+
Temperatur (t) <sup>1) 2)</sup>		deutliche Änderung	+
Leitfähigkeit (bei 20 °C) <sup>1)</sup>	µS/cm	+ 200 <sup>3)</sup>	+
pH-Wert (bei t) <sup>1)</sup>		± 0,3 bis 1,0 <sup>4)</sup>	+
Calcitlösekapazität (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	deutliche Änderung	
Säurekapazität bis pH 4,3 (K <sub>S</sub> 4,3)	mmol/l	± 1 <sup>3)</sup>	+
Basekapazität bis pH 8,2 (K <sub>B</sub> 8,2)	mmol/l	± 0,5	+
Sauerstoff, gelöst (O <sub>2</sub> ) <sup>1)</sup>	mg/l	- 3	+
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l	+ 20 <sup>3)</sup>	+
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	+ 10 <sup>3)</sup>	+
Natrium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	+ 20 <sup>3)</sup>	
Kalium (K <sup>+</sup> )	mg/l	+ 10 <sup>3)</sup>	
Mangan, gesamt (Mn)	mg/l	deutliche Änderung	
Eisen, gesamt (Fe)	mg/l	deutliche Änderung	
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	+ 0,3 <sup>5)</sup>	+
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	+ 30 <sup>3)</sup>	+
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	± 30 <sup>6)3)</sup>	+
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	± 10	+
Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	+ 0,3	
Phosphat, ortho (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	+ 0,2	
Kieselsäure (SiO <sub>2</sub> )	mg/l	+ 10	
Oxidierbarkeit (Permanganatindex) (O <sub>2</sub> )	mg/l	+ 3 <sup>5)</sup>	+
Gel. organisch geb. Kohlenstoff (DOC)	mg/l	+ 4 <sup>5)</sup>	+
Spektr. Absorptionskoeffizient 436 nm	m <sup>-1</sup>	+ 5	
Spektr. Absorptionskoeffizient 254 nm	m <sup>-1</sup>	+ 5	
Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW, gesamt)	µg/l	+ 5 <sup>5)</sup>	+
Adsorbierbare org. geb. Halogene (AOX)	µg/l	+ 20 <sup>5)</sup>	+
Bor (B)	mg/l	+ 0,1	+
Biotest (Daphnien- oder Leuchtbakterientest)		Toxische Wirkung im unverdünnten Grundwasser	
Koloniezahl	1/ml	deutliche Änderung	

1) Bestimmung bei der Probenahme vor Ort

2) Bei Grundwassertemperaturänderungen sind ggf. die Einflüsse von Bauwerksgründungen und Oberflächenwasserinfiltration zu berücksichtigen.

3) In einigen Grundwasserleitern liegt aufgrund der geogenen Grundbelastung die natürliche Schwankungsbreite in der o.a. Größenordnung.

4) pH-Änderungen sind in Zusammenhang mit dem Pufferungsvermögen des Wassers zu bewerten.

5) Bei höherer Vorbelastung: + 25 %

6) Bewertung einer Konzentrationsabnahme nur unter der Voraussetzung, daß auch eine Denitrifikation stattgefunden hat

7) Im Rahmen der Voruntersuchung ist primär auf die mit + gekennzeichneten Parameter zu untersuchen.

**Tabelle 2: Prüf- und Maßnahmenschwel lenwerte für einige Leitparameter der Hauptuntersuchung von Grundwasser**

Parameter	Einheit	Prüfwert	Maßnahmenschwel lenwert
Antimon (Sb)	µg/l	2 - 10	20 - 60
Arsen (As)	µg/l	2 - 10	20 - 60
Barium (Ba)	µg/l	100 - 200	400 - 600
Blei (Pb)	µg/l	10 - 40	80 - 200
Cadmium (Cd)	µg/l	1 - 5	10 - 20
Chrom, gesamt (Cr)	µg/l	10 - 50	100 - 250
Chrom VI (Cr)	µg/l	5 - 20	30 - 40
Kobalt (Co)	µg/l	20 - 50	100 - 250
Kupfer (Cu)	µg/l	20 - 50	100 - 250
Molybdän (Mo)	µg/l	20 - 50	100 - 250
Nickel (Ni)	µg/l	15 - 50	100 - 250
Quecksilber (Hg)	µg/l	0,5 - 1	2 - 5
Selen (Se)	µg/l	5 - 10	20 - 60
Zink (Zn)	µg/l	100 - 300	500 - 2000
Zinn (Sn)	µg/l	10 - 40	80 - 200
Cyanid, gesamt (CN <sup>-</sup> )	µg/l	30 - 50	100 - 250
Cyanid, frei (CN <sup>-</sup> )	µg/l	5 - 10	20 - 50
Fluorid (F <sup>-</sup> )	µg/l	500 - 1500	2000 - 3000
PAK, gesamt 1)	µg/l	0,1 - 0,2	0,4 - 2
- Naphthalin als Einzelstoff	µg/l	1 - 2	4 - 10
LHKW, gesamt 2)	µg/l	2 - 10	20 - 50
- Σ LHKW, karzinogen 3)	µg/l	1 - 3	5 - 15
PBSM, gesamt 4)	µg/l	0,1 - 0,5	1 - 3
PCB, gesamt 5)	µg/l	0,1 - 0,5	1 - 3
Kohlenwasserstoffe 6) (außer Aromaten)	µg/l	100 - 200	400 - 1000
BTX-Aromaten, gesamt 7)	µg/l	10 - 30	50 - 120
- Benzol als Einzelstoff	µg/l	1 - 3	5 - 10
phenole, wasserdampfflüchtig	µg/l	10 - 20	30 - 100
Chlorphenole, gesamt 8)	µg/l	0,5 - 1	2 - 5
Chlorbenzole, gesamt 8)	µg/l	0,5 - 1	2 - 5

