

Texte

**20  
07**

ISSN  
1862-4804

## **GWKON - Eine Auswertung von durchgeführten Grundwasser- sanierungen der Länder und Ansätze zur Optimierung zukünftiger Maßnahmen**

**Umwelt  
Bundes  
Amt** 

Für Mensch und Umwelt

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDEMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 200 23 249  
UBA-FB 000786



**GWKON –**  
**Eine Auswertung von**  
**durchgeführten Grundwasser-**  
**sanierungen der Länder**  
**und Ansätze zur Optimierung**  
**zukünftiger Maßnahmen**

von

**Jörg Drangmeister**

**Prof. Dr.-Ing. habil. Jochen Großmann**

GICON - Großmann Ingenieur Consult GmbH, Dresden

**Dr. Achim Willand**

Gaßner, Groth, Siederer & Coll., Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter  
<http://www.umweltbundesamt.de>  
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten  
und Meinungen müssen nicht mit denen des  
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt  
Postfach 14 06  
06813 Dessau  
Tel.: 0340/2103-0  
Telefax: 0340/2103 2285  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet II 4.3  
Jörg Frauenstein

Dessau, April 2007

---

## Vorwort

Im Rahmen des Umweltforschungsplanes des BMU wurde in Zusammenarbeit mit 12 Bundesländern und dem Auftragnehmer, der GICON GmbH, Dresden, das nachfolgend veröffentlichte Vorhaben durchgeführt.

Die Projektphasen 1 (Konzeption und Vorbereitung der Recherche) und 3 (Auswertung) wurden dabei mit Mitteln aus dem Umweltforschungsplan des BMU finanziert und das gesamte Projekt auf Grundlage eines Werkvertrages durch das Umweltbundesamt fachlich und administrativ begleitet. Die Fallsammlung von Grundwassersanierungsmaßnahmen, Gegenstand der Projektphase 2, wurde von den beteiligten Bundesländern in die Projektbearbeitung eingebracht und eigenständig finanziert.

Der ambitionierte Ansatz des Forschungsvorhabens verlangte nach einem umfangreichen Datenhintergrund, der nur in enger Kooperation mehrerer Partner zu beschaffen und zu bearbeiten war.

An dieser Stelle sei der fachbegleitenden Projektgruppe und den Vertretern aus den beteiligten Bundesländern ausdrücklich für die konstruktive und kollegiale Zusammenarbeit gedankt.

Nach dem Grundverständnis im UBA können im Abschlussberichte von Forschungsvorhaben Meinungen, Ansichten und Schlussfolgerungen durch den Auftragnehmer dargestellt sein, die nicht zwangsläufig mit der Position des Auftraggebers übereinstimmen müssen. Zudem war bei diesem konkreten Projekt die Erfüllung der vielgestaltigen Erwartungen aus dem Kreise des projektbegleitenden Arbeitskreises nur konsensual lösbar und kann somit punktuell von der Fachmeinung Einzelner abweichen.

Die vorliegende Dokumentation gibt ungekürzt die Ergebnisse des Forschungsvorhabens und die Schlussfolgerungen des Forschungsnehmers wieder.

Eine Nachbearbeitung und Wertung der Ergebnisse durch den Auftraggeber bzw. den begleitenden Arbeitskreis erfolgte in dieser Dokumentation nicht. Die Inhalte und Aussagen der vorliegenden Veröffentlichung beinhalten daher auch keine abgestimmte Ländermeinung, haben für das behördliche Handeln im Vollzug weder verbindlichen Charakter noch präjudizieren sie mit dem Anhang 3 rechtlichen Tatbestände und Bewertungen im Hinblick auf Grundwassersanierungsmaßnahmen.

Die Veröffentlichung beinhaltet weiterhin eine Prognosebetrachtung, die mittels integrativem Ansatz versucht, die Grundwassersanierung als Ganzes in die natürlichen und technischen Einzelprozesse zu zerlegen. Wir erwarten, uns mit diesen Ansatz der tatsächlichen Leistungsfähigkeit und den differenzierten Grenzen einer Grundwassersanierungsmaßnahme weiter zu nähern. Auch wenn sich der bislang erarbeitete Prognoseansatz einer Reihe von pragmatischen Vereinfachungen insbesondere in der Modellierung von Bodenkörper, Aquiferen und chemisch, physikalisch und biologisch ablaufenden Prozessen bedient, identifiziert er doch klar die möglichen Regulative, die Grundlage für eine detaillierte Einzelfallbetrachtung sein können.

Das Vorhaben hat eine Reihe von bereits bekannten Zusammenhängen bestätigt, die von einer lückenhaften Standorterkundung vor Beginn der Sanierungsmaßnahme, über eine nach wie vor unzureichende Falldokumentation bis hin zu der Dominanz von Einzelfallentscheidungen in der Sanierungspraxis reichen.



---

Es ist jedoch gelungen eine umfangreiche Sammlung von Grundwassersanierungsmaßnahmen frei zugänglich zu machen, wie es sie in diesem Umfang in Deutschland und wohl auch in Europa bislang nicht gibt. Der breite Querschnitt von verfügbaren, insbesondere von neuen, innovativen Sanierungsverfahren konnte eben so wenig abgebildet werden wie eine Ableitung von signifikanten Zusammenhänge für weitere Leitschadstoffe vorgenommen werden konnte. Somit bleiben mit der vorliegenden Dokumentation Verallgemeinerungen auf LCKW und „Pump and Treat“ Maßnahmen beschränkt.

Der nachfolgende Abschlussberichtes trägt den Originaltitel des Vorhabens „Kriterien zur länderübergreifenden Bewertung von Grundwasserverunreinigungen“ der Auftragnehmer GICON Großmann Ingenieur Consult GmbH, Dresden und Gaßner, Groth, Siederer & Coll. Büro Berlin, die für die Bearbeitung des juristischen Teil verantwortlich zeichneten,

Die Datenbank GWKON ist in der anonymisierten Version 1.4 frei verfügbar und steht im Servicebereich von <http://www.gicon.de>

Login: gwkon\_anon

Kennwort: anonym

zum Download bereit.

Jörg Frauenstein, II 4.3, Fachbegleiter

## Berichts-Kennblatt

Berichtsnummer 1. UBA -FB.	2.	3.
4. Titel des Berichtes: <b>Kriterien zur länderübergreifenden Behandlung von Grundwasserschäden</b>		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n)  Drangmeister, Jörg, Dr. Großmann, Jochen, Dr. Willand, Achim		8. Abschlußdatum <div style="text-align: right;">03/2005</div>
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift)  <b>GICON - Großmann Ingenieur Consult GmbH</b> Tiergartenstraße 48 <b>01219</b> Dresden		9. Veröffentlichungsdatum <div style="text-align: right;">03/2007</div> <hr/> 10. UFOPLAN - Nr.      200 23 249 11. Seitenzahl              90
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift)  Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau		12. Literaturangaben <div style="text-align: right;">----</div> <hr/> 13. Tabellen und Diagramme <div style="text-align: right;">12</div> <hr/> 14. Abbildungen <div style="text-align: right;">41</div>
15. Zusätzliche Angaben  Der Bericht besteht aus einem Textteil und einem Anhang		
16 Kurzfassung  Mit dem Forschungsvorhaben sollten für ausgewählte Grundwassersanierungsfälle <ul style="list-style-type: none"> <li>• die zeitliche und quantitative Entwicklung der Schadstoffausbreitung,</li> <li>• die Erreichbarkeit von Sanierungszielen im Grundwasserleiter,</li> <li>• der Stand der Technik (verfahrens- bzw. anlagenbezogen) für aktive und passive Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen im Grundwasser</li> </ul> vergleichend recherchiert und ausgewertet werden.  Im Ergebnis lag zur Auswertung die Datenbank GWKON mit 89 in sehr unterschiedlicher Qualität und Datendichte dokumentierten Grundwasserschadensfällen mit Sanierungsmaßnahmen vor. Statistisch abgesicherte Zusammenhänge konnten im Zuge der Auswertung lediglich für hydraulische Sanierungen von Grundwasserschäden mit leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen (LHKW) erfolgen. Im zweiten Arbeitsschritt erfolgte die gezielte Auswertung der Ergebnisse im Hinblick auf abgesicherte Schlussfolgerungen und Umsetzung in den Handlungsleitfaden zum rechtskonformen Umgang mit Grundwasserschadensfällen. Die Auswertung der Ergebnisse und die Erarbeitung des Handlungsleitfadens erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den für den rechtlichen Teil des Vorhabens beauftragten Juristen aus der Kanzlei Gaßner, Groth, Siederer & Coll., Büro Berlin.		
17. Schlagwörter  Grundwasser, Kontamination, Sanierung, Datenbank, Grundwasserschäden, Handlungsempfehlung, Potenzialbetrachtung		
18. Preis	19.	20.

## Report - Coversheet

Report No. 1.	2.	3.
4. Report Title <b>Cross-national criteria for the management of groundwater contaminations</b>		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s)  Drangmeister, Jörg, Dr. Großmann, Jochen, Dr. Willand, Achim		8. Report Date  03/2005
6. Performing Organisation (Name, Address)  <b>GICON - Großmann Ingenieur Consult GmbH</b> Tiergartenstraße 48 <b>01219</b> Dresden		9. Publication Date  03/2007 <hr/> 10. UFOPLAN - Ref.No.    200 23 249 <hr/> 11. No. of Pages  90
7. Sponsoring Agency (Name, Address)  Federal Environment Agency (Umweltbundesamt) Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau Germany		12. No. of References  --- <hr/> 13. No. of Tables, Diagr.  12 <hr/> 14. No. of Figures  41
15. Supplementary Notes The report contains a text and an annex component		
16. Abstract  <p>Within this research project the following aspects for selected groundwater remediation cases should be comparatively inquired and evaluated:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• the timely and quantitative development of the contamination expansion</li> <li>• the reachability of remediation goals in the aquifer</li> <li>• the state of the art of techniques (method- and facility-related) for active and passive remediation and safety measures in groundwater</li> </ul> <p>The research and the evaluation was done based on a case collection for groundwater contaminations including information on their remediation / safeguarding provided by the German States according to their respective possibilities.</p> <p>As result, 89 documented groundwater contaminations with remediation measures of strongly differing quality and data density existed in the data base (GWKON) for evaluation.</p> <p>Statistically sound coherences could only be identified in the scope of the evaluation of hydraulic remediation of groundwater contaminations with volatile chlorinated hydrocarbons (VOC). In the second step, the results were specifically evaluated in view of reliable conclusions.</p> <p>Then the results were implemented in the guideline considering the legal approach to groundwater contaminations. The evaluation of the results and the elaboration of the guideline was done in close cooperation with the lawyers of the law office Gaßner, Groth, Siederer &amp; Coll., Berlin, commissioned for the legal part of the project.</p>		
17. Keywords groundwater, contamination, remediation, data base, groundwater damage, recommendation, potential examination		
18. Price	19.	20.

---

## Inhaltsverzeichnis zum Endbericht

0	Zusammenfassung / Summary .....	7
1	Aufgabenstellung und Vorgehensweise .....	12
1.1	Fachliche Aufgaben .....	12
1.2	Juristische Aufgaben .....	13
1.3	Phasen des Forschungsvorhabens .....	14
1.3.1	Phase 1: Aufbau des Rechercherasters und Vorbereitung der Recherche .....	14
1.3.2	Phase 2: Eingabe von Schadensfällen durch die Bundesländer .....	15
1.3.3	Phase 3: Auswertung der Schadensfälle und Ableitung des Handlungsleitfadens ....	15
2	Aufbau des Rechercherasters zur datenbanktechnischen Erfassung von Schadensfällen .....	17
2.1	Grundlagen .....	17
2.2	Beschreibung des Schadensfalls in Sachkategorien .....	18
2.3	Erfassung komplexer Fachzusammenhänge mit dem Programm GWKON .....	19
2.3.1	Allgemeine Angaben .....	19
2.3.2	Allgemeine Standortdaten .....	20
2.3.3	Geologie / Hydrogeologie .....	22
2.3.4	Allgemeiner GW-Chemismus .....	23
2.3.5	Schadensbild .....	23
2.3.6	Schutzgutsituation .....	25
2.3.7	Sanierungsziele .....	25
2.3.8	Maßnahmen Boden/Bodenluft .....	27
2.3.9	Maßnahmen Grundwasser .....	28
2.3.10	Konzentrationsverläufe .....	31
2.4	Programmoberfläche „GWKON“ .....	31
2.4.1	Installation und Identifikation .....	31
2.4.2	Auswertungsroutinen .....	32
2.4.3	Bezug des Programms GWKON und der Fallsammlung .....	32
3	GWKON als Fallsammlung für Grundwasserschäden (Stichtag 31.05.2003) .....	32
3.1	Grundsätzliche Struktur der Fallsammlung .....	32
3.2	Datenqualität und -quantität (Mindestdatenbestand) .....	34
3.3	Schadensbild im Dreiphasensystem Boden – Wasser – Luft .....	34
3.4	Hydrochemischer Schadenskontext .....	35
3.5	Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen mit ihren Betriebsprogrammen .....	37
3.6	Erfassung der Maßnahmewirkungen .....	40

---

3.6.1	Schadstoffaustrag .....	40
3.6.2	Konzentrationsveränderungen im 3-Phasensystem Boden-Bodenluft-Grundwasser .....	41
3.6.3	Konzentrationsveränderungen im Grundwasserleiter .....	41
3.7	Kostenzusammenhänge .....	44
3.8	Verwaltungs- und verfahrensrechtliche Aspekte .....	44
3.9	Rechtliche Basis der Sanierungsmaßnahmen .....	44
3.10	Sanierungsziele Grundwasser .....	45
3.11	Schlussbemerkung zu GWKON als Fallsammlung .....	45
4	Einführung in die Inhalte der qualitativen Auswertungsphase des Forschungsvorhabens .....	46
5	Methodik und Begrifflichkeiten .....	47
5.1	„Kriterien“ im Sinne des Forschungsvorhabens .....	47
5.2	Ansatz von Schadstoffpotenzialen .....	48
5.3	Der Gefahrenbegriff .....	49
5.4	Sanierungsziele .....	49
5.5	Sicherungs- und Dekontaminationsmaßnahmen .....	50
5.6	Sanierungserfolg .....	51
5.7	Fazit .....	51
6	Das Bilanzmodell .....	52
7	Auswertungsmethodik an der Falldatenbank GWKON .....	57
7.1	Statistische Auswertungen .....	58
7.2	Fallspezifische Auswertungen .....	59
8	Auswertung der in GWKON geführten Fallsammlung .....	60
8.1	Auswertungsbegrenzende Datendefizite (Stichtag 31.05.2003) .....	60
8.2	Hydrogeologischer Schadenskontext .....	60
8.3	Hydrochemischer Schadenskontext .....	61
8.4	Schadensbild im Dreiphasensystem Boden – Wasser – Luft .....	61
8.5	Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen mit ihren Betriebsprogrammen .....	64
8.6	Erfassung der Maßnahmewirkungen .....	65
8.6.1	Schadstoffaustrag .....	65
8.6.2	Konzentrationsveränderungen im Grundwasserleiter .....	69
8.7	Kostenzusammenhänge .....	75
8.8	Verwaltungs- und verfahrensrechtliche Aspekte .....	75

---

---

8.8.1	Rechtliche Basis der Sanierungsmaßnahmen.....	75
8.8.2	Sanierungsziele und Sanierungserfolg .....	76
8.9	Ermittlung von Schadstoffpotenzialen aus dem Datenbestand .....	77
9	Ergebnisse.....	78
9.1	Bestimmende Kriterien bei hydraulischen LHKW-Sanierungen .....	78
9.1.1	Transfer Haftwasserraum - Nutzporenraum .....	79
9.1.2	Kontamination im Anstrom.....	81
9.1.3	Kontamination im Abstrom.....	82
9.1.4	Kontamination in der ungesättigten Bodenzone .....	82
9.1.5	Kontamination des Bodens in der gesättigten Bodenzone .....	83
9.2	Prüfung ausgewählter Einzelfälle .....	84
9.2.1	Fall 45.....	86
9.2.2	Fall 50.....	87
10	Schlussbemerkungen .....	88
10.1.1	Schlussfolgerungen für den Leitfaden .....	88
10.1.2	Schlussfolgerungen für die Fallsammlung GWKON.....	89

## **Anhänge**

- (1) Entwurf eines ersten Fragebogens zur Erhebung von Grundwassersanierungsmaßnahmen, UBA 1999
- (2) Endfassung des Rechercherasters zur Erfassung von Grundwasserschäden, deren Randbedingungen und durchgeführter Sanierungsmaßnahmen (nach der Länderabstimmung)
- (3) Rechtliche Analyse der Rahmenbedingungen für die Behandlung von Grundwasserschäden
- (4) Eingabemaske des Bilanzmodells
- (5) Darstellungen zu den geologischen Normalprofilen der Fälle in GWKON
- (6) Typkurven ausgewählter Schadensfälle
- (7) Handbuch des Programms „GWKON 1.4“
- (8) Handlungsleitfaden

---

## Kriterien zur länderübergreifenden Behandlung von Grundwasserschäden

### 0 Zusammenfassung / Summary

Von 2001 – 2004 wurde von GICON als Forschungsnehmer das mit Bundes- und Landesmitteln geförderte UBA Forschungsvorhaben „Länderübergreifende Kriterien zur Behandlung von Grundwassersanierungen“ unter der FKZ-Nr. 200 23 249 bearbeitet. Mit dem Forschungsvorhaben sollten u.a. für ausgewählte Grundwassersanierungsfälle

- die zeitliche und quantitative Entwicklung der Schadstoffausbreitung,
- die Erreichbarkeit von Sanierungszielen im Grundwasserleiter,
- der Stand der Technik (verfahrens- bzw. anlagenbezogen) für aktive und passive Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen im Grundwasser

vergleichend recherchiert und ausgewertet werden.

Grundlage der Recherchen und Auswertungen bildete eine Fallsammlung für Grundwasserschadensfälle mit Angaben zu deren Sanierung/Sicherung, die von den am Vorhaben teilnehmenden Bundesländern gemäß deren jeweiligen Möglichkeiten beizusteuern war.

Das Vorhaben gliederte sich in folgende Phasen:

#### **Phase 1: Aufbau des Rechercherasters und Vorbereitung der Recherche (Programm „GWKON“)**

Ausgehend von einem vorliegenden Fragebogen zur Erfassung von Grundwassersanierungsfällen wurde ein komplexes Datenbanksystem mit benutzerfreundlichen Eingabemasken und Auswertungsroutinen durch GICON entwickelt und zur Durchführung der Recherchen für den Aufbau der Fallsammlung den teilnehmenden Bundesländern zur Verfügung gestellt.

#### **Phase 2: Eingabe von GW-Schadens- und Sanierungsfällen durch die Bundesländer**

Nach Fertigstellung des Programms „GWKON“ und Vorstellung der Funktionen und Anforderungen in der Länderarbeitsgruppe erfolgte in den teilnehmenden Bundesländern die Eingabe von Schadensfällen in das Datenbanksystem.

Mehrheitlich wurden Gutachterbüros mit der Aufarbeitung von ausgewählten Fallbeispielen betraut.

#### **Phase 3: Auswertung der Schadensfälle und Ableitung eines Handlungsleitfadens**

Die Ergebnisse der Datenauswertung wurden grafisch, tabellarisch und textlich aufbereitet. Sie geben zum einen einen Überblick über das in der Datenbank gespeicherte Datenmaterial, zum anderen stellen sie die Grundlage für die Präzisierung der Auswertung dar.

---

Im Ergebnis lag zur Auswertung eine Datenbank mit 89 in sehr unterschiedlicher Qualität und Datendichte dokumentierten Grundwasserschadensfällen mit Sanierungsmaßnahmen vor.

**Die Fallsammlung ist dabei kein repräsentatives Abbild der in den teilnehmenden Bundesländern stattfindenden Grundwassersanierungen, sondern allein bestimmt vom Interesse sowie von den personellen, rechtlichen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der einzelnen Bundesländer, Grundwasserschadensfälle in das Forschungsvorhaben einzubringen.**

**In keinem Falle sollten die aktuellen Dateninhalte der Datenbank GWKON herangezogen werden, allgemeine Aussagen zum Sanierungsgeschehen am Schutzgut Grundwasser in der Bundesrepublik Deutschland abzuleiten.**

Statistisch abgesicherte Zusammenhänge können sich im Zuge der Auswertung lediglich für hydraulische Sanierungen von Grundwasserschäden mit leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen (LHKW) ergeben, die in der zum 31.05.2003 vorliegenden Fallsammlung etwa 80 % der dokumentierten Schäden ausmachen.

Im zweiten Arbeitsschritt erfolgte die gezielte Auswertung der Ergebnisse im Hinblick auf abgesicherte Schlussfolgerungen und Umsetzung in den Handlungsleitfaden zum rechtskonformen Umgang mit Grundwasserschadensfällen.

Die Auswertung der Ergebnisse und die Erarbeitung des Handlungsleitfadens erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den für den rechtlichen Teil des Vorhabens beauftragten Juristen aus der Kanzlei Gaßner, Groth, Siederer & Coll., Büro Berlin.

Folgende Fragestellungen dominierten die Auswertung der Daten:

Welche Kriterien bestimmen den Verlauf und den Erfolg von Sanierungsmaßnahmen?

Lassen sich Sanierungsverläufe als Szenario prognostizieren?

Zur Ermittlung der Kriterien und vergleichenden Abbildung von Sanierungsverläufen bei hydraulischen Maßnahmen mit Leitschadstoff LHKW wurde auf der Basis eines Bilanzmodells ein Berechnungsinstrument geschaffen, das die Wirkung der theoretisch relevanten Randbedingungen auf den Sanierungsverlauf im Schadensherd vereinfacht darstellt.

Grundlage des Berechnungsinstrumentes sind Bilanzbetrachtungen.

Verschiedenste Fallkonstellationen und insbesondere die Wirkungssensitivität der Variation verschiedener Parameter für den Sanierungsverlauf sind so auf vereinfachte Weise als Szenario vergleichbar.

Anhand des Bilanzmodells wurde zunächst aufgezeigt, welche Kriterien in erster Linie den Verlauf, die Effizienz und den erzielbaren Erfolg einer LHKW-Sanierung im Grundwasser bestimmen. Besondere Bedeutung haben hierbei die den Schadstoffaustrag beschreibende Kennlinie und die den Konzentrationsverlauf im Grundwasser des Sanierungsbereiches beschreibende Kurve.

Bei der Analyse von Austragskurven und Konzentrationsverläufen hydraulisch sanierter LHKW-Schadensfälle konnte aufgezeigt werden, dass die Wechselwirkungen der bodenmechanischen Kennwerte, die die Strömungsdynamik im Grundwasserleiter



---

bestimmen, mit dem Entnahmeregime einer Grundwasserentnahme die Effizienz, den Verlauf und letztendlich den Aufwand für eine Maßnahme bestimmen.

Weiterhin wurde aufgezeigt, dass Restkontaminationen im Boden, ob in der gesättigten oder ungesättigten Zone, selbst bei geringen Schadstoffpotenzialen das Erreichen von Sanierungszielwerten in Größenordnung der Geringfügigkeitsschwellen in den von der Fallsammlung belegten Sanierungszeiträumen von bis zu 15 Jahren praktisch unmöglich machen.

Diese im Zuge des Forschungsvorhabens abgeleiteten Zusammenhänge erfordern sowohl im Rahmen der Schadenserkundung, der Gefahrenbewertung, der Findung von Sanierungszielen und folgerichtigen Ableitung von Sanierungszielwerten, in der Maßnahmeplanung und -umsetzung sowie in der Entscheidung über ein Maßnahme-Ende eine von der bisherigen Praxis abweichende, auf die aktuelle Rechtslage abgestimmte Herangehensweise, die im Handlungsleitfaden systematisch beschrieben wird.

Die Datenauswertung hat weiterhin gezeigt, dass ohne Bedienung des für eine qualifizierte Auswertung erforderlichen Mindestdatenbestandes im Programmsystem GWKON nur eine eingeschränkte Quantifizierung der Kriterien zur Behandlung von Grundwassersanierungen erfolgen konnte.

Es sollte daher eine weitere Pflege und Ergänzung dieser Datenbank um weitere Grundwasserschadensfälle im Interesse aller fachlich Beteiligten erfolgen.

---

## Cross-national criteria for the management of groundwater contaminations

### Summary

Between 2001 and 2003, GICON has developed “Cross-national criteria for the management of groundwater contaminations” being a research project (FKZ-No. 200 23 249) of the Federal Environmental Protection Agency financed by Federal and State means. Within this research project the following aspects for selected groundwater remediation cases should be comparatively inquired and evaluated:

- the timely and quantitative development of the contamination expansion
- the reachability of remediation goals in the aquifer
- the state of the art of techniques (method- and facility-related) for active and passive remediation and safety measures in groundwater

The research and the evaluation was done based on a case collection for groundwater contaminations including information on their remediation / safeguarding provided by the German States according to their respective possibilities.

The project is structured in the following phases:

#### **Phase 1: Installation of a inquiry register and preparation of the inquiry (program “GWKON”)**

Based on a questionnaire for the registration of groundwater remediation cases, a complex data base system with user-friendly input masks and evaluation routines was developed by GICON and made available to the German States for the performance of the inquiry.

#### **Phase 2: Input of groundwater contaminations and remediation cases by the States**

Following the completion of the program “GWKON” and the presentation of its functions and requirements to the States` working group, the groundwater contamination data were entered into the data base system by the participating States.

The majority of the selected case studies were processed by assigned consulting agencies.

#### **Phase 3: Evaluation of the contaminations and derivation of a guideline**

The results of the data evaluation were processed graphically, tabularly and textual, providing an overview of the data material stored in the data base, on the one hand, and a basis for the specification of the evaluation on the other.

As result, 89 documented groundwater contaminations with remediation measures of strongly differing quality and data density existed in the data base for evaluation.

**The case collection is no representative picture of the groundwater remediation carried out in the German States. Instead, it is exclusively determined by the interests as well as the human resources, and the legal and economical possibilities of the single States to contribute the groundwater damages to the research**

---

**project.**

**The present data of the data base GWKON should never be used to derive general statements regarding the remediation activities at the receptor groundwater in Germany.**

Statistically sound coherences can only be identified in the scope of the evaluation of hydraulic remediation of groundwater contaminations with volatile chlorinated hydrocarbons (VOC), which in the case collection at hand (state 31st of May 2003) amount to approximately 80% of the documented damages.

In the second step, the results were specifically evaluated in view of reliable conclusions.

Then the results were implemented in the guideline considering the legal approach to groundwater contaminations.

The evaluation of the results and the elaboration of the guideline was done in close cooperation with the lawyers of the law office Gaßner, Groth, Siederer & Coll., Berlin, commissioned for the legal part of the project.

The third step of the research project was predominantly focused on the following questions:

Which criteria determine the course and the success of remediation measures?

Can the course of remediation be predicted in form of scenarios?

A calculation instrument was developed based on a balance model for the determination of the criteria and the prognosis of remediation courses in case of hydraulic measures with the main contaminant VOC. This calculation instrument allows for a simplified presentation of the effect of the theoretically relevant boundary conditions on the remediation course in the hot spot.

Basis for the calculation instrument are balance considerations.

Different case constellations and particularly the sensitivity of the effect of the variation of different parameters for the remediation course are thereby comparable in form of an abstract scenario.

Based on the balance model, at first, the criteria predominantly determining the course, the efficiency and the achievable success of the VOC-remediation in groundwater were identified. In this context, the characteristic line for the pollutant emission and the curve describing the concentration development in the groundwater of the remediation area are of particular importance.

Analysing the emission curves and the concentrations development of hydraulically remediated VOC-contaminations showed, that the interactions of soil-mechanical properties defining the hydraulic dynamics in the groundwater, and the regime of the groundwater withdrawal determine the efficiency, the course and finally the expenses of a measure.

Further, it was demonstrated, that residual contaminations in soil, being in the saturated or in the unsaturated zone, even in case of lower contaminant potentials, hinder

---

the achievement of remediation targets in the order of magnitude of insignificance values (German threshold values for groundwater quality) within a remediation timeframe of up to 15 years.

These coherences derived in the research project require an approach deviating from the present practice and aligned with the present legal circumstances as described in the guideline. This applies to the contamination investigation, the risk assessment, the identification of remediation goals and consequent derivation of remediation target values, the planning of measures and their implementation as well as to the decision upon the closure of a measure.

Moreover, the evaluation of the data has shown, that without the use of a minimum data set required for the qualitative evaluation, the program system GWKON could only achieve a limited quantification of the criteria for the treatment of groundwater remediation.

Hence, the data base should be further managed and completed in the interest of all professional stakeholders.

## **1 Aufgabenstellung und Vorgehensweise**

### **1.1 Fachliche Aufgaben**

Eine Vielzahl von Altlasten in den alten und neuen Bundesländern ist durch großräumige Grundwasserverunreinigungen gekennzeichnet. Die Erforderlichkeit von Gefahrenabwehrmaßnahmen (und somit die Einstufung als Altlast) ergibt sich in diesen Fällen häufig aufgrund des bereits eingetretenen Grundwasserschadens sowie der von diesem ausgehenden weiteren Gefahren für meistens im Grundwasser - Abstrom gelegene Schutzgüter.

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung fachlicher und rechtlicher Grundlagen für die Entwicklung eines länderübergreifenden Konzeptes zum Umgang mit bestehenden Grundwasserschäden in Form eines Handlungsleitfadens.

Gemäß der Leistungsbeschreibung sollten mit dem Untersuchungsvorhaben

- die zeitliche und quantitative Entwicklung der Schadstoffausbreitung,
- die Erreichbarkeit von Sanierungszielen im Grundwasserleiter,
- der Stand der Technik (verfahrens- bzw. anlagenbezogen) für aktive und passive Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen im Grundwasser

recherchiert und ausgewertet werden.

Es sollten die Effekte einer Reihe schadensspezifischer Faktoren auf den Verlauf, die Ergebnisse und Kosten durchgeführter und laufender Sanierungsmaßnahmen bzw. auf die Schadstoffausbreitung im Grundwasser beurteilt werden.

Grundlage der Recherchen und Auswertungen sollte eine Fallsammlung für Grundwasserschadensfälle mit Angaben zu deren Sanierung / Sicherung bilden, die von den einzelnen am Vorhaben teilnehmenden Bundesländern gemäß deren jeweiligen Möglichkeiten beizusteuern war.

Aus der vorgenannten Auswertung sollten Empfehlungen für die Planung, die Durch-

---

führung, die Beendigung von Grundwassersanierungen und allgemein zu beachtende Rahmenbedingungen bei Maßnahmen am Schutzgut Grundwasser abgeleitet und für die Praxis formuliert werden, um die verfahrenstechnische und wirtschaftliche Effizienz bei Sanierungs-/Sicherungsmaßnahmen besser abschätzen zu können.

Insbesondere sollten Empfehlungen zu folgenden Punkten abgegeben werden:

- Fachtechnische Beurteilungshilfe für oder gegen eine Sanierungsentscheidung (Aufstellen von konkreten Kriterien)
- Empfehlungen für die Schadenserkundung und Eignungsuntersuchungen
- Beurteilungshilfe und Kriterien für die Ableitung von Sanierungszielen (Zielwerte für die tolerablen Schadstoffrestkonzentrationen im Grundwasserleiter) auf der Grundlage der hydrogeologischen und verfahrenstechnischen Rahmenbedingungen
- Formulierung der Anforderungen an die Planung, Durchführung und Begleitung von Grundwassersanierungsmaßnahmen (Qualitätssicherung), Anforderungen an Probenahme, Berichtswesen, Nachsorge und Langzeitüberwachung
- Aufstellen eines Kriterienkataloges für den Abbruch einer (aktiven) Grundwassersanierungs-/Sicherungsmaßnahme
- Art und Umfang der Einbeziehung von Beteiligten.

## **1.2 Juristische Aufgaben**

Die juristischen Aufgaben wurden durch Rechtsanwalt Dr. Achim Willand, Anwaltsbüro Gaßner, Groth, Siederer & Coll. mit Sitz in Berlin bearbeitet.

Aus rechtlicher Sicht sollte bewertet werden, inwieweit sich die recherchierten und aus fachlicher Sicht ergebenden technischen Möglichkeiten einer Grundwassersanierung mit den aktuellen rechtlichen Anforderungen in Einklang bringen lassen. Auf Grundlage der fachlichen Erkenntnisse sollten die rechtlichen Anforderungen konkretisiert und Lösungsansätze für den Vollzug aufgezeigt werden.

Hierzu werden in einer rechtlichen Analyse, die diesem Abschlussbericht als Anhang beigefügt ist, die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Behandlung von Grundwasserschäden aufgearbeitet. Dort werden die rechtlichen Anforderungen an die Beurteilung und Sanierung von Grundwasserschäden unter Einbeziehung der EU-Wasserrahmenrichtlinie und der künftigen Tochtrichtlinie zum Grundwasserschutz (Grundwasserrichtlinie) dargestellt. Ziel der rechtlichen Bewertung ist es, behördliche Entscheidungsspielräume und Kriterien für die Ermessensausübung aufzuzeigen. Ferner wird in der Analyse die Struktur und der Ablauf des behördlichen Erkenntnis-, Bewertungs- und Entscheidungsprozesses entwickelt.

Die rechtliche Analyse bildet die Basis für die juristischen Erkenntnisse, die an verschiedener Stelle in den Abschlussbericht eingeflossen sind. Insbesondere sind die Ergebnisse der Bewertungen in den inhaltlichen Rahmen und den Aufbau des Leitfadens eingeflossen. Im Leitfaden sind die rechtlichen Kriterien mit den fachlichen Erkenntnissen und Auswertungsergebnissen verknüpft, die aus der Fallsammlung abzuleiten waren.

---

Juristische Aufgaben waren weiterhin bei der Entwicklung des Rechercherasters zu bewältigen, um einen ausreichenden informationellen Rahmen für rechtlich einwandfreie Sanierungsentscheidungen bilden zu können (siehe Ziffer 2.). Rechtliche Gesichtspunkte flossen ferner, soweit möglich und sinnvoll, in die Entwicklung des Auswertekonzepts und die Anwendung der Auswerteroutinen ein.

### **1.3 Phasen des Forschungsvorhabens**

#### **1.3.1 Phase 1: Aufbau des Rechercherasters und Vorbereitung der Recherche**

Für die Durchführung der Recherche enthielt die Leistungsbeschreibung den Entwurf eines Erfassungsbogens. Zunächst schienen alle wesentlichen Problemstellungen in diesem Fragebogen berücksichtigt.

Zur Umsetzung in ein Datenbanksystem für die Eingabe und die statistischen Auswertungen wurde eine Anpassung des Fragenkataloges an die geplanten Auswerteroutinen erforderlich. Daneben waren entsprechend den voneinander abweichenden Interessen und Vorstellungen der Vertreter der einzelnen in der Arbeitsgruppe beteiligten Bundesländer komplexe und langwierige Anpassungen der Dateninhalte notwendig.

Im Ergebnis dieser Phase lag ein auf die Auswertung orientiertes und der DV-Erfassung und -Auswertung angepasstes Rechercheraster vor.

Das Rechercheraster wurde mehrfach mit den Projektbeteiligten abgestimmt. Zur Ableitung des Rechercherasters war des Weiteren eine enge Zusammenarbeit mit den auf der Seite des Forschungsnehmers eingebundenen Juristen erforderlich. Es war zu gewährleisten, dass die für die juristische Bewertung erforderlichen Beurteilungsdaten mit benannt und im Rechercheraster hinreichend präzise abgefordert wurden.

Zur Datenerfassung wurde in Phase 1 des Vorhabens ein auf Microsoft-Access-Treibern basiertes Datenbankmodul mit eigenständiger Programmoberfläche erstellt, das eine DV-gestützte Erfassung in den Ländern sowie im weiteren eine problemlose Zusammenführung der erfassten Daten ermöglicht (das Programm „GWKON“). Gegenstand der Programmoberfläche sind des Weiteren entsprechende Auswerteroutinen, die eine systematische Aufbereitung des Datenmaterials ermöglichen. Dabei wurden sowohl statistische als auch fallspezifische Abfragen mit der Abfrage von Verknüpfungen realisiert. Dabei kam dem Aspekt der fallspezifischen Abfrage eine erhebliche Bedeutung zu, da es für eine ganze Reihe von Sanierungsvarianten keinen hinreichenden Datenpool gibt, der eine belastbare statistische Auswertung zulassen würde.

Bestandteil der Programmoberfläche sind weiterhin Routinen zur Plausibilitätsprüfung der Daten.

Bezogen auf die vorgesehenen Auswertungen wurde die Beurteilung der Vollständigkeit der Datenerfassung bezogen auf den Mindestdatenbestand implementiert („Datenprüfberichte). Diesem Aspekt kommt eine besondere Bedeutung zur Vorbereitung einer statistischen Auswertung zu. Jede derartige Auswertung muss im Vorfeld auf die Zuverlässigkeit der Nutzung statistischer Ansätze geprüft werden.

Die Datenbank wurde mit einer Benutzeroberfläche auf dem aktuellen Stand der Programmtechnik ausgestattet, die im Weiteren eine problemlose Nutzung des Systems auch für Dritte zulässt.

---

Das Datenbanksystem GWKON wurde so aufgebaut, dass es als ein weiter zu führendes Erfassungs- und Expertensystem genutzt werden kann. Das bedeutet, dass die Nutzung des Datenbanksystems nicht auf die Umsetzung des Forschungsvorhabens beschränkt bleiben soll, sondern dass die Datenbank auch im Nachgang zum Vorhaben weiter gepflegt und gespeist werden kann. Denkbar wäre hier, dass die interessierten Länder zukünftig entsprechende Vorgaben für die Sanierungspflichtigen zur Datenbereitstellung gemäß der Anforderungen der Datenbank machen. Das würde eine systematische Fortführung der Datenrecherche sowie eine einfache Nachbewertung ermöglichen. Gleichzeitig würde damit gewährleistet werden, dass für zukünftige Bewertungen ein wesentlich belastbareres Datenmaterial zur Verfügung stehen würde, da die Datenerfassung von Anbeginn gemäß der Vorgaben des Rechercherasters erfolgte.

Neben der Erstellung des Rechercherasters mit programmtechnischer Umsetzung gehörte zur Vorbereitung der Recherche auch eine systematische Vorbereitung der Datenerhebung mit Schulung der mit Dateneingaben beauftragten bzw. beschäftigten Stellen nach Erfordernis.

### **1.3.2 Phase 2: Eingabe von Schadensfällen durch die Bundesländer**

Nach Fertigstellung des Programms GWKON und Vorstellung der Funktionen und Anforderungen in der Länderarbeitsgruppe erfolgte in den teilnehmenden Bundesländern die Eingabe von Schadensfällen in das Datenbanksystem.

Mehrheitlich wurden Gutachterbüros mit der Aufarbeitung von ausgewählten Fallbeispielen betraut.

Größtenteils erfolgte die Eingabe in zwei Abschnitten; nach einer ersten Eingaberunde mit Übermittlung der Fälle an den Forschungsnehmer kam es nach einer Mängelanalyse zur Überarbeitung/Ergänzung der Arbeiten und abschließender Übermittlung der endredigierten Fälle.

Diese zweite Phase des Forschungsvorhabens dauerte im Wesentlichen von September 2002 bis Mai 2003, wobei einige wenige Fälle bereits vorher vorlagen.

### **1.3.3 Phase 3: Auswertung der Schadensfälle und Ableitung des Handlungsleitfadens**

Schwerpunkt des ersten Arbeitsschrittes dieser Phase war die systematische Datenauswertung als Grundlage für den im Ergebnis zu erstellenden Handlungsleitfaden.

Im Rahmen dieser Phase waren insbesondere folgende Leistungen zu erbringen:

- Zusammenführung der im Rahmen Phase 2 erhobenen Daten in die Gesamtdatenbank
- Plausibilitätsprüfung der erhobenen Daten; Aussortieren nicht plausibler Daten. Die nicht plausiblen Daten werden an das jeweilige Bundesland mit der Bitte zurückverwiesen, die erkannten Widersprüche zu klären. Die Daten wurden nicht grundsätzlich verworfen, da auch aus den Widersprüchen Erkenntnisse für die Ableitung des Handlungsleitfadens gewonnen werden können. Es war jedoch zu gewährleisten,

---

dass widersprüchliche bzw. nicht plausible Datensätze nicht in die systematische Auswertung einbezogen wurden.

- Vollständigkeitsprüfung der erhobenen Daten. Die Datensätze wurden hier zunächst formal auf Vollständigkeit geprüft und dann gemäß dem Rechercheraster in Kategorien eingeteilt. Eine grundsätzliche Prüfung auf die Vollständigkeit und Eignung für statistische Auswertungen war nicht sinnvoll, da diese Eignung von den konkreten Parametern abhängt. Des Weiteren erfolgte eine statistische Vorprüfung, ob der Datensatz eine statische Bewertung zulässt.
- Systematische Aufbereitung der Daten nach vorzugebenden Kenngrößen. Um einen ersten Überblick für die Möglichkeiten und Grenzen der weiteren Datenaufbereitung zu bekommen, erfolgte eine Ermittlung der Menge der für einzelne Kenngrößen und Auswertungsziele als plausibel erkannten Datensätze. Derartige Kenngrößen waren zum Beispiel ausgewählte Sanierungsverfahren sowie ausgewählte Schadstoffprofile. Diese Mengenermittlung stellte eine wesentliche Grundlage für die Festlegung des weiteren Aufarbeitungsalgorithmus dar. Wesentliches Ziel war es hierbei, die Datensatzklassen zu ermitteln, die hinreichend groß sind, um eine statistische Auswertung vorzunehmen.

Die Ergebnisse der Datenauswertung wurden grafisch, tabellarisch und textlich aufbereitet. Sie geben zum einen einen Überblick über das in der Datenbank gespeicherte Datenmaterial, zum anderen stellten sie die Grundlage für die Präzisierung der Auswertung sowie die Ableitung des Handlungsleitfadens dar.

Im zweiten Arbeitsschritt erfolgte die gezielte Auswertung der Ergebnisse im Hinblick auf abgesicherte Schlussfolgerungen und Umsetzung in den Leitfaden.

Die Auswertung der Ergebnisse und die Erarbeitung des Leitfadens erfolgten in enger Zusammenarbeit mit den für den rechtlichen Teil beauftragten Juristen. Basierend auf der oben beschriebenen Ergebnisaufbereitung erfolgte zunächst eine systematische Auswertung der Untersuchungsergebnisse.

Ziel der Auswertung waren dabei insbesondere folgende Fragestellungen:

- Bewertung der technischen Machbarkeit (= Eignung) von Sanierungsmaßnahmen. Die Auswertung wurde dabei systematisch unter Bezug auf wesentliche Kenngrößen des Schadensfalls (Schadstoffe, Grundwasserverhältnisse, Sanierungsziele) vorgenommen. Zu betrachten waren hierbei sowohl Dekontaminationsverfahren, Sicherungsmaßnahmen als auch Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen, soweit sie in der Fallsammlung vorlagen.
- Bewertung der Erreichbarkeit von Reinigungswerten in GW-Behandlungsanlagen (technische Bewertung der Behandlungsanlage). Die Bewertung war dabei wieder systematisch nach wesentlichen Kenngrößen der Grundwasserbehandlung vorzunehmen, soweit sie für den Einzelfall formuliert waren (zu entfernende Schadstoffe, Begleitstoffe, Reinigungsziele).



- 
- Bewertung der Kosten von Sanierungsmaßnahmen, soweit Angaben vorlagen. Die Auswertung war dabei wiederum systematisch unter Bezug auf wesentliche Kenngrößen des Schadensfalls vorzunehmen.
  - Bewertung der Schadstoffausbreitung (Abmessungen und Konzentrationsverteilung in der Fahne, Stabilität der Fahne, zeitliche und räumliche Entwicklung der Schadstofffahne) in Abhängigkeit von den Angaben zur Konzentrationsentwicklung. Von besonderem Interesse waren hier auch Aussagen zur zu erwartenden maximalen Endgröße der Fahne.
  - Schadstoffspezifische Ermittlung und Bewertung der wesentlichen Einflussfaktoren für den jeweiligen Sanierungsfall. Das bezieht sich sowohl auf die konkreten Standortbedingungen (Geologie, Hydrogeologie) als auch auf die Sanierungsrandbedingungen.
  - Ermittlung und Bewertung des Umfanges der Nachsorgemaßnahmen mit Bewertung der Kosten für die Nachsorge, sofern hierüber Aussagen zum Einzelfall vorlagen.

Neben der auf die Ableitung von Sanierungsempfehlungen orientierten Auswertung der Daten erfolgte des Weiteren eine Bewertung der Daten hinsichtlich der Vollständigkeit für eine hinreichende Beurteilung der Sanierung. Aus dieser Auswertung ergaben sich wesentliche Hinweise sowohl für den Leitfaden (Datenerfassung und Dokumentation) als auch für die Vorgaben zu einer eventuell notwendigen erweiterten Datenerfassung für die Fortschreibung der Datenbank.

Im Ergebnis der Auswertung sollten Aussagen insbesondere zu folgenden Punkten abgegeben werden können:

- Stand der Sanierungstechnik zur Erreichbarkeit von üblichen Sanierungszielen im Grundwasser
- Erfordernis von Sanierungsmaßnahmen aufgrund vom Schadensbereich ausgehender weitergehender Gefahren (Schadstoffausbreitung)
- Rahmenbedingungen für die Umsetzung einer ordnungsgemäßen und wirtschaftlichen Sanierung
- Kriterien zum rechtskonformen Abbruch von laufenden Sanierungsmaßnahmen

Basierend auf den Auswertungsergebnissen wurde im Weiteren der Handlungsleitfaden als Arbeitshilfe zur Ableitung der verhältnismäßigen Sanierungsmaßnahmen bei eingetretenen Grundwasserschäden abgeleitet. Der Leitfaden soll dabei eine Grundlage für eine sachgerechte Bearbeitung von Grundwasserschadensfällen in der Praxis darstellen.

## **2 Aufbau des Rechercherasters zur datenbanktechnischen Erfassung von Schadensfällen**

### **2.1 Grundlagen**

Bereits im Vorfeld des Forschungsvorhabens wurde auf Initiative des Landes Nordrhein-Westfalen ein Erfassungsbogen für Grundwassersanierungen erarbeitet. Dieses

---

Dokument ist als Anhang 1 beigelegt.

Dieser Erfassungsbogen war Grundlage beim Aufbau des Rechercherasters.

Nicht nur aus fachlicher, sondern auch aus rechtlicher Sicht sind bei der Beurteilung von Grundwasserschäden und bei Entscheidungen über ihre Sanierung eine Vielzahl von Gesichtspunkten und Informationen zu würdigen. Welche Informationen relevant sind, hängt allerdings auch von den jeweiligen Umständen des Einzelfalls ab. Soweit datenbanktechnisch umsetzbar, umfasst das Rechercheraster daher möglichst viele der in typischen Schadensfällen rechtlich sowie fachlich zu berücksichtigenden Gesichtspunkte.

Als wesentliche Erweiterung (neben den komplexen Anforderungen der DV-technischen Umsetzung) sind die Berücksichtigung des Dreiphasensystems Boden-Wasser-Luft sowie die Dokumentation von Monitoringdaten zur Beschreibung von Konzentrationsveränderungen im Sanierungsverlauf zu nennen.

Die tabellarische Endfassung des mehrfach diskutierten und abgeänderten Rechercherasters ist ebenfalls im Anhang (Anhang 2) enthalten.

Erweiterungen und gesteigerte Differenzierung werden im Vergleich der beiden Dokumente deutlich.

## **2.2 Beschreibung des Schadensfalls in Sachkategorien**

Das Rechercheraster ist als oberste Gliederungsebene in sog. Sachkategorien eingeteilt. Jede Sachkategorie beschreibt einen Aspekt des Schadensfalles, der in sich inhaltlich abgeschlossen ist. Somit ergibt sich bereits in der Phase der Datenerhebung eine klare Strukturierung, welche Daten zu erheben sind und in der Auswertung ein schneller Zugriff auf die dokumentierten Daten gemäß der Interessenlage des Auswertenden.

Schadensfälle werden in folgenden Sachkategorien inhaltlich beschrieben:

- Allgemeine Angaben
- Allgemeine Standortdaten
- Geologie / Hydrogeologie
- Allgemeiner GW-Chemismus
- Schadensbild
- Schutzgutsituation
- Sanierungsziele
- Maßnahmen Boden/Bodenluft
- Maßnahmen Grundwasser
- Konzentrationsverläufe

Damit ist es mit Hilfe des Programms GWKON und dessen Eingabemasken möglich, Grundwasserverunreinigungen mit allen relevanten Randbedingungen sowie den

---

Kenndaten aller Maßnahmen im Dreiphasensystem Boden-Wasser-Luft umfassend darzustellen und einer Auswertung DV-technisch zugänglich zu machen.

## **2.3 Erfassung komplexer Fachzusammenhänge mit dem Programm GWKON**

Im Folgenden werden die im Datenbanksystem abzulegenden Dateninhalte gegliedert nach den Sachkategorien beschrieben.

Besonders hervorgehoben (rot / kursiv) sind die Informationen, die für die spätere Auswertung des Schadensfalles und zur Ableitung des Handlungsleitfadens von besonderer Bedeutung sind (Mindestdatenbestand).

### **2.3.1 Allgemeine Angaben**

Hier werden Daten zur allgemeinen Einordnung des Schadensfalles abgefragt.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

## Eckdaten

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>Leitschadstoff</i>	Hier ist zunächst der den Schaden charakterisierende Schadstoff auszuwählen. Daneben können noch zwei weitere dominante Schadstoffe ausgewählt werden.
<i>Zeitpunkt oder Zeitraum der Schadensentstehung</i>	Falls es sich um ein singuläres Ereignis handelte, oder aber der Schaden innerhalb eines Jahres entstand, ist dieses Jahr anzugeben. Ansonsten, soweit bekannt, ist der Zeitraum der Schadensentstehung anzugeben.
Zeitpunkt der Schadensfeststellung	Das Jahr, in dem der Schaden festgestellt wurde, ist anzugeben.
<i>Sanierungsvereinbarung</i>	Falls eine Sanierungsvereinbarung besteht, ist deren Art auszuwählen.
Auftraggeber von GW-Sanierungsmaßnahmen	Rechts- und Kostenträger eventueller Sanierungsmaßnahmen sind anzugeben. Falls bekannt ist auch die Kostenverteilung zwischen den Kostenträgern anzugeben (als Betrag oder in Prozenten)
<i>Abnahme des Schadens</i>	Ist der Schaden bereits behördlich als saniert abgenommen, so ist dies mit Begründung anzugeben.
<i>Grundwassermonitoring</i>	Falls ein GW-Monitoring durchgeführt wird, ist dies anzugeben. Wenn ja, ist das Beginn-Jahr bzw., falls bereits abgeschlossen, auch das Endjahr anzugeben.
Widerspruchsverfahren	Sollte ein Widerspruchsverfahren gegen eine Sanierungsanordnung anhängig sein, ist dies anzugeben.

## • Quellenlage

Eingabeobjekt	Erläuterung
Vorliegende Daten	Im Zuge der Dateneingabe sind hier, bezogen auf die bisherigen Bearbeitungsphasen, die verwendeten Quellen einzugeben. Neue Quellenzeilen werden über den Button "neuer DS" erzeugt. Daneben werden noch das Veröffentlichungsjahr und der Auftraggebertyp abgefragt. Nach Bedarf kann der Auftraggeber auch namentlich benannt werden.

## • Maßnahmen: Allgemeine Angaben

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>Allgemeines zu Maßnahmen im Grundwasser, Boden und in der Bodenluft</i>	Hier wird abgefragt, ob für die genannten Medien Sanierungsziele formuliert wurden, ob Sanierungsmaßnahmen bereits durchgeführt werden oder (falls bekannt) geplant sind. Die roten Boxen steuern spätere Eingabemasken!

## • Maßnahmen GW: Kostenträger

Eingabeobjekt	Erläuterung
Tabelle Kostenträger der Maßnahmen im Grundwasser	Falls bekannt sind hier Angaben zur Kostenträgerschaft der GW-Maßnahmen zu machen. Es können prozentuale Beteiligungen oder Beträge eingegeben werden.

## 2.3.2 Allgemeine Standortdaten

Hier werden Daten zur Lage des Schadensortes und zu den Umfeldnutzungen abgefragt.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

- **Schadensort**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Lage Schadensort	Je nach den Belangen des Datenschutzes ist Schadensort ein- gebbar.
Fläche der betroffenen Flurstücke (Herd / Eintragsbereiche)	Die Größenordnung in m <sup>2</sup> ist anzugeben.
Geodätische Höhe des Schadens- bereiches	Angabe der mittleren mNN-Höhe des Schadensbereiches
<i>Typisierung der Schadensfläche</i>	Die Schadensfläche ist nach Altstandort – Altablagerung – De- ponie u. s. w. zu typisieren.

- **Randbedingungen**

Eingabeobjekt	Erläuterung
mittlere Grundwasserneubildung im Eintragsbe- reich	Angabe in mm/a
mittlere Grundwasserneubildung im Fahnenbereich	Angabe in mm/a
mittlerer Jahresniederschlag im Schadensbereich	Angabe in mm/a
Grad der Versiegelung im Eintragsbereich	Angabe in %
Grad der Versiegelung im Fahnenbereich	Angabe in %
Gibt bzw. gab es wasserwirtschaftliche Nutzungen im Umfeld des Schadensbereichs?	Falls ja wird eine zusätzliche Karteikarte ein- geschaltet. (Gesteuerte Maske)
sensibelste Nutzung (aktuell/geplant)	Angabe der sensibelsten Nutzung in Eintragsbe- reich und Abstromrichtung (aktuell oder geplant)
Art und Abstand der nächsten Vorflut	Auswahl der Art, Abstand in m und Wasserfüh- rung [m <sup>3</sup> /s]
Lage zu Schutzgebieten	Abstand und Richtung zu den versch. Arten von Schutzgebieten ist anzugeben

Ergänzend ist jeweils anzugeben, ob nach behördlicher Einschätzung bzw. Feststel-  
lung eine Nutzungsgefährdung vorliegt.

- **Eigentümer**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Eigentümer der betroffenen Flurstü- cke (Eintragsbereiche)	Der Eigentübertyp ist auszuwählen. Ggf. kann er auch na- mentlich benannt werden.

### Flächennutzung

Eingabeobjekt	Erläuterung
Flächennutzung im Eintragsbereich	Angabe der Flächennutzung zur Zeit der Schadensentste- hung, heute und geplant.

- **Wasserwirtschaftliche Nutzung**

Hier geht es um allgemeine wasserwirtschaftliche Nutzungen vor dem Hintergrund möglicher Schutzgutgefährdungen.

Eingabeobjekt	Erläuterung
gibt bzw. gab es wasserwirtschaftliche Nutzungen im Umfeld des Schadensbereichs?	Falls ja sind die Nutzungsarten, Entnahmetiefen, Abstand und Richtung sowie Zeitrahmen der Nutzung anzugeben (gesteuerte Maske)

### 2.3.3 Geologie / Hydrogeologie

Hier werden Daten zu den Untergrund- und Grundwasserverhältnissen abgefragt.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

- **Allgemeine Angaben**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Allgemeine Angaben	Die größte aufgeschlossene Teufe im Schadensbereich ist anzugeben sowie die ungefähre Anzahl der Aufschlusspunkte.
	Qualitativ ist anzugeben, ob die Schichtabfolge als homogen zu bezeichnen ist; Erläuterungen falls nicht sind einzugeben.
<i>Hydrogeologie</i>	<i>Der Flurabstand ist in seinen min-max-Werten für den Schadensbereich</i> , sowie in seiner jahreszeitlichen Schwankung (für den mittleren GW-Flurabstand im Schadensbereich) anzugeben. Daneben interessiert der Beobachtungszeitraum (in Jahren).
Allgemeines zu den GWL	Die Druckverhältnisse für den oberen GWL sind anzugeben.
	Der Schutzgrad des oberen GWL ist auszuwählen.
	Ob hydraulische Verbindungen zwischen GWL bestehen, ist anzugeben. Erläuterungen sind eingebbar.

- **Geologisches Regelprofil**

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>Regelprofil</i>	Für die Eintragsbereiche ist das geologische Regelprofil tabellarisch aufzubauen. Neben Hauptbestandteilen der Schicht und Attributen ist die Unterkante der Schicht (in m unter GOK) anzugeben sowie der Durchlässigkeitsbereich (kf-Wert) auszuwählen. Daneben ist die Schicht ggf. als Auffüllung zu kennzeichnen. Das Feld „Abfolge“ ermöglicht es, erst nachträglich die Reihenfolge der Schichten einzugeben, zu ändern, oder aber Schichten nachträglich einzufügen. Verlässt man die Sachkategorie und kehrt zurück, sind die Schichten wieder nach Abfolge sortiert.

- **Grundwasserleiter**

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>Grundwasserleiter</i>	Der GWL ist zu typisieren und die Mächtigkeitsbandbreite im Schadensbereich anzugeben. Als weitere Kennwerte werden die Durchlässigkeitsklasse sowie die sich aus Mächtigkeit des GWL und nutzbarem Porenvolumen ergebende Austauschmenge in m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> abgefragt.

	<p>Das Feld „Abfolge“ ermöglicht es, erst nachträglich die Reihenfolge der GWL einzugeben, zu ändern, oder aber GWL nachträglich einzufügen. Verlässt man die Sachkategorie und kehrt zurück, sind die GWL wieder nach Abfolge sortiert.</p> <p>GWL-Nummer kann nur eine ganze Zahl sein.</p>
natürliches Fließregime im Grundwasserleiter	<p>Daneben sind für jeden GWL vorwiegende Fließrichtung (z.B. NW), ob stabil oder instabil, das GW-Gefälle in Promille (gleichmäßig/ungleichmäßig?) sowie die Abstandsgeschwindigkeit in m/d (homogen/inhomogen?) einzugeben. Ein ggf. vorliegender vertikaler Gradient (in cm/m) kann angegeben werden.</p>
Beeinflussung durch Wasserhaltungen / Entnahmen	<p>Die Beeinflussung durch GW-Entnahmen ist, soweit bekannt, für die betroffenen GWL mit Richtung, Abstand, Entnahmemenge (m<sup>3</sup>/a), erzielter maximaler Absenkung im Schadensbereich und Zeitrahmen der Entnahme anzugeben. <b>Wasserwirtschaftliche Nutzungen ohne Beeinflussung des Fließregimes im GWL im Schadensbereich, sei es wegen geringer Förderraten, kurzer Entnahmedauer oder zu weiter Entfernung, interessieren hier nicht.</b></p> <p>Für jede relevante Entnahme ist nach Vorwahl des GWL im oberen Fenster und nach Fensterwechsel durch Klick in das Fenster Entnahmen im GWL über die Schaltfläche „neuer DS“ ein Datensatz zu erzeugen.</p>

#### 2.3.4 Allgemeiner GW-Chemismus

Hier werden Daten zum Grundwasserchemismus abgefragt.

Die Eingaben sind in folgender Karteikarte zu machen:

- **Allgemeiner Grundwasser-Chemismus**

Es ist anhand vorliegender Analysendaten nach Vorauswahl des GWL im oberen Fenster eine Tabelle aufzubauen; die vorhandenen Messwerte sind parameterbezogen je nach Entnahmeort den Kategorien Anstrom, Eintragsbereich, Fahne, Fahnenrand oder Abstrom zuzuordnen. Daneben sind für jedes vorliegende Beprobungsjahr die mittlere Konzentrationsgrößenordnung des Parameters sowie die ca. Anzahl der zugrunde liegenden Messungen anzugeben.

#### 2.3.5 Schadensbild

**Angaben zum Schadensbild sind von zentraler Bedeutung für sämtliche weiteren Bewertungen der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen und deren Erfolg.**

Hier werden Daten zur qualitativen und quantitativen Beschreibung des Schadstoffinventars abgefragt.

Für die drei Medien Boden, Bodenluft und Grundwasser wird das Schadensbild **vor** der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen erhoben (falls im Boden oder in der Bodenluft bisher keine stattgefunden haben, interessiert der jeweilige Stand vor dem Beginn von Maßnahmen im Grundwasser, ansonsten der aktuelle Kenntnisstand).

Generell werden für das vorhandene Schadstoffinventar lediglich charakterisierende Konzentrationsgrößenordnungen (maximale – mittlere) abgefragt, die sich auf den jeweils benannten Bereich (z.B. Eintragsbereich, Fahnenbereich) und dort wiederum bestimmte Zonen (z.B. gesättigte – ungesättigte, GWL 1 oder GWL 2 u. s. w.) beziehen.

---

Volumen-/ Flächenangaben erfordern jeweils die Angabe einer sog. Kartierungsgrenze, damit ist diejenige Schadstoffkonzentration gemeint, die den Körper begrenzt, der der Volumen-/Flächenabschätzung zugrunde liegt.

Auch für die Flächen- und Volumenangaben werden keine gemessenen oder exakten Werte erwartet, sondern gutachterlich eingeschätzte Größenordnungen.

Als Kartierungsgrenze ist die Konzentration des jeweiligen Schadstoffs zu wählen, für die hinsichtlich der Isolinie / der Isofläche hinreichende Daten vorliegen. Sollte die Kartierung des Schadensbildes im Rahmen der Gefährdungsabschätzung für den Sanierungszielwert erfolgt sein, kann dieser als Kartierungsgrenze gewählt werden.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

- **Boden**

Hier sind Volumenangaben zum kontaminierten Boden getrennt nach Eintragsbereichen und außerhalb der Eintragsbereiche zu machen. Zwischen gesättigter und ungesättigter Bodenzone ist zu unterscheiden.

Eingabeobjekt	Erläuterung
Eintragsbereiche	Die Ausdehnung der Eintragsbereiche kann entweder als Flächen-summe in einem Datensatz oder aber, wenn verschiedene Ein-tragsbereiche wegen stark variierender Konzentrationen gegenein-ander abzugrenzen sind, in mehreren Datensätzen eingegeben werden.

- **Bodenluft**

Hier ist das Bodenvolumen insgesamt in Summe anzugeben, in dem sich belastete Bodenluft ausgebreitet hat.

Eingabeobjekt	Erläuterung
Migrationsbereiche (Bodenluft)	Hier werden die Flächengrößen abgefragt, in denen sich belastete Bodenluft ausgebreitet hat. Analog zum Boden kann hier zusammen-gefasst oder differenziert nach Einzelflächen eingegeben werden.

- **Grundwasser**

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>Schadensumfang (gesamt)</i>	Neben den <b>insgesamt</b> in Eintragsbereich und Fahne je Schadstoff von belastetem GW erfüllten Bodenvolumen (nicht Volumen des ent-haltenen Wassers) wird die jeweilige mittlere Eintragstiefe mit Anga-be des zugehörigen GWL abgefragt.  Zur Fahne sind Angaben zum horizontalen und vertikalen Ausbrei-tungsverhalten schadstoffbezogen zu machen. Besonderheiten kön-nen im Bemerkungsfeld eingegeben werden.



	Falls Schadstoffe in Phase vorliegen, ist für den Stoff die mittlere Phasenstärke und betroffene Fläche, getrennt nach Eintragsbereich und Fahne, anzugeben. Das insgesamt als Phase vorkommende Schadstoffvolumen ist abzuschätzen und nach LNAPL und DNAPL zu gliedern.
Transferzonen (Grundwasser)	Für das Grundwasser werden zusätzlich die Flächen abgefragt, in der es, ggf. über Sickerwässer, zum Schadstoffeintrag im Übergang ungesättigte – gesättigte Bodenzone kommt.  Auch hier kann der Sachverhalt zusammengefasst in einem Datensatz oder differenziert nach Teilzonen eingegeben werden.
Schadensumfang (GWL – Details)	Hier ist die Schadensverbreitung getrennt nach GWL aufzuschlüsseln.  Volumina werden mit den zugeordneten mittleren Konzentrationen und der jeweiligen Kartierungsgrenze für Eintrag und Fahne abgefragt. Weiterhin sind Angaben zur Geometrie und Ausdehnung der Fahne zu machen. Je schadstoffbelastetem GWL ist ein Datensatz anzulegen.

### 2.3.6 Schutzgutsituation

Hier werden Daten zur Gefahrenlage im Schadensbereich abgefragt.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

- **relevante Transferpfade**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Transferpfade	Getrennt nach Eintragsbereich und Fahne ist auszuwählen, welche Transferpfade im vorliegenden Schadensfall relevant sind. Erläuterungen ergänzen die Angaben.

- **Frachtbetrachtung**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Frachtbetrachtung	Sofern Frachtbetrachtungen (für die Situation ohne Sanierung) vorliegen, können für die verschiedenen Transferpfade die pro Jahr transportierten Schadstoffmengen je Schadstoff angegeben werden.

- **Schutzgutsituation**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Schutzgutsituation	Angaben zu Schutzgütern, ob eine Gefährdung durch den Schaden vorliegt, sind mit zusätzlicher Erläuterung als Tabelle aufzubauen.  Es empfiehlt sich, zunächst für <u>jedes</u> Schutzgut einen Datensatz anzulegen, dann die Gefährdung anzugeben und zu erläutern.

### 2.3.7 Sanierungsziele

Hier werden Daten zu den für Boden, Bodenluft und Grundwasser formulierten Sanie-

---

rungs- und Maßnahmenzielen abgefragt.

Es existieren folgende Karteikarten, bei denen jeweils analoge Eintragungen abgefragt werden:

- Grundwasser
- Bodenluft
- Boden

Es befinden sich je Medium vier Teilfenster auf der Karteikarte:

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>Allgemeine Sanierungsziele (gültig für den gesamten Schaden)</i>	Für die drei Medien können die je Schadstoff festgelegten Sanierungsziele, sofern sie für das Medium allgemein gelten, nebst Festlegungszeitpunkt (Jahr) und Erläuterungen angegeben werden. Neben der Erstfestlegung interessieren auch ggf. aktuelle Modifikationen.
<i>Zonierte Sanierungsziele</i>	Falls Sanierungszielwerte für bestimmte Zonen des Schadensbereiches (gesättigte – ungesättigte Bodenzone, Herd, Fahne, differenziert nach GWL u. s. w.) definiert wurden, sind diese hier neben der Zone zu definieren. Daneben wird das Festlegungsjahr abgefragt.
<i>Technische Sanierungsziele</i>	Falls technische Sanierungsziele (z.B. feste Aushubflächen/Tiefen, Fördermengen oder –zeiten) oder aber Behandlungsziele festgelegt wurden, sind hierzu Angaben mit Festlegungszeitpunkt zu machen.
<i>Maßnahme – und Schutzziele</i>	Wurden für den Schaden die Sanierungsentscheidung und den -umfang bestimmende Schutz- oder Maßnahmeziele festgelegt, so sind sie hier verbal einzutragen.

---

### 2.3.8 Maßnahmen Boden/Bodenluft

Hier werden Daten zu den Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen für die Medien Boden und Bodenluft abgefragt.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

- **Sanierungsverfahren**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Sanierungsverfahren	Für die Medien sind Art des Verfahrens, Beginn bzw. Zeitraum der Wirksamkeit (Monat/Jahr), Invest- und ggf. Betriebskosten anzugeben. Ergänzende Angaben im Erläuterungsfeld.

- **Sicherungsverfahren**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Sicherungsverfahren	Für die Medien sind Art des Verfahrens, Beginn bzw. Zeitraum der Wirksamkeit (Monat/Jahr), Invest- und ggf. Betriebskosten anzugeben. Ergänzende Angaben im Erläuterungsfeld.

- **Sanierungserfolg**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Sanierungserfolg	Methode, Zeitpunkt und ggf. Kosten des Nachweises des Sanierungserfolgs sind für die Medien anzugeben (falls erfolgt).

- **Entnommene Schadstoffmenge [BL]**

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>Entnommene Schadstoffmenge Bodenluft</i>	Die im Zuge der Sanierung entnommene Schadstoffmenge ist je relevantem Schadstoff mit Zeitrahmen anzugeben/einzuschätzen.

- **Massen & Abfallbilanz [B]**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Massen & Abfallbilanz Boden	Falls Boden ausgekoffert wurde sind die insgesamt bewegten Massen in t sowie die Kosten des Tiefbaus (sofern bekannt) anzugeben. Weiterhin kann die Abfallbilanz Boden nach Z-Klassen eingegeben werden (Tonnage und Entsorgungskosten).

- **Entnommene / restliche Schadstoffmenge [B]**

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>Entnommene / restliche Schadstoffmenge Boden</i>	Das im Zuge der Sanierung entnommene, abgebaute oder immobilisierte Schadstoffpotenzial ist je relevantem Schadstoff anzugeben/einzuschätzen. Dabei ist nach gesättigter – ungesättigter Zone, Eintragsbereich und Fahne zu differenzieren. Im gleichen Sinne ist für das verbliebene Restpotenzial zu verfahren.

### 2.3.9 Maßnahmen Grundwasser

Hier werden Daten zu Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen für das Medium Grundwasser sowie Sanierungsverfahren und technische und technologische Details abgefragt.

Zunächst sind allgemeine Angaben zu den eingesetzten Sanierungs-/Sicherungsverfahren vorzunehmen (Verfahren, Einsatzbereich, Zeitrahmen des Einsatzes, Gesamtkosten).

Danach können in beliebiger Differenzierung für die Sparten Entnahmetechnologien – Reinigungstechnologien (on-site und in-situ) eingesetzte Verfahren / Module mit den jeweiligen Kenndaten, Betriebszeiträumen, verschiedenen Betriebsprogrammen mit Verfügbarkeit des Moduls, den jeweils je Schadstoff ausgetragenen/gereinigten Schadstoffmengen und deren technisch-analytischer Überwachung angegeben werden. Angaben zu Invest-, Betriebs- und Wartungskosten sowie Bemerkungsfelder für textliche Erläuterungen ergänzen die Eingabemasken.

Falls bereits Sanierungserfolge im Grundwasser zu verzeichnen sind, können diese auf einer Karteikarte getrennt nach Herd und Fahne eingegeben werden.

Angaben zum Grundwassermonitoring verstehen sich je Schadstoff.

Daneben sind ergänzende Angaben zur Grundwasserverbringung sowie zum Abfallanfall im Rahmen der Grundwassersanierung zu machen.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

- **Angewandte Verfahren**

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>Sanierungsverfahren allg.</i>	Getrennt nach Herd und Fahne sind Verfahren, Einsatzzeiträume sowie die Gesamtkosten des Verfahrens anzugeben.
<i>Sicherungsverfahren allg.</i>	Verfahren, Wirksamkeitszeiträume sowie die Gesamtkosten des Verfahrens sind anzugeben. Hier wird nicht nach Herd und Fahne differenziert.

- **Entnahme**

Eingabeobjekt	Erläuterung
---------------	-------------

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>Entnahmetechnologie [1]</i>	Die eingesetzte Entnahmetechnologie kann hier in beliebiger Differenzierung nach Technik, Anzahl, Invest-Kosten, Entnahmetiefen, GWL, Lage zur Fahne und zum Herd, Angaben zu Problemen und Ausfällen sowie allg. Bemerkungen eingegeben werden.
<i>Betriebsprogramme [2]</i>	Für jede der unter [1] differenzierten Technologien bzw. Einsatzbereiche können hier Angaben zu verschiedenen Betriebsprogrammen gemacht werden.  Neben Entnahmemengen, Betriebszeiträumen des Programms, Verfügbarkeit der Technologie, Betriebs- und Wartungskosten sowie Zyklen der technischen und analytischen Überwachung können noch Bemerkungen eingegeben werden.
<i>Entnommene Schadstoffmenge [3]</i>	Für jeden der unter „Schadensbild“ inventarisierten Schadstoffe kann die entnommene Schadstoffmenge für das unter [2] gewählte Betriebsprogramm der Technologie [1] für einen Zeitraum innerhalb der Gesamtdauer des jeweiligen Betriebsprogramms angegeben werden. Im Extremfall kann für jeden Monat eines Betriebsprogramms die Austragsmenge eines Schadstoffs eingegeben werden (jeweils ein Datensatz pro Schadstoff und Monat)

- **Reinigung (on-site)**

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>Reinigungstechnologie [1]</i>	Die eingesetzte on-site eingesetzte Reinigungstechnologie kann hier in beliebiger Differenzierung nach Technik bzw. Modul, Durchsatz, Investkosten, Angaben zu Problemen und Ausfällen sowie allg. Bemerkungen eingegeben werden.
<i>Betriebsprogramme [2]</i>	Für jede der unter [1] differenzierten Technologien bzw. Module können hier Angaben zu verschiedenen Betriebsprogrammen gemacht werden.  Neben Durchsatzmengen, Betriebszeiträumen des Programms, Verfügbarkeit der Technologie, Betriebs- und Wartungskosten sowie Zyklen der technischen und analytischen Überwachung können noch Bemerkungen eingegeben werden.
<i>Abgereinigte Schadstoffmenge [3]</i>	Für jeden der unter „Schadensbild“ inventarisierten Schadstoffe kann die abgereinigte Schadstoffmenge für das unter [2] gewählte Betriebsprogramm der Technologie [1] für einen Zeitraum innerhalb der Gesamtdauer des jeweiligen Betriebsprogramms angegeben werden. Im Extremfall kann für jeden Monat eines Betriebsprogramms die Austragsmenge eines Schadstoffs eingegeben werden (jeweils ein Datensatz pro Schadstoff und Monat)

- **Reinigung (in-situ)**

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>in-situ-Technologie [1]</i>	Die eingesetzte in-situ-Technologie kann hier in beliebiger Differenzierung nach versch. Techniken, Wirkungstiefen, Lage zum Herd und zur Fahne, Investkosten, Angaben zu Problemen und Ausfällen sowie allg. Bemerkungen eingegeben werden.
<i>Betriebsprogramme [2]</i>	Für bestimmte der unter [1] differenzierten Technologien können hier, falls sinnvoll und notwendig, Angaben zu verschiedenen Betriebsprogrammen gemacht werden.  Neben Durchsatzmengen, Betriebszeiträumen des Programms, Verfügbarkeit der Technologie, Betriebs- und Wartungskosten sowie Zyklen der technischen und analytischen Überwachung können noch Bemerkungen eingegeben werden.
<i>Entnommene Schadstoffmenge [3]</i>	Für jeden der unter „Schadensbild“ inventarisierten Schadstoffe kann die entnommene Schadstoffmenge für das unter [2] gewählte Betriebs-

Eingabeobjekt	Erläuterung
	programm der Technologie [1] für einen Zeitraum innerhalb der Gesamtdauer des jeweiligen Betriebsprogramms angegeben werden. Im Extremfall kann für jeden Monat eines Betriebsprogramms die Ausstrommenge eines Schadstoffs eingegeben werden (jeweils ein Datensatz pro Schadstoff und Monat)

- **Sanierungserfolg**

Eingabeobjekt	Erläuterung
<i>Sanierungserfolg</i>	Methode, Zeitpunkt und ggf. Kosten des Nachweises des Sanierungserfolgs sind für Herd und Fahne anzugeben (falls erfolgt).

- **Monitoring**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Monitoring	Je überwachtem Schadstoff sind GWL, Prüfpunktzahl, Zeitrahmen des Monitorings und der Überwachungszyklus im angegebenen Zeitrahmen anzugeben. <b>Inhaltliche Ergebnisse des Monitorings werden unter Konzentrationsverläufe eingegeben!</b>

- **Überwachung (analytisch)**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Betriebsprogramme [1]	Aus allen eingegebenen Betriebsprogrammen der Grundwassersanierung ist zunächst eines auszuwählen, um die analytische Überwachung einzugeben.
Überwachung von... bis [2]	Hier ist der Zeitrahmen zu spezifizieren, für den das Überwachungsprogramm innerhalb des Betriebsprogramms [1] zutrifft.
Analytische Überwachungsparameter [3]	Für den unter [2] angegebenen Zeitrahmen sind hier die überwachten Parameter einzugeben.
Beprobungsorte [4]	Die dem zeitlich unter [2] und vom Parameterumfang unter [3] spezifizierten Überwachungsprogramm sind die Beprobungsorte zuzuordnen.

- **Überwachung (technisch)**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Betriebsprogramme [1]	Aus allen eingegebenen Betriebsprogrammen der Grundwassersanierung ist zunächst eines auszuwählen, um die technische Überwachung einzugeben.
Überwachung von... bis [2]	Hier ist der Zeitrahmen zu spezifizieren, für den das Überwachungsprogramm innerhalb des Betriebsprogramms [1] zutrifft.
Technische Überwachung Par. [3]	Für den unter [2] angegebenen Zeitrahmen sind hier die überwachten Parameter einzugeben.
Beprobungsorte [4]	Die dem zeitlich unter [2] und vom Parameterumfang unter [3] spezifizierten Überwachungsprogramm sind die Überwachungsorte zuzuordnen.

- **Grundwasserverbringung**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Grundwasserverbringung	Die Methoden der Grundwasserverbringung, deren Einsatzzeitraum sowie die verbrachten Wassermengen sind neben den angefallenen Kosten anzugeben.

- **Abfallanfall**

Eingabeobjekt	Erläuterung
Abfallanfall	Der im Zuge der Grundwassersanierung anfallende Abfall ist je Abfallart (Auswahl der Abfallklasse nach EAK), Menge und Kosten je Betriebsjahr zu differenzieren.

### 2.3.10 Konzentrationsverläufe

*Für die drei Medien sind vorhandene Messwerte als mittlere Konzentrationsgrößenordnung für den jeweiligen Erhebungsmonat differenziert dem Messbereich (Ort) zuzuordnen. Zusätzlich ist die ca. Anzahl der zugrunde liegenden Messpunkte je Messbereich anzugeben.*

Da hier sowohl Messungen der Schadstoffe als auch von Parametern des allg. Grundwasserchemismus (der nur in mittleren Jahreswerten abgefragt wird) oder Anstrombelastungen von Interesse sind, die nicht dem Schadstoffinventar des betrachteten Schadens zuzuordnen sind, erfolgt die Auswahl der Parameter aus der Gesamt – Parameter-Auswahltablelle.

**Da über die Auswertungsroutinen ein Vergleich der Austragsmengen an Schadstoffen mit deren Konzentrationsveränderung im Aquifer stattfindet, sollten die Datendichten der beiden Parameter je Schadstoff aneinander angepasst sein.** Wenn also für die Austragsbilanzierung nur halbjährlich Werte erhoben werden, ist es hinreichend, auch die Konzentrationsverläufe entsprechend grob zu beschreiben. Allerdings sollte die typische Form der Konzentrationskurve dadurch nicht verschleiert werden (z.B. starke Werteschwankungen je nach Grundwasserneubildung).

## 2.4 Programmoberfläche „GWKON“

### 2.4.1 Installation und Identifikation

Das Datenbanksystem GWKON läuft als Einzelplatzversion bei den jeweiligen Nutzern.

Es ermöglicht den Zugriff auf den derzeitigen Inhalt der Falldatenbank. Der Nutzer kann selber Fälle unter dem jeweiligen Leitschadstoff anlegen. Die Fälle können nach Bearbeitung dann exportiert werden, als E-Mail z.B. an andere Nutzer oder das UBA übermittelt werden.

Eine erweiterte Fassung der Fallsammlung kann über das UBA verfügbar gemacht werden, wenn eine signifikante Erweiterung der Fallsammlung erfolgte. Fälle können für die Allgemeinheit durch das UBA nur in anonymisierter Form zugänglich gemacht werden.

---

### 2.4.2 Auswertungsroutinen

Es sind allgemein-statistische Auswertungen (direkte Parameterkorrelation, auch multi-faktoriell) und Auswertungen mit vorher durchzuführenden Berechnungen (Verknüpfung von Parametern und Daten aus Stoffdatenbank) zu unterscheiden.

Die Auswahl der zu korrelierenden Parameter kann durch den Auswertenden weitgehend frei erfolgen, bestimmte Vorgaben bzw. Standardabfragen wurden vorbereitet („SQL-Tool“).

Es ist möglich, bezüglich definierter Parametereigenschaften Klassenbildungen durchzuführen. Beispiel: alle Fälle mit Leitschadstoff MKW, Klassierung der Fälle mit Sanierungsverfahren Bandskimmer.