1) PAK, gesamt: Summe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, in der Regel Summe von 16 Einzelsubstanzen nach der Liste der US Environmental Protection Agency (EPA) ohne Naphthalin; ggf. unter Berücksichtigung weiterer relevanter Einzelstoffe (z.B. Methylnaphthaline)

2) LHKW, gesamt: Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, d.h. Summe der halogenierten C<sub>1</sub>- und C<sub>2</sub>-Kohlenwasserstoffe

3) Σ LHKW, karzinogen: besondere Festlegung für die Summe der erwiesenermaßen karzinogenen LHKW Tetrachlormethan (CCl<sub>4</sub>), Chlorethen (Vinylchlorid, C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl) und 1,2-Dichlorethan

4) PBSM, gesamt: Organisch-chemische Stoffe zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung einschließlich ihrer toxischen Hauptabbauprodukte

5) PCB, gesamt: Summe der polychlorierten Biphenyle; in der Regel 6 Kongenere nach Ballschmiter (bzw. Altöl-VQ), ggf. unter Berücksichtigung weiterer relevanter Einzelstoffe

6) Bestimmung mittels IR-Spektroskopie nach DIN 38409-H18

7) BTX-Aromaten, gesamt: Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol, Styrol, Cumol etc.); besondere Festlegung für Benzol

8) Wenn ein PBSM (z.B. PCP; HCB) oder ein Abbauprodukt eines PBSM vorliegt, dann gelten die o.a. Prüf- bzw. Sanierungsschwellenwerte für PBSM.

**Tabelle 3: Orientierungswerte für Bodenbelastungen <sup>9)</sup>**

Parameter	Einheit	Prüfwert	Maßnahmen- schwellenwert
PAK, gesamt <sup>1)</sup>	mg/kg	2 - 10	10 - 100
- Naphthalin als Einzelstoff	mg/kg	1 - 2	5
LHKW, gesamt <sup>2)</sup>	mg/kg	1 - 5	5 - 25
- $\Sigma$ LHKW, karzinogen <sup>3)</sup>	mg/kg	0,1 - 1	0,1 - 5
LHKW, gesamt <sup>2)</sup> - in der Bodenluft <sup>8)</sup>	mg/m <sup>3</sup>	5 - 10	50
PCB, gesamt <sup>5)</sup>	mg/kg	0,1 - 1	1 - 10
Kohlenwasserstoffe <sup>6)</sup> (außer Aromaten)	mg/kg	300 - 1000	1000 - 5000
BTX-Aromaten, gesamt <sup>7)</sup> <sup>8)</sup>	mg/kg	2 - 10	10 - 30
- Benzol als Einzelstoff	mg/kg	0,1 - 0,5	0,5 - 3
Phenole, wasserdampflich	mg/kg	1 - 10	10 - 25
Chlorphenole, gesamt	mg/kg	1 - 5	5 - 10
Chlorbenzole, gesamt	mg/kg	1 - 5	5 - 10

Fußnoten 1) bis 7) siehe Tabelle 2

8) Die Orientierungswerte für LHKW in der Bodenluft können mit Einschränkung auch für die Beurteilung von Belastungen mit leichtflüchtigen BTX-Aromaten herangezogen werden.

9) Es sind nur Orientierungswerte für leichtflüchtige und lipophile organische Stoffe genannt. Die Tabelle gibt hilfsweise als Übergangslösung Hinweise zur Bewertung. Sie gilt, bis wissenschaftlich fundierte Gesamtgehalte oder einheitliche, aussagekräftige Elutionsverfahren für diese Stoffe vorgelegt werden.