Berechnungen erfolgen jeweils für bestimmte Zeitpunkte. Die für den Zeitpunkt (Monat/Jahr) angegebenen Daten zur Schadensausdehnung und die Daten zu Konzentrationen werden unter Nutzung der Schichtprofilaten mit Auswahl von Porenvolumina zur Potenzialberechnung (Ermittlung der Schadstoffmenge) herangezogen. Dies geschieht für jeden Stoff, für den Konzentrationsdaten und Verteilungsdaten vorliegen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen müssen wiederum für allgemein-statistische Auswertungen zur Verfügung stehen.

### 2.4.3 Bezug des Programms GWKON und der Fallsammlung

Programm und Fallsammlung können derzeit über die Homepage des Forschers: [www.gicon.de](http://www.gicon.de) unter der Rubrik „Service“ heruntergeladen werden. Das Passwort für die Login-Prozedur heißt „gwkon\_anon“, das Kennwort „anonym“.

Mit dem Programm wird auch ein ausführliches Handbuch verfügbar gemacht.

## 3 GWKON als Fallsammlung für Grundwasserschäden (Stichtag 31.05.2003)

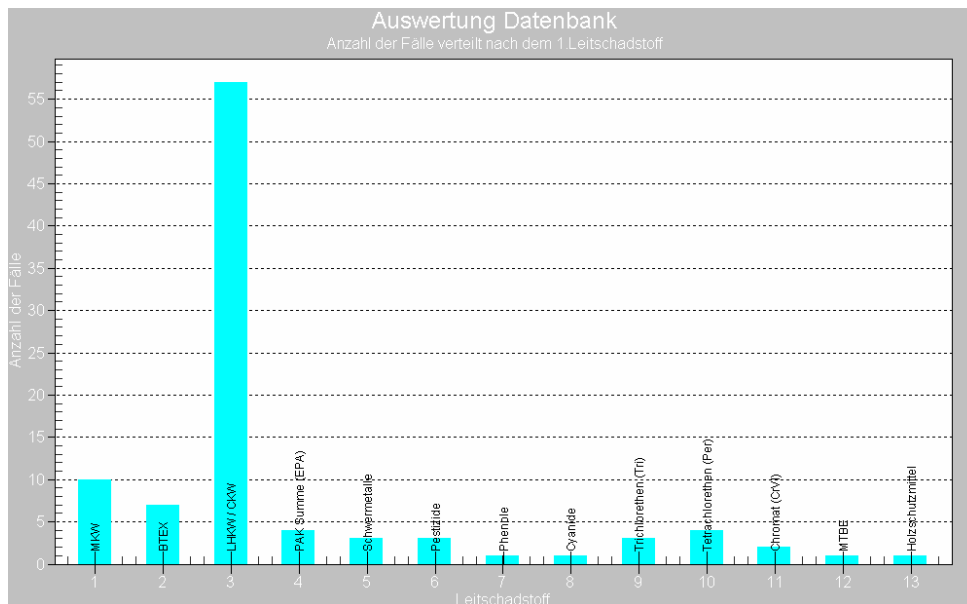
### 3.1 Grundsätzliche Struktur der Fallsammlung

Bis zum Stichtag waren 89 Fälle durch die teilnehmenden Länder übermittelt und in GWKON importiert.

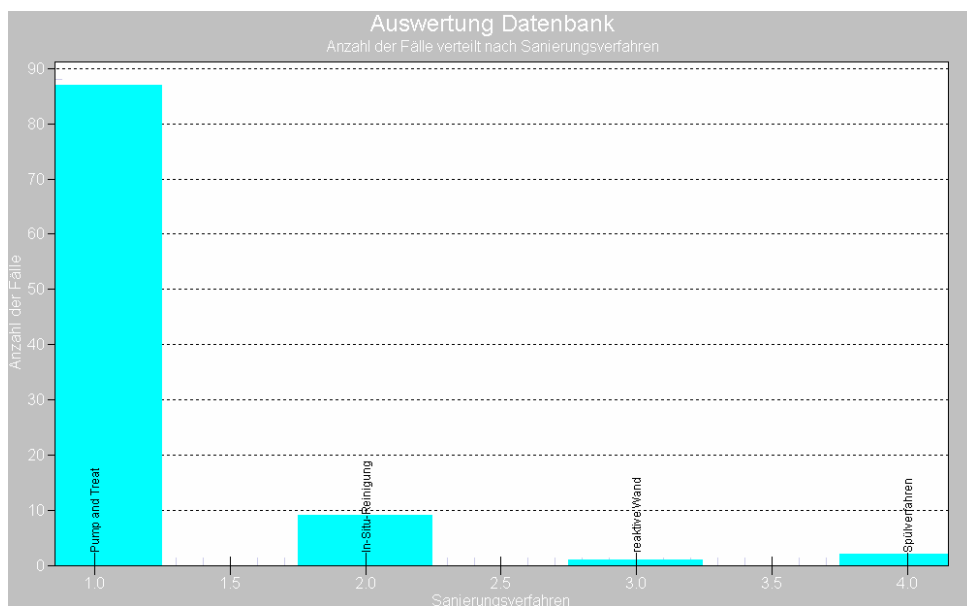
Die Grafiken veranschaulichen bereits deutlich den Schwerpunkt der übermittelten Fälle:

- 2/3 der Fälle beziehen sich auf LHKW als Leitschadstoff
- MKW / BETX als Leitschadstoff spielen bei 16 Fällen eine Rolle





- bei mehr als 80 von 89 Fällen handelt es sich um „klassische“ pump-and-treat-Maßnahmen



Daraus ergeben sich wesentliche Einschränkungen für die weitere Bearbeitung / Auswertung:

- statistisch gesicherte Aussagen lassen sich aus der vorliegenden Fallsammlung (vorbehaltlich der Prüfung von Korrelationen) nur für LHKW-Schadensfälle ableiten, die mittels Grundwasserentnahme hydraulisch saniert werden bzw. wurden
- eingeschränkt vergleichende Aussagen sind für MKW/BTEX Schadensfälle möglich, die ebenfalls vorwiegend hydraulisch saniert werden bzw. wurden
- 15 Fälle sind als Einzelfallbeispiele zu sehen und zu interpretieren

---

### 3.2 Datenqualität und -quantität (Mindestdatenbestand)

Die Auswertung bedient sich zur Herstellung der Vergleichbarkeit zwischen Schadensfällen der gleichen Schadstoffgruppe Potenzialansätzen (Schadstoffmengen). Daraus werden dann Kenngrößen für die Effizienz von Sanierungsmaßnahmen abgeleitet.

Grundlage der Potenzialermittlung sind vollständige Angaben zum Schadensbild vor Maßnahmebeginn, zum Schadstoffaustrag im Zuge der Maßnahmedurchführung und zur Konzentrationsentwicklung der Schadstoffe im Untergrund unter Wirkung der Maßnahme. Die letzteren Werte sind zeitabhängig zu sehen (Austragskurve und Konzentrationskurve).

Auf dieser Grundlage wurde ein Mindestdatenbestand definiert, der die Kennwertermittlung für Schadstoffpotenziale vor Maßnahmebeginn ermöglicht. Die weitere Auswertung ist dann abhängig von der Datendichte zum Austrag und zu den Konzentrationsentwicklungen.

Es liegen also digitale (vorhanden / nicht vorhanden) und quantitative Kriterien für die Auswertungsqualität vor.

Für die Prüfung der Berechnungsmöglichkeit von Schadstoffpotenzialen vor Maßnahmebeginn wurde eine automatisierte Routine in GWKON implementiert, deren Ergebnisbericht über das Programm abrufbar ist.

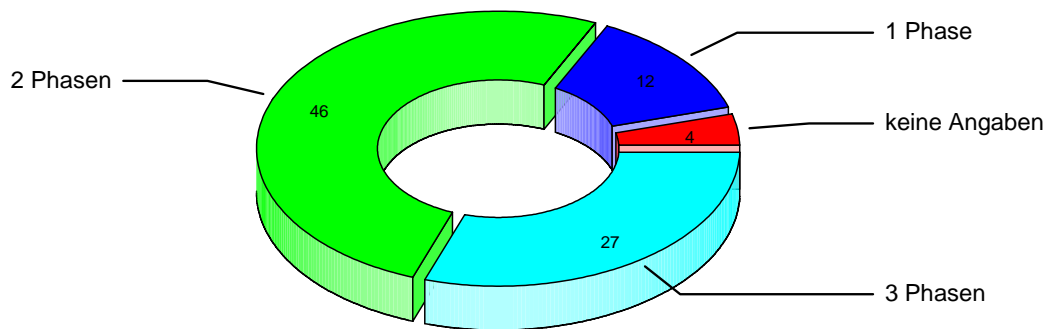
### 3.3 Schadensbild im Dreiphasensystem Boden – Wasser – Luft

Ausführlich wird der Datenbestand im Zuge der Auswertung geprüft. An dieser Stelle steht die quantitative Umsetzung der Anforderung, das Schadensbild in seinem Umfang einzuschätzen, im Vordergrund.

Bei zahlreichen Schadensfällen war es offenbar nicht möglich, den Schadensumfang auch nur grob einzuschätzen:

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| • Schadensbereich Boden, gesättigte Zone   | keine Angaben in 57 Fällen       |
| • Schadensbereich Boden, ungesättigte Zone | keine Angaben in 33 Fällen       |
| • Schadensbereich Grundwasser, Eintrag     | keine Angaben in 11 Fällen       |
| • Schadensbereich Grundwasser, Fahne       | keine Angaben in 25 Fällen       |
| • Schadensbereich Bodenluft                | keine Angabe bei 9 von 60 Fällen |

Die folgende Grafik veranschaulicht, wie viele Phasen des 3-Phasen-Systems Boden-Bodenluft-Grundwasser (für GW-Eintrag / Boden ungesättigte Zone / Bodenluft) in wie vielen Fällen mit Angaben belegt wurden:



Für den Fahnenbereich und die gesättigte Bodenzone ist die Datendichte nochmals wesentlich geringer.

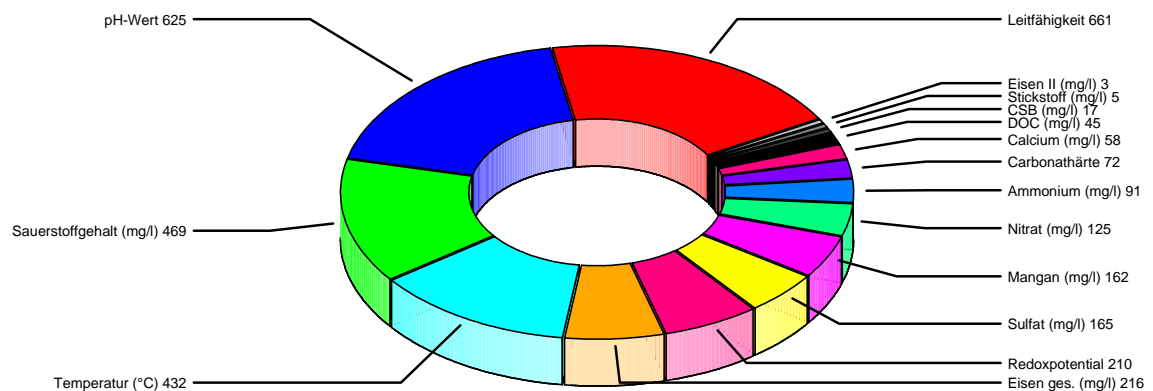
Bezüglich der Fahngeometrie finden sich bei 67 Fällen Angaben, davon wird bei 13 Fällen zur Länge der Fahne keine Angabe gemacht.

Somit liegen etwa bei 60 % der Fälle Angaben zur Fahngeometrie und zum Ausbreitungsverhalten vor.

### 3.4 Hydrochemischer Schadenskontext

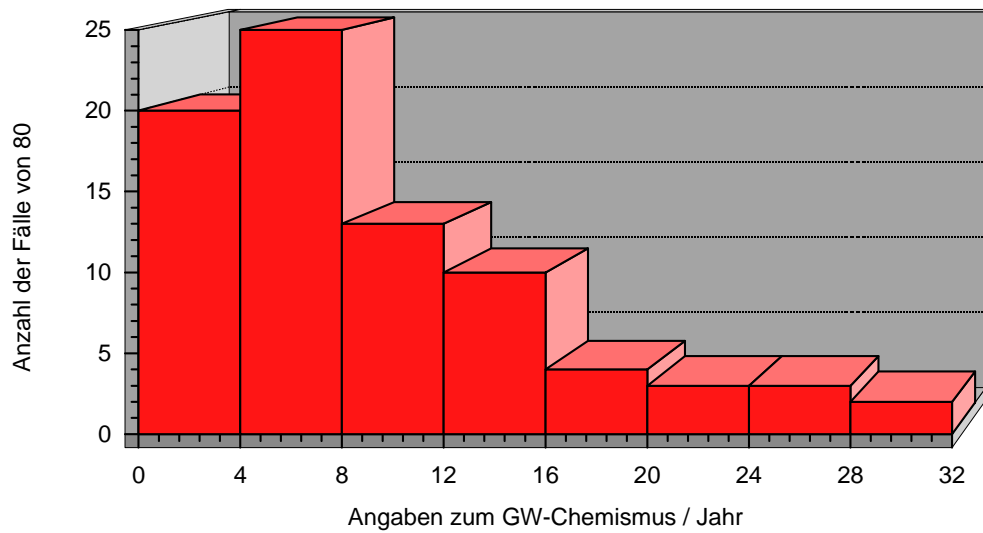
Angaben zum allgemeinen Grundwasserchemismus und dessen eventueller Veränderungen während der beschriebenen Grundwassersanierungsmaßnahmen wurden in stark variierendem Maße gemacht. Die Grafiken veranschaulichen die Datenlage.

Die allgemeine Parameterverteilung mit Anzahl gemachter Angaben (bezogen auf den Gesamtdatenbestand) stellt sich wie folgt dar:

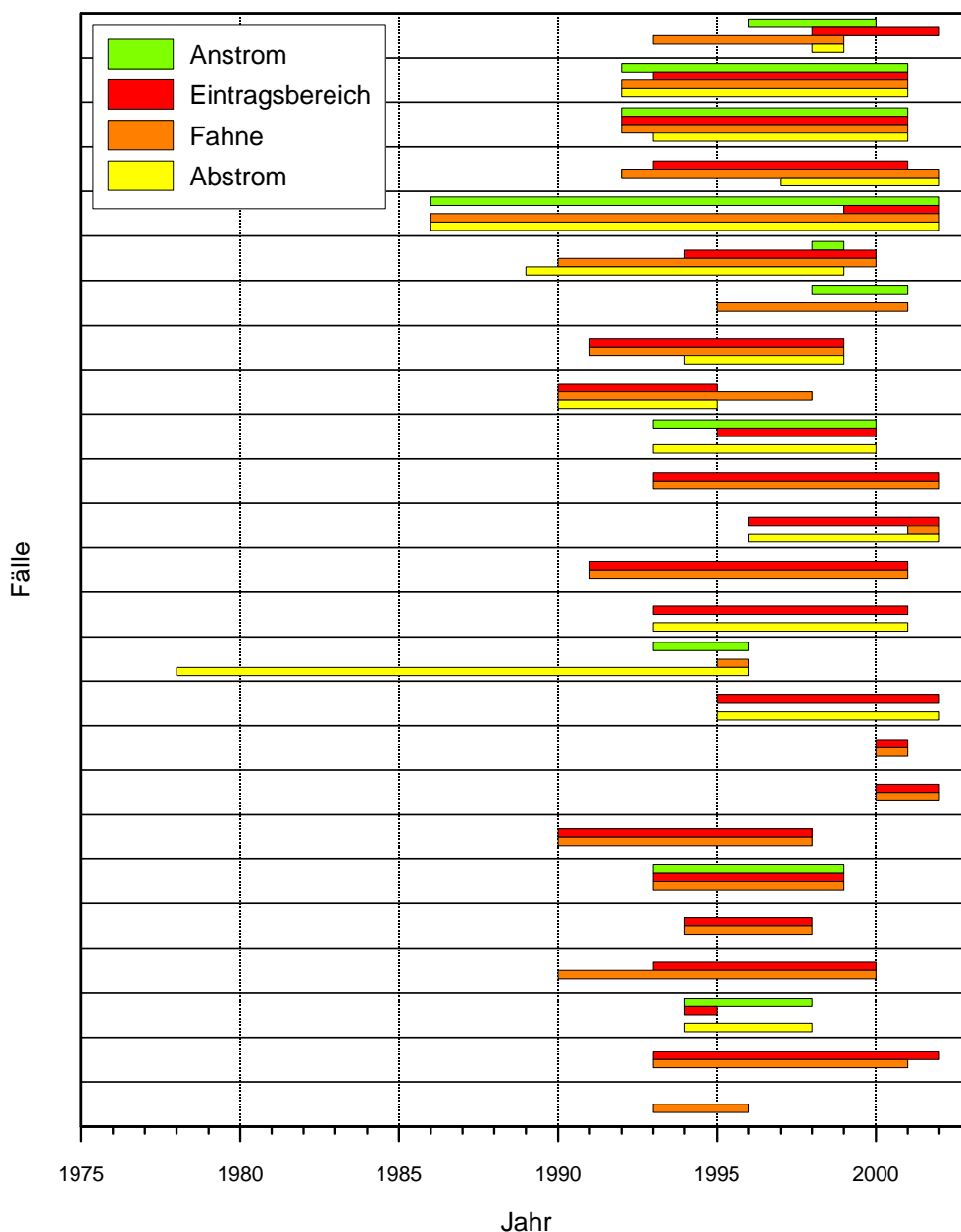


Leitfähigkeit, pH-Wert und Sauerstoffgehalt sowie die Temperatur dominieren die Verteilung. Dies sind die klassischen Vor-Ort-Parameter.

Die spezifische Datendichte pro Fall und Jahr stellt sich im Histogramm so dar:



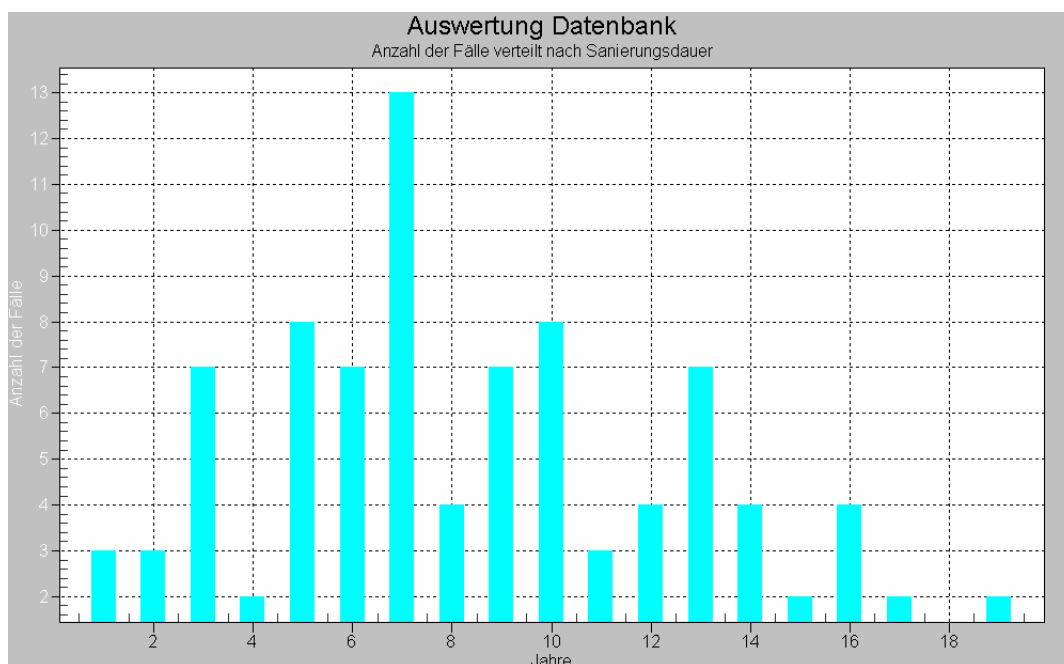
Unabhängig von der Parameteranzahl und dem Messort liegen also bei etwa der Hälfte der Fälle weniger als 8 Angaben pro Jahr vor. Um allein den Sauerstoffgehalt im Vergleich Anstrom – Herd – Fahne – Abstrom darzustellen, sind schon vier Angaben nötig. Für die Fälle mit höherer Datendichte wurden für die Messorte die Dokumentationszeiträume analysiert.



Es wird deutlich, dass in den seltensten Fällen ein direkter Vergleich der Messorte in ihrer Entwicklung möglich ist. Damit ist die Interpretation der Wechselwirkung „Änderung der Schadstoffkonzentration – Änderung des allgemeinen Grundwasserchemismus“ nur in ausgewählten Einzelfällen möglich.

### 3.5 Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen mit ihren Betriebsprogrammen

Insgesamt verteilen sich die dokumentierten Sanierungsdauern für die Einzelfälle gemäß der folgenden Grafik:



Für die Entnahme wurde der Einsatz folgender Technologien beschrieben:

Technik	Anzahl
Brunnen mit Unterwassermotorpumpe	288
Brunnen mit Saugpumpe	94
Vakuumlanze	25
Drainage mit Pumpensumpf	8
Lufthebeverfahren	5
Brunnen mit Ölfilterpumpe	2
Brunnen mit Bandskimmer	2

Für die Grundwasserreinigung kamen in den übermittelten Fällen folgende Technologien zum Einsatz:

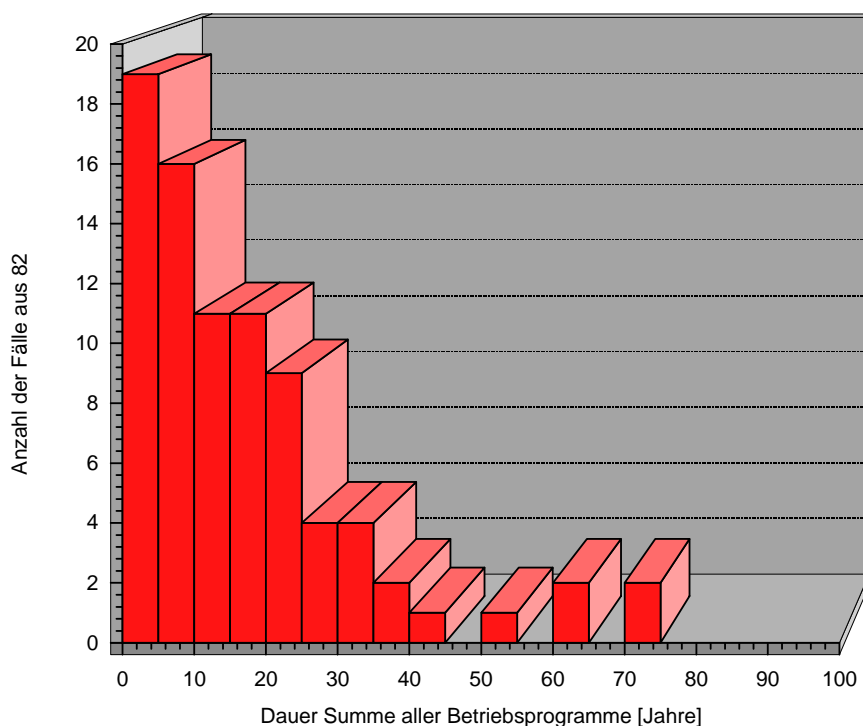
Technik	Anzahl
Aktivkohle-Adsorption	40
Luft-Strippen	37
Desorption	7
Enteisung – Entmanganung	5
Flockung – Fällung	4
Leichtflüssigkeitsabscheider	4
UV-Oxidation	3
Adsorberharze	3
Biologische Reinigung	3
Ionenaustauscher	3

Technik	Anzahl
Chemische Oxidation	2
Koaleszenzabscheider	2
Filtration	1
Sedimentation	1

Es wird deutlich, dass auch hier die „klassischen“ Verfahren in der Fallsammlung am breitesten repräsentiert sind.

Betriebsprogramme wurden vor allem für die Entnahme differenziert eingegeben. Daran ist der jeweilige Schadstoffaustrag gekoppelt. Bei den Reinigungstechnologien sind meist keine eigenständigen und differenzierten Betriebsprogramme eingegeben, offenbar hatte die Reinigungsanlage den Durchsatz der Brunnen zu verkraften. Das Thema gemischte Technologie mit differenziert zu betrachtenden Reinigungsleistungen spielt in der vorliegenden Fallsammlung keine Rolle.

Die Dokumentationsdichte der Betriebsprogramme wird durch folgendes Histogramm veranschaulicht.



Die Grafik zeigt, dass z.B. bei 19 Fällen die dokumentierten Betriebsprogramme in Summe eine Dauer von 0-5 Jahren haben. Für zwei Fälle liegt die Summe der dokumentierten Betriebsprogramme bei 70-75 Jahren.

Dies kommt dadurch zustande, dass im einzelnen Sanierungsfall für einzelne Sanierungsbrunnen deren Durchsatzänderungen und der korrespondierende Schadstoffaustrag differenziert dargestellt wurden.

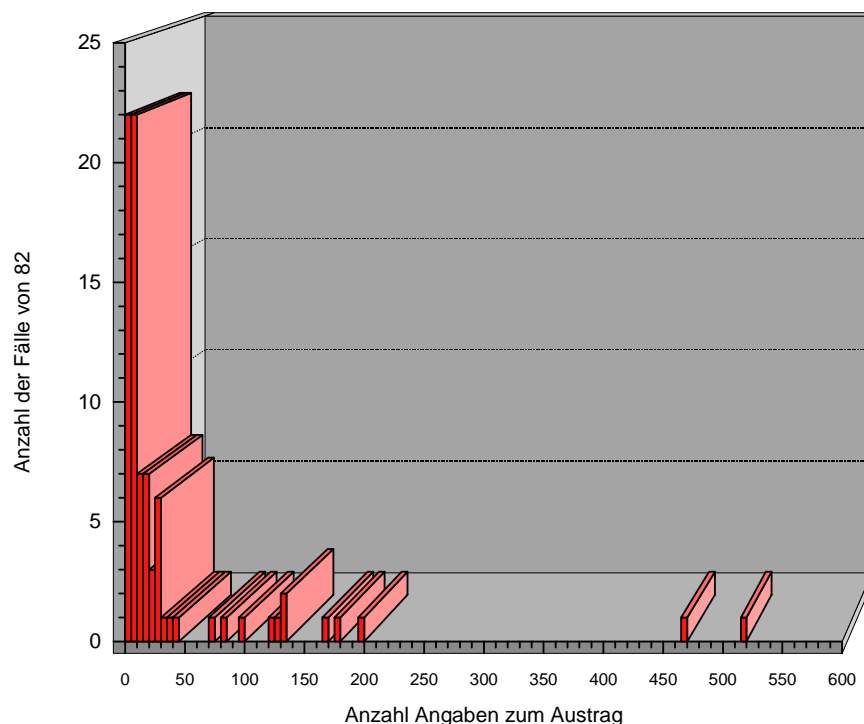
---

## 3.6 Erfassung der Maßnahmewirkungen

### 3.6.1 Schadstoffaustrag

Der Schadstoffaustrag ist eine entscheidende Größe zur Bewertung von Maßnahmewirkungen. Somit kommt der Interpretation von Austragskurven eine wesentliche Bedeutung für dieses Forschungsvorhaben zu. Die in GWKON dokumentierte Datendichte für den Austrag veranschaulicht das folgende Histogramm.

Man erkennt, dass in der Hälfte der Fälle der Austrag mit weniger als 20 Datenpunkten beschrieben wurde. Bei acht Fällen stehen für die Austragskurven mehr als 100 Datenpunkte zur Verfügung.



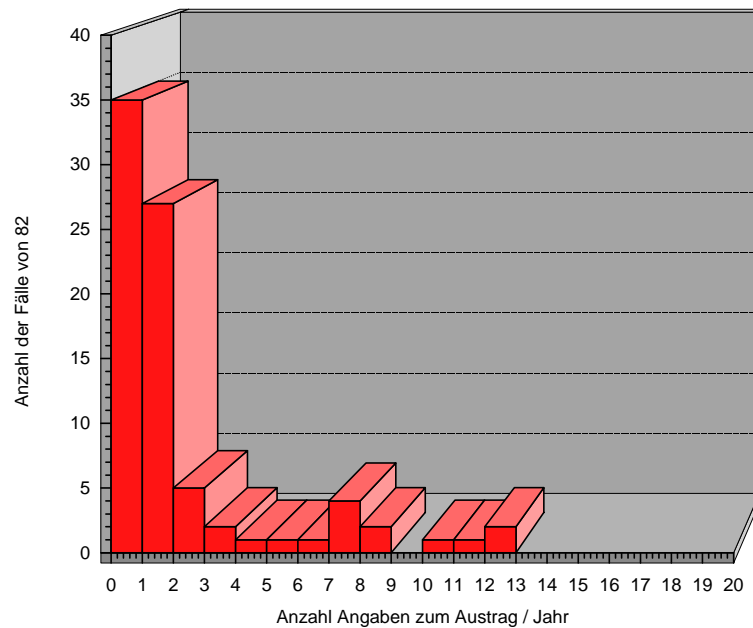
Bezieht man die Anzahl der Austragsdatenpunkte auf den Zeitraum, den sie beschreiben, so ergibt sich eine spezifische Datendichte.

Dies wird anhand des Histogramms auf der Folgeseite erläutert.

Bei 62 Fällen stehen zur Beschreibung der Austragskurve weniger als zwei Datensätze zur Verfügung. Differenziertere Austragskurven sind nur bei etwa zehn Fällen dokumentiert.

*Histogramm zur Datendichte Schadstoffaustrag*

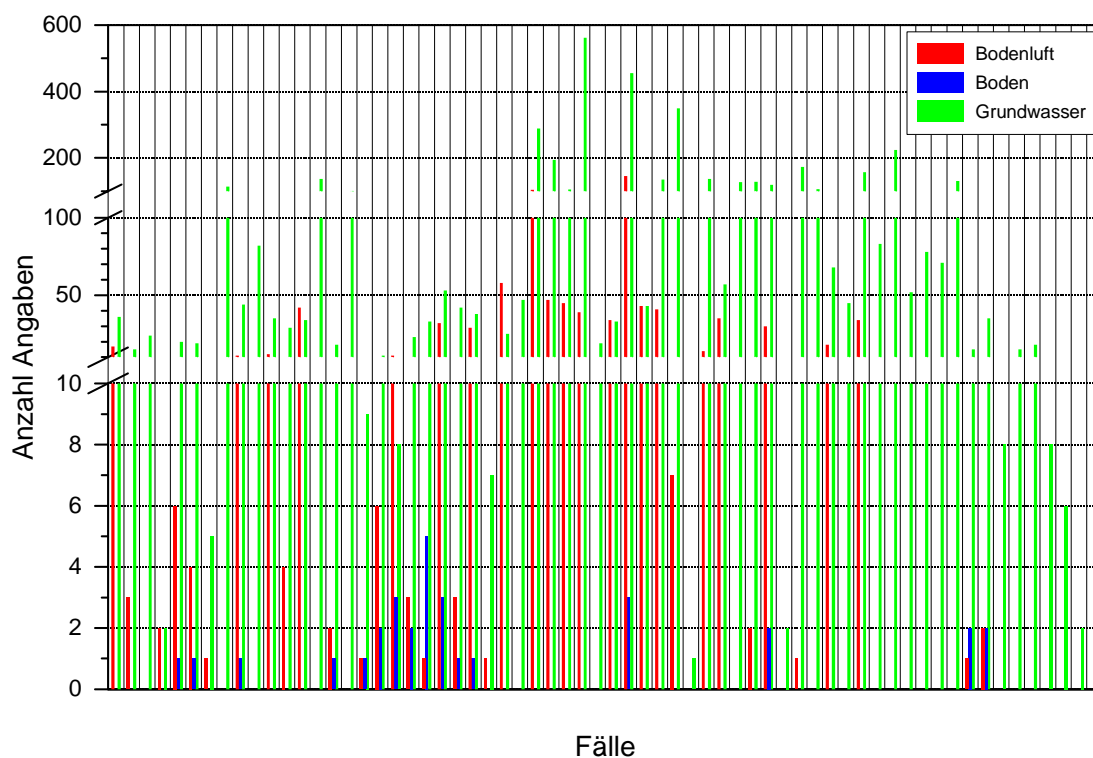




### 3.6.2 Konzentrationsveränderungen im 3-Phasensystem Boden-Bodenluft-Grundwasser

Für eine Beurteilung der zeitabhängigen Wechselwirkungen (Potenzialübergänge) zwischen den Schadstoffkonzentrationen in den Kompartimenten Boden – Bodenluft und Grundwasser wird eine vergleichbare Datendichte benötigt.

Die Grafik zeigt auf, dass generell zur Schadstoffbelastung und Konzentrationsentwicklung im Boden für die Schadstoffgruppe der LHKW nur marginale Angaben vorliegen.

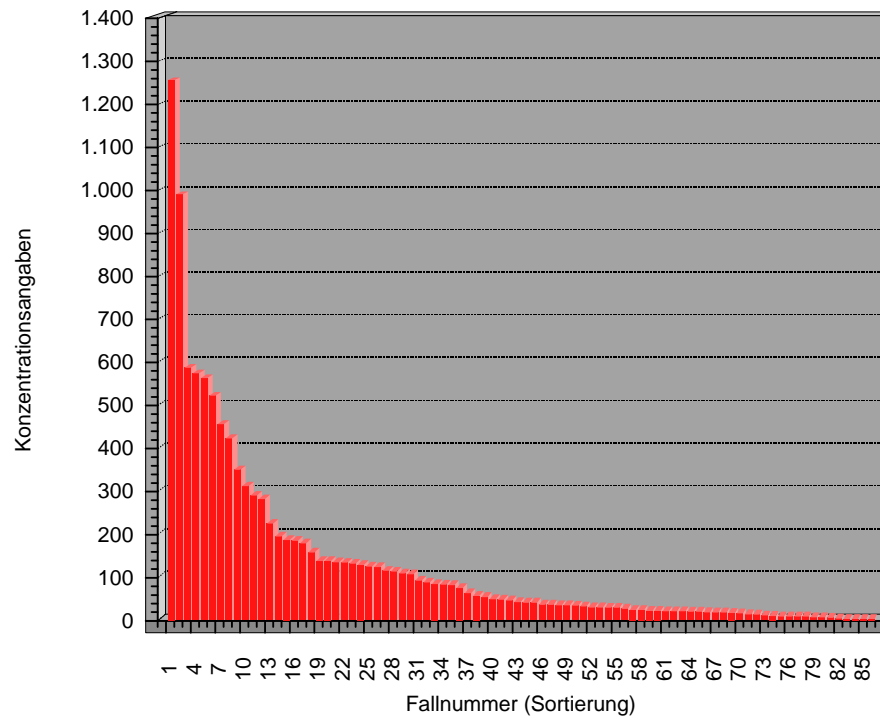


### 3.6.3 Konzentrationsveränderungen im Grundwasserleiter

Die Maßnahmewirkung, letztendlich der Sanierungserfolg bzw. die Annäherung an ein

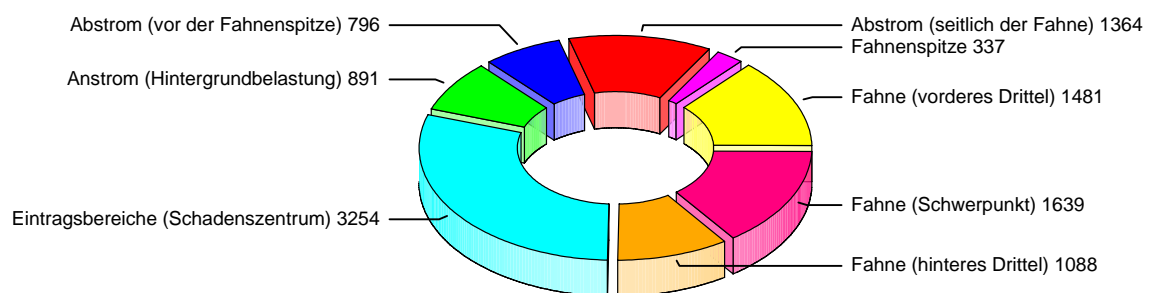
Sanierungsziel, wird durch die Konzentrationsverläufe in den überwachten Zonen des bzw. der Grundwasserleiter beschrieben.

Die Anzahl der Konzentrationsangaben insgesamt je Fall als Rangfolge sortiert dargestellt ergibt folgendes Bild:

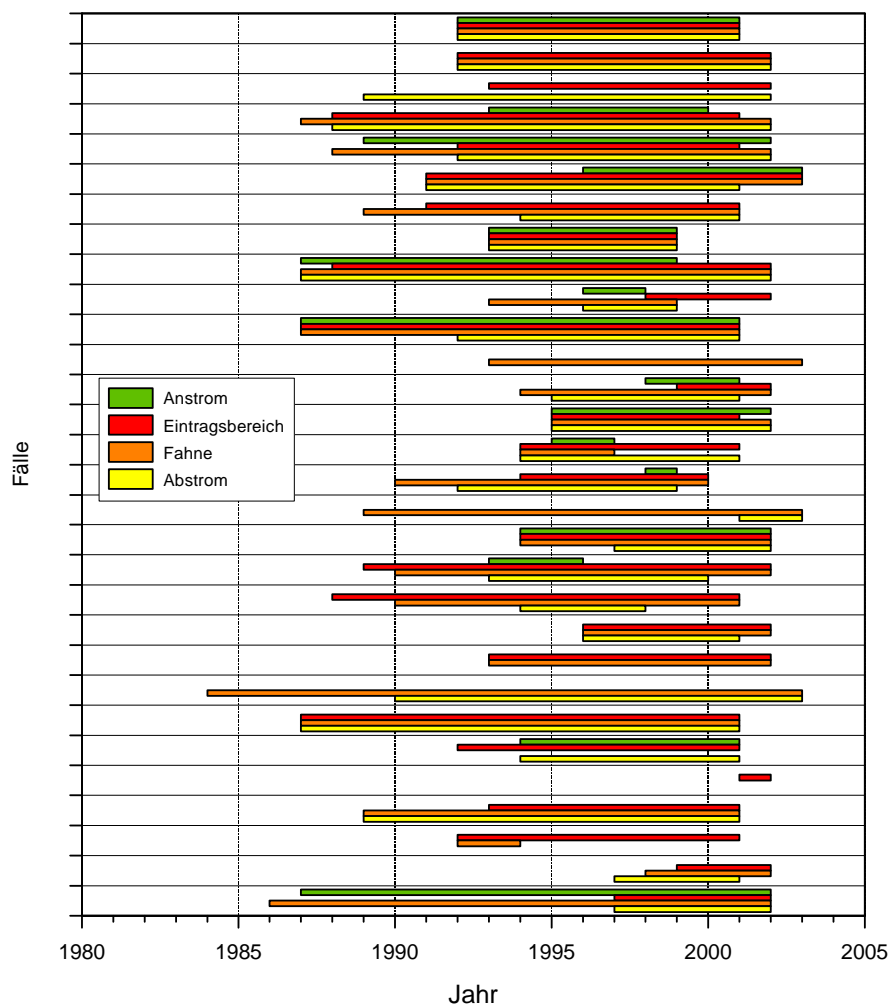


Es wird deutlich, dass unabhängig vom Messort und der Zahl der Parameter nur für etwa 30 Fälle mehr als 100 Konzentrationsangaben vorliegen.

Auf die Messorte verteilen sich die Konzentrationsangaben insgesamt wie folgt:



Die Dokumentationszeiträume der 30 ausführlicher dokumentierten Fälle stellen sich wie folgt dar:



Ein vollständiger Vergleich der Konzentrationsentwicklung an einzelnen Messorten wird auch hier nur in Einzelfällen möglich sein.

Die Parameterverteilung der dokumentierten Konzentrationsverläufe im Grundwasser zeigt folgende Tabelle:

Parameter	Anzahl Angaben
LHKW	4981
Mineralölkohlenwasserstoffe	647
Arsen	558
PAK's = Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (11)	513
BTEX	513
Chrom	463
Kupfer	346
Tetrachlorethen (Per)	252
Trichlorethen (Tri)	201
Phenole (14)	175

Chromate	168
Bor	160
Dichlorethen(1,2-) cis	125
Cadmium	121
Chrom(VI)-Verbindungen	114
Vinylchlorid	86
Nickel	78
Trichlormethan (Chloroform)	76
Trichlorethan(1,1,1-)	73
Fluoride	58
Quecksilber	57
Phosphate	52
Heterozyklische Verbindungen (18)	40
Ammoniumverbindungen	38
Methanol	37
Sulfate	29
POX	29
Phenol	27
Methyl-tertiär-Butylether (MTBE)	19
Nitrate	17
Gesamtergebnis	10053

Mit fast 5000 Wertangaben zu Konzentrationen im Grundwasser dominiert die Schadstoffgruppe der LHKW deutlich.

### 3.7 Kostenzusammenhänge

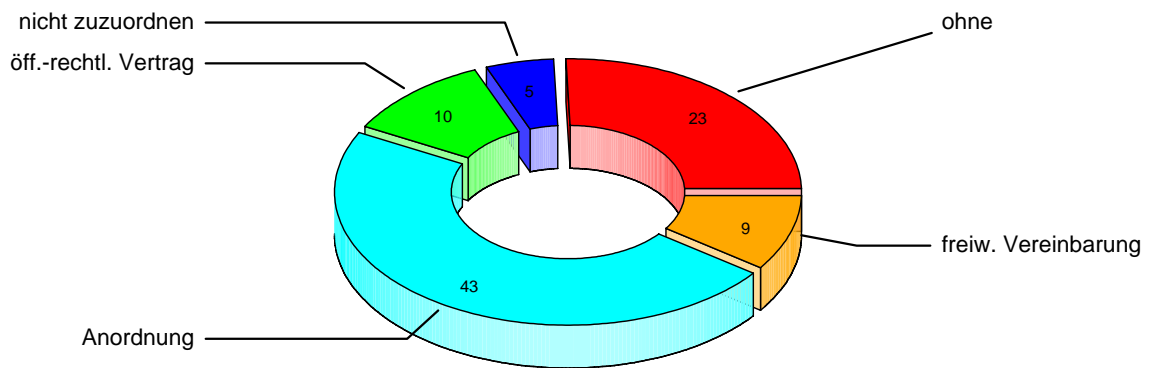
Kostenangaben für die Investition und den Betrieb der dokumentierten Maßnahmen wurden nur in wenigen Einzelfällen gemacht. Daher werden Kostenaspekte aus der Fallsammlung in der Auswertung nur am Rande berücksichtigt werden können.

### 3.8 Verwaltungs- und verfahrensrechtliche Aspekte

Die Datenfelder wurden weitgehend bedient.

### 3.9 Rechtliche Basis der Sanierungsmaßnahmen

Der rechtliche Kontext der dokumentierten Fälle wird in der Grafik veranschaulicht:

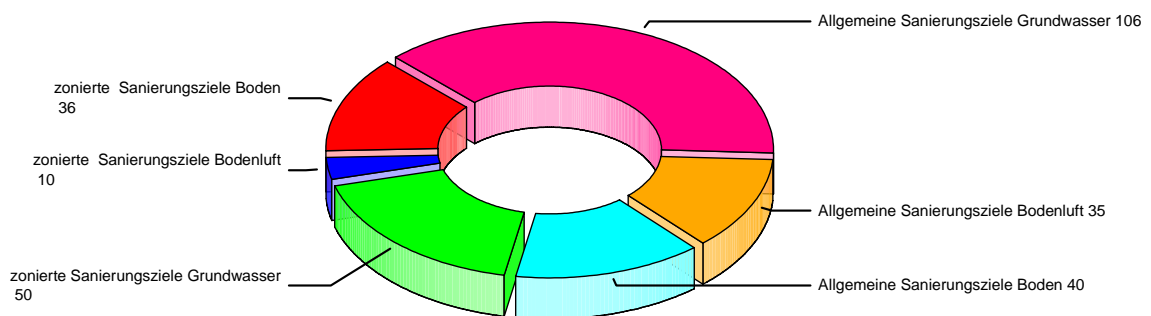


### 3.10 Sanierungsziele Grundwasser

Für 21 Fälle sind keine Sanierungsziele dokumentiert. Dies deckt sich mit der Fallzahl, für die kein rechtlicher Sanierungskontext definiert wurde.

Über Konzentrationen definierte Sanierungsziele Grundwasser liegen für 67 Fälle vor.

Insgesamt verteilen sich die gemachten Konzentrationsangaben, bezogen auf alle Parameter, wie folgt:



### 3.11 Schlussbemerkung zu GWKON als Fallsammlung

Im Ergebnis liegt zur qualitativen Auswertung Datenbank mit 89 in sehr unterschiedlicher Qualität und Datendichte dokumentierten Grundwasserschadensfällen mit Sanierungsmaßnahmen vor.

**Die Fallsammlung ist dabei kein repräsentatives Abbild der in den Bundesländern stattfindenden Grundwassersanierungen, sondern bestimmt vom Interesse sowie von den personellen, rechtlichen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der einzelnen Länder, Grundwasserschadensfälle in das Forschungsvorhaben einzubringen.**

Dies ist in der Phase 3, Auswertung der Daten und Ableitung des Handlungsleitfadens, zu berücksichtigen.

**In keinem Falle sollten die aktuellen Dateninhalte der Datenbank GWKON herangezogen werden, allgemeine Aussagen zum Sanierungsgeschehen am Schutzgut Grundwasser in der Bundesrepublik Deutschland abzuleiten.**

Statistisch abgesicherte Zusammenhänge können sich im Zuge der Auswertung lediglich für hydraulische Sanierungen von Grundwasserschäden mit leichtflüchtigen chlo-

---

rierten Kohlenwasserstoffen (LHKW) ergeben, die in der zum 31.05.2003 vorliegenden Fallsammlung etwa 80 % der dokumentierten Schäden ausmachen.

#### **4 Einführung in die Inhalte der qualitativen Auswertungsphase des Forschungsvorhabens**

Die Ergebnisse der quantitativen Datenauswertung wurden bereits im 3. Kapitel des Endberichtes grafisch, tabellarisch und textlich aufbereitet. Sie gaben zum einen einen Überblick über das in der Datenbank gespeicherte Datenmaterial, zum anderen stellten sie die Grundlage für die Präzisierung der Auswertung sowie die Ableitung der Handlungsempfehlungen im Leitfaden dar.

Im zweiten Arbeitsschritt erfolgte die gezielte Auswertung der Ergebnisse im Hinblick auf abgesicherte Schlussfolgerungen und die Umsetzung in den Leitfaden.

Die Auswertung der Ergebnisse und die Erarbeitung des Leitfadens erfolgten in enger Zusammenarbeit mit den für den rechtlichen Teil beauftragten Juristen. Basierend auf der oben beschriebenen Ergebnisaufbereitung erfolgte zunächst eine systematische Auswertung der Untersuchungsergebnisse.

**Durch die zum Teil sehr eingeschränkte Datendichte und aufgrund des Schwerpunktes der Fallsammlung auf LHKW-Schäden, die durch pump-and-treat Verfahren saniert werden/wurden, ergaben sich gegenüber dem ursprünglichen Anspruch des Vorhabens erhebliche Einschränkungen beim beabsichtigten Umfang der Auswertung und der abzuleitenden Empfehlungen.**

**Auswertungen, die durch mangelnde Datendichte nicht geleistet werden konnten, sind in der folgenden Aufstellung kursiv gestellt.**

- Bewertung der technischen Machbarkeit (= Eignung) von Sanierungsmaßnahmen. Die Auswertung wurde dabei systematisch unter Bezug auf wesentliche Kenngrößen des Schadensfalls (Schadstoffe, Grundwasserverhältnisse, Sanierungsziele) vorgenommen. Zu betrachten waren hier, - soweit in der Datenbank als Fall dokumentiert-, sowohl Dekontaminationsverfahren, Sicherungsmaßnahmen als auch Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen.
- *Bewertung der Erreichbarkeit von Reinigungswerten in GW-Behandlungsanlagen (technische Bewertung der Behandlungsanlage) soweit in der Datenbank dokumentiert. Die Bewertung war dabei wieder systematisch nach wesentlichen Kenngrößen der Grundwasserbehandlung vorzunehmen (zu entfernende Schadstoffe, Begleitstoffe, Reinigungsziele).*
- *Bewertung der Kosten von Sanierungsmaßnahmen. Die Auswertung war dabei wiederum systematisch unter Bezug auf wesentliche Kenngrößen des Schadensfalls vorzunehmen.*
- *Bewertung der Schadstoffausbreitung (Abmessungen und Konzentrationsverteilung in der Fahne, Stabilität der Fahne, zeitliche und räumliche Entwicklung der Schadstofffahne). Von besonderem Interesse waren hier auch Aussagen zur zu erwartenden maximalen Endgröße der Fahne.*

- 
- *Schadstoffspezifische* Ermittlung und Bewertung der wesentlichen Einflussfaktoren für den jeweiligen Sanierungsfall. Das bezieht sich sowohl auf die konkreten Standortbedingungen (Geologie, Hydrogeologie) als auch auf die Sanierungsrandbedingungen.
  - *Ermittlung und Bewertung des Umfanges der Nachsorgemaßnahmen (soweit dokumentiert) mit Ermittlung der Kosten für die Nachsorge.*

Neben der auf die Ableitung von Sanierungsempfehlungen orientierten Auswertung der Daten erfolgte des Weiteren eine Bewertung der Daten hinsichtlich der Vollständigkeit für eine hinreichende Beurteilung der Sanierung. Aus dieser Auswertung ergaben sich wesentliche Hinweise für den Leitfaden (Datenerfassung und Dokumentation).

Im Ergebnis der Auswertung sollten Aussagen insbesondere zu folgenden Punkten abgegeben werden können:

- Stand der Sanierungstechnik zur Erreichbarkeit von Sanierungsziel(wert)en im Grundwasser
- Erfordernis von Sanierungsmaßnahmen aufgrund vom Schadensbereich ausgehender weitergehender Gefahren (Schadstoffausbreitung)
- Rahmenbedingungen zur Umsetzung einer ordnungsgemäßen und wirtschaftlichen Sanierung
- Kriterien zum rechtskonformen Abbruch von laufenden Sanierungsmaßnahmen

Basierend auf den Auswertungsergebnissen wurde im Weiteren der Handlungsleitfaden als Arbeitshilfe zur Ableitung der verhältnismäßigen Sanierungsmaßnahmen bei eingetretenen Grundwasserschäden abgeleitet. Der Leitfaden soll dabei eine Grundlage für eine sachgerechte Bearbeitung von Grundwasserschadensfällen in der Praxis darstellen.

## **5 Methodik und Begrifflichkeiten**

### **5.1 „Kriterien“ im Sinne des Forschungsvorhabens**

Als Kriterien sind die wesentlichen Randbedingungen zu verstehen, die statisches und dynamisches Ausbreitungsverhalten der Schadstoffe im Grundwasserkörper (und somit das Vorhandensein bzw. die Veränderungen von Gefahrenlagen bezogen auf fall-spezifische Schutzgutkontexte) sowie das Erreichen formulierter Sanierungsziele entscheidend beeinflussen.

Es war also herauszuarbeiten, welche Randbedingungen das Schadstoffausbreitungsverhalten und den Sanierungsverlauf beeinflussen. Weiterhin war zu prüfen, welche Sanierungsmethoden im Kontext vorgegebener Randbedingungen einen im Vergleich der Verfahren optimalen Sanierungsverlauf ermöglichen.

Im Ergebnis sollten Anhaltspunkte dafür abgeleitet werden, welche Eigenschaften die fraglichen Kriterien aufweisen sollten, um Sanierungen erfolgreich durchzuführen, ggf. von der Methode her zu modifizieren oder aber abzubrechen.

Diese Kriterien, die weiter unter detailliert diskutiert werden, sind in ihrer Wirksamkeit auf die Schadstoffausbreitung und auf den Ablauf von Sanierungsmaßnahmen in der Fachwelt allgemein bekannt und bereits in ihren Wirkungszusammenhängen teilweise

---

erforscht.

Deswegen ist es möglich, die generellen Zusammenhänge zunächst hypothetisch auch auf der quantitativen Ebene zu formulieren und die daraus abgeleiteten Folgerungen anhand der dokumentierten Fallbeispiele im Sinne einer empirischen Epignose zu überprüfen.

## **5.2 Ansatz von Schadstoffpotenzialen**

Ein Grundwasserschaden liegt vor, wenn ein räumlich begrenzter Grundwasserkörper mit einer Schadstoffmenge beaufschlagt wurde, die im Grundwasser als Geringfügigkeitsschwellen übersteigende Konzentration messbar wird.

Diese „Beaufschlagung“ des Grundwasserkörpers ist ein differenziert zu betrachtender Vorgang, der die schadstofftypischen Wechselwirkungen im Dreiphasensystem Boden-Wasser-Luft zu berücksichtigen hat.

Die gesamte dem Schadensbild Boden-Wasser-Luft als Ursache zugrunde liegende Schadstoffmenge, im Weiteren als Eintragspotenzial bezeichnet, verteilt sich in einem dynamischen Prozess auf die Kompartimente Boden, Wasser und Luft.

Dieser Verteilungsprozess wird neben den schadstoffspezifischen durch natürliche Faktoren (bodenphysikalisch/-chemische Kennwerte, Grundwasserdynamik/-chemismus u. s. w.) sowie im Sanierungs-/Sicherungsfall durch gezielte Maßnahmewirkungen beeinflusst.

Für jeden Schadensfall lässt sich im Sinne einer Bilanzierung die Verteilung des Eintragspotenzials auf Boden, Wasser und (Boden)-Luft postulieren.

Dies ist jeweils für einen bestimmten Zeitpunkt der Betrachtung möglich. Im Vergleich dieser Potenzialansätze für verschiedene Zeitpunkte ergeben sich Potenzialveränderungen, die als Potenzialströme oder Schadstofffrachten zu deuten sind.

Innerhalb der Kompartimente Boden, Wasser und Luft ist das jeweilige Schadstoffpotenzial wiederum zu differenzieren.

Für den Boden ergibt sich zunächst die Grobunterteilung in gesättigte und ungesättigte Bodenzone, wobei hier die Grundwasserdynamik zu berücksichtigen ist.

Im Grundwasser, dem an dieser Stelle das Hauptinteresse gilt, sollen alle wesentlichen Potenzialströme beispielhaft aufgezeigt werden:

Im betroffenen, geometrisch begrenzt angenommenen Grundwasserkörper können folgende wesentliche Potenzialanteile unterschieden werden:

- mobiles Potenzial
- adsorptiv gebundenes Potenzial
- dem natürlichen Abbau unterliegendes Potenzial

Wechselwirkungen zwischen diesen Potenzialanteilen sind zu berücksichtigen.

Weiterhin ergeben sich folgende relevante Potenzialströme, die in einer Bilanzierung zu betrachten sind und auf die oben benannten Potenzialanteile wirken (+: Zuwachs, -:



---

Minderung):

- + Einträge aus Sickerwässern / über die Grundwasserneubildung
- + Zustrom belasteter Grundwässer
- + Desorption vom Bodenkorn der gesättigten Zone über das Porenwasser in das strömende Grundwasser
- – Ausgasung in die Bodenluft
- – Abstrom belasteter Grundwässer
- – Potenzialentnahme durch Sicherung/Sanierung

Unter Nutzung dieses Betrachtungsmodells lassen sich über Schadstoffpotenziale und Potenzialströme („Frachten“) alle Problemstellungen der Gefahrenbewertung, der Sanierungsplanung, -durchführung und Erfolgskontrolle typisiert darstellen und sich somit verschiedene Schadensfallkonstellationen einer vergleichenden Bewertung zugänglich machen. Dabei ist aufzuzeigen, wie die jeweiligen falltypischen Randbedingungen auf Potenzialverteilung und Potenzialströme wirken.

### 5.3 Der Gefahrenbegriff

Die Grundlage für jede Gefahrenbewertung bildet die Ermittlung von Schutzgütern und deren Gefährdung durch schadstoffbelastete Böden, Bodenluft oder Grundwasser. Gefahren oder potenzielle Gefährdungen dieser Schutzgüter liegen vor, wenn reale oder prognostizierbare Potenzialströme das Schutzgut erreicht haben oder es in absehbaren Zeiträumen erreichen werden.

Definiert man die Intensität der Gefährdung über die Überschreitungshäufigkeit von Geringfügigkeitsschwellen, so lässt sie sich bei eingetretenen Gefährdungen über Messungen der Belastungen am Schutzgut, bei prognostizierten Potenzialströmen (die in Schadstoffmenge/Zeiteinheit ausgewiesen werden) nach Umrechnung in eine Konzentration am Schutzgut ausweisen.

### 5.4 Sanierungsziele

Es werden „äußere“ und „innere“ Sanierungsziele unterschieden.

„Äußeres“ Sanierungsziel kann z.B. die „vollständige Dekontamination des Grundwasserkörpers sein, als „inneres Sanierungsziel“ wäre daraus eine nachhaltige Konzentrationsreduzierung bis auf die Geringfügigkeitsschwellen der zu betrachtenden Schadstoffe abzuleiten.

Daraus ergeben sich in der technischen Maßnahme konkrete „innere“ Sanierungsziele, die man auch als Sanierungszielwerte bezeichnen könnte, z.B. konkrete Konzentrationen der einzelnen Schadstoffe, die dauerhaft zu unterschreiten sind.

Im Rahmen der Gefahrenabwehr als Sanierungsziel ergibt sich aus der Forderung, bestimmte Frachten im Schadstofftransport auf die Schutzgüter (z.B. die Brunnenfassung eines Wasserwerks) zu unterschreiten wiederum konkrete Konzentrationsangaben als

---

Sanierungszielwert, die in bestimmten Arealen des Grundwasserkörpers zu unterschreiten sind.

Als tolerierbare Schadstoffkonzentration im Grundwasser ausgewiesene Sanierungszielwerte oder Frachten sind bei Kenntnis der hydrogeologischen Randbedingungen im Schadensbereich bzw. Abstrom in Restpotenziale umzurechnen und so in die Schadstoffbilanz einzubringen. Um diese Umrechnungen durchzuführen, sind die hydrogeologisch/hydrochemisch den Schadstofftransport bestimmenden Kriterien zu erheben. Diese werden weiter unten herausgearbeitet.

Es ergibt sich also rekursiv für den Schadensherd ein aus der am Schutzgut tolerierten Schadstofffracht oder -konzentration abgeleitetes Sanierungsziel für den Eintragsbereich, das nur anhand konkreter Kenntnisse zum Schadstofftransport und zu den auf dem Transportweg ablaufenden Prozessen (natürlicher Rückhalt, natürlicher Abbau) ermittelt werden kann.

## **5.5 Sicherungs- und Dekontaminationsmaßnahmen**

Sicherung hat das Ziel, eine Gefahrenlage zumindest nicht zu verschlechtern. Sicherungsmaßnahmen wirken daher entweder auf die der Schutzgutgefährdung zuzuordnende Potenzialströmung durch Entnahme, durch Überführung in nicht mehr gefahrenrelevante Spezies oder durch hydraulische Fixierung.

Somit werden die Schadstoffe bei der Entnahme beispielsweise adsorptiv an A-Kohle gebunden und dann entweder zurückgewonnen, thermisch verwertet oder als Abfall beseitigt. Die „Überführung“ in nicht mehr gefahrenrelevante Spezies kann z.B. als unterstützter natürlicher Abbau (ENA) geschehen. Bei der reinen Fixierung (z.B. über eine Dichtwand) verbleiben die Schadstoffe im Grundwasser, ggf. findet ein natürlicher Abbau statt.

Dekontamination bedeutet immer Potenzialreduzierung von gefahrenrelevanten Potenzialanteilen. Dies kann z.B. in-situ durch die Überführung mobiler Anteile in abbaubare Anteile geschehen (ENA) oder aber, wie in den meisten Fällen, durch hydraulische Entnahme schadstoffbelasteter Wässer. Verbleib der entnommenen Schadstoffe analog Sicherung.

Der Bestimmung von Schadstoffpotenzialen, deren „Verfrachtung“ und ggf. deren Umsetzung in geringer umweltgefährlicher Stofflichkeiten kommt daher besondere Bedeutung zu.

Die derzeit am häufigsten zur Sanierung / Sicherung eingesetzten hydraulischen Sanierungsverfahren erlauben eine präzise Ausweisung des entnommenen Schadstoffpotenzials („Schadstoffaustrag“). Dieser Bilanzstrom stellt in Relation zum mobilen Potenzial im Schadensbereich (der einer hydraulischen Maßnahme zugänglich ist) sowie dem Konzentrationsrückgang im Grundwasser (der den dortigen Potenzialrückgang beschreibt) vor dem Hintergrund des tolerierten Restpotenzials (Sanierungsziel) die wesentliche Information zum Thema Fortschritt und Effizienz des Sanierungsverfahrens und Sanierungserfolg dar.

---

## 5.6 Sanierungserfolg

Übliche Praxis ist es, den Sanierungserfolg über die Unterschreitung festgelegter Prüfwerte der Schadstoffkonzentration im Grundwasser innerhalb einer Sanierungszone zu definieren.

Es werden also die Ergebnisse chemischer Analysen von Grundwasserproben, die an Messorten innerhalb der Sanierungszone gewonnen werden, zur Beurteilung herangezogen.

Knüpft man den Sanierungserfolg an den Gefahrenbegriff, so ist eine Sanierung dann erfolgreich, wenn auch bei ungünstiger Veränderung von Randbedingungen keine weitere oder neue Gefährdung von Schutzgütern zu besorgen ist.

Übersetzt man diesen Sachverhalt in die hier genutzte Nomenklatur, so ist die Sanierung dann erfolgreich, wenn der Grundwasserkörper auch langfristig kein mobiles Potenzial aufweist / freisetzt und die für diesen Potenzialstrom anzuwendenden Geringfügigkeitsschwellen als Konzentration am Schutzgut nicht überschritten werden.

Die messtechnische Überprüfung dieses Zustands benötigt Messorte und -verfahren, die diesem Ansatz entsprechen.

Um beispielsweise das im Schadensherd im Grundwasser vorhandene Schadstoffpotenzial darstellen zu können, sind Messstellen erforderlich, die eine schichtgetreue Probenahme in jeder im Grundwasserschadensbereich hydrogeologisch relevanten Einheit ermöglichen. Weiterhin sind die Probennahmebedingungen so zu gestalten, dass die Austauschraten während der Probenahme hinreichend gering sind, um die Konzentrationsverteilung zwischen Porenwasser und strömendem Grundwasser durch die Probenahme nicht zu sehr zu verschieben.

## 5.7 Fazit

Die Empfehlungen des aus der Analysen der Fallsammlung abzuleitenden Leitfadens zielen dahin, die Kriterien zur Ermittlung der Gefahrenlage, der Sanierungsplanung und Sanierungsdurchführung sowie der Erfolgskontrolle für Grundwasserschadensfälle unter Nutzung der beschriebenen Nomenklatur unter besonderer Berücksichtigung von hydraulisch zu sanierenden LHKW-Schadensfällen rechtssicher herauszuarbeiten.

Es geht also darum, aus den Angaben zum Schadenbild das Schadstoffpotenzial vor Beginn der Sanierungsmaßnahme abzuleiten und dann die weitere Entwicklung dieser Schadstoffmenge im Grundwasser unter Berücksichtigung der durch die Maßnahme entnommenen Anteile zu beurteilen.

Besondere Beachtung ist weiterhin den wesentlichen Faktoren zu widmen, die einer nachhaltigen Reduzierung des Schadstoffpotenzials im strömenden Grundwasser entgegenwirken:

- Rekontamination des Grundwassers durch Schadstoffeintrag aus der ungesättigten Bodenzone
- Mangelnde Reduzierung des im Porenwasser vorhandenen Schadstoffpotenzials durch ungünstige hydraulische Randbedingungen der Maßnahme

- 
- Rekontamination des Porenwassers und des strömenden Grundwassers durch Restkontaminationen des Bodens in der gesättigten Bodenzone

## 6 Das Bilanzmodell

Welche Kriterien bestimmen den Verlauf und den Erfolg von Sanierungsmaßnahmen?

Lassen sich die in der Fallsammlung dokumentierten Sanierungsverläufe als Szenario anhand eines empirisch-epignostisch abgeleiteten Bilanzmodells abbilden?

Wäre ein solches Bilanzmodell prinzipiell geeignet, auch als einfaches Prognoseinstrument für einen zukünftigen Sanierungsverlauf unter Ansatz definierter Randbedingungen und der Erfahrungen einer ersten Sanierungsphase zu dienen?

Zur Ermittlung der Kriterien und Epignose von Sanierungsverläufen bei hydraulischen Sanierungsmaßnahmen mit Leitschadstoff LHKW wurde zu diesem Zweck auf der Basis eines Bilanzmodells ein Instrument geschaffen, das die Wirkung der theoretisch relevanten Randbedingungen, wie sie in der Fallsammlung hinterlegt wurden, auf den Sanierungsverlauf im Schadensherd rechnerisch als idealisierte Verlaufskurve der Schadstoffkonzentration im zu sanierenden Grundwasserleiter und parallel als Schadstoffkonzentration im hydraulisch entnommenen Grundwasser abbildet.

Sicherlich existieren genauere und auch komplexere Bilanzmodelle mit differenzierten Randbedingungsansätzen. Der Stand der Informationen der betrachteten Fälle und die Nutzung von GWKON lassen jedoch durchaus einen vereinfachten, weniger aufwändigen Ansatz zu und rechtfertigen diesen im Ergebnis auch.

Grundlage dieses Berechnungsmodells sind Bilanzbetrachtungen, die auf dem weiter oben beschriebenen Ansatz von Schadstoffpotenzialen basieren.

Anhand der hydraulischen Randbedingungen für den Schadensfall wie Mächtigkeit des Grundwasserleiters, Grundwassergefälle und Porosität im Grundwasserleiter wird zunächst ermittelt, wie in einem über seine Fläche definierten Schadensbereich der Grundwasseraustausch je Zeiteinheit (Tag) stattfindet. Daraus ergibt sich anhand der Ausgangs-Schadstoffkonzentrationen der tägliche Schadstoffaustrag in Abstromrichtung. Dies führt, je nachdem wie viel Schadstoffe über eine Sickerwasserströmung oder durch Lösung vom Bodenkorn in der gesättigten Zone in das Grundwasser eintreten, zu einer Konzentrationsentwicklung im Schadensbereich. Zusätzlich werden aus dem Anstrom eintretende Schadstoffpotenziale (Hintergrundbelastung) berücksichtigt.

Beim Ansatz einer Pump-and-Treat-Maßnahme im Schadensbereich verändert sich die Strömungsbilanz entsprechend, je nach Entnahmemenge wird Grundwasser in bestimmten Anteilen aus dem Anstrom, seitlich, und dem Abstrom herangezogen. Dies verschiebt die Lösungsgleichgewichte im Grundwasserleiter je nach Entnahmeintensität und Sieblinie des Aquifer-Sedimentes. Es ergibt sich im geförderten Grundwasser eine Austragskonzentration für den Schadstoff, der als Potenzialreduzierung auf den Schaden wirkt und die Schadstoffkonzentration im Grundwasserleiter reduziert.

Die in der Fallsammlung repräsentierte Bandbreite an Verlaufskurven sowohl bezogen auf den Austrag der Schadstoffe als auch bezogen auf die Konzentrationsentwicklung im Grundwasserleiter ließ sich in Kategorien einteilen, die zu den weiter unten be-

---

schriebenen Typkurven führten. Die Frage nach den Ursachen für diese typischen Sanierungsverläufe führte zu der Erkenntnis, dass Abweichungen von der Idealkurve, bei der das gesamte Schadstoffpotenzial ohne weiteren Nachschub im Grundwasser gelöst vorliegt, das Korngefüge kaum Porenwinkelwasser in relevanten Anteilen aufweist und die Maßnahme das kontaminierte Grundwasser nur einmal auszutauschen braucht, um das Schadstoffpotenzial vollständig zu entnehmen, sich auf wesentliche Gründe zurückführen lassen:

- Schadstoffeinträge in das strömende Grundwasser aus der ungesättigten Bodenzone
- Schadstoffeinträge in das strömende Grundwasser über Lösungsvorgänge in der gesättigten Bodenzone
- Schadstoffeinträge in den Schadensbereich von außerhalb
- Grundwasserentnahmen, die entweder im Schadensbereich nur lokal (in der Fläche oder in der Tiefe) wirken
- Grundwasserentnahmen, die im Bezug zur Ruhestromung im Grundwasserleiter eine zu hohe Austauschrate mit sich bringen

Diese Effekte sollten mit dem Bilanzmodell abgebildet werden können.

Berücksichtigt bzw. berechnet werden daher folgende Randbedingungen:

<b>Grundwasserkörper</b>	Fläche
	Mächtigkeit der ungesättigten Zone
	Mächtigkeit der gesättigten Zone
	Porosität des Grundwasserleiters
	Nutzporenraum im GWL
	Haftwasserraum im GWL
<b>ruhendes Grundwasser</b>	kf-Wert
	mittleres Gefälle
<b>GW-Neubildung</b>	mittlere GWN
<b>Kontamination (als mittlere Konzentration des Schadstoffs)</b>	im Boden in der ungesättigten Zone
	im Boden in der gesättigten Zone
	im ruhenden Grundwasser
<b>Zustrom aus Anstrom</b>	Zustrommenge ruhendes GW zzgl. Zustrom aufgrund der GW-Entnahme
<b>Zustrom aus Abstrom</b>	Zustrommenge unter Wirkung der Maßnahme (falls trotz der Entnahme GW abströmt, ist dieser Wert negativ)
<b>Zustrom aus GW-Neubildung und Kontamination des GW über das Sickerwasser</b>	Wassermenge aus GWN sowie SchadstofffrachtAngabe der Sickerwasserkonzentration

<b>Kontamination im Anstrom</b>	Angabe einer Anstromkonzentration
<b>Kontamination im Abstrom</b>	Schadstoff-Potenzial im Abstrom mit Distanz zum Sanierungsbereich
	hydraulische Wirkung der Maßnahme
<b>Maßnahme (idealisiert als mittlere Entnahme über den gesamten kontaminierten GW-Körper)</b>	GW-Förderung

Aus diesen Eckdaten werden einerseits Wasserhaushaltsbilanzen und andererseits Schadstoffpotenziale und zugehörige Frachten tageweise errechnet und die Wirkungen der hydraulischen Maßnahme auf die Potenzialveränderungen abgeschätzt.

Die sich von Tag zu Tag ergebenden Potenzialveränderungen werden wiederum auf Konzentrationen zurückgerechnet und als Konzentrationsganglinie ausgewiesen.

Für die fallbezogene Eichung des Modells, insbesondere die Anpassung der die Lösungsvorgänge bestimmenden sog. Transferfaktoren liegen als belastbarste Messwerte die Fördermengen und die ermittelten Frachten an entnommenem Schadstoffpotenzial vor. Bereits die im Rahmen von Monitoringrunden ermittelten Messwerte für die Schadstoffkonzentrationen im Grundwasserleiter sind interpretierte Mittelwerte. Gleiches gilt für die nur grob abschätzbaren Schadstoffmengen in Boden und Grundwasser vor Beginn einer Sanierungsmaßnahme, die meist auf Messungen im Rahmen von Detailuntersuchungen fußen.

Ausgewiesen werden im Ergebnis der idealisierte Konzentrationsverlauf im Schadensherd (in-situ-Konzentration) sowie die Konzentration des durch die Maßnahme entnommenen Grundwassers, weiterhin die Restpotenziale in den einzelnen Boden- und Grundwasserzonen (Nutzporenraum und Haftwasserraum, Abstrom).

Wesentliche Bestimmungsgröße für das durch die hydraulische Maßnahme entnommene bzw. entnehmbare Schadstoffpotenzial ist der Konzentrationsausgleich zwischen Grundwasser im Haftwasserraum („Porenwasser“) mit dem Nutzporenraum (strömendes Grundwasser). Weiterhin bestimmt die Desorption von am Bodenkorn gebundenen Schadstoffpotenzialen das im Haftwasser- und Nutzporenraum verfügbare Potenzial.

Die im vorliegenden Bilanzmodell für diesen komplexen Schadstoffaustausch verwendeten vereinfachten Formeln basieren auf folgenden Ansätzen:

- der Schadstofftransfer zwischen Porenwasser und strömendem Grundwasser ist abhängig von der Konzentrationsdifferenz und dem Verhältnis der Porenvolumina zueinander sowie von einem empirisch im Sinne einer „Eichung“ der Verlaufskurve abgeleiteten Transferfaktor
- der Schadstofftransfer (die Lösung) vom Bodenkorn in das Porenwasser und strömendes Grundwasser ist abhängig von der Konzentrationsreduzierung gegenüber dem Gleichgewichtszustand bei Maßnahmebeginn sowie einem empirisch abgeleiteten Transferfaktor

Mathematisch stellen sich diese empirisch abgeleiteten Formeln wie folgt dar:

---

$$\text{deltaPot}_{\text{HW-NP}} = \text{Pot}_{\text{tHW}} \times (1 - (\text{Konz}_{\text{NP}} / \text{Konz}_{\text{HW}})) \times \text{AR} \times (1 - \text{Pvol}_{\text{NP}} / \text{Pvol}_{\text{GP}}) \times \text{Tf}_{\text{HW-NP}};$$

$$\text{deltaPot}_{\text{B-HW}} = \text{Pot}_{\text{B}} \times (\text{Pot}_{\text{tHWmax}} - \text{Pot}_{\text{tHW}} / \text{Pot}_{\text{tHWmax}}) \times (\text{Pvol}_{\text{HW}} / \text{Pvol}_{\text{GP}}) \times \text{Tf}_{\text{B-GW}};$$

$$\text{deltaPot}_{\text{B-NP}} = \text{Pot}_{\text{B}} \times (\text{Pot}_{\text{tNPmax}} - \text{Pot}_{\text{tNP}} / \text{Pot}_{\text{tNPmax}}) \times (\text{Pvol}_{\text{PW}} / \text{Pvol}_{\text{GP}}) \times \text{Tf}_{\text{B-GW}};$$

Die Abkürzungen bedeuten:

HW: Haftwasserraum (Porenwasser)

NP: Nutzprenraum (strömendes Grundwasser)

Konz: Schadstoffkonzentration

Pot: Schadstoffmenge

Pvol: Porenvolumen

Tf: Transferfaktor

B: Boden

GW: Grundwasser

Messungen der Grundwasserbelastungen am ruhenden Grundwasser ermitteln eine Schadstoffkonzentration, die einen Wert liefert, der höher als die Konzentration im strömenden Grundwasser und geringer als die Konzentration im Porenwasser ist. Die Förderdaten bei der Probennahme und der Messstellenausbau bestimmen, wie weit dieser gemessene Wert repräsentativ für die „wahren“ Konzentrationsverhältnisse im betrachteten Grundwasserleiter ist.

Eine wesentliche Rolle für das Konzentrationsgefälle zwischen Porenwasser und strömendem Grundwasser und dem davon wiederum abhängigen Schadstoffaustausch spielt daneben die Geschwindigkeit des strömenden Grundwassers. In dem vorliegenden Bilanzmodell wird sie über die Austauschrate abgebildet, der Anteil an Grundwasser, der je Tag im strömenden Grundwasser im Verhältnis zum gesamten Grundwasservolumen zu- bzw. abströmt.

Die Kernfrage war nun, ob sich die für den Sanierungsverlauf im Einzelfall relevanten Potenzialströme bzw. Schadstofffrachten aus einer empirisch anhand der in der Fallsammlung dokumentierten Konzentrations- und Austragskurven abgeleiteten Berechnungsformel in der Art und Weise abbilden lassen, dass es möglich wird, real gemessene Sanierungsverläufe auch theoretisch-idealisiert anhand der bekannten Randbedingungen des Schadensfalls und der Maßnahme nachzuvollziehen.

Im Umkehrschluss kann dann ein Sanierungsfall, bei dem nur die Daten zu Schadstoffaustrag und Konzentrationsentwicklung vorliegen, einem typischen Sanierungsverlauf zugeordnet werden. Somit wird es möglich, einerseits gezielt die Ursachenforschung nach den Abweichungen von der Idealkurve zu betreiben, und andererseits den weiteren Sanierungsverlauf grob zu prognostizieren.



---

Auf der Grundlage dieser theoretisch formulierten Bilanzbetrachtung wurde versucht, die in der Falldatenbank ausführlicher dokumentierten Fallkonstellationen anhand ihrer typischen Konzentrationsverläufe und der hinterlegten Randbedingungen idealisiert abzubilden.

Im Vergleich der in der Sanierungspraxis erhobenen Daten zum Konzentrationsverlauf im Schadensherd sowie den mit der konkreten Maßnahme erzielten Austragsfrachten bzw. Austragskonzentrationen mit dem Bilanzmodell lässt sich einerseits das Instrument generell auf seine Plausibilität in der Epignose des bisherigen Sanierungsverlaufs prüfen, andererseits können die Transferfaktoren für den Übergang von Schadstoffpotenzialen vom Haftwasser in den Nutzporenraum bzw. vom Bodenkorn in das Grundwasser fallspezifisch angepasst werden.

Typische, mit dem Bilanzmodell ermittelte Verlaufskurven sind im Anhang dargestellt.

**Einschränkend sei bemerkt, dass dieses Bilanzmodell idealisierte, homogene, so genannte „mittlere“ Verhältnisse im gesamten Schadensbereich annimmt. Es erlaubt also nur die Darstellung und Auswertung generalisierter, statistisch parametrierter Daten.**

**Das Ergebnis sind „typische“ Verlaufskurven für bestimmte Randbedingungen.**

**Detaillierte, auf den Einzelfall konkret bezogene Prognosen sind nur mit einer qualifizierten Strömungs- und Schadstofftransportmodellierung möglich, die eine Parametrierung in ebenfalls hohem Detaillierungsgrad erfordert.**

Das Instrument ist jedoch hinreichend, um die für eine Maßnahmediskussion wesentlichen Aussagen zu liefern und konkrete Hinweise auf die Wirksamkeit von hydraulischen Sanierungen im Kontext von LHKW als Schadstoff zu geben.

Generell macht es komplexe geohydraulische und geochemische Wechselwirkungen in prinzipieller Form auch für den nicht – Fachmann sichtbar.

Verschiedenste Fallkonstellationen und insbesondere die Wirkungssensitivität der Variation verschiedener Parameter für den Sanierungsverlauf sind so auf einfache Weise als Szenario vergleichbar.

Insbesondere die Wirkungen von Restkontaminationen im Boden der ungesättigten und gesättigten Bodenzone auf den Verlauf der Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser zeigen die Grenzen der Effizienz hydraulischer Sanierungsmaßnahmen auf.

## **7 Auswertungsmethodik an der Falldatenbank GWKON**

Um eine systematische, auf den Leitfaden orientierte Datenrecherche durchführen zu können, mussten die inhaltlichen Anforderungen an den Leitfaden die Basis für das Rechercheraster sowie die DV-technische Datenaufbereitung sein. Die gesamte Leistung stellte somit einen **iterativen** Prozess dar, der mit einem hypothetischen, auf dem beim Gutachter und den Fachleuten der Länder aktuell vorliegenden Kenntnisstand begann.

---

Schwerpunkte der Recherche stellten folgende Fragen dar (Fragestellungen, die durch den Datenbestand wiederum nicht beantwortet werden konnten, sind kursiv gestellt):

- Ermittlung des Standes der Technik hinsichtlich unter zu formulierenden Randbedingungen erreichbarer Sanierungsziele im Grundwasserleiter. Basierend auf diesen Erkenntnissen können im Weiteren insbesondere Aussagen zur Eignung und zur Verhältnismäßigkeit von aktiven Sanierungsmaßnahmen abgeleitet werden. Weiterhin können Aussagen zu den erforderlichen Kenntnissen für die Durchführung der Sanierung und somit zum Umfang der Sanierungsuntersuchung sowie zu den Kriterien für die Beendigung einer Sanierung abgeleitet werden. Letztlich sind konkrete Kenntnisse zur Eignung und Verhältnismäßigkeit von Sanierungsmaßnahmen auch Grundlage für die Ableitung verhältnismäßiger Sanierungsziele.
- *Ermittlung zum Schadstoffverhalten bei eingetretenen Grundwasserschäden, bei denen keine aktiven Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden; Basierend auf diesen Erkenntnissen können im Weiteren insbesondere Aussagen zum Erfordernis von Sanierungsmaßnahmen sowie zum Überwachungsprogramm abgeleitet werden. Weiterhin können Aussagen zu den tolerablen Schadstoffrestkonzentrationen im Grundwasserleiter gewonnen werden, wobei hier der Bezug auf die jeweilige konkrete Schutzgutsituation herzustellen ist.*

Dazu wurden im Datenbanksystem GWKON sowohl statistische als auch fallspezifische Abfragen inkl. der Abfrage von Verknüpfungen implementiert. Aus der Sicht des Forschungsnehmers kam dem Aspekt der fallspezifischen Abfrage eine erhebliche Bedeutung zu, da es für eine ganze Reihe von Sanierungsvarianten keinen hinreichenden Datenpool gab, der belastbare statistische Auswertungen zuließ.

## 7.1 Statistische Auswertungen

Die statistischen Auswertungen bezogen sich auf den gesamten Datenpool, wobei jeweils Gliederungs- und Auswertungsparameter vorzugeben waren.

Wesentliche Gliederungsparameter stellten die Leitschadstoffe dar.

Generell ist es möglich, beliebige Abfragen und Auswertungen über die vorhandenen Parameter durchzuführen. Deshalb wird hier nur auf die grundlegenden Auswertungen eingegangen.

Zunächst erfolgte (gegliedert nach Leitschadstoffen) eine statistische Auswertung der Untergrundverhältnisse, dann der Schadensbilder vor Sanierungsbeginn. Ziel war es, für die weiteren Auswertungsschritte Fallklassen zu bilden und generelle Aussagen zum im Grundwasser/Boden vorhandenen Schadstoffpotenzial sowie zum Nachschubpotenzial und zum Grundwasserchemismus abzuleiten.

Damit kann auch die Fallvarietät des Datenpools anschaulich dargestellt werden und die Möglichkeit der Definition von Fallprofilen belastbar aufgezeigt werden.

Ziel war es, für diejenigen Parameter, die eine Schadstoffausbreitung im Grundwasser wesentlich beeinflussen (z.B. Gradienten, Abstandsgeschwindigkeiten, Durchlässigkeiten) Korrelationen mit den die Ausbreitung beschreibenden Parametern herzustellen.

---

Für die Fälle, die ausreichend Daten zu Konzentrationsverläufen und Schadstoffaustrag boten, wurde ausgewertet, inwieweit die Austragsbilanz bzw. die Potenzialreduzierung, gegliedert nach Sanierungstechnologien, von den Untergrund- und Grundwasserverhältnissen und dem anfänglichen Schadensbild abhängt. Auch hier sollten Wirksamkeitsgrenzen und optimale Arbeitsbereiche für die verschiedenen Förderregimes der vorwiegend hydraulischen Maßnahmen erkennbar werden.

Die Auswertung der nur rudimentär dokumentierten Kostenangaben zu den Sanierungen ergab keine Hinweise auf allgemeine Wirtschaftlichkeitsgrenzen für den Einsatz bestimmter Verfahren.

## **7.2 Fallspezifische Auswertungen**

Ziel der fallspezifischen Auswertungen war es primär, Veränderungen des Schadensbildes und den Verlauf einer durchgeführten Sanierung (oder auch Sicherung) während des in der Datenbank erfassten Zeitraumes einander gegenüber zu stellen. Dies betraf hauptsächlich die Konzentrationsveränderungen im Eintragsbereich, für die Fahnen lagen selten hinreichende Daten vor. Dem gegenüber wurden die Betriebsprogramme der Grundwasserentnahme ausgewertet.

Auch hier wurde deutlich, dass ohne detaillierte Erfassung der Konzentrationsverläufe innerhalb der Eintragsbereiche, der Fahne und der Erfassung der Fahnenbewegung sowie der Austragsbilanzen keine stichhaltige Auswertung möglich war.

Die Entwicklung der Konzentrations- und Austragsbilanzen wurden in Form von Konzentrationsdiagrammen ausgegeben.

Aus der Erfahrung lässt sich an dieser Stelle bereits sagen, dass jeder Fall in der Gesamtschau bewertet werden muss, um bei der Vielzahl beeinflussender Randbedingungen Ursachen und Wirkungen im Kausalzusammenhang herausarbeiten zu können.

So diene das oben beschriebene Bilanzmodell dazu, die Randbedingungen des Einzelfalles für eine Epignose des Konzentrationsverlaufs und des Austrags zu nutzen, um diese danach mit den real gemessenen Verhältnissen zu vergleichen.

Zu diesem Zweck wurden die Einzelfalldaten der Fälle mit höherer Datendichte einer Korrelationsanalyse unterzogen, die wiederum die für den Schadensfall jeweils charakteristische Kurve für Konzentration im Schadensherd und Austrag lieferte.

Die Streuungsparameter dieser Kurven können dann vor dem Hintergrund der individuellen Randbedingungen interpretiert werden (siehe unter Ergebnisse).

Der Vergleich der mit dem Bilanzmodell für den Einzelfall erzeugten Typkurve mit der statistisch aus den Messwerten ermittelten erlaubt einerseits den prinzipiellen Nachweis der Eignung des Bilanzmodells, andererseits eine generalisierte Eichung der Transferfaktoren Haftwasserraum – Nutzporenraum und Bodenkorn – Grundwasser in der gesättigten Zone ohne Berücksichtigung der Mikrostrukturen des Einzelfalles. Hier wäre wiederum eine Modellierung im Detail erforderlich.

Die Systematik der Typkurven wurde vor allem aus dem Grund entwickelt, weil es nicht möglich war, statistisch auch nur annähernd abgesicherte Fallklassen zu bilden. Durch

---

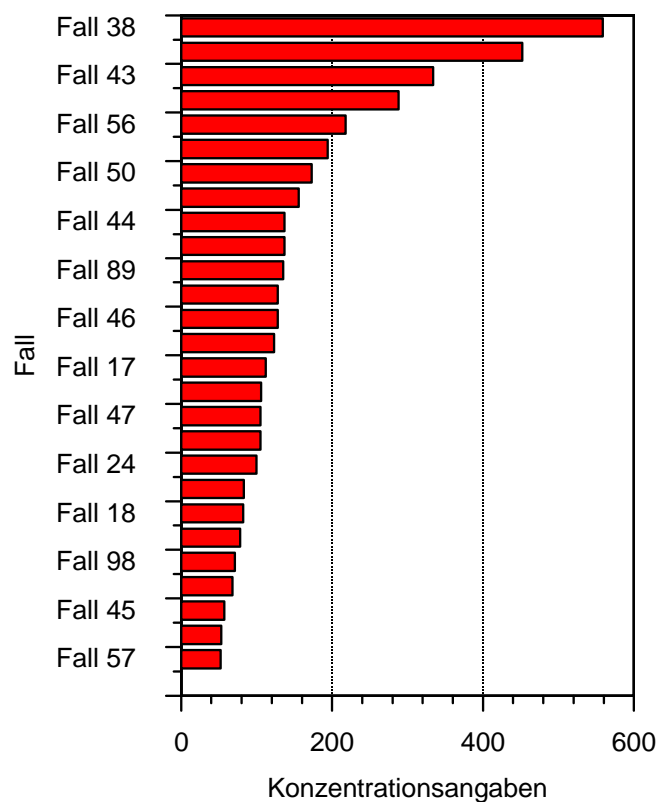
die Typkurven wird eine Methode gewählt, die Einzelfälle mit verschiedenen Randbedingungen vergleichbar macht.

## **8 Auswertung der in GWKON geführten Fallsammlung**

### **8.1 Auswertungsbegrenzende Datendefizite (Stichtag 31.05.2003)**

Wie bereits mehrfach erwähnt und in der quantitativen Analyse der Daten dargestellt, liegt der Fokus der Auswertungen auf der Ableitung von Handlungsempfehlungen für hydraulische Sanierungsmaßnahmen mit LHKW als Leitschadstoff.

Die Fallauswahl konzentriert sich auf der Ebene der Auswertung von Konzentrationsentwicklungen und Schadstoffaustrag somit auf die folgenden Fälle mit vergleichsweise hoher Datendichte:



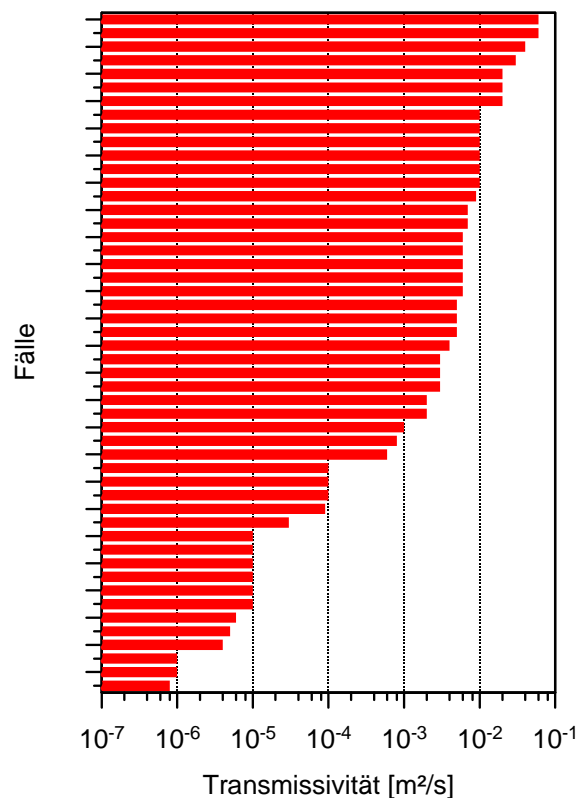
### **8.2 Hydrogeologischer Schadenskontext**

Zur vergleichenden Bewertung des hydrogeologischen Schadenskontextes wurden die dokumentierten Schichtabfolgen in Durchlässigkeitsklassen eingestuft und die jeweiligen Profile als Durchlässigkeitsprofil dargestellt (siehe Anhang).

In einem zweiten Schritt wurden aus den Schichtmächtigkeiten in Verbindung mit den Durchlässigkeitswerten Transmissivitäten berechnet und für weitere Auswertungen bereitgestellt (Tabelle siehe Anhang).

Die Streuung der Transmissivitäten in den oberen Grundwasserhorizonten ausgewähl-

ter LHKW-Schadensfälle zeigt die folgende Grafik.



### 8.3 Hydrochemischer Schadenskonzext

Da der hydrochemische Schadenskonzext nur in wenigen Einzelfällen dokumentiert wurde, dienen die Daten nur der Einzelfallbetrachtung.

### 8.4 Schadensbild im Dreiphasensystem Boden – Wasser – Luft

Die Datendichte zur Dokumentation der Schadensbilder vor Sanierungsbeginn in GWKON ist vor dem Hintergrund einer statistischen Auswertung unter Einbeziehung des Dreiphasensystems Boden – Bodenluft – Grundwasser und der Differenzierung in Herd und Fahne als unzureichend zu bezeichnen.

Angaben zu den Eintrags- und Fahnenbereichen ergeben bezüglich der LHKW-Schadensfälle für Grundwasser das folgende Bild (nach Schadensumfang sortiert):

Fall	Volumen Eintrag [m³]	Fläche Eintrag [m²]	mittlere Konzentration [µg/l]	Kartierungsgrenze [µg/l]	Eintrags-tiefe Eintrag [m]	Volumen Fahne [m³]	mittlere Konzentration F. [µg/l]	Kartierungsgrenze F. [µg/l]
Fall 87	12500000	416667	10000		30			
Fall 63	466800		200000	200				
Fall 65	300000	25000	70000	20	12	2500000	500	20
Fall 25	550000	110000	15000	5000	5	120000	2000	17

Fall	Volumen Eintrag [m³]	Fläche Eintrag [m²]	mittlere Konzentration [µg/l]	Kartierungs- grenze [µg/l]	Eintrags- tiefe Ein- trag [m]	Volumen Fahne [m³]	mittlere Kon- zentration F. [µg/l]	Kartierungs- grenze F. [µg/l]
Fall 35	150000		50000	20000		2000000	10000	10
Fall 19	260000	26000	10000	100	10			
Fall 52	112500	28125	20000	10	4	3750000	70	10
Fall 66	243000	18692	5000	20	13	2500000	500	20
Fall 67	2250000	64286	500	20	35			
Fall 18	6000	1200	150000	100	5	250000	500	100
Fall 15	12000	923	56000	100	13	280000	1200	100
Fall 33	70000	8235	8000	3000	8.5			
Fall 21	14000	2000	25000	100	7	20000	3000	100
Fall 29	45000	2250	7500	1000	20	290000	1200	1000
Fall 50	240000	24000	1200	0.05	10	25200000	300	0.05
Fall 45	22500	2045	10000	3200	11	52500000	250	8
Fall 27	11400	1900	15000	1600	6			
Fall 17	30000	5000	5000	10	6	300000	600	10
Fall 32	7000	700	20000	1000	10			
Fall 20	6000	600	20000	100	10	100000	1500	100
Fall 48	112000	5600	1000	10	20	9000000	200	10
Fall 13	30000	2500	3500	100	12	300000	1000	100
Fall 71	14400	2400	7000	600	6	10800	10	2
Fall 58	50000	8333	2000	1000	6			
Fall 47	43000	4300	2200	1500	10			
Fall 26	20000	2500	4000	1000	8	1400	500	50
Fall 22	1260	210	60000	10	6	192000	1000	10
Fall 2	1800	180	36100	100	10	90000	184	100
Fall 92	32000	1882	2000	30	17			
Fall 14	5000	333	12500	100	15	102000	500	100
Fall 96	8000	630	5000	500	12.7	1000000	300	10
Fall 31	2625	375	15000	13500	7			
Fall 28	2000	2000	18000	10000	1	11200	150	50
Fall 12	35000	5833	1000	50	6	60000	100	50
Fall 68	15000	1875	2200	230	8	10000	800	
Fall 39	5000	500	4500	100	10	40000	100	40
Fall 41	110	31	100000	16000	3.5	9600	1000	100
Fall 37	10000	167	1000	500	60	6000000	100	10
Fall 24	700	100	13270	13270	7	6600	0.4	0.4
Fall 30	30000	3333	300	100	9			
Fall 49	8500	425	1000	1	20			
Fall 44	4800	229	1500	1400	21	80000	750	700
Fall 36	20000	5000	200	200	4	250000	2000	10
Fall 46	1200	150	1700	1500	8			
Fall 34	5000	833	400	200	6	150000	15	5
Fall 43	1000	71	600	500	14	90000	1500	250
Fall 89	18	4	10500	10000	5	260	5000	720
Fall 40	900	30	200	200	30			
Fall 42	18	3	8700	8000	6.5	240	5000	2100

Aussagen zur Abstrombelastung im Fahnenbereich sowie zu den Bodenbelastungen in

---

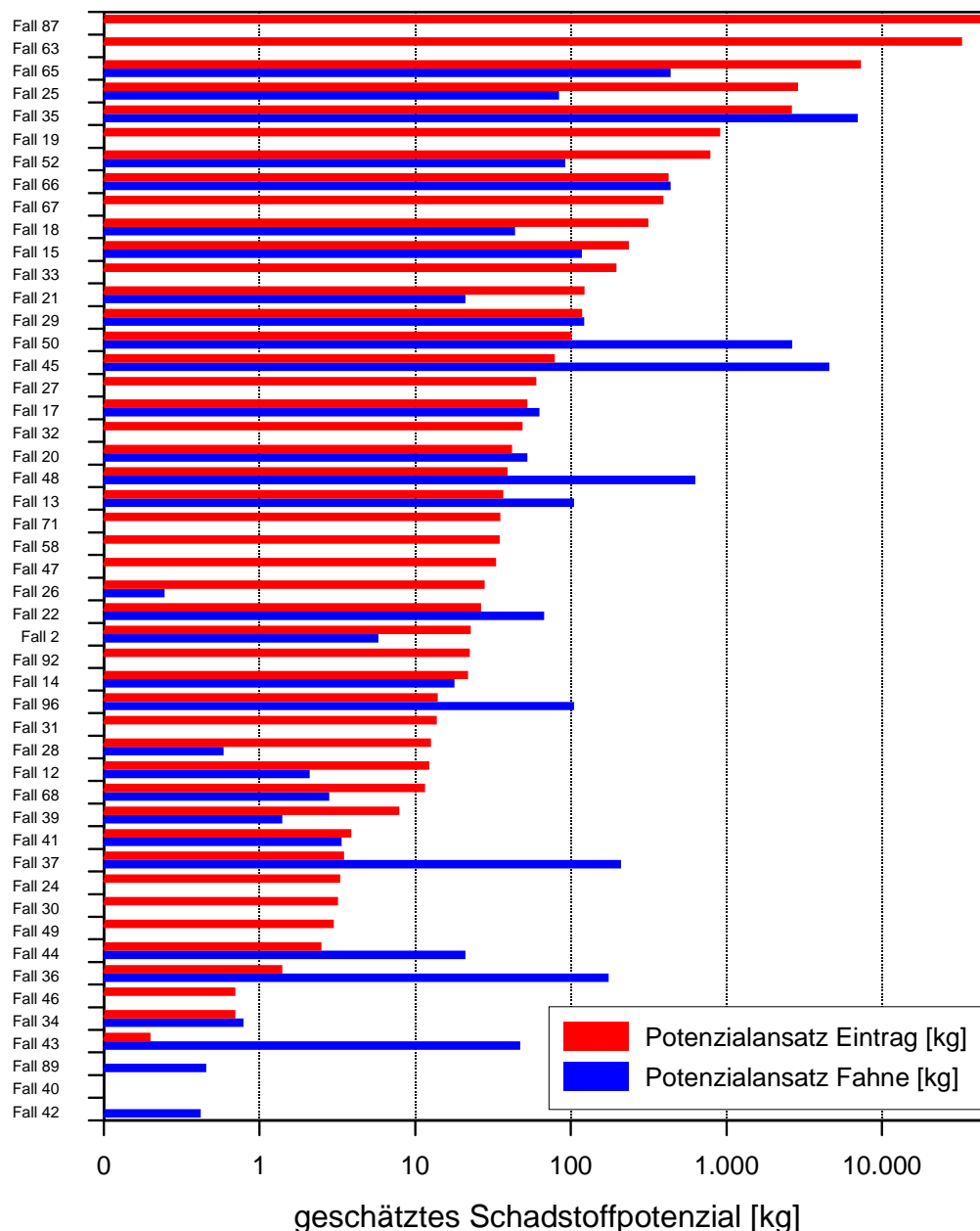
gesättigter wie ungesättigter Zone dienen nur der Einzelfallanalyse.

Aufgrund der äußerst unterschiedlichen Kartierungsgrenzen (d.h. die Schadstoff-Konzentration, die das gutachterlich eingeschätzte Kontaminationsvolumen begrenzt) ergeben sich keinerlei erkennbare statistisch abzusichernde Zusammenhänge zwischen den Parametern des Schadensbildes.

Bezüglich der Angaben zu den Fahnengeometrien sind auch die uneinheitlichen Kartierungsgrenzen zu berücksichtigen, so dass die Längeneinschätzungen der Fahnen nicht zu sinnfälligen Auswertungen zu nutzen sind.

Für weitere Recherchen bezüglich dieses Themas steht die Datenbank dem Nutzer zur Verfügung.

Setzt man für die gemachten Angaben zum Schadensbild eine vereinfachte Potenzialabschätzung an (mittleres Porenvolumen 35 %), so ergibt sich für die im Grundwasser gelösten LHKW-Mengen folgende Verteilung:



Auch hier zeigt sich eine extreme Streuung des geschätzten Schadstoffinventars an LHKW. Die Grenze von etwa 1t gelösten LHKW wird von 5 Fällen überschritten.

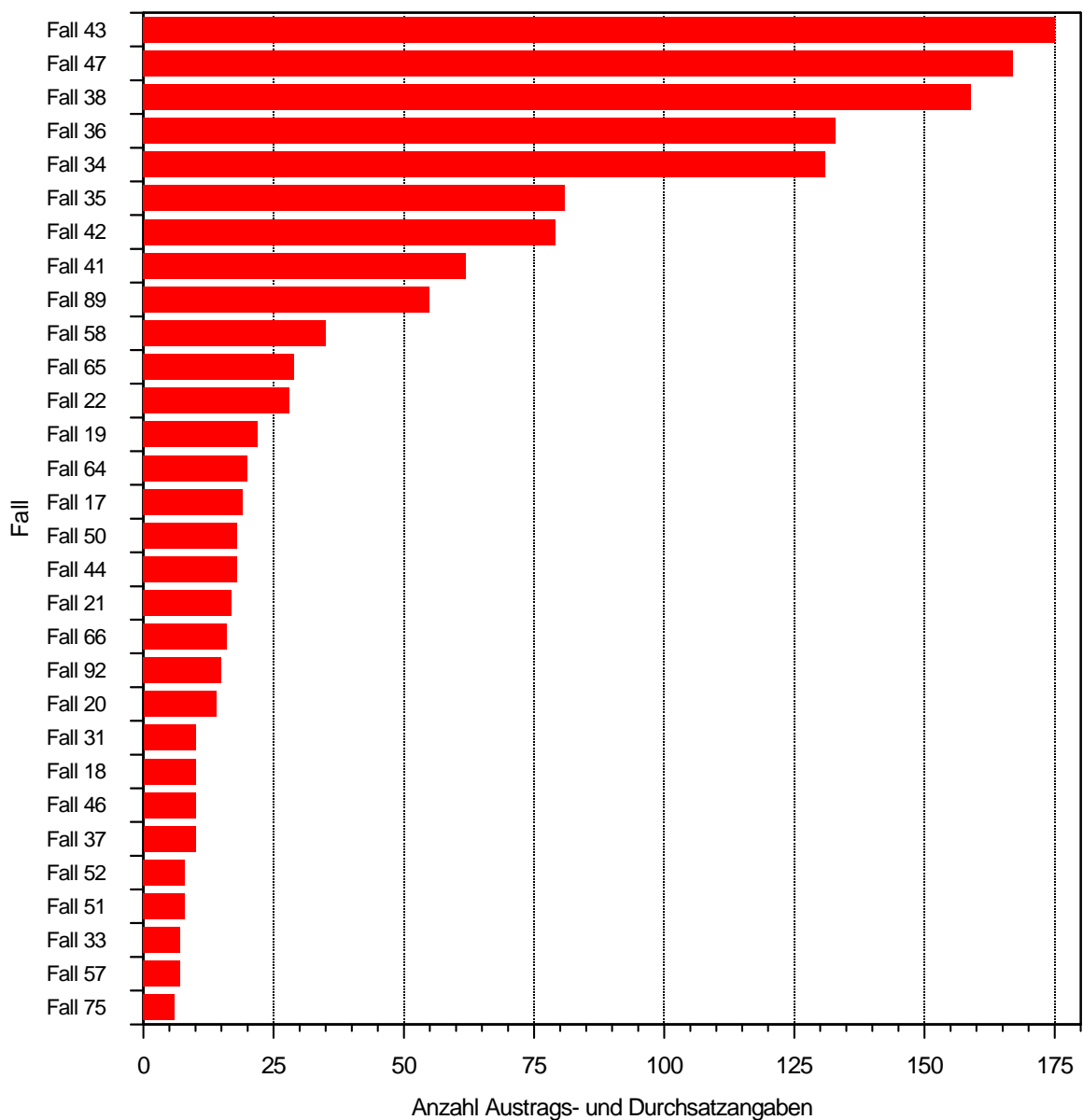
Bemerkenswert ist auf der anderen Seite, dass immerhin in 11 Fällen Sanierungsmaßnahmen bei einem geschätzten Schadstoffpotenzial von unter 10 kg durchgeführt werden bzw. wurden.

## 8.5 Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen mit ihren Betriebsprogrammen

Die Detailliertheit der Dokumentation des Schadstoffaustrags und der zugehörigen Durchsätze bei hydraulischen Maßnahmen ist von Fall zu Fall sehr unterschiedlich.

Folgende Grafik zeigt die Datenlage für die ausführlicher dokumentierten LHKW-Schadensfälle:





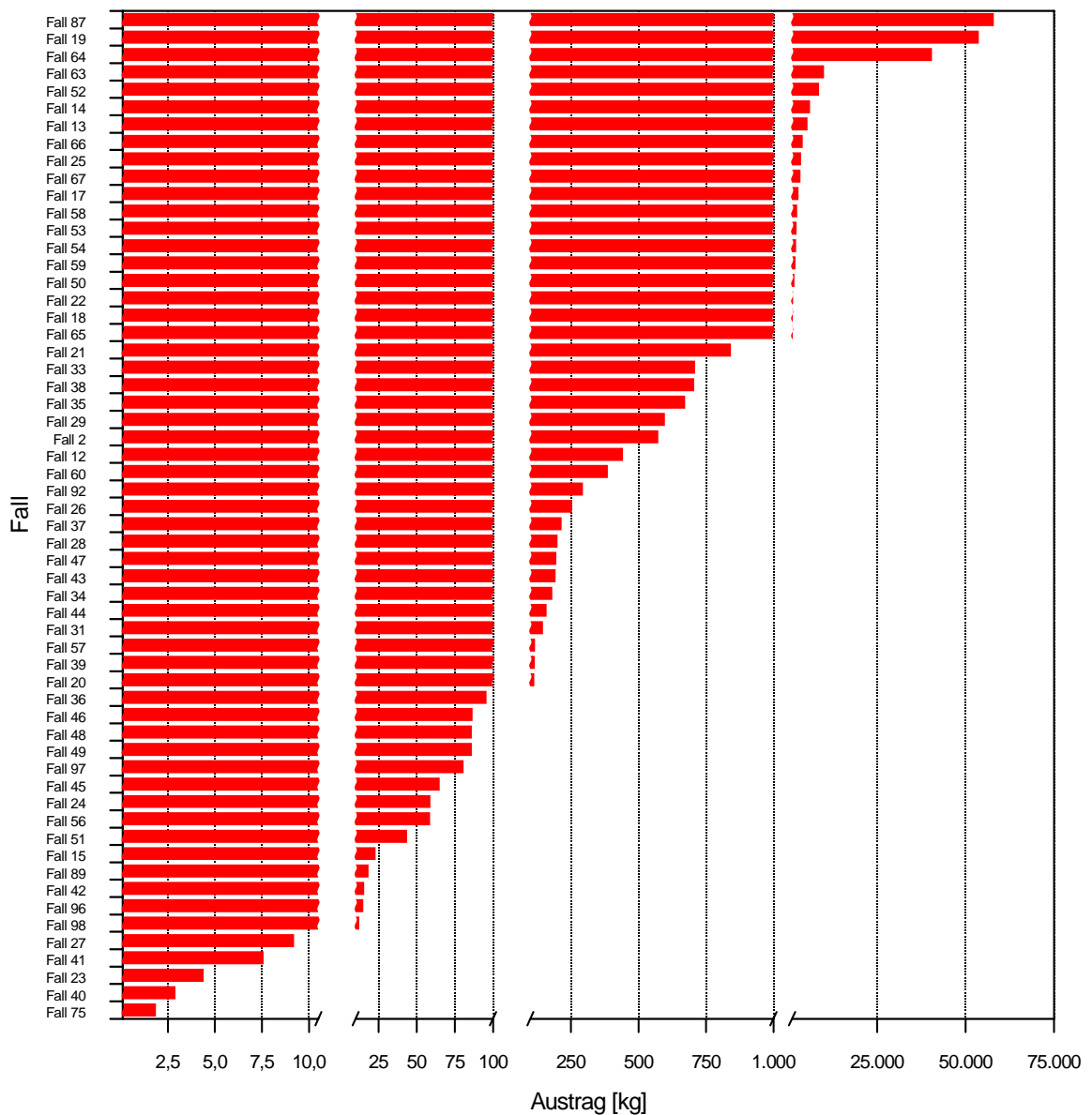
Bedenkt man, dass die zu beschreibende Sanierungsdauer bis zu 15 Jahre beträgt, wird deutlich, dass Sanierungsverläufe bezogen auf den Schadstoffaustrag nur für etwa 10 Fälle differenziert beschrieben und ausgewertet werden konnten.

## 8.6 Erfassung der Maßnahmewirkungen

### 8.6.1 Schadstoffaustrag

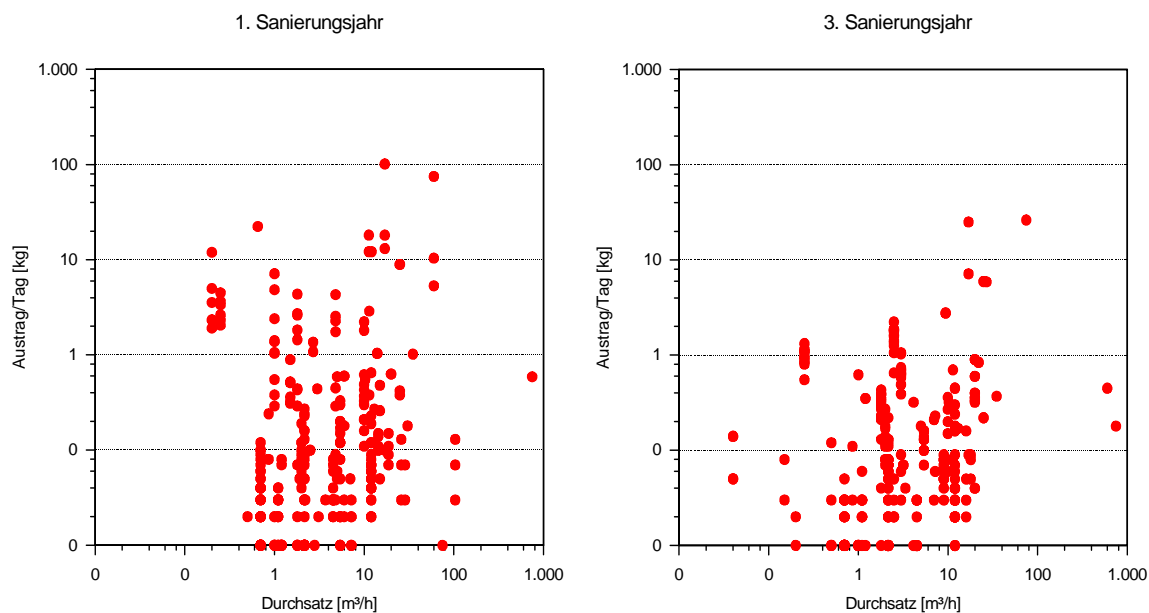
Hier gelten sinngemäß die Aussagen zum vorhergehenden Abschnitt.

Der dokumentierte Schadstoffaustrag stellt sich in kg LHKW bezogen auf die LHKW-Fälle wie folgt dar:



Anmerkung: beim Fall 19 wurden zusätzlich Schwerphasen entnommen, es handelt sich also um keine reine Grundwassersanierung.

Die Verteilung von mittlerem täglichen Schadstoffaustrag und korrespondierender Förderate für das 1. und 3. Sanierungsjahr zeigen die folgenden Grafiken:



Die Streuung ist extrem, ein eindeutiger Zusammenhang ist zunächst nicht erkennbar. Es zeigt sich lediglich, dass im 3. Sanierungsjahr im Vergleich zum 1. kaum noch Austragsraten über 1 kg/Tag zu dokumentieren waren.

Die Auswertung der mittleren täglichen Austragsraten, bezogen auf das einzelne Sanierungsjahr, zeigt für die hinreichend dokumentierten Fälle folgende Situation auf:

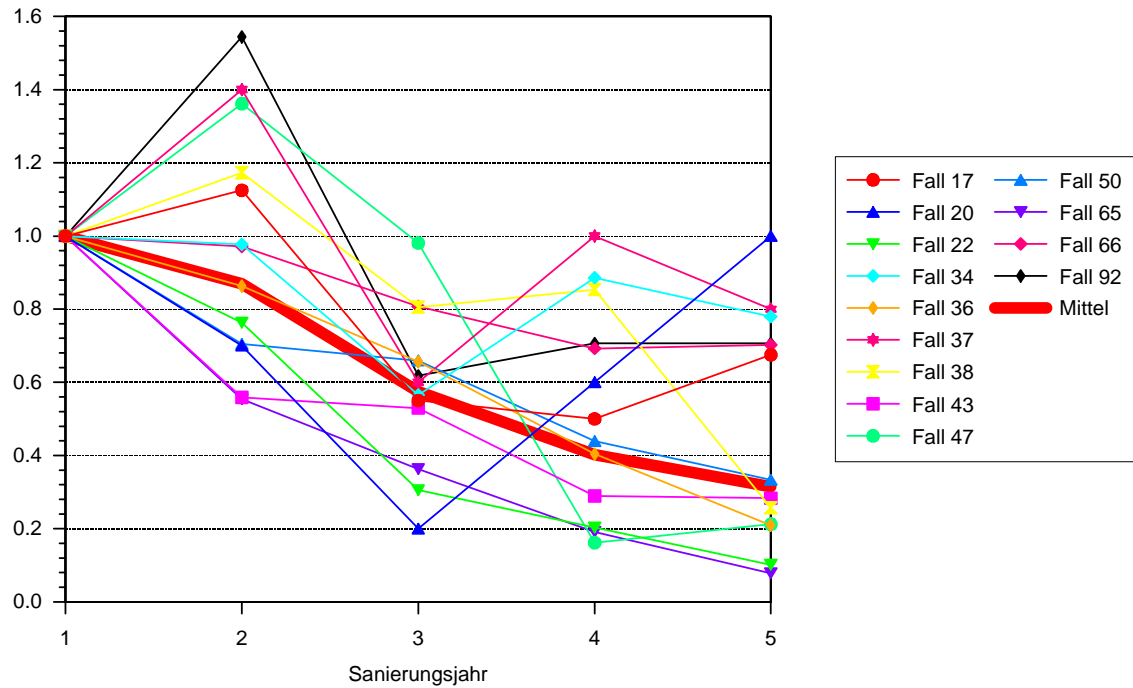
Mittelwert - Austrag/Tag [kg]	Sanierungsjahr					
Bezeichnung	1	2	3	4	5	Mittelwert
Fall 17	0.40	0.45	0.22	0.20	0.27	0.31
Fall 19	8.98	7.49	5.97	8.98	5.39	7.36
Fall 20	0.10	0.07	0.02	0.06	0.10	0.07
Fall 22	0.59	0.45	0.18	0.12	0.06	0.28
Fall 34	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03
Fall 36	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Fall 37	0.05	0.07	0.03	0.05	0.04	0.05
Fall 38	0.07	0.08	0.05	0.06	0.02	0.06
Fall 41	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fall 42	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fall 43	0.11	0.06	0.06	0.03	0.03	0.05
Fall 47	0.09	0.12	0.09	0.01	0.02	0.05
Fall 50	0.44	0.31	0.29	0.19	0.15	0.28
Fall 65	0.51	0.28	0.19	0.10	0.04	0.22
Fall 66	1.04	1.01	0.84	0.72	0.73	0.87
Fall 87	101.80	14.97	25.15	17.31	14.37	34.72
Fall 92	0.11	0.18	0.07	0.08	0.08	0.10
Mittelwert*	0.11	0.10	0.06	0.04	0.03	0.07

\*: ohne die Fälle 19 und 87

Tendenziell ergeben sich bei geringeren Förderraten höhere Austragskonzentrationen - an sich keine neue Erkenntnis. Interessant ist jedoch, dass die mittleren Austragsraten von etwa 100 g LHKW-Austrag pro Tag im 1. Jahr der Maßnahme auf etwa 30 g / Jahr

im 5. Jahr zurückgehen, wobei die Streuung der Austragsrate innerhalb des Jahres (wenn man die Extremfälle unberücksichtigt lässt) beim Faktor 100 liegt (10 g bis 1000 g pro Tag im ersten Jahr).

Normiert man die Austragsraten auf die Werte des 1. Jahres, so ergeben sich in den Folgejahren die folgenden Rückläufigkeiten:

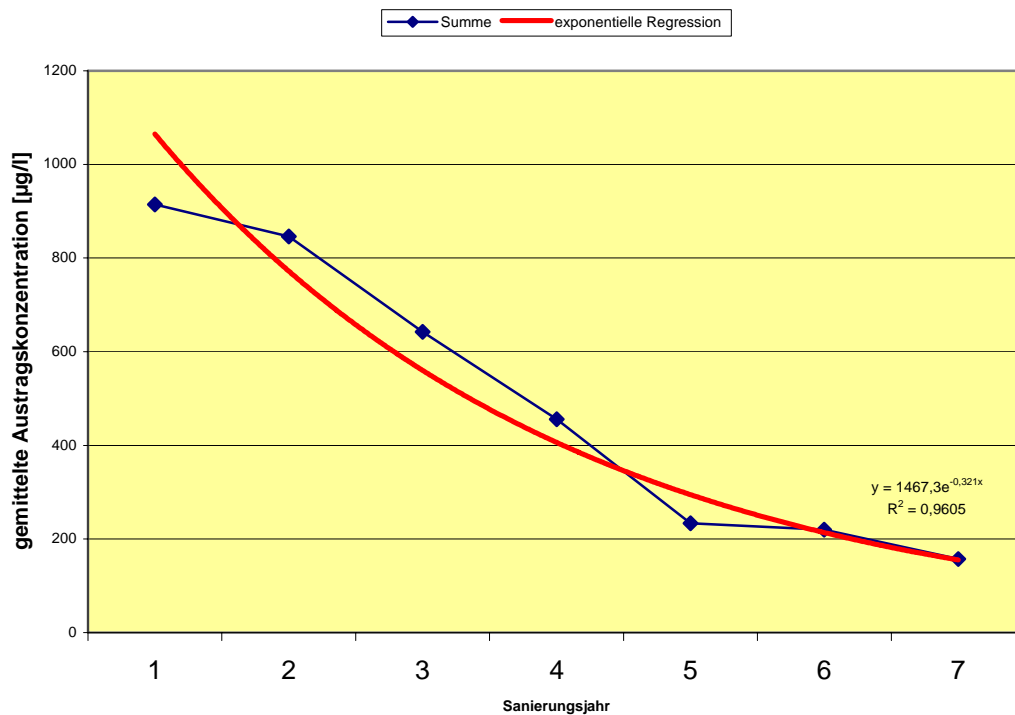


Für die ausführlicher dokumentierten Schadensfälle wurden Austragskurven (mit Umrechnung in Austragskonzentrationen) ermittelt und statistisch ausgewertet.

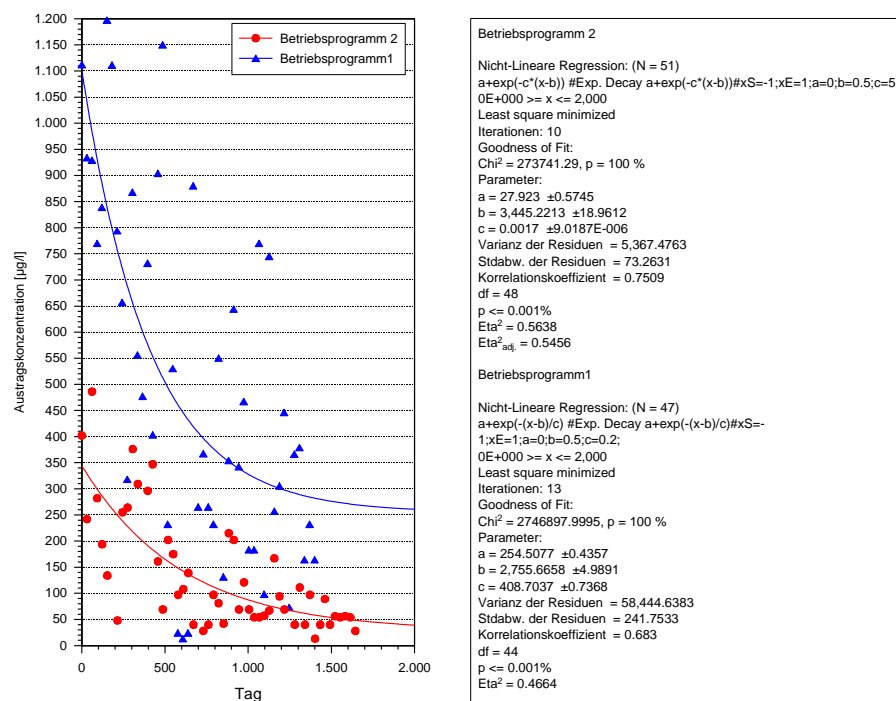
Als Beispiel sei hier der Fall 36 gezeigt.

Verwendet man die Jahresmittelwerte, ergibt sich folgendes Bild:

### Verlauf der Austragskonzentrationen



Berücksichtigt man die Betriebsprogramme (d.h. unterschiedene Durchsätze an verschiedenen Brunnen, so ergibt sich im Detail für den Fall 36 folgendes Bild:



## 8.6.2

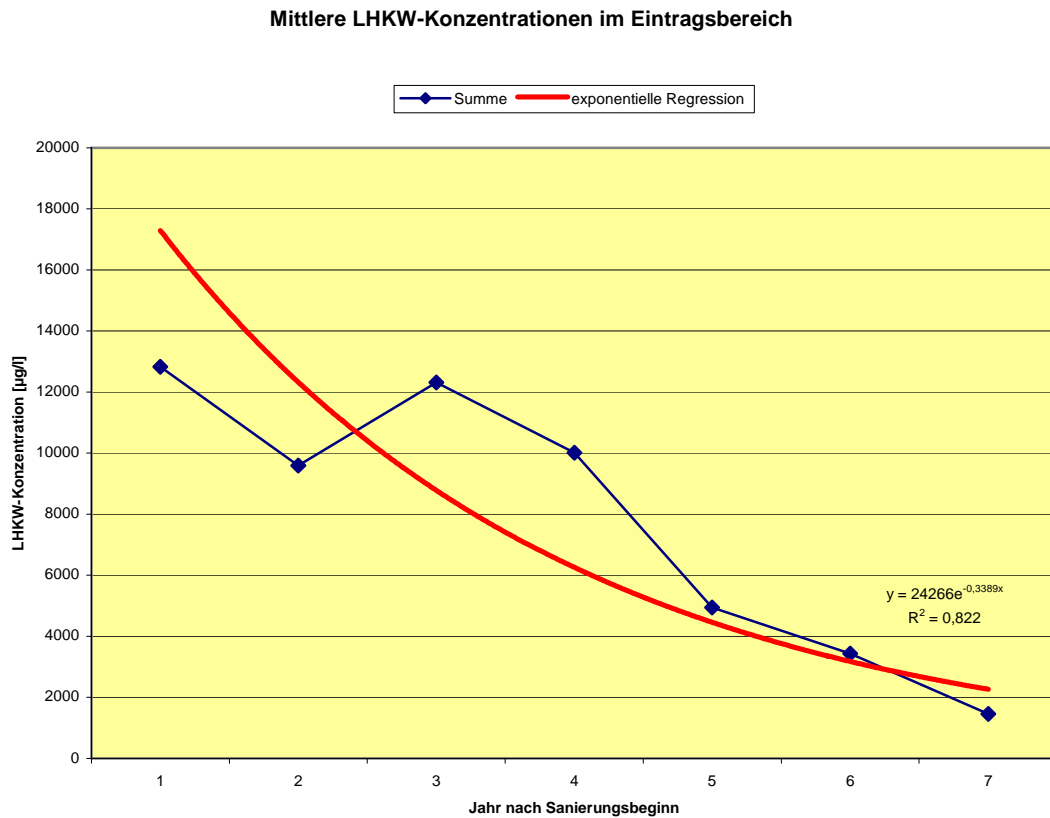
### 8.6.3 Konzentrationsveränderungen im Grundwasserleiter

Die Konzentrationsveränderungen im Grundwasserleiter wurden analog zu den Aus-

tragskurven ausgewertet und dargestellt (siehe Anhang).

Die Dokumentationsdichten von Konzentrationen und Austrag entsprechen sich weitgehend, so dass hier Datenverteilung nicht nochmals aufgezeigt wird.

Als Beispiel wird wiederum die Konzentrationsveränderung im Fall 36 gezeigt:



Verwendet man die exakten Daten der Zeitpunkte der Konzentrationsmessung, so ergeben sich bei ausgewählten Fällen gute Korrelationen.

Die eingesetzten Regressionsformeln haben die Form:

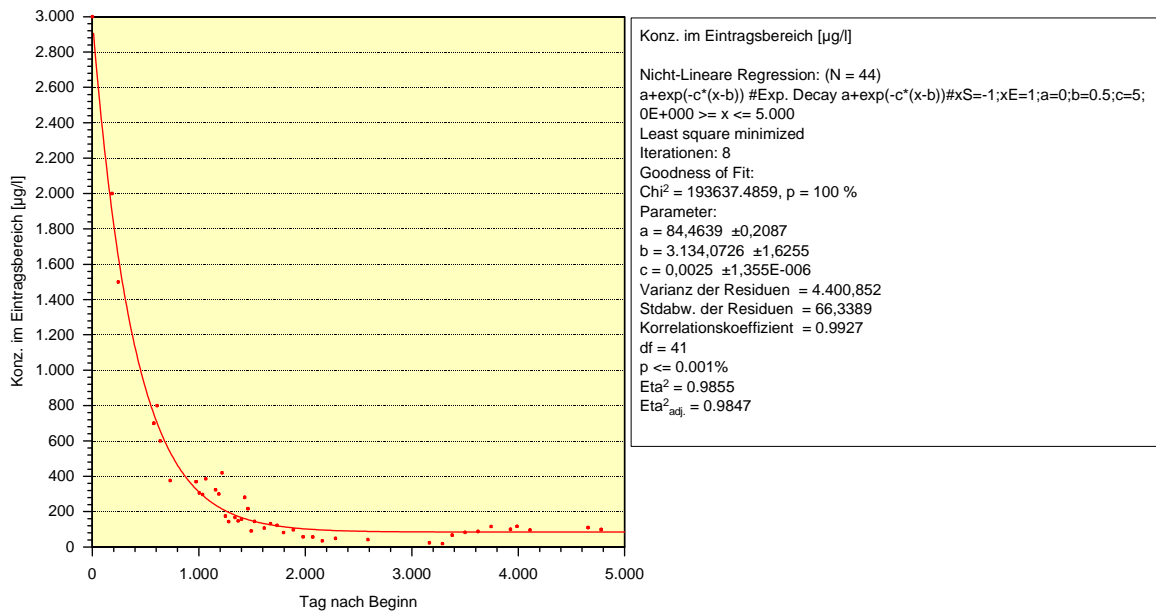
$$(1) y = a + e^{-c(x-b)}; (2) y = a + e^{-((x-b)/c)};$$

Im dritten Schritt wurden die Verhältnisse von Austrags- zur Grundwasserkonzentration ausgewertet. Dies geschah auf Basis der Korrelationskurven.

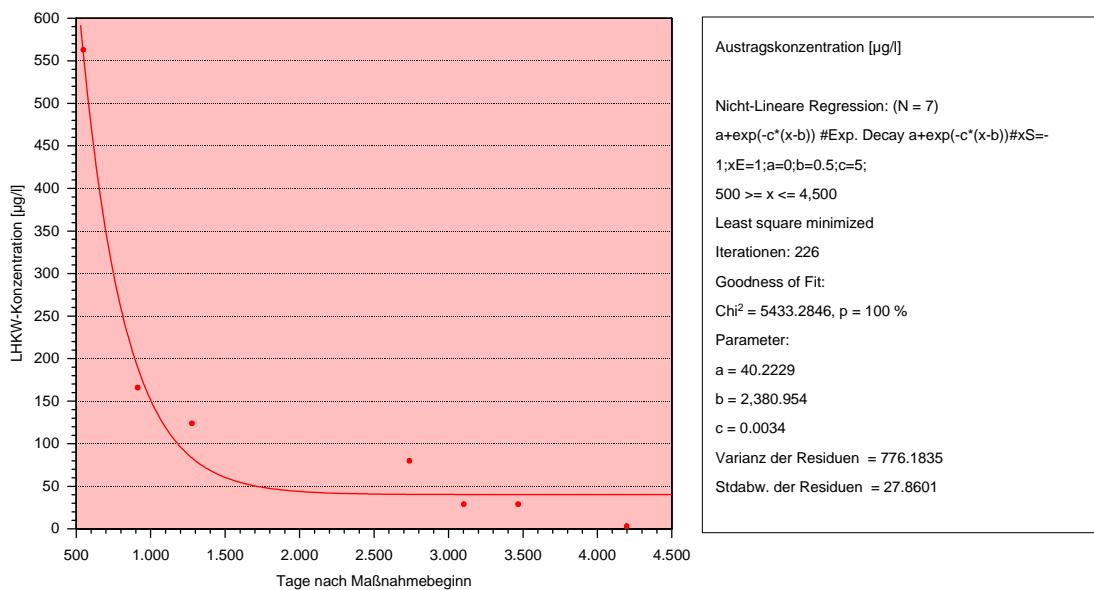
Dies ermöglicht eine streuungsunabhängige Darstellung. Da die Angaben zu den Austragskonzentrationen zum Maßnahmebeginn nicht die nötige Dichte aufweisen und rekursiv als Mittelwerte errechnet wurden, können so Fehler in dieser Phase der großen Konzentrationsveränderungen teilweise ausgeglichen werden.

In der Gesamtschau stellt sich die Maßnahmewirkung z. B. im Fall 44 wie folgt dar:

*Konzentrationsverlauf im Eintragsbereich*



### Austragskurve (rekursiv ermittelte Austragskonzentrationen)



Es zeigt sich (rein mathematisch ohne Rücksicht auf die geringe Datendichte) ein Niveau der Austragskonzentration bei knapp 40 % der in-situ im Rahmen des Monitoring gemessenen.

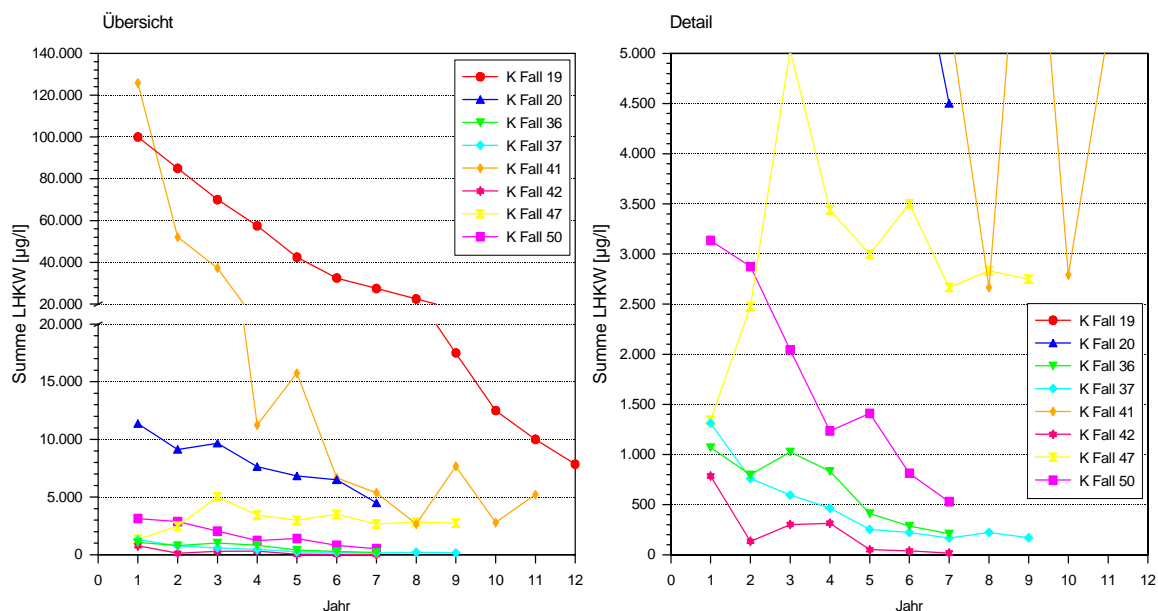
Für die weitere Bearbeitung wurde, um Vergleichbarkeit herzustellen, auf Jahres- bzw. Halbjahresmittelwerte für den Vergleich zurückgegriffen.

Für die Fälle, bei denen sowohl Konzentrationsverlauf und Austrag ausführlicher dokumentiert wurden, ergibt sich folgende Datenlage:

*Konzentrationsentwicklung Eintragsbereich [µg/l Summe LHKW]*

Sanierungsjahr	Fall 19	Fall 20	Fall 36	Fall 37	Fall 41	Fall 42	Fall 47	Fall 50
1	100000	11375	1069	1312	125857	786	1342	3135
2	85000	9125	799	761	52111	134	2475	2875
3	70000	9667	1026	595	37222	302	5028	2044
4	57500	7633	834	465	11250	315	3438	1235
5	42500	6833	412	254	15750	51	3000	1410
6	32500	6500	286	223	6667	38	3500	813
7	27500	4500	209	168	5375	17	2667	529
8	22500			223	2667		2833	
9	17500			171	7667		2750	
10	12500				2792			
11	10000				5222			
12	7858							
Mittelwert	30862	9290	691	353	19983	326	3031	1414

### Grafische Darstellung der Konzentrationsverläufe

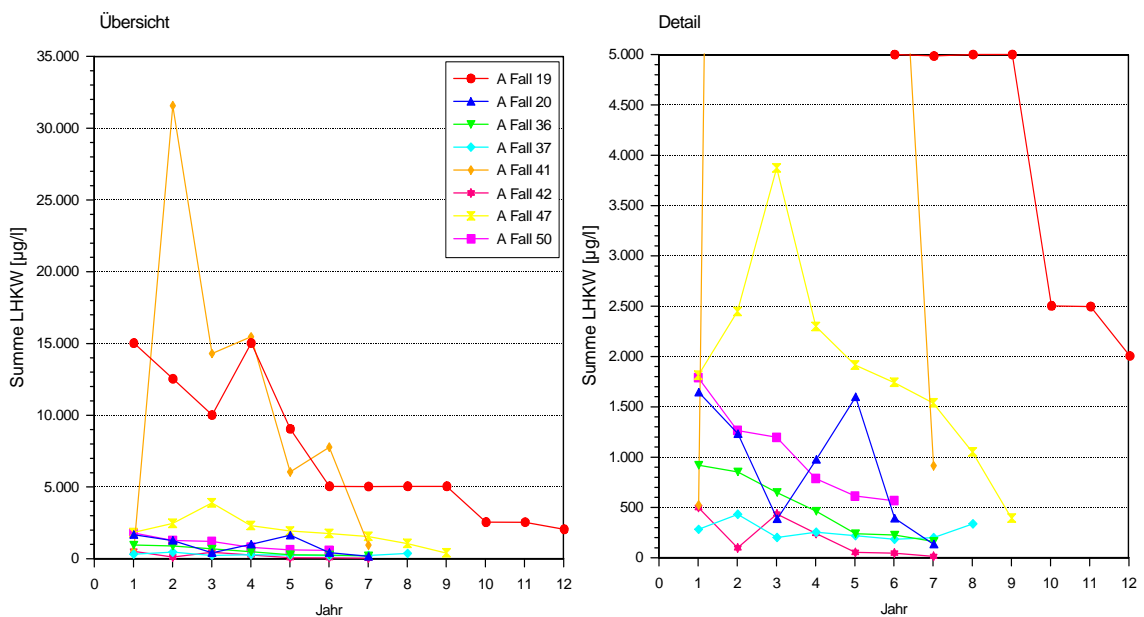




## Verlauf der Austragskonzentrationen [ $\mu\text{g/l}$ Summe LHKW]

Sanierungsjahr	Fall 19	Fall 20	Fall 36	Fall 37	Fall 41	Fall 42	Fall 47	Fall 50
1	14970	1636	914	277	519	495	1810	1787
2	12475	1225	846	426	31515	94	2445	1263
3	9950	379	642	196	14259	430	3871	1194
4	14970	970	456	248	15430	237	2296	785
5	8982	1590	234	214	6013	49	1911	611
6	4990	385	220	178	7733	42	1739	565
7	4975	127	157	194	909	9	1535	
8	4990			331			1048	
9	4990						390	
10	2495							
11	2488							
12	1996							
Mittelwert	7863	902	453	251	13965	253	2004	1034

## Grafische Darstellung der Austragskonzentrationen im Sanierungsverlauf



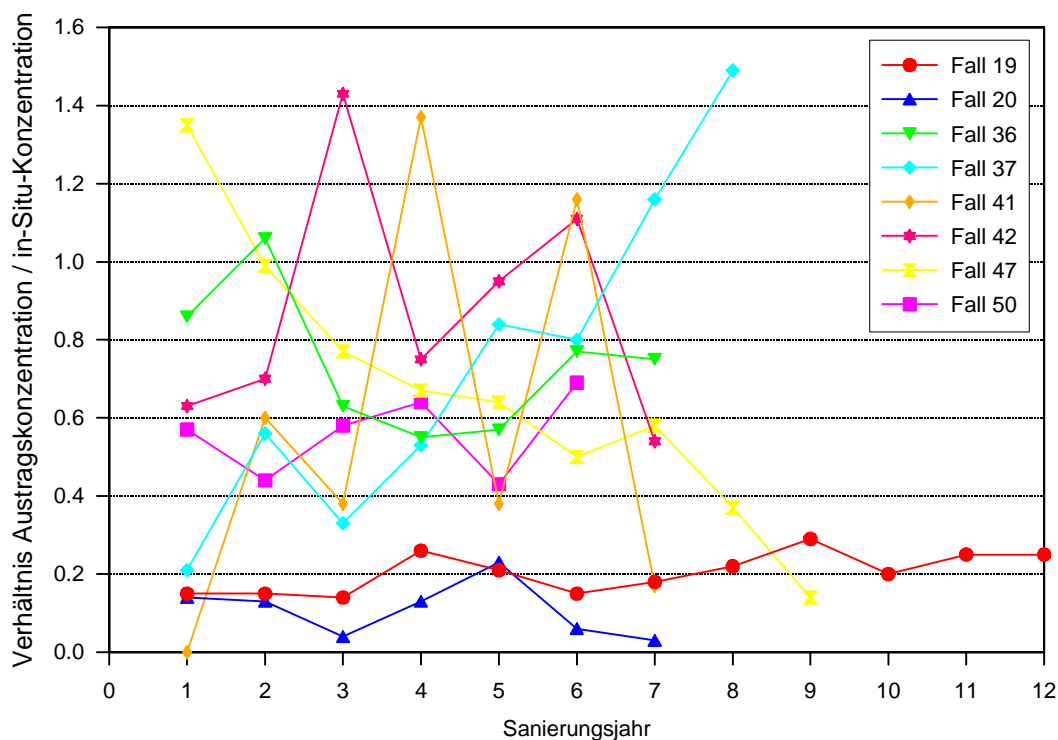
Vergleicht man die korrespondierenden Daten, so ergibt sich jeweils ein prozentualer Anteil für die Austragskonzentration, bezogen auf die im GWL vorliegende Schadstoffkonzentration.

Für die Jahre, in denen der Austrag nicht hinreichend dokumentiert wurde, wurde auch kein Bezug hergestellt.

Verhältnis der Austragskonzentrationen zu den in-situ gemessenen (Eintragsbereiche)

Sanierungs-jahr	Fall 19	Fall 20	Fall 36	Fall 37	Fall 41	Fall 42	Fall 47	Fall 50
1	15%	14%	86%	21%	0%	63%	135%	57%
2	15%	13%	106%	56%	60%	70%	99%	44%
3	14%	4%	63%	33%	38%	143%	77%	58%
4	26%	13%	55%	53%	137%	75%	67%	64%
5	21%	23%	57%	84%	38%	95%	64%	43%
6	15%	6%	77%	80%	116%	111%	50%	69%
7	18%	3%	75%	116%	17%	54%	58%	
8	22%			149%			37%	
9	29%						14%	
10	20%							
11	25%							
12	25%							
Mittelwert	20%	11%	74%	74%	58%	87%	67%	56%
Fallcharakteristik								
GWL	Sand/ Kies	Kies	Sand/ KluftGWL	KluftGW L	Kies/ Kies	KluftGWL	KluftGW L	Sand
Mächtigkeit [m]	23	7	4/13	60	3/5	8	36	6-19
Durchsatz [m³/h]	25.0	2.5	1.1	7.8	0.2	1.0	0.9	10.2
Schadens- umfang Ein- trag [m³]	260000	6000	20000	10000	110	18	11300	240000
mittl. Konz. [µg/l]	10000	20000	200	1000	100000	8700	250	1200
Bemerkung		Schluff- horizont über GWL	Schluff- horizont ü- ber GWL	Schluff- horizont über GWL	Schluff- horizont zw. GWL	Schluff/ Feinsand über GWL	Karbo- nat-gest. über GWL	Schluff- horizont über GWL

Grafisch stellt sich die Entwicklung der Verhältniskurven wie folgt dar:



Es wird deutlich, dass die hydraulischen Maßnahmen in den sandig-kiesigen GWL im Vergleich zu den übrigen ausgewerteten Fällen ein vergleichsweise homogenes Verhältnis von Austragskonzentration zu in-situ gemessener aufweisen, allerdings auf geringem Niveau.

Die Fälle, in denen Kluft-GWL eine Rolle spielen, zeigen einen sehr heterogenen Verlauf der Kurven. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass Entnahme- und Überwachungsbereiche nicht korrespondieren und in den Kluft-GWL ein komplexes Strömungs-geschehen vorliegt, dass sowohl beim Austrag als auch bei der Überwachung Sanierungsverlaufs starke Schwankungen der ermittelten Konzentrationen bedingt.

## 8.7 Kostenzusammenhänge

Wie bereits erwähnt konnten Kostenaspekte nur in wenigen Einzelfällen nachrichtlich zur Kenntnis genommen werden.

## 8.8 Verwaltungs- und verfahrensrechtliche Aspekte

### 8.8.1 Rechtliche Basis der Sanierungsmaßnahmen

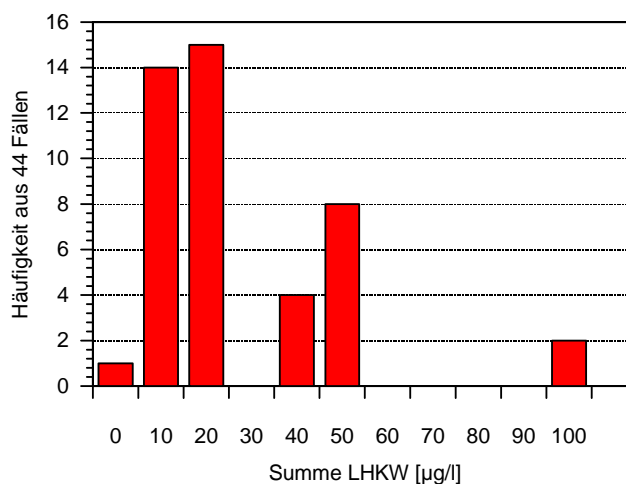
Zusammenhänge zwischen der technischen Maßnahmerealisation und deren rechtlicher Basis konnten nicht hergestellt werden.

## 8.8.2 Sanierungsziele und Sanierungserfolg

Für die meisten in GWKON dokumentierten LHKW-Fälle wurden Sanierungsziele in Form von Sanierungszielwerten formuliert.

Fast immer wurde die im kontaminierten Schadensbereich tolerierte Restkonzentration als Zielwert festgelegt. Teilweise wird auch die Konzentration im geförderten Wasser (Austragskonzentration) als Zielwert formuliert.

Ohne den Sanierungszielwert im Fall 10005 stellt sich die Häufigkeitsverteilung der angesetzten Zielwerte wie folgt dar (die Klasse „0“ entspricht einem Wert von 5 µg/l):



Gängige Praxis bis heute sind also Sanierungszielwerte der Dekontamination im Bereich unter 100 µg/l Summe LHKW, üblicherweise 10...20 µg/l Summe LHKW.

Vor diesem Hintergrund sind die mittels hydraulischer Sanierungsverfahren in der Realität erzielten Konzentrationen zu bewerten, oder aber die Sanierungszielwerte in Frage zu stellen.

In der vorliegenden Fallsammlung wurde von 58 LHKW –Fällen in 11 Fällen ein Sanierungserfolg behördlich festgestellt. Die Tabelle zeigt diesen Sachverhalt im Überblick:

Fall	San.-Ziel	Begründung	letzte Messwerte
Fall 12	50	Sanierungsziel weitestgehend erreicht	k.A.
Fall 17	100		75
Fall 23	50	Abschluss wegen zu geringer Wirksamkeit aufgrund zu geringer GW-Ergiebigkeit	500
Fall 27	100	Abschluss der Teilsanierung behördlich festgestellt	k.A.
Fall 30	50	Sanierungsabschluss behördlich festgelegt	3000
Fall 39	40		250
Fall 40	10	asymptotische Annäherung der LHKW-Konzentration an Sanierungszielwert (10 µg/l)	8-15
Fall 45	5	weitere Unterschreitung der bereits niedrigen LHKW-Belastungen im GW wirtschaftl. nicht vertretbar	0.5

Fall	San.-Ziel	Begründung	letzte Messwerte
Fall 55	*	Nachweis NA führt zu Langzeitmonitoring, aktuell keine Gefahr für Schutzgüter	500
Fall 56	100**	Ausreichende Verringerung LHKW-Konzentration, bei Wiederanstieg Wiederaufnahme Sanierung	200
Fall 60	50		16000***
	*:	Sanierungsziel "Verringerung Fracht in Vorfluter"	
	**:	im geförderten Grundwasser	
	***:	in der Fahne	

Es ist erkennbar, dass lediglich in einem Fall (Fall 45) die Dekontamination des Grundwasserleiters nachhaltig erreicht wurde. In den übrigen Fällen werden die geringfügigkeitsschwellen für die Summe LHKW nach wie vor überschritten.

Im Fall 55 war lediglich ein Sicherungsziel formuliert worden.

Unabhängig vom Sanierungserfolg ist ein wesentliches Manko der Auswertung in der Tatsache zu sehen, dass die Schadensbilder der dokumentierten Fälle weder in Fläche noch in Tiefe bis zu den angestrebten Sanierungszielen charakterisiert werden konnten. Daher ist es auch nicht möglich, die angesetzten Sanierungsmaßnahmen (beispielsweise Anzahl und Wirkung von Sanierungsbrunnen) im Bezug auf den zu dekontaminierenden Grundwasserschadensbereich zu beurteilen.

## 8.9 Ermittlung von Schadstoffpotenzialen aus dem Datenbestand

Es wurde versucht, aus den Angaben zum Untergrundaufbau, den Daten zum Schadensbild und den Grundwasserverhältnissen überschlägig Schadstoffpotenziale zu ermitteln. Dabei wird aus den Schichtbeschreibungen gemäß Literaturangaben (s. a. Hölling, Hydrogeologie, 5. Auflage, Enke-Verlag 1996) den kontaminierten Horizonten Porenvolumen, Nutz- und Haftwasserraum zugeordnet. Beispiele dieser Zuordnungen zeigt die Tabelle.

---

HB + 1. NB	P <sub>gesamt</sub>	P <sub>nutz</sub>	P <sub>Haftw</sub>
A	45	22	23
fG	40	28	12
fS	50	25	25
fS,u	53	18	35
gS	42	30	12
mG	36	26	10
mS	45	33	12
mS, fS	48	28	20
mS, gs	43	31	12
mS, u	49	25	24
Mu	53	12	41
Torf	80	10	70
U	55	8	47

Aus mittlerer Konzentration, kontaminiertem Volumen und den zuzuordnende Porenräumen werden dann die vorhandenen Schadstoffpotenziale in [kg] für das Grundwasser überschlägig ermittelt.

Ohne Vorlage konkreter Messungen vor Ort stellt dies nur eine sehr grobe Einschätzung dar. Sie schafft jedoch die Vergleichsmöglichkeit zwischen Austrag und vorhandenem Potenzial im Einzelfall sowie in der Gesamtschau zwischen den Fällen.

Da diese Funktion ebenfalls in dem Bilanzmodell umgesetzt wurde, wird im Abschnitt Ergebnisse darauf nochmals eingegangen.

Für genauere Potenzialermittlungen sind für jede hydrogeologisch separat zu bewertende Schicht im Schadensbereich Isolinien-Kartierungen der Schadstoffkonzentrationen und Daten zu den bodenmechanischen und bodenchemischen Eigenschaften erforderlich. Dann können auf Grundlage der Mächtigkeitsverteilungen der Schichten präzisere Potenzialeinschätzungen und vor allem Potenzialverlagerungen aufgrund von hydraulischen Wirkungen ermittelt werden.

Auf dieser Basis ist dann eine Maßnahmeoptimierung fallspezifisch möglich.

Die in den ausgewerteten LHKW-Schadensfällen grob abgeschätzten Schadstoffpotenziale sind den Datenblättern zum Bilanzmodell (siehe Anhang) zu entnehmen.

## 9 Ergebnisse

### 9.1 Bestimmende Kriterien bei hydraulischen LHKW-Sanierungen

Anhand des Bilanzmodells wird zunächst aufgezeigt, welche Kriterien in erster Linie den Verlauf, die Effizienz und den erzielbaren Erfolg einer LHKW-Sanierung im Grundwasser bestimmen.

Es wird ein Modellschaden angesetzt, auf dessen Grundlage die Einflüsse der mutmaßlich relevanten Randbedingungen variiert werden.

---

Folgende „feste“ Eckdaten wurden gewählt:

- Schadensfläche (Eintrag) 10.000 m<sup>2</sup>
- Mächtigkeit ungesättigte Zone 3 m
- Mächtigkeit gesättigte Zone 10 m
- Kontamination der gesättigten Bodenzone im Mittel 10.000 µg/l LHKW

Variiert wurden folgende hydro-(geo)-logische Eckdaten:

- kf-Wert (Durchlässigkeit) des Grundwasserleiters
- Stofflichkeit des Grundwasserleiters (Porenvolumina)
- Grundwassergefälle
- Grundwasserneubildung

sowie die Kontaminationssituation:

- Kontamination im Grundwasseranstrom
- Ausbreitung des Schadens im Fahnenbereich
- Bodenkontamination in der ungesättigten Zone
- Bodenkontamination in der gesättigten Zone

Bezüglich der Vorgänge des Lösungsausgleichs Haftwasserraum-Nutzporenraum sowie der Desorption vom Bodenkorn wurde der Einfluss der Transferparameter auf den Verlauf der Konzentrationskurven geprüft.

Eine ungefähre Anpassung dieser Parameter erfolgte im Kontext der Einzelfallanalyse ausgewählter (typischer) Schadensfälle.

Zunächst werden die einzelnen Typkurven dargestellt.

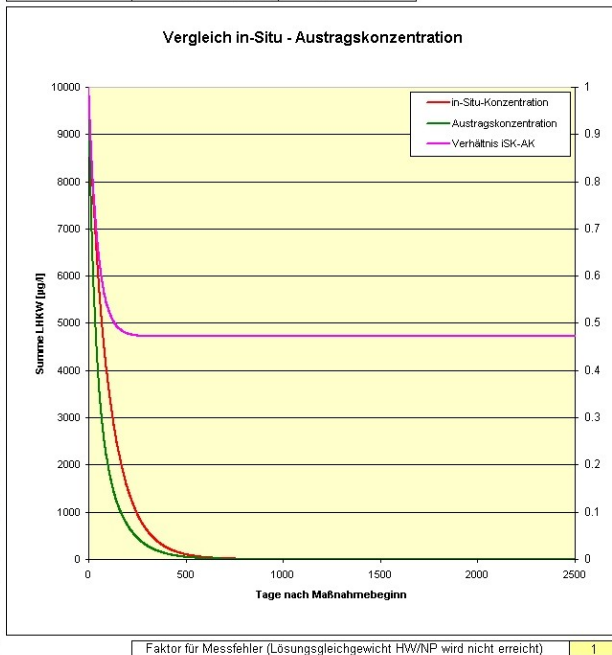
### **9.1.1 Transfer Haftwasserraum - Nutzporenraum**

Beim „Standard-Verlauf“ liegt die Kontamination nur im Grundwasser vor. Im feinkiesigen Mittelsand stellen sich die Verlaufskurven und Eckdaten wie folgt dar:

# Bilanzmodell für Sanierungsverläufe hydraulischer Sanierungen bei LHKW-Schäden (Eintragsbereich)

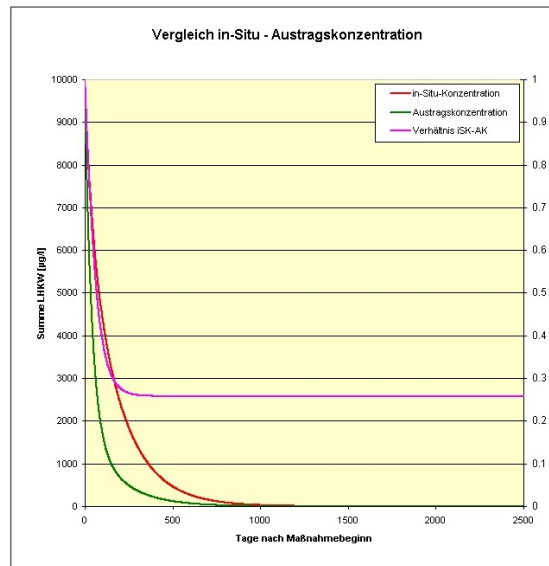
Grundwasserkörper	Fläche	10000 m²			
	Mächtigkeit	10 m			
	Porosität	40.00%			
	Nutzporenraum	28.00%			
	Haftwasserraum	12.00%			
ruhendes Grundwasser	kF-Wert	1.0E-03 m/s			
	Durchströmung	86.4 m³/d			
GW-Neubildung	mittlere GWN	150 mm/a			
		4.11 m³/d			
	mittleres Gefälle	1 m/1000m			
	Austauschrate Ruhe	0.003 AR/d			
Kontamination	Boden, ges. Zone	0 mg/kg TS			
	GW, mittl. Konz.	10.00 mg/l			
	Transfer HW-NP	2000			
	Transfer B - GW	0			
	Eintrag max.	0.000 kg/d			
Potenzial	im Boden	0.0 kg			
	im Nutzporenraum	280.0 kg			
	im Haftwasserraum	120.0 kg			
	im GW gesamt	400.0 kg			
Zustrom aus Anstrom	Zustrommenge	384 m³/d			
Zustrom aus Abstrom	(abströmend: "-")	212 m³/d			
Zustrom aus Neubildung	Sickerwasserkonz.	0.0 mg/l			
	Pot. über Siwa	0.000 kg/d			
Kontamination im Anstrom	Anstromkonz.	0 mg/l			
	Pot. aus Anstr.	0.000 kg/d			
Kontamination im Abstrom	Pot. im Abstrom	0.0 kg			
	hydr. Wirkungsfl.	100 m²			
	Anfangskonz.	0.000 mg/l			
Maßnahme	GW-Förderung	25 m³/h			
		600 m³/d			
		0.021 AR/d			
	Startkonzentration	10.00 mg/l			
Tag nach Maßnahmebeginn					
Konzentration im GW [µg/l]	365d	730d	2000d		
	344	13	0		
kumulierter Austrag [kg]			389	400	400
gef. Wassermenge [m³]			219,000	600,000	1,200,000

Volumen	gesamt	100000 m³
	Boden	60000 m³
	Grundwasser	40000 m³
	im Nutzporenraum	28000 m³
	im Haftwasserraum	12000 m³



Bei einer Förderrate von 25 m³/h wäre ein Sanierungszielwert von 10 µg/l Summe LHKW nach etwa 800 Tagen unterschritten.

Der Transferfaktor beschreibt den Übergang der Schadstoffe vom Porenwasser in das strömende Grundwasser. Wird er von 2000 auf 1000 halbiert, ändert sich die Kurve wie folgt:



Die ausgetragenen Frachten verringern sich wesentlich, da das Verhältnis Austragskonzentration zu in-situ-Konzentration sich fast halbieren. Das Sanierungsziel wäre, rein hypothetisch, erst nach etwa 1200 Tagen erreicht.

Verdoppelte man die Förderrate auf 50 m³/h, so ließe sich das Sanierungsziel bereits nach 600 Tagen erreichen.

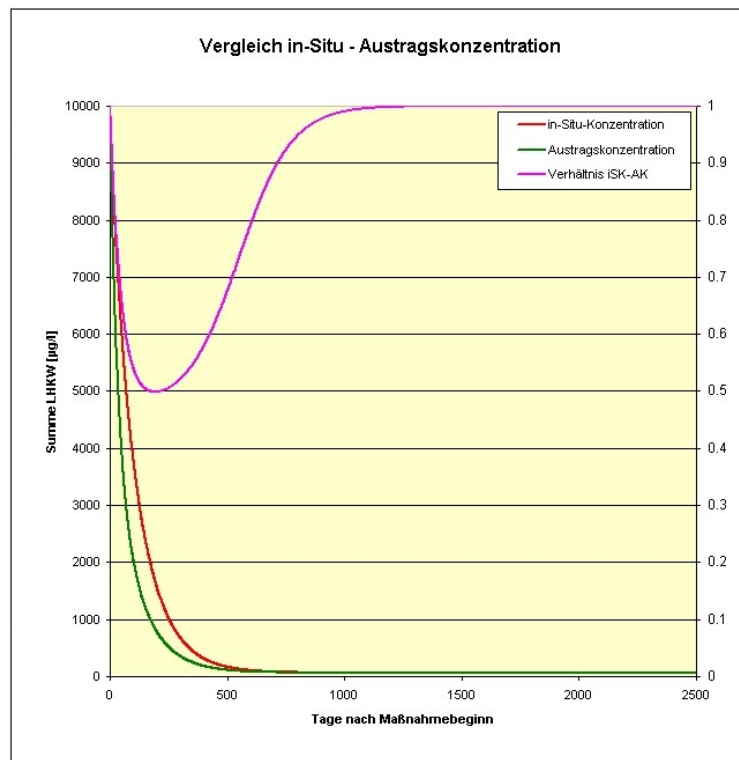


Eine optimale Förderrate ergibt sich also im Kostenvergleich der Wasserförderung, der Wasserreinigung und der Wasserableitung, ggf. bestehender Einleitgrenzwerte und einer Verlängerung der Betriebsdauer von Brunnen, Brunneneinrichtung und Wasserreinigungsanlage.

**Der Transfer vom Haftwasser in den Nutzporenraum entscheidet also lediglich über die Sanierungsdauer bis zum Erreichen eines vorgegebenen Zielwertes. Die generelle Erreichbarkeit ist also immer gegeben. Es lässt sich ein optimales Förderregime finden, das eine Aufwandsminimierung ermöglicht. Abgesicherte Zeitprognosen zur Sanierungsdauer sind nur bei quantitativer Kenntnis der Parameter dieses Transfervorgangs möglich.**

### 9.1.2 Kontamination im Anstrom

Eine Kontamination im Anstrom, die einen unbegrenzten, konstanten Potenzialstrom (hier 1 % der Ausgangskontamination) liefert, führt zu folgender Typkurve:



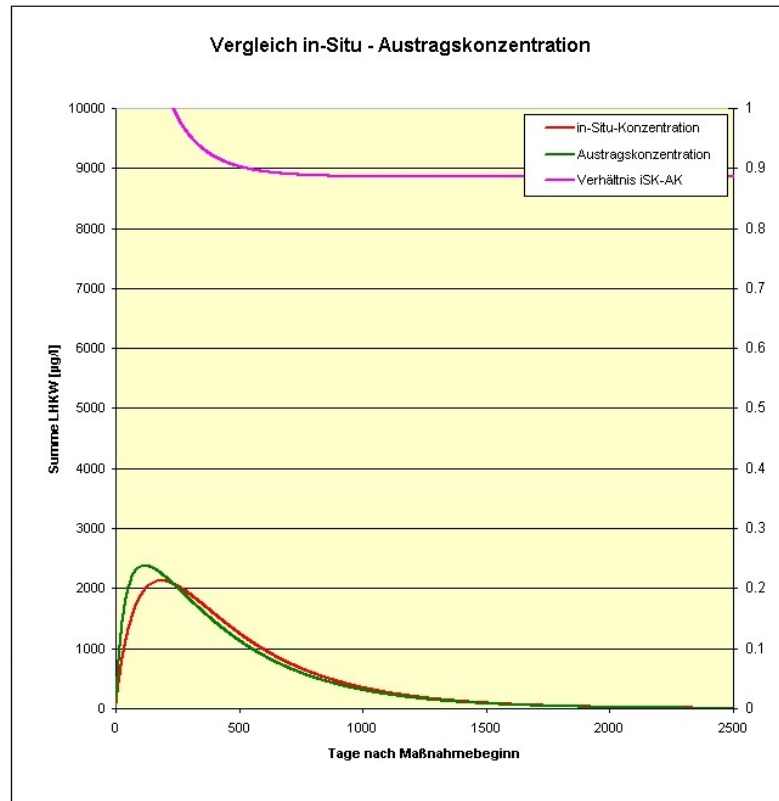
Es stellt sich ein Gleichgewichtszustand ein, der das erzielbare Konzentrationsniveau im Beispiel auf etwa 60 % der Anstromkonzentration begrenzt.

Würde man die Maßnahme abbrechen, reicherte sich die Konzentration langsam wieder auf die Anstromkonzentration an (sie wird aufgrund der Grundwasserneubildung nicht ganz erreicht).

**Das Kriterium Anstromkonzentration begrenzt das durch die Maßnahme erreichbare Konzentrationsniveau. Nach Maßnahmeende kommt es zwangsläufig zu einer Konzentrationserhöhung.**

### 9.1.3 Kontamination im Abstrom

Eine Kontamination im Abstrom wirkt auf die Maßnahme nur im Umfang des hydraulisch innerhalb der Reichweite erfassten Potentials. Die Typkurve verdeutlicht dies:

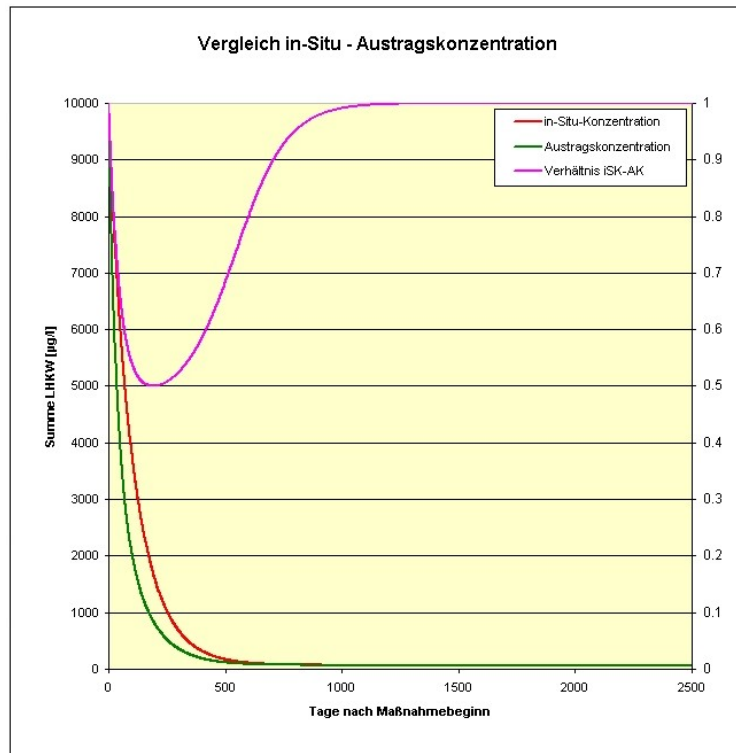


Bei einer Anfangskonzentration von etwa 10 mg/l LHKW im Abstrom (ohne Vorliegen einer Kontamination im Eintragsbereich) wird bei 25 m<sup>3</sup>/h dieses Potenzial bis auf die Hintergrundbelastung entnommen.

**Endliche Potenziale im Abstrom verursachen zu Beginn einer Maßnahme Konzentrationssteigerungen. Die Dauer dieser Erhöhung wird über die Förderrate nur geringfügig mitbestimmt, da diese wiederum das erreichbare Volumen im Abstrom beeinflusst.**

### 9.1.4 Kontamination in der ungesättigten Bodenzone

Eine Kontamination in der ungesättigten Bodenzone wirkt sich im Bilanzmodell wie folgt aus:



Eine Sickerwasserbelastung in der Größenordnung, wie die im Grundwasser zu Maßnahmebeginn vorliegende Konzentration, würde (als Annahme) über die Neubildung in die gesättigte Zone eingetragen.

Nur durch Unterbindung der Neubildung oder Entnahme des Restpotenzials im Boden der ungesättigten Bodenzone wären Konzentrationen unter dem sich ansonsten einstellenden Gleichgewichtsniveau dauerhaft zu erreichen.

**Bei Vorliegen von Restkontaminationen im Boden der ungesättigten Zone bestimmen Neubildung und Elution die erzielbare Mindestkonzentration im Grundwasser. Bei Abbruch der Maßnahme steigt die Konzentration wieder an (im Beispielfall auf etwa 450 µg/l). Die Dauer des Belastungsanstiegs ist abhängig vom Schadstoffvorrat in der ungesättigten Bodenzone.**

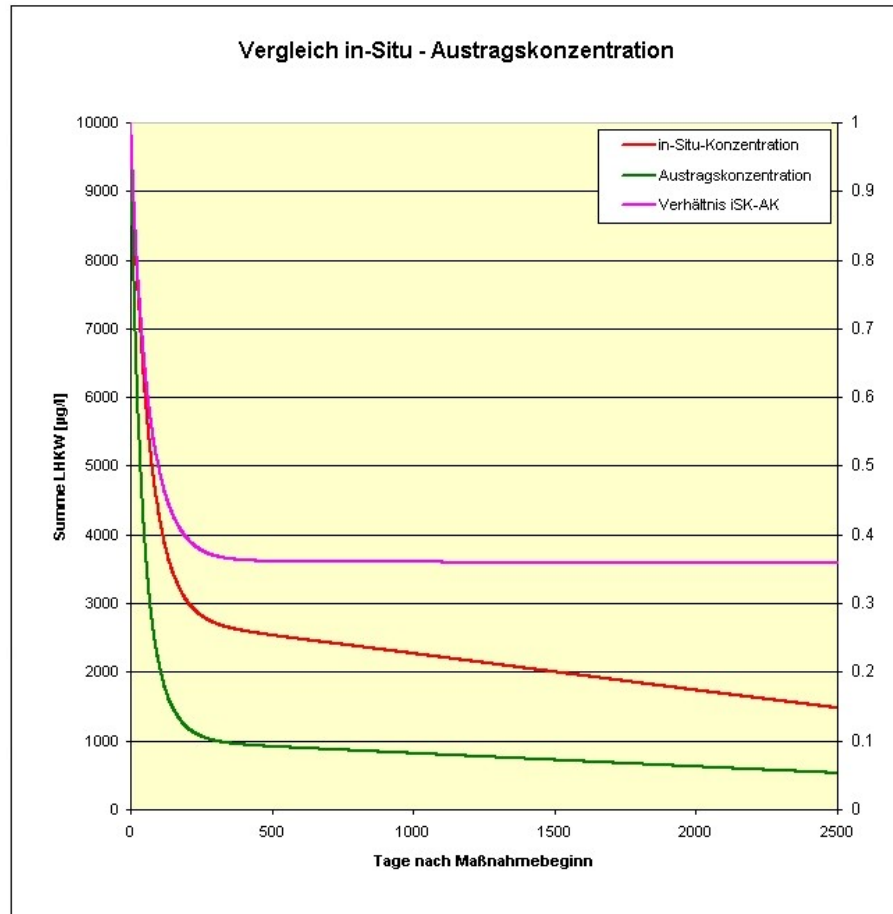
#### 9.1.5 Kontamination des Bodens in der gesättigten Bodenzone

Die Effekte dieser Konstellation sind nur schwer zu prognostizieren, da die Schadstoffverteilung im Boden der gesättigten Zone bei z.B. Wechsellagerungen verschiedener Kornfraktionen mit mehr oder weniger bindigen Anteilen und die sich daraus ergebenden Desorptionsvorgänge kaum zu modellieren sind.

Es wird zunächst die Wirkung der Kontamination dargestellt. Über die Einzelfallprüfung soll dann eine Plausibilisierung der Annahmen erfolgen.

Ein Schadstoffpotenzial in vierfacher Größenordnung, wie das im Grundwasser zu Maßnahmebeginn gelöst vorliegende, würde sich sukzessive im Porenwasser und im strömenden Grundwasser lösen. Dies entspricht bei einem gewählten Transferfaktor

von 2000 einer Elution von etwa 0,5 kg LHKW je Tag bezogen auf die 10.000 m<sup>2</sup> Schadensfläche. Im Ergebnis hat sich das Potenzial im Boden nach 5000 Tagen um etwa 90 % reduziert.



Typisch ist für diesen Verlauf, dass in Abhängigkeit von der Elutionsintensität ein kontinuierlicher, wenn auch langsamer Konzentrationsrückgang zu verzeichnen ist. Die Größenordnung des Transferfaktors bestimmt hier diesen stetigen Rückgang.

**Bodenkontaminationen in der gesättigten Zone führen zu einer kaum absehbaren Verlängerung der Sanierungsdauer auf derzeit übliche Zielwerte. Bereits geringe Elutionsmengen (im Beispielfall maximal 500 g/d bezogen auf 10.000 m<sup>2</sup>) verhindern ein Erreichen von Geringfügigkeitsschwellen innerhalb von Maßnahmezeiträumen unter 10 –15 Jahren.**

## 9.2 Prüfung ausgewählter Einzelfälle

Die aus theoretischen Überlegungen entwickelten Typkurven können anhand ausgewählter Beispiele aus der Falldatenbank auf ihre Plausibilität hin geprüft werden. Ziel ist es weiterhin, die für den Maßnahmeverlauf bedeutsamen Transferfaktoren Haftwasserraum – Nutzporenraum und Bodenkorn – Grundwasser der gesättigten Zone präzi-

---

ser zu fassen und an fallspezifische Randbedingungen zu knüpfen.

Zunächst werden anhand der dokumentierten Randbedingungen die Bilanzberechnungen für ausgewählte Einzelfälle durchgeführt. Im Vergleich der Kurven werden die Transferparameter im Sinne einer Epignose soweit angepasst, bis die bestmögliche Passung erreicht ist. Abweichungen sind dann zu diskutieren und wären über weitergehende Angaben zum Einzelfall (die u. U. nicht in der Datenbank GWKON vorliegen) zu interpretieren.

Daraus könnte dann eine weitere Anpassung / weitere Verfeinerung der Algorithmen des Bilanzmodells abgeleitet werden. Gleiches gilt für den Fall, dass weitere Fallkonstellationen in der Datenbank durch die Nutzer beigesteuert und eingegeben würden.

Wie bereits im Abschnitt 8 aufgezeigt wurde, genügen nur wenige Einzelfälle den Anforderungen, die hinsichtlich der Eingangsdaten an das Bilanzmodell gestellt werden.

Die Einzelfallprüfung kann daher nur exemplarischen Charakter haben. Generalisierbare Aussagen, insbesondere zu den Transferfaktoren, lassen sich daraus nicht ableiten.

Als Beispiel werden im Bericht zwei Fälle dargestellt. Weitere Datenblätter zu den Bilanzmodellberechnungen enthält der Anhang.

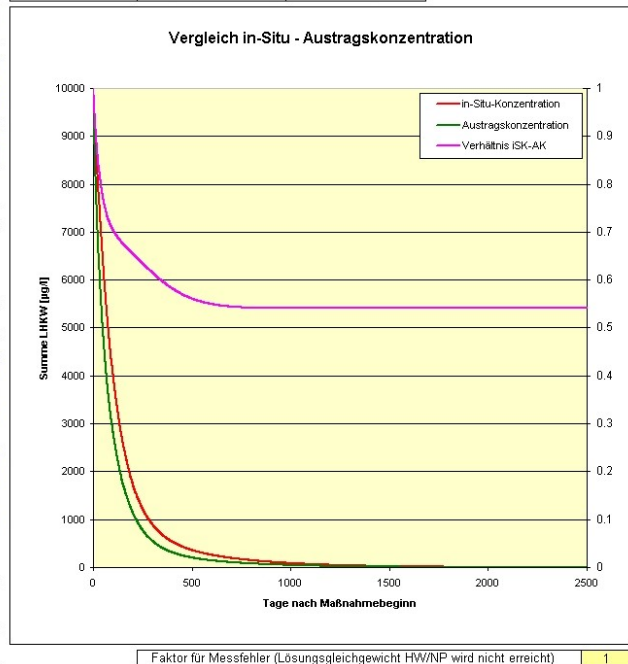
## 9.2.1 Fall 45

Randbedingungen und Eingangsdaten sowie idealisierter Kurvenverlauf im Bilanzmodell stellen sich wie folgt dar:

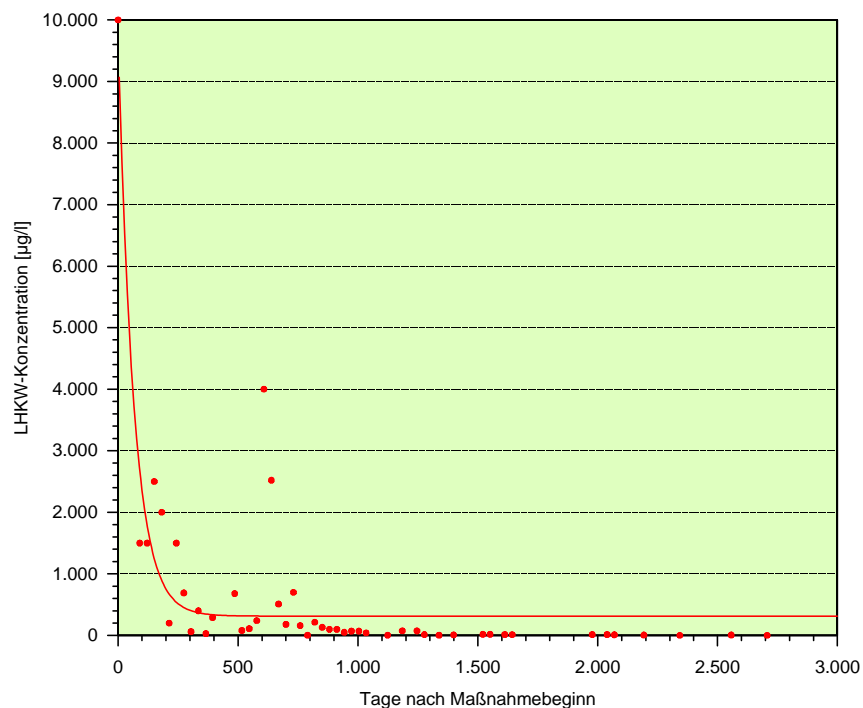
Bilanzmodell für Sanierungsverläufe hydraulischer Sanierungen bei LHKW-Schäden (Eintragsbereich)

Grundwasserkörper	Fläche	5600 m²
	Mächtigkeit	4 m
	Porosität	36.00%
	Nutzporenraum	26.00%
	Haftwasserraum	10.00%
ruhesendes Grundwasser	kt-Wert	1.0E-03 m/s
	Durchströmung	75.0 m³/d
GW-Neubildung	mittlere GVN	150 mm/a
	mittleres Gefälle	2.30 m³/d
	Austauschrate Ruhe	0.013 AR/d
	Boden, ges. Zone	0.3 mg/kg TS
Kontamination	GW, mittl. Konz.	10.00 mg/l
	Transfer HW-NP	10000
	Transfer B - GW	10000
	Eintrag max.	0.019 kg/d
Potenzial	im Boden	10.8 kg
	im Nutzporenraum	58.2 kg
	im Haftwasserraum	22.4 kg
	im GW gesamt	80.6 kg
Zustrom aus Anstrom	Zustrommenge	95 m³/d
Zustrom aus Abstrom	(abströmend: "-")	-55 m³/d
Zustrom aus Neubildung	Sickerwasserkonz.	0.0 mg/l
	Pot. über Siwa	0.000 kg/d
Kontamination im Anstrom	Anstromkonz.	0 mg/l
	Pot. aus Anstr.	0.000 kg/d
Kontamination im Abstrom	Pot. im Abstrom	12.0 kg
	hydr. Wirkungsf.	1000 m²
	Anfangskonz.	8.333 mg/l
Maßnahme	GW-Förderung	1.8 m³/h
		43.2 m³/d
		0.007 AR/d
	Startkonzentration	10.00 mg/l
Tag nach Maßnahmebeginn		
Konzentration im GW [µg/l]		
	365d	730d
	629	177
kumulierter Austrag [kg]		
	36	40
gef. Wassermenge [m³]		
	15,768	43,200
	86,400	

Volumen	gesamt	22400 m³
	Boden	14336 m³
	Grundwasser	8064 m³
	im Nutzporenraum	5824 m³
	im Haftwasserraum	2240 m³



Die Auswertung des realen Konzentrationsverlaufs zeigt die folgende Grafik:



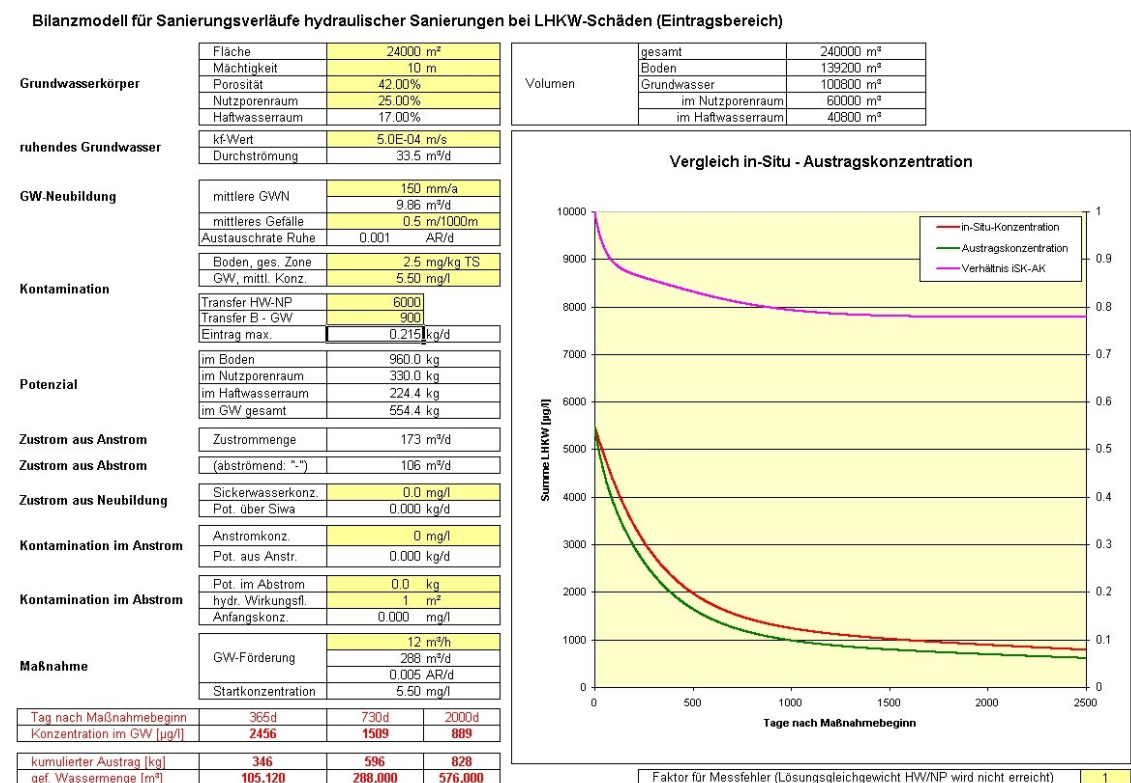
Bewertung der Kurvenverläufe

Der Konzentrationsrückgang verlief ähnlich wie im Bilanzmodell abgebildet.

Die langsame Annäherung an die 10µg/l-Konzentration bis zum Tag 2000 deutet auf eine geringe Restkontamination im Bodenbereich hin. Diese wurde über das Bilanzmodell mit etwa 10 kg abgeschätzt. Da zum Austrag kaum Daten vorliegen, können die Transferfaktoren nur grob anhand des Konzentrationsverlaufs angepasst werden.

## 9.2.2 Fall 50

Randbedingungen und Eingangsdaten stellen sich im Bilanzmodell wie folgt dar:



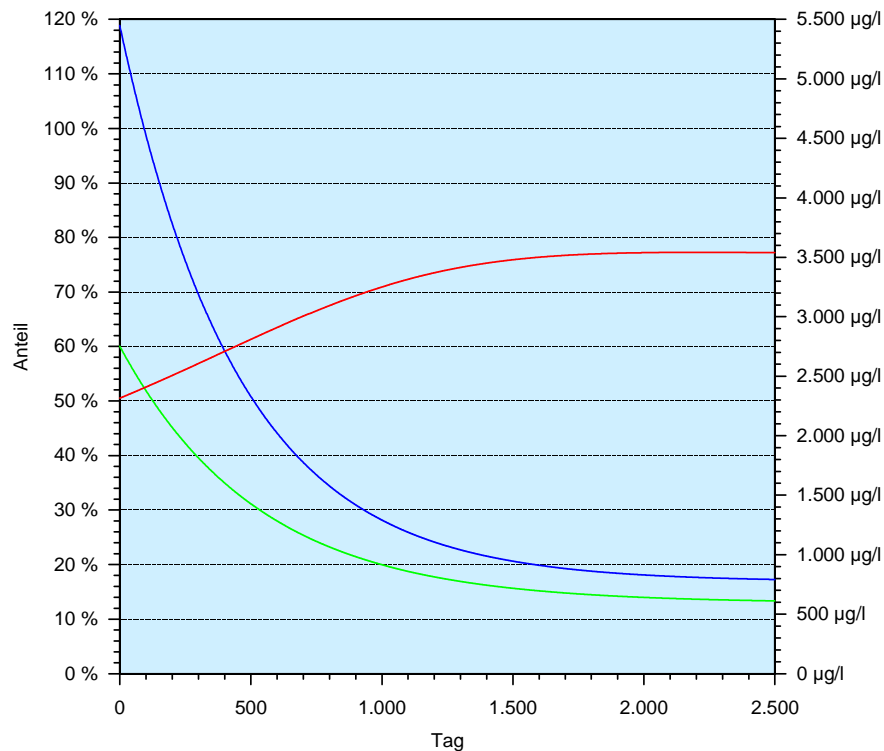
### Bewertung der ermittelten Verläufe

Obwohl in der Fallbeschreibung keine Angaben zur Bodenkontamination vorhanden sind, ist das hohe Konzentrationsniveau von um die 700-800 µg/l LHKW im Zeitbereich um 2000 Tage Maßnahmedauer nur durch ein Nachschubpotenzial zu erklären. Wie sich dieses zwischen gesättigter und ungesättigter Zone verteilt, wäre zu klären.

Gut abgebildet wird die Effizienz der hydraulischen Maßnahme bei einer Austragskonzentration von etwa 80 % der in-situ gemessenen.

Die anfängliche hohe Konzentrationsdifferenz zwischen in-situ gemessener und Austrag ist durch die mangelnde Koinzidenz der Messpunkte bedingt (die Startkonzentration im Austrag wurde z.B. nicht dokumentiert).

Konzentrationsverläufe / Austragskurven im Fall 50 (Grundlage: gemessene Werte)



## 10 Schlussbemerkungen

### 10.1.1 Schlussfolgerungen für den Leitfaden

Anhand von Austragskurven und Konzentrationsverläufen hydraulisch sanierter LHKW-Schadensfälle konnte aufgezeigt werden, dass die Wechselwirkungen zwischen den bodenmechanischen Kennwerten (Kornverteilung und Porenvolumina) der jeweils vorliegenden hydrogeologisch relevanten Schichtkörper mit der Verteilung des Schadstoffpotenzials im Dreiphasensystem Boden-Bodenluft und Grundwasser die Effizienz, den Verlauf und letztendlich den Aufwand für eine Maßnahme entscheidend bestimmen.

Als begrenzende Faktoren für das Erreichen von Sanierungszielen wurden nicht die technisch angewandten Lösungen der Grundwasserentnahme, sondern die Prozesse identifiziert, die den Übergang der Schadstoffe vom Bodenkorn oder Porenwasser in das strömende, einer hydraulischen Entnahme zugängliche Grundwasser bestimmen und die durch rein hydraulische Maßnahmen nur in Grenzen zu beeinflussen sind.

Weiterhin wurde aufgezeigt, dass Restkontaminationen im Boden, ob in der gesättigten oder ungesättigten Zone, selbst bei geringen Schadstoffmengen, das Erreichen von Sanierungszielwerten in Größenordnung der Geringfügigkeitsschwellen in Sanierungszeiträumen wie den hier ausgewerteten bis zu 15 Jahren praktisch unmöglich machen.

Diese im Zuge des Forschungsvorhabens abgeleiteten Zusammenhänge erfordern sowohl im Rahmen der Schadenserkundung, der Gefahrenbewertung, der Festlegung von Sanierungszielen und folgerichtigen Ableitung von Sanierungszielwerten, in der Maßnahmeplanung und -umsetzung als auch in der Entscheidung über ein Maßnahmenende eine von der bisherigen Praxis abweichende, auf die aktuelle Rechtslage abgestimmte Herangehensweise, die im Leitfaden beschrieben wird (siehe Anhang).



---

### 10.1.2 Schlussfolgerungen für die Fallsammlung GWKON

Die Datenauswertung hat gezeigt, dass ohne Bedienung des für eine qualifizierte Auswertung erforderlichen Mindestdatenbestandes nur eine eingeschränkte Quantifizierung der Kriterien zur Behandlung von Grundwassersanierungen erfolgen konnte.

Als wesentliche Defizite in der bisher vorliegenden Beschreibung von Grundwasserschadensfällen seien folgende Punkte nochmals benannt:

- Kenntnisdefizite bezüglich der Ausdehnung von Grundwasserverunreinigungen in Fläche und Tiefe bis in Konzentrationsgrößenordnungen üblicher Sanierungsziele oder Geringfügigkeitsschwellen
- Kenntnisdefizite bezüglich der Schadstoffbelastungen insbesondere im Boden der ungesättigten und gesättigten Bodenzone, die zu einer Beeinflussung der im Grundwasser gelösten Schadstoffmengen führen

Es sollte daher eine weitere Pflege und Ergänzung dieser Datenbank im Interesse aller fachlich Beteiligten erfolgen.

Es ist davon auszugehen, dass Schadensfälle, die erst in jüngerer Zeit erkundet wurden, den oben genannten Defiziten bei älteren Schadensfällen Rechnung tragen. Um so wichtiger ist es daher, dass auch Schadensfälle in der Datenbank implementiert werden, deren Sanierung noch geplant ist oder aber erst vor kurzer Zeit begonnen hat.

Damit ließen sich dann auch an weitere Leitschadstoffe angepasste Bilanzmodelle schaffen, die bei der Planung, Durchführung und Bewertung von Grundwassersanierungen Hilfestellung leisten könnten.

**Die momentan hier verwendeten Bilanzierungsansätze reichen für die beabsichtigten Kernaussagen von GWKON aus, würden aber für eine konkrete Bemessung einer Grundwassersanierungsmaßnahme durch die Behörden sicherlich detaillierter verlangt werden. Insofern ist GWKON kein Planungsinstrument für GW-Sanierungsmaßnahmen und will und kann diese auch nicht ersetzen.**

## **Verzeichnis der Anhänge**

**Anhang 1: Entwurf eines ersten Fragebogens zur Erhebung von Grundwassersanierungsmaßnahmen, UBA 1999**

**Anhang 2: Endfassung des Rechercherasters zur Erfassung von Grundwasserschäden, deren Randbedingungen und durchgeführter Sanierungsmaßnahmen (nach der Länderabstimmung)**

**Anhang 3: Rechtliche Analyse der Rahmenbedingungen für die Behandlung von Grundwasserschäden**

**Anhang 4: Eingabemaske des Bilanzmodells**

**Anhang 5: Darstellungen zu den geologischen Normalprofilen der Fälle in GWKON**

**Anhang 6: Typkurven ausgewählter Schadensfälle**

**Anhang 7: Handbuch des Programms „GWKON 1.4“**

**Anhang 8: Handlungsleitfaden**

## **Anhang 1**

### **Entwurf eines ersten Fragebogens zur Erhebung von Grundwassersanierungsmaßnahmen, UBA 1999**

# Erfassungsbogen

zur Recherche von Grundwassersanierungs- und Monitoringmaßnahmen

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Standortbeschreibung und Projektablauf</b> .....	<b>2</b>
1.1	Standortbeschreibung.....	2
1.2	Projektablauf.....	4
1.3	Projektbeteiligte .....	4
<b>2</b>	<b>Untersuchungen und Beurteilung im Rahmen der</b>	
	<b>Gefährdungsabschätzung</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Sanierungsuntersuchung</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Verfahrensbeschreibung und Verlauf der Grundwassersanierung</b> .....	<b>9</b>
4.1	Verfahrensbeschreibung.....	10
4.2	Betrieb der Grundwasserreinigungsanlage .....	11
4.3	Überwachung.....	13
4.4	Ende der Grundwassersanierung.....	13
<b>5</b>	<b>Kosten</b> .....	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>15</b>

### Recherchekonzeption (Entwurf)

Um die Auswertung der Grundwassersanierungsmaßnahmen vergleichbar zu machen und signifikante Zusammenhänge herausarbeiten zu können, halten wir eine vereinheitlichte Erfassungsgrundlage für erforderlich, die alle für eine Grundwassersanierungsmaßnahme relevanten Aspekte umfasst.

Darin sind insbesondere folgende Punkte aufzunehmen:

- Allgemeine Informationen zum Sanierungsfall,
- Nutzungsbezug,
- Art und Umfang der Verunreinigung, insbesondere Informationen über die vertikale und horizontale Ausbreitung der Grundwasserverunreinigung,
- Geologie, Hydrogeologie, Hydrochemie,
- Schadstoffinventar und Schadstoffentwicklung,
- Eignungsuntersuchungen als Grundlage für eine Sanierungsentscheidung (Pumpversuche u. a.)
- Gefahrenbeurteilung,
- Sanierungsschwellenwerte,
- Sanierungsziele,
- Sanierungstechnik,
- Sanierungsplanung und -durchführung,
- Überwachungsstrategie der Sanierungsmaßnahme,
- Kosten der Sanierungsmaßnahme,
- Nachsorge,
- vorliegende Ergebnisse der Grundwasserüberwachung (Monitoring),
- Qualitätssicherung.

Die Vorgänge im Aquifer und nicht die eingesetzte Technik sollen den Schwerpunkt der Recherche und Auswertung bilden. Dabei sind möglichst alle maßgebenden geologischen und hydrogeologischen Einflussparameter zu berücksichtigen. Bezüglich der Art der Eintragsquelle von Schadstoffen ins Grundwasser wird keine Einschränkung vorgenommen. Insoweit sind Altablagerungen und Altstandorte oder betriebene Anlagen als Recherchefälle denkbar, wobei der Schwerpunkt weniger auf Altablagerungen liegen sollte.

Der beigefügte Projektfragebogen stellt einen ersten Vorschlag für die Struktur der Recherche dar und ist zu überarbeiten und insbesondere an die Erfordernisse einer späteren Auswertung anzupassen. Der Umfang des vorliegenden Entwurfs sollte nicht wesentlich erweitert werden. Der für die Recherche erforderliche Mindestdatenumfang ist zu nennen.

Die Kriterien des Fragebogens werden in eine Datenbank (bevorzugt Access) zur nachfolgenden statistischen Auswertung überführt.

Die Erarbeitung der Datenbankstruktur und die Programmierung der Datenbank müssen ebenfalls bereits die Aspekte der späteren Auswertung berücksichtigen. Bei der Aufstellung der Datenbank in Arbeitspaket II sind bereits die erforderlichen Verknüpfungen und Abfragen vorzusehen bzw. zu erarbeiten.

# 1 Standortbeschreibung und Projektablauf

## 1.1 Standortbeschreibung

<b>Altablagerung/Altstandort/Schadensfall</b>
<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Altablagerung</li><li><input type="checkbox"/> Altstandort</li><li><input type="checkbox"/> Schadensfall</li><li><input type="checkbox"/> Sonstiges</li></ul> <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Herd:</li><li>- Schadstoffahne:</li></ul> <p>Ursache des Schadstoffeintrags:</p>

<b>Oberfläche/Geologie</b>
<p>Oberfläche an der Schadstoffquelle:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> versiegelt/bebaut</li><li><input type="checkbox"/> teilweise versiegelt/bebaut</li><li><input type="checkbox"/> unversiegelt</li><li><input type="checkbox"/> Sonstiges</li></ul> <p>Aufbau der ungesättigten Zone:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Auffüllung</li><li><input type="checkbox"/> Lockergestein</li><li><input type="checkbox"/> Festgestein</li></ul> <p>Geologisches Profil:</p>

## Hydrogeologie

Anzahl der betroffenen Grundwasserleiter: 1

### Aquifer-Typ:

#### Nr.1

- ☐ Poren-Gwl.
- ☐ Kluft-Gwl.
- ☐ Sonstiger:

- ☐ ungespannt
- ☐ gespannt

#### Nr.2

- ☐ Poren-Gwl.
- ☐ Kluft-Gwl.
- ☐ Sonstiger:

- ☐ ungespannt
- ☐ gespannt

### Heterogenität:

- ☐ nein
- ☐ unbekannt
- ☐ ja:

- ☐ nein
- ☐ unbekannt
- ☐ ja:

Durchlässigkeit ( $k_f$ ):

Flurabstand:

Mächtigkeit:

Fließge-  
schwindigkeit:

## 1.2 Projektablauf

Anlaß	
Gefährdungsabschätzung	
Sanierungsuntersuchung	
Sanierungskonzept	
Sanierung	

## 1.3 Projektbeteiligte

Funktion	Behörde, Institution, Firma	Aufgabe
Auftraggeber		
Gutachter		
Bohrfirma		
Anlagenbauer		
Ver- und Entsorger		
Labor		
Genehmigungsbehörde		
Aufsichts-/Fachbehörde		

## 2 Untersuchung und Beurteilung im Rahmen der Gefährdungsabschätzung

### Hauptkontamination

Schadstoffe im Grundwasser:

Art

- ☐ LHKW: Tetra- und Trichlorethen
- ☐ BTEX
- ☐ MKW (H 18)
- ☐ PAK
- ☐ Cyanide
- ☐ Schwermetalle
- ☐ Sonstige

Konzentrationsbereich  
max.  
Fahne:

Schadstoffe in Phase:

- ☐ nein
- ☐ ja

Vorbelastung des Grundwassers:

- ☐ nein
- ☐ nicht bekannt
- ☐ ja, mit:

### Störstoffe

Art

- ☐ Eisen
- ☐ Mangan
- ☐ Calcium-/Magnesiumcarbonat (Härte)
- ☐ TOC
- ☐ CSB
- ☐ BSB
- ☐ Sonstige
- ☐ keine

Konzentrationsbereich



**Andere relevante Parameter**

Temperatur :  
 pH-Wert :  
 Leitfähigkeit :  
 Redox-Potential :  
 Sauerstoffgehalt :  
 Sonstige :

**Umfang der Kontamination**

Schadensherd (Fläche) :  
 Schadenstiefe :  
 Schadstofffahne:  
☐ nein  
☐ ja Fläche :

**Relevante Nutzung des Grundwasserleiters**

- ☐ keine  
☐ öffentliche Trinkwassergewinnung  
☐ private Trinkwassergewinnung  
☐ Brauchwasser, temporär  
☐ Sonstige

Abstand zum Schadenszentrum bzw. zur Schadstofffahne:

**Betroffene Wirkungspfade/Schutzgüter**

- ☐ Grundwasser  
☐ Oberflächengewässer  
☐ Trinkwassergewinnung  
☐ Sonstige: Boden

**Gefährdungsabschätzung**

### 3 Sanierungsuntersuchung

<b>Sanierungspflichtiger</b>
<input type="checkbox"/> Verursacher
<input type="checkbox"/> Eigentümer

Kostenträger	
<input type="checkbox"/>	Sanierungspflichtiger
<input type="checkbox"/>	zuständige Ordnungsbehörde
Finanzielle Förderung:	
<input type="checkbox"/>	keine
<input type="checkbox"/>	Landesmittel
<input type="checkbox"/>	Sonstige

<b>Rechtlicher Rahmen der Sanierung</b>
<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Öffentlich-rechtlicher Vertrag</li><li><input type="checkbox"/> Sanierungsanordnung/Ordnungsverfügung</li><li><input type="checkbox"/> freiwillige Vereinbarung/Wirtschaftsförderung</li><li><input type="checkbox"/> Sonstiges</li></ul>

Sanierungsziel	
Zielwert im Grundwasserleiter:	
Schadstoff	Konzentration

**Sanierungskonzept**

- ☐ aktive hydraulische Maßnahme (Dekontamination)
- ☐ passive hydraulische Maßnahme (Sicherung)

**Anforderungen der Behörden / Genehmigungen**

geforderte Reinigungsleistung der Grundwasserreinigungsanlage:

Schadstoff

Konzentration

Genehmigungen:

## 4      **Verfahrensbeschreibung und Verlauf der Grundwasser- sanierung**

### **Bodensanierung im Zusammenhang mit der Grundwassersanierung**

☐ nein

☐ ja:

Bodenbehandlung:

☐ in-situ

☐ Biologische Behandlung

☐ Extraktion/Waschverfahren

☐ Bodenluftabsaugung

☐ on-site/off-site

☐ Auskoffern/Umlagern

☐ Sicherung

### **Grundwassersanierung**

Entnahmetechnik:

☐ Zentralbrunnen

☐ Brunnengalerie

☐ Sonstiges: keine Entnahme; in-situ Reinigung

Anordnung und Anzahl der Brunnen:

Begründung:

Infiltration/Spülung:

☐ nein: Kreislaufführung des Grundwassers

☐ ja

Anzahl der Infiltrationsbrunnen:

Bemerkungen:

Sanierung Schadstofffahne:

☐ nein

☐ ja

☐ keine Schadstofffahne



## 4.2 Betrieb der Grundwasserreinigungsanlage

Geförderte Grundwassermenge	
Gesamtvolumen (gereinigt) [m <sup>3</sup> ]: nicht meßbar	Zeitraum: -
Volumenstrom (gefördert) [m <sup>3</sup> /h]:	
<input type="checkbox"/> konstant	
<input type="checkbox"/> variabel	
Bemerkungen:	

Betriebsdauer der Reinigungsanlagen
Gesamte Betriebszeit:
Herd:
Schadstofffahne:
Verfügbarkeit der Anlagen:

Probleme beim Anlagenbetrieb/Ursache für Ausfallzeiten
<input type="checkbox"/> organisatorisch:
<input type="checkbox"/> technisch:
<input type="checkbox"/> keine
Anmerkung:

Veränderungen im Anlagenaufbau während des Betriebs
<input type="checkbox"/> nein
<input type="checkbox"/> ja:
Grund für Veränderungen: -

<b>Wartung der Anlage</b>	
<b>Art:</b>	<b>Häufigkeit:</b>
Ausbau und Reinigung	

<b>Reinigungsleistung :</b>
Entfernte Schadstoffmenge: - Herd: - Fahne:

<b>Verbleib des gereinigten Grundwassers</b>
<input type="checkbox"/> Reinfiltration <input type="checkbox"/> Indirekteinleitung (Kanalisation/Kläranlage) <input type="checkbox"/> Direkteinleitung (Vorfluter) <input type="checkbox"/> Sonstiges: In-situ-Reinigung; keine Grundwasserentnahme

<b>Anfallende Reststoffe</b>		
<b>Art</b>	<b>Menge</b>	<b>Entsorgung</b>
<input type="checkbox"/> Luft-Kohle  <input type="checkbox"/> Wasser-Kohle <input type="checkbox"/> Schlamm <input type="checkbox"/> Sonstige		

<b>Energieaufwand</b>

### 4.3 Überwachung

Analytische Überwachung der Anlage	
<u>Häufigkeit:</u>	<input type="checkbox"/> Zulauf:
	<input type="checkbox"/> Ablauf:
	<input type="checkbox"/> 1. Stufe:
	<input type="checkbox"/> Abluft:
	<input type="checkbox"/> Sonstige:
<u>Parameterumfang:</u>	<input type="checkbox"/> Vor-Ort-Analytik:
	<input type="checkbox"/> Labor-Analytik:

Analytische Überwachung des Grundwasserleiters	
Häufigkeit	Anzahl der Pegel
<input type="checkbox"/> Oberstrom	
<input type="checkbox"/> Schadenszentrum	
<input type="checkbox"/> Schadstoffahne	

### 4.4 Ende der Grundwassersanierung

Einstellung des Betriebs der Reinigungsanlage
Datum:
Begründung:
veranlassende Behörde:



## 5 Kosten

<b>Investitionskosten</b> (nur Fahnensanierung)	
<b>Planungskosten:</b> (Sanierungskonzept, Anlagenplanung)	DM
<b>Anlagekosten:</b>	
<b>Sonstige Investitionskosten:</b> Stromanschluß:	
<b><u>Gesamte Investitionskosten:</u></b>	
<b>Geplante Investitionskosten:</b> Datum:	

<b>Betriebskosten</b> (nur Fahnensanierung)	
<b>Analytische Überwachung/Gutachten:</b>	
<b>Instandhaltung und Bedienung:</b>	
<b>Energie:</b>	
<b>Betriebsmittel:</b> Art:	
<b>Entsorgung:</b> Art:	
<b>Gesamte Betriebskosten:</b> spezifisch: bisher:	
<b>Geplante Betriebskosten:</b> Datum:	

<b>Kostenkenndaten</b>
<p><b>Gesamtkosten:</b></p> <p>Maßnahme abgeschlossen</p> <p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja</p> <p><b>Volumenspezifische Betriebskosten:</b></p> <p><b>Volumenspezifische Gesamtkosten:</b></p> <p><b>Abweichung zwischen geplanten und realen Kosten</b></p> <p><input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja:</p> <p><b>Gründe: -</b></p>

## 6 Anhang

<b>Informationsquellen</b>
<p>Bearbeiter (Interviewpartner):</p>

## **Anhang 2**

**Endfassung des Rechercherasters zur Erfassung von  
Grundwasserschäden, deren Randbedingungen und  
durchgeführter Sanierungsmaßnahmen (nach der Länder-  
abstimmung)**

Recherchepunkte				
10	Sanierungstechnologie Grundwasser			
10	1		Entnahmetechnologie	
10	1	1	<u>eingesetzte Verfahren / Module</u>	Art, Invest.-Kosten, Anzahl, Entnahmetiefen, Lage (relativ zum Eintragsbereich bzw. zur Fahne)
10	1	2	<u>Betriebsprogramme für jedes der Verfahren/Module</u>	Entnahmemengen und Betriebszeiten, Verfügbarkeit + Bemerkungsfeld
10	1	3	<u>Austragsbilanzierung je Verfahren und Betriebsprogramm</u>	je Schadstoff Menge je Zyklus im jeweiligen Betriebszeitraum
10	1	4	<u>Kosten</u>	Betriebs- und Wartungskosten für jedes Verfahren / Modul / Betriebsprogramm
10	1	5	<u>Probleme und Ausfälle für jedes der Verfahren/Module</u>	Bemerkungsfeld für textliche Erläuterungen
10	1	6	<u>technische Überwachung</u>	Parameter, Beprobungsort, Zyklus (Auswahltabellen)
10	1	7	<u>analytische Überwachung</u>	Parameter, Beprobungsort, Zyklus (Auswahltabellen)
10	2		Reinigungstechnologie (on-site)	
10	2	1	<u>eingesetzte Verfahren / Module</u>	Art, Investitionskosten, max. Inputkonzentration und Reinigungsziel je Schadstoff/Störstoff, max. Durchsatz im Regelbetrieb, Erläuterungsfeld
10	2	2	<u>Betriebsprogramme für jedes der Verfahren/Module</u>	Durchsatzmengen und Betriebszeiten, Verfügbarkeit + Bemerkungsfeld
10	2	3	<u>Austragsbilanzierung je Verfahren und Betriebsprogramm</u>	je Schadstoff Menge je Zyklus im jeweiligen Betriebszeitraum
10	2	4	<u>Betriebs- und Wartungskosten</u>	Betriebs- und Wartungskosten für jedes Verfahren / Modul je Betriebsprogramm
10	2	5	<u>Probleme und Ausfälle für jedes der Verfahren/Module</u>	Bemerkungsfeld für textliche Erläuterungen
10	2	6	<u>technische Überwachung</u>	Parameter, Beprobungsort, Zyklus (Auswahltabellen)
10	2	7	<u>analytische Überwachung</u>	Parameter, Beprobungsort, Zyklus (Auswahltabellen)

<i>Recherchepunkte</i>				
10			Sanierungstechnologie Grundwasser	
10	3		in-Situ-Technologien	
10	3	1	<u>eingesetzte Verfahren / Module</u>	Art, Invest.-Kosten, Anzahl, Wirkungstiefen, Lage (relativ zum Eintragsbereich bzw. zur Fahne)
10	3	2	<u>Betriebsprogramme für jedes der Verfahren/Module</u>	Durchsatzmengen und Betriebszeiten, Verfügbarkeit + Bemerkungsfeld
10	3	3	<u>Austragsbilanzierung je Verfahren und Betriebsprogramm</u>	je Schadstoff Menge je Zyklus im jeweiligen Betriebszeitraum
10	3	4	<u>Betriebs- und Wartungskosten</u>	Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten für jedes Verfahren / Modul je Betriebsprogramm
10	3	5	<u>Probleme und Ausfälle für jedes der Verfahren/Module</u>	Bemerkungsfeld für textliche Erläuterungen
10	3	6	<u>technische Überwachung</u>	Parameter, Beprobungsort, Zyklus (Auswahltabellen)
10	3	7	<u>analytische Überwachung</u>	Parameter, Beprobungsort, Zyklus (Auswahltabellen)

## **Anhang 3**

### **Rechtliche Analyse der Rahmenbedingungen für die Behandlung von Grundwasserschäden**

Berlin

EnergieForum Berlin  
Stralauer Platz 34  
10243 Berlin  
Telefon 030/726 10 26 0  
Fax 030 /726 10 26 10  
Berlin@GGSC.de  
www.ggsc.de

Anlage zum Endbericht für das F+E-Vorhaben  
„Kriterien zur Behandlung von Grundwasserverunreinigungen“

Rechtliche Rahmenbedingungen für die Behandlung  
von altlastenbedingten Grundwasserschäden

im Auftrag  
des Ingenieurbüros GICON  
im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Umweltbundesamtes

von  
Rechtsanwalt Dr. Achim Willand  
05. Juli 2004

## INHALTSVERZEICHNIS

A. Aufgabenstellung.....	4
B. Rechtsgrundlagen für die Beurteilung und Sanierung von Grundwasserschäden .....	6
I. Bundes-Bodenschutzgesetz.....	6
II. Deutsches Wasserrecht .....	7
1. Wasserhaushaltsgesetz des Bundes.....	7
2. Landeswassergesetze .....	9
III. Europäisches Wasserrecht: EG-Wasserrahmenrichtlinie .....	9
1. Bewirtschaftungsziele für das Grundwasser.....	10
a) „Guter Zustand“ .....	10
b) „Trendumkehr“ .....	12
c) Verschlechterungsverbot.....	13
d) Handlungspflichten und Instrumente .....	14
2. Ausnahmen von der Pflicht zur (fristgemäßen) Verwirklichung der Bewirtschaftungsziele .....	15
a) Fristverlängerung.....	15
b) Festlegung weniger strenger Bewirtschaftungsziele .....	16
3. Offene Fragen .....	19
4. Stand des Rechtsetzungsverfahrens für die neue Grundwasserrichtlinie .....	20
IV. Verhältnis der bodenschutzrechtlichen zu den wasserrechtlichen Vorschriften ..	21
1. Verhältnis zwischen dem Sanierungstatbestand des BBodSchG und den Ermächtigungsgrundlagen für die Gewässersanierung in den Landeswasser- gesetzen.....	21
2. Verhältnis zwischen Bodenschutzrecht und dem neuen Sanierungstatbestand in § 33 a WHG.....	22
C. Bewertung des Schadens und der von ihm ausgehenden Gefahren .....	24
I. Allgemeine Anforderungen an die Bewertung.....	24
1. Unterscheidung zwischen dem geschädigten Grundwasser einerseits und Gefahren für weitere Rechtsgüter andererseits .....	24
2. Begriff des Grundwassers.....	25
3. Nutzungsunabhängigkeit der Bewertung von Grundwasserschäden und -gefahren .....	25
II. Schadensbewertung.....	27
III. Beurteilung von Gefahren, die von dem Grundwasserschaden ausgehen .....	30
IV. Einfluss der WRRL und der (künftigen) Grundwasserrichtlinie.....	31
D. Entschluss zur Durchführung von Maßnahmen (Entschließungsermessen) .....	33
I. Gegenstand des Entschließungsermessens.....	33
II. Kriterien für das Entschließungsermessen .....	34
III. Auswirkungen der WRRL auf die Kriterien für das Entschließungsermessen.....	36
1. Sanierungspflicht zur Erreichung des „guten Zustands“ .....	36
2. Sanierungspflicht zum Schutz von Landökosystemen, Schutzgebieten und Oberflächengewässern .....	39



E. Entscheidung über Art und Umfang der Maßnahmen (Auswahlermessen).....	40
I. Sanierungsmaßnahmen und -ziele .....	40
II. Konkretisierung der Sanierungsziele .....	42
III. Struktur der Verhältnismäßigkeitsprüfung.....	44
1. Eignung .....	44
2. Erforderlichkeit .....	46
3. Angemessenheit .....	47
IV. Prüfung verschiedener Maßnahmealternativen auf ihre Verhältnismäßigkeit .....	48
1. Vollständige Dekontamination .....	49
a) Sanierungsziel.....	50
b) Eignung und Erforderlichkeit .....	51
c) Angemessenheit.....	52
aa) Ermittlung des Sanierungsnutzens einer vollständigen Dekontamination .....	52
(1) Wiederherstellung und Erhaltung von ökologischen Funktionen des Grundwassers .....	53
(2) Wiederherstellung und Erhaltung von Nutzungsfunktionen .....	53
(3) Schutz weiterer Rechtsgüter .....	54
bb) Ermittlung der mit der Sanierung verbundenen Belastungen, insbesondere des Sanierungsaufwandes.....	55
cc) Abwägung .....	56
2. Teildekontamination .....	56
a) Sanierungsziele .....	56
b) Eignung und Erforderlichkeit .....	57
c) Angemessenheit.....	57
3. Sicherung .....	57
a) Sanierungsziele .....	58
b) Eignung und Erforderlichkeit .....	58
c) Angemessenheit.....	58
aa) Ermittlung des Sanierungsnutzens bei Sicherungsmaßnahmen .....	58
bb) Ermittlung der mit der Sicherung verbundenen Belastungen, insbesondere des Sanierungsaufwandes.....	59
cc) Abwägung .....	59
F. Entscheidung über Anpassung oder Abbruch laufender Maßnahmen .....	59
I. Anlässe für eine Anpassung oder den Abbruch von Maßnahmen.....	59
II. Rechtliche Maßstäbe/Voraussetzungen .....	60
1. Überprüfung der ursprünglichen Sanierungsentscheidung .....	61
2. Änderung der ursprünglichen Sanierungsentscheidung.....	61

## A. Aufgabenstellung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Kriterien zur Behandlung von Grundwasser-  
verunreinigungen“ sind auch rechtliche Fragestellungen aufgeworfen, die in der  
nachfolgenden Analyse zu Ergebnissen geführt werden. Soweit in die Entwicklung  
der Forschungsergebnisse juristische Erkenntnisse eingeflossen sind, beruhen diese  
auf den nachfolgenden Analysen der rechtlichen Rahmenbedingungen und Maßstä-  
be sowie der Rechtsprechung und der rechtswissenschaftlichen Diskussion.

Juristische Erkenntnisse sind insbesondere in die Anwendung der Auswertungsrouti-  
nen am Datenbankbestand und hier in die Formulierung von Orientierungshilfen für  
die Bewertung von Sanierungsmaßnahmen anhand der rechtlichen Kategorien Eig-  
nung, Erforderlichkeit und Angemessenheit eingeflossen. Ferner beruhen der inhalt-  
liche Rahmen und der Aufbau des Leitfadens auch auf einer Analyse der für die Be-  
urteilung und die Behandlung von Grundwasserschäden maßgeblichen Vorschriften.  
Schließlich sind die fachlichen Ergebnisse, die im Leitfaden zusammengefasst sind,  
mit den Ergebnissen der juristischen Analyse verknüpft worden.<sup>1</sup>

In rechtlicher Hinsicht geht es im Wesentlichen um drei Fragenkomplexe:

- Wann liegt rechtlich ein Grundwasserschaden (bzw. eine Grundwasserverun-  
reinigung) vor?
- Was muss, kann oder darf von Rechts wegen unternommen werden, wenn ein  
Grundwasserschaden vorliegt?
- Wie ist der Bewertungs- und Entscheidungsprozess rechtssicher auszugestal-  
ten?

Diese Fragen werden – dem Zuschnitt des Forschungsprojekts entsprechend – aus  
der behördlichen Perspektive aufarbeitet. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, den  
mit Altlasten und Grundwasserkontaminationen befassten Verwaltungsstellen Ori-  
entierungshilfen im Vollzug zu geben. Zwar sind die rechtlichen Anforderungen hin-  
sichtlich der Gefahrbeurteilung und der grundsätzlichen Sanierungspflichten und -  
maßstäbe unabhängig davon, ob sie aus Behörden- oder Betroffenenperspektive be-  
trachtet werden. In der Praxis bedürfen die Bewertung und der Umgang mit Grund-  
wasserschäden aber weithin behördlicher Begleitung. Sanierungsaktivitäten erfolgen  
oft nur auf behördliche Initiative. Häufig werden Maßnahmen auch ganz oder teilwei-  
se aus öffentlichen Mitteln finanziert.

Demgemäß orientieren wir die Abarbeitung der oben schlagwortartig zusammenge-  
fassten Fragenkomplexe am Ablauf des behördlichen Entscheidungsverfahrens. Es  
weist – wie alle behördlichen Entscheidungsverfahren im Bereich der Eingriffsverwal-  
tung – eine bestimmte, rechtlich geprägte Struktur auf, die wir im Aufbau aufgreifen.  
Im grundlegenden Teil B. werden die rechtlichen Grundlagen für die Bewertung von  
Grundwasserkontaminationen und ihre Behandlung dargestellt. Dort werden auch  
Zuständigkeitsfragen behandelt, die Ausgangspunkt für behördliche Aktivitäten sind.

---

<sup>1</sup> Siehe Teil 1 des Endberichts.

Die darauf folgenden Abschnitte C. bis F. behandeln die rechtlichen Maßstäbe, die bei der Bewertung von Grundwasserkontaminationen und beim Umgang mit ihnen, insbesondere im Hinblick auf eine Sanierung, zu beachten sind. Entsprechend dem behördlichen Entscheidungsverfahren wird unterschieden zwischen folgenden Phasen:

- Bewertung des Schadens und der von ihm ausgehenden Gefahren (C)
- Entschluss zur Durchführung von Sanierungsmaßnahmen oder Verzicht auf diese (Entscheidung über das „Ob“ von Sanierungsmaßnahmen – Entschließungsermessen) (D)
- Entscheidung über Art und Umfang der Sanierungsmaßnahmen (Entscheidung über das „Wie“ – Auswahlermessen) (E)
- Entscheidung über Anpassung oder Abbruch laufender Maßnahmen (F).

Die Analyse beschränkt sich entsprechend der Aufgabenstellung des Forschungsvorhabens auf den Umgang mit Grundwasserschäden. Grundwasserschadensbereiche – insbesondere wenn sie altlastenbedingt sind – stehen jedoch regelmäßig unter dem Einfluss von Bodenkontaminationen. Es ist in der Praxis sinnvoll, Altlastenschädliche Bodenveränderungen und die unter ihrem Einfluss stehenden Grundwasserzonen sowie -schäden in einem übergreifenden Sanierungskonzept für den jeweiligen Standort zu bewerten. Sanierungserfordernisse im Bereich des Bodens sind jedoch nicht als solche Thema des Forschungsvorhabens. Rechtlich betrachtet ist die Entscheidung über die Sanierung eines Grundwasserschadens zu trennen von der Entscheidung über die Sanierung einer schädlichen Bodenveränderung, die sich im Übrigen auch nach anderen Kriterien richtet. Auf Altlasten und schädliche Bodenveränderungen, die andauernden Einfluss auf vorhandene Grundwasserschäden haben, ist gleichwohl im Rahmen des Bewertungs- und Entscheidungsprozesses für die Behandlung von Grundwasserschäden an verschiedener Stelle einzugehen. Grundwasserschäden sind meist „Folgeschäden“, die auf eine Bodenkontamination oder auf eine andere Ursache zurückzuführen sind (beispielsweise Abfallablagerungen in der gesättigten Zone). Sofern andauernde Schadstoffeinträge aus dem Boden oder aus anderen Quellen in den geschädigten Grundwasserbereich stattfinden, muss ein tragfähiges Sanierungskonzept dies unter dem Gesichtspunkt der „Quellensanierung“ einbeziehen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens geht es jedoch nur um die Entwicklung von Kriterien zur Sanierung von Grundwasserschäden. Dies schließt die Bewertung solcher Gefahren ein, die von dem Grundwasserschaden für weitere Rechtsgüter – insbesondere für bislang nicht oder gering verunreinigtes Grundwasser im Abstrom des Schadensbereiches – ausgehen. Kriterien für Sanierungsmaßnahmen am Boden oder zur Beseitigung anderer Quellen, aus denen Schadstoffe ins Grundwasser nachgeliefert werden, sind dagegen nicht Gegenstand des Forschungsvorhabens. Allerdings müssen solche Schadensquellen bei der Entscheidung über die Sanierung von Grundwasserschäden mit einbezogen werden. Ihr Fortbestehen kann nämlich das Erreichen der Sanierungsziele für den Grundwasserschadensbereich verzögern, erschweren oder vereiteln. Daher müssen im Rahmen der Entscheidung über die Sanierung von Grundwasserschäden solche Schadensquellen an verschiedenen Stellen im Bewertungs- und Entscheidungsprozess berücksichtigt werden. Die Bewertung des Grundwasserschadens und der von ihm ausgehenden Gefahren ist

jedoch nach den einschlägigen Vorschriften unabhängig von irgendwelchen anderen Umweltschäden oder Schadensquellen.<sup>2</sup>

Ausgeklammert bleiben ferner allgemeine – keinen spezifischen Bezug zur Behandlung von Grundwasserschäden aufweisende – verwaltungsrechtliche und bodenschutzrechtliche Aspekte der Durchführung und Durchsetzung von Sanierungsmaßnahmen. Dies gilt beispielsweise für die behördlichen Befugnisse im Rahmen der Sanierungsuntersuchung und Sanierungsplanung und der Überwachung sowie für die Durchsetzung der Sanierungspflichten gegenüber den Verantwortlichen nach § 4 Abs. 3 BBodSchG.

## **B. Rechtsgrundlagen für die Beurteilung und Sanierung von Grundwasserschäden**

Entsprechend unserer Fragestellung sind die Rechtsgrundlagen zu ermitteln, die für die Beurteilung von Schadstoffbelastungen des Grundwassers von Bedeutung sind. Dies gilt insbesondere für die Frage, ob ein Grundwasserschaden bzw. eine Grundwasserverunreinigung im Rechtssinne vorliegt und welche rechtlichen Anforderungen für den Umgang mit dem Schaden bzw. der Verunreinigung gestellt werden.

Die rechtlichen Grundlagen für die Beurteilung und Sanierung von Grundwasserschäden finden sich sowohl im Bodenschutzrecht (BBodSchG), als auch im Wasserrecht. Darüber hinaus ist der Einfluss der EG-Wasserrahmenrichtlinie und der zu erwartenden Tochterraumrichtlinie zum Grundwasserschutz zu thematisieren.

### **I. Bundes-Bodenschutzgesetz**

Nach § 4 Abs. 3 BBodSchG sind durch schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten verursachte Verunreinigungen von Gewässern so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierzu kommen bei Belastungen durch Schadstoffe neben Dekontaminations- auch Sicherungsmaßnahmen in Betracht, die eine Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindern. § 4 Abs. 3 BBodSchG begründet also u.a. die Verpflichtung, durch Altlasten oder schädliche Bodenveränderungen verursachte Verunreinigungen des Grundwassers zu sanieren. Adressaten dieser Verpflichtung sind der Verursacher der Altlast sowie dessen Gesamtrechtsnachfolger, der Grundstückseigentümer und der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück.

Bezogen auf Gewässer – insbesondere Grundwasser – entsteht die Sanierungspflicht, wenn durch die schädliche Bodenveränderung oder Altlast eine

---

<sup>2</sup> Dagegen können fortbestehende Bodenkontaminationen und andere Schadensquellen, die sich auf den Grundwasserschadensbereich auswirken, Bedeutung für die Entscheidung über das „Ob“ und „Wie“ von Sanierungsmaßnahmen haben (siehe dazu unten, D. III.).

„Verunreinigung“ verursacht worden ist. Wir verwenden – wie auch sonst im Abschlussbericht – den Begriff „Grundwasserschaden“<sup>3</sup>, der jedoch synonym mit dem Begriff der „Grundwasserverunreinigung“ i.S.d. BBodSchG ist. Der Grundwasserschaden ist gekennzeichnet durch eine Belastung des Grundwassers mit Schadstoffen in einem Maße, das eine Sanierungspflicht nach § 4 Abs. 3 BBodSchG auslöst.

Die bei der Sanierung von Gewässern zu erfüllenden Anforderungen bestimmen sich nach dem Wasserrecht (§ 4 Abs. 4 Satz 3 BBodSchG). Das BBodSchG regelt also die Frage nach dem „Ob“ der Sanierung, während das Gesetz hinsichtlich der materiellen Anforderungen auf das Wasserrecht verweist.<sup>4</sup>

## II. Deutsches Wasserrecht

### 1. Wasserhaushaltsgesetz des Bundes

Das 7. Gesetz zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) vom 18.06.2002<sup>5</sup> zum Zwecke der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) hat eine grundlegende Neuorientierung im deutschen Wasserrecht eingeleitet. In seiner bisherigen Fassung enthielt das WHG keine unmittelbar die Sanierung von Grundwasserschäden regelnden Vorschriften. Das WHG in der Fassung vor dem 7. Änderungsgesetz konzentrierte sich auf den vorsorgenden Gewässerschutz, indem es insbesondere einen rechtlichen Rahmen für die Benutzung von Gewässern und für die wasserwirtschaftliche Planung aufstellte. Für das Vorgehen bei bereits eingetretenen Beeinträchtigungen von Gewässern stellte das WHG dagegen keine Instrumente und expliziten Maßstäbe bereit.

Allerdings wird aus einer Gesamtschau der Vorschriften des WHG, die den Grundwasserschutz betreffen – §§ 1 a Abs. 1, 6, 19 b Abs. 2, 19 g Abs. 1, 26 und 34 WHG – die Schlussfolgerung gezogen, dass der Gesetzgeber damit eine materielle Grundentscheidung für einen umfassenden Grundwasserschutz getroffen habe. Dieser Schutzauftrag schlägt

---

<sup>3</sup> Dieser Begriff ist im Wasserrecht gebräuchlich, vgl. z. B. den Entwurf der gemeinsamen Schrift der LAWA, LABO und der LAGA „Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquelle für das Grundwasser“ vom 17.06.1998 (sog. „GBG-Grundsatzpapier“), Ziff. 2.2.

<sup>4</sup> Vgl. Schoeneck, in: Sanden/Schoeneck, BBodSchG, § 4 Rn. 55.

<sup>5</sup> BGBl. I, S. 1914, berichtet S. 2711, in Kraft getreten am 25.06.2002.

sich beispielsweise in der Auslegung und Anwendung des § 34 WHG nieder. Nach ihrem Wortlaut dient diese Vorschrift lediglich dem Grundwasserschutz beim Einleiten und Lagern von Stoffen, wird darüber hinaus aber auch bei anderen Einwirkungen angewandt.<sup>6</sup> Eine teilweise Konkretisierung der Vorschriften des WHG a.F. zum Schutz des Grundwassers ergibt sich aus der auf § 6a WHG gestützten Grundwasserverordnung.<sup>7</sup> Danach dürfen Stoffe der Liste I (vgl. Anlage zu Grundwasserverordnung) nicht in das Grundwasser gelangen, es sei denn, jede gegenwärtige oder künftige Gefahr einer Beeinträchtigung des Grundwassers ist ausgeschlossen (§ 3 Abs. 1 bis 3). Stoffe der Liste II dürfen nur in das Grundwasser eingetragen werden, wenn eine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften nicht zu besorgen ist (§ 4 Abs. 1).

Im Schrifttum wird überwiegend die Auffassung vertreten, dass der Schutzauftrag für einen flächendeckenden Grundwasserschutz auch bei der Entscheidung über den Umfang der Sanierung von Altlasten zu berücksichtigen sei.<sup>8</sup> Weder dem Gesetz selbst, noch den untergesetzlichen Regelwerken sind jedoch Kriterien für das Gewicht zu entnehmen, das dem Grundsatz des flächendeckenden Grundwasserschutzes bei der Bestimmung von Sanierungsanforderungen zukommen soll. Dies gilt insbesondere für die Bestimmung von Sanierungszielen und für die Bewertung der Angemessenheit von Maßnahmen zur Sanierung von Grundwasserschäden.<sup>9</sup>

Die zur Umsetzung der WRRL mit dem 7. Änderungsgesetz zum WHG neu aufgenommenen Vorschriften zum Grundwasserschutz werden unten unter III. erörtert.

---

<sup>6</sup> Vgl. *Czychowski/Reinhardt*, WHG, 8. Aufl., § 34 Rn. 2; BVerwG, NVwZ 1989, 1061 f.; BVerwG, DÖV 1974, 207 ff.

<sup>7</sup> Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung) vom 18.03.1997, BGBl. I S. 542.

<sup>8</sup> Vgl. *Czychowski/Reinhardt*, WHG, 8. Aufl., § 34 Rn. 2 m.w.N., *Holzwarth/Radtke/Hilger/Bachmann*, BBodSchG/BBodSchV, 2. Aufl., § 4 Rn. 147.

<sup>9</sup> Hierzu ausführlich unten, E. III. und IV.

## 2. Landeswassergesetze

Der Bund hat auf dem Gebiet des Wasserrechts nur die Kompetenz zur Rahmengesetzgebung (Art. 75 Nr. 4 Grundgesetz), die er u.a. mit dem WHG wahrgenommen hat. Die Bundesländer haben zur weiteren Ausfüllung Landeswassergesetze geschaffen. In einigen Bundesländern können Entscheidungen über die Sanierung von Grundwasserschäden auf generalklauselartige Ermächtigungen in den Landeswassergesetzen gestützt werden, wonach die Wasserbehörden die zu Durchführung der wasserrechtlichen Vorschriften erforderlichen Anordnungen treffen können. In § 77 des Hessischen Wassergesetzes, in Art 68 a des Bayerischen Wassergesetzes, in § 21 Abs. 4 des Brandenburgischen Wassergesetzes, in § 31 Abs. 4 des Landeswassergesetzes Mecklenburg-Vorpommern und in § 97 i.V.m. § 94 Abs. 2 Satz 1 des Sächsischen Wassergesetzes finden sich ausdrückliche Ermächtigungsnormen für die Wasserbehörden, die zur Untersuchung und Sanierung des Grundwassers erforderlichen Anordnungen zu treffen. Weitergehende Vorschriften zur Beurteilung von Schadstoffbelastungen im Grundwasser und zur Sanierung von Grundwasserschäden enthalten jedoch auch diese Vorschriften nicht. Das Verhältnis zwischen bodenschutzrechtlichen und diesen wasserrechtlichen Ermächtigungsgrundlagen wird unten unter IV. behandelt.

## III. Europäisches Wasserrecht: EG-Wasserrahmenrichtlinie

Die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) schafft einen neuen Ordnungsrahmen für die Bewirtschaftung der Gewässer in der Europäischen Union. Die Arbeiten an der gemäß Art. 249 Unterabs. 3 EG-Vertrag erforderlichen Umsetzung der WRRL (Umsetzungsfrist bis 22.12.2003) in deutsches Recht sind in vollem Gange. Die Novellierung des WHG ist abgeschlossen, auf die zur Umsetzung der WRRL in das WHG eingefügten Vorschriften wird im Folgenden Bezug genommen.<sup>10</sup>

Die Anforderungen der WRRL an die Beschreibung, Festlegung und Einstufung, Darstellung in Karten und Überwachung des Zustands des Grundwassers sind durch Landesrecht zu bestimmen. Die Länder mussten ihre Umsetzungsaufgaben bis zum 22.12.2003 erledigt haben, einige Landeswassergesetze sind inzwischen novelliert. Die Anhänge 2 und 5 der WRRL, die für die Bewer-

---

<sup>10</sup> Siehe oben, II. 1. mit Fn. 7.

tung der Gewässerqualität von erheblicher Bedeutung sind, sollen durch Länderverordnungen auf der Grundlage einer „Musterverordnung“ der LAWA umgesetzt werden.<sup>11</sup>

## 1. Bewirtschaftungsziele für das Grundwasser

Kernelement der WRRL ist die Aufstellung von allgemeinen Qualitätszielen für alle Gewässerkörper in der Gemeinschaft. Die anzustrebende Gewässerqualität wird in der Richtlinie mit dem Begriff „Umweltziel“ (vgl. Art. 4) beschrieben. Nachfolgend wird stattdessen der Begriff „Bewirtschaftungsziel“ verwendet, den der Gesetzgeber bei der Umsetzung im 7. Änderungsgesetz zum WHG verwendet.

Für die Bewertung des Zustands der Grundwasserkörper sind vor allem die Bewirtschaftungsziele „guter Zustand“, „Trendumkehr“ und „Verschlechterungsverbot“ von Bedeutung.

### a) „Guter Zustand“

Alle Gewässerkörper müssen – von Ausnahmen abgesehen (siehe unten, 2.) – bis spätestens 22.12.2015 einen „guten Zustand“ erreichen. Bei Grundwasserkörpern setzt sich der gute Zustand aus einem „guten mengenmäßigen Zustand“ und einem „guten chemischen Zustand“ zusammen (vgl. Art. 4 Abs. 1 lit. b i.V.m. Art. 2 Nr. 20 WRRL; § 33 a Abs. 1 Nr. 4, Abs. 2 WHG).

Die Bewirtschaftungsziele der WRRL sind für den Grundwasserkörper insgesamt anzustreben. Dagegen beziehen sich die Bewirtschaftungsziele nicht unmittelbar auf einzelne verunreinigte (Grund-)Wasserzonen oder Teilkörper. Die Grundwasserkörper in Deutschland sollen nach den aktuellen Überlegungen der LAWA entsprechend den Grundwasserströmungsverhältnissen der oberflächennahen Grundwasserleiter im jeweiligen Teileinzugsgebiet abgegrenzt werden.<sup>12</sup> Während die Bewirtschaftungsziele sich nach der

---

<sup>11</sup> Die überarbeitete Fassung der Musterverordnung der LAWA liegt mit Stand vom 02.07.2003 vor.

<sup>12</sup> Arbeitshilfe der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (Stand: 30.04.2003), Teil 3, S. 34. Zunächst – in der Arbeitshilfe mit Stand vom 27.02.2002, S. 21 – war noch generell vorgesehen, die Grenzen der Grundwasserkörper mit den oberirdischen Einzugsgebietsgrenzen gleichzusetzen. Dort war für die Einzugsgebiete eine Größenordnung von ca. 1.500 – 5.000 km<sup>2</sup> angegeben.



WRRL durchgehend auf den Grundwasserkörper (bzw. Oberflächengewässerkörper usw.) beziehen, gelten die Bewirtschaftungsziele nach dem Sprachgebrauch des WHG für „das Grundwasser“, „die Oberflächengewässer“ usw.<sup>13</sup>

Altlastenbedingte Grundwasserverunreinigungen können insbesondere den „chemischen Zustand“ von Grundwasserkörpern beeinträchtigen. Die WRRL lässt weitgehend offen, was genau unter dem „guten chemischen Zustand“ zu verstehen ist (vgl. Art. 17 Abs. 2 lit. a WRRL). Nähere Kriterien für den „guten Zustand“ finden sich in Anhang V Nr. 2.3.2 WRRL. Danach ist der gute chemische Zustand u.a. dadurch gekennzeichnet, dass

*„die chemische Zusammensetzung des Grundwasserkörpers .... so beschaffen (ist), dass die Schadstoffkonzentrationen die nach anderen einschlägigen Rechtsvorschriften der Gemeinschaft gemäß Art. 17 WRRL geltenden Qualitätsnormen nicht überschreiten.“*

In Anhang IX der WRRL sind Tochterrichtlinien der Richtlinie 76/464/EWG aufgeführt, die jedoch keine unmittelbar für das Grundwasser geltende Qualitätsnormen enthalten.

In weiteren EG-Richtlinien zum Gewässerschutz sind Qualitätsziele verankert, die nach Äußerungen im Schrifttum<sup>14</sup> zur Ermittlung von Qualitätsnormen für das Grundwasser herangezogen werden können:

- Nitratrichtlinie (91/676/EWG),
- Pflanzenschutzmittelrichtlinie (91/414/EWG),
- Biozidrichtlinie (98/8/EG).

Bislang sind somit nur für wenige altlastentypische Schadstoffe Qualitätsnormen<sup>15</sup> auf EG-Ebene festgelegt. Zudem regelt die WRRL nicht im Einzelnen, anhand welcher Mess- und Auswer-

---

<sup>13</sup> Zur Bedeutung dieses Unterschieds siehe V.2.

<sup>14</sup> Vgl. Markard, Die Anforderungen an den Schutz des Grundwassers, in: von Keitz/Schmalholz (Hrsg.), Handbuch der EU-Wasserrahmenrichtlinie, 2002, S. 165 f.

<sup>15</sup> Stattdessen ist auch der Begriff „Qualitätsstandards“ gebräuchlich, vgl. Art. 10 Abs. 3 WRRL sowie Willand, Gemeinschaftsrechtliche Steuerung der Standardisierung im Umweltrecht, 2003, S. 90.

tungsmethoden zu beurteilen ist, ob der Grundwasserkörper die jeweiligen Qualitätsnormen erfüllt oder nicht. Im Rechtsetzungsverfahren zur WRRL konnten die Mitgliedstaaten sich nicht auf eine einheitliche Methodik verständigen. Dies gilt insbesondere für die Frage, inwieweit Belastungsschwerpunkte in die Berechnung Eingang finden und inwieweit Durchschnittswerte gebildet werden können. Nähere Kriterien für die Bewertung des chemischen Zustandes und Regelungen zum Mess- und Auswertungsverfahren sollen in einer Tochterrichtlinie zum Grundwasserschutz auf Grundlage des Art. 17 festgelegt werden (näher zum Stand des Rechtsetzungsverfahrens für die Grundwasserrichtlinie s. u., 4.).

Der „gute chemische Zustand“ setzt nach Anhang V Nr. 2.3.2 weiter voraus, dass die chemische Zusammensetzung des Grundwasserkörpers so beschaffen ist, dass die Schadstoffkonzentrationen u. a.

*„nicht derart hoch sind, dass die spezifizierten Bewirtschaftungsziele für in Verbindung stehende Oberflächengewässer nicht erreicht, die ökologische oder chemische Qualität derartiger Gewässer signifikant verringert oder die Landökosysteme, die unmittelbar von dem Grundwasserkörper abhängen, signifikant geschädigt werden.“*

Für die Bewertung des chemischen Zustandes kommt es also nicht nur auf die Schadstoffkonzentration im Grundwasserkörper als solche an; darüber hinaus ist ausschlaggebend, ob von der Schadstoffbelastung im Grundwasser Gefährdungen für andere Schutzgüter (Oberflächengewässer oder Landökosysteme) ausgehen. Die Zustandsbewertung ist insofern zum einen auf das belastete Grundwasser selbst gerichtet, zum anderen auf andere Schutzgüter, die durch den Schaden gefährdet sein könnten.

b) „Trendumkehr“

Weiteres Bewirtschaftungsziel ist die sog. Trendumkehr (Art. 4 Abs. 1 lit. b (iii) WRRL; § 33 Abs. 1 Nr. 2 WHG). Danach müssen alle signifikanten und anhaltenden Trends ansteigender Schadstoffkon-

zentrationen in einem Grundwasserkörper auf Grund der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten umgekehrt werden.

Eine einheitliche Methodik zur Bestimmung des Trends von Schadstoffkonzentrationen und zur Beurteilung der Frage, ob eine „Trendumkehr“ erforderlich ist, gibt es bislang nicht. Sie soll in der geplanten Tochterrichtlinie zum Grundwasserschutz auf der Grundlage von Art. 17 WRRL festgelegt werden.<sup>16</sup>

c) Verschlechterungsverbot

Nach der WRRL ist weiterhin sicherzustellen, dass eine Verschlechterung des Zustands der Grundwasserkörper verhindert wird (Art. 4 Abs. 1 lit b (i) WRRL; § 33a Abs. 1 Nr. 1, Abs. 4 i.V.m. §§ 25c Abs. 2 und 25d Abs. 1 Nr. 3 WHG). Anhand welcher Kriterien zu beurteilen ist, ob eine Verschlechterung des Zustandes eines Grundwasserkörpers eingetreten bzw. verhindert worden ist, ist bislang ungeklärt. Gleiches gilt für die Abgrenzung des Verschlechterungsverbots vom Gebot der Trendumkehr.

Im Schrifttum ist die Auffassung vertreten worden, dass das Verschlechterungsverbot lediglich besage, dass ein Grundwasserkörper in „gutem“ Zustand sich nicht hin zum „schlechten“ Zustand verändern dürfe („relatives Verschlechterungsverbot“). Eine Verschlechterung des Zustandes des Gewässerkörpers innerhalb der „guten“ Zustandsklasse verstoße hingegen nicht gegen das Verschlechterungsverbot.<sup>17</sup> Dagegen scheint sich in der Diskussion auf europäischer Ebene im Zusammenhang mit der Entwicklung der Tochterrichtlinie zum Grundwasserschutz die Auffassung durchgesetzt zu haben, dass mit dem Verschlechterungsverbot jede Verschlechterung, also auch innerhalb des guten Zustands, gemeint ist. Unter dieser Prämisse stellt sich erst recht die Frage, wie eine Verschlechterung des Zustandes „gemessen“ wird. Diskutiert wird derzeit ein instrumentelles Verständnis des Verschlechterungsverbots als Verpflichtung, bestimmte technische Vorkehrungen oder eine bestimm-

---

<sup>16</sup> Die EU-Kommission lässt aber – unabhängig von der Tochterrichtlinie – Vorschläge für eine einheitliche Methodik entwickeln.

<sup>17</sup> Vgl. *Rechenberg/Seidel*, Wasser und Abfall 2002, Heft 10, S. 48 ff. Siehe dazu die Erwiderung von *Jedlitschka*, Wasser und Abfall 2002, Heft 11/12.

te Umweltpraxis zum Schutz des Grundwassers einzuhalten mit dem Ziel, einen Anstieg von Schadstoffkonzentrationen innerhalb des guten Zustands zu verhindern. Dies könnte auch Bedeutung für die Altlastensanierung erlangen. Es wird erwartet, dass Einzelheiten zum Verschlechterungsverbot in der Tochterraichtlinie zum Grundwasserschutz geregelt werden.

d) Handlungspflichten und Instrumente

Um das Bewirtschaftungsziel „guter Zustand des Grundwassers“ zu verwirklichen, müssen die Mitgliedstaaten alle Grundwasserkörper schützen und ggf. verbessern und sanieren (Art. 4 Abs. 1 lit. b (ii) WRRL). Soweit es für das Erreichen des „guten Zustandes“ erforderlich ist, ergibt sich deshalb aus der WRRL eine Sanierungspflicht. Diese bezieht sich aber nach dem großräumigen und ganzheitlichen Bewirtschaftungsansatz der Richtlinie auf den Grundwasserkörper insgesamt, nicht aber auf den einzelnen Grundwasserschaden. Die Sanierung eines einzelnen Grundwasserschadens kann aber ein Baustein in einem übergreifenden Sanierungskonzept für den Grundwasserkörper sein.<sup>18</sup> Die Bewirtschaftung des Grundwassers wird künftig eingebunden sein in eine großräumige, Fluss- und Einzugsgebiete übergreifende, alle wasserwirtschaftlichen Belange integrierende Planung. Insbesondere sind Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme nach Art. 11 und 13 WRRL aufzustellen. Während die Bewirtschaftungspläne eine eher darstellende Funktion haben, ist das Maßnahmenprogramm Grundlage für die Anwendung und Koordinierung der Instrumente zur Verwirklichung der Bewirtschaftungsziele.<sup>19</sup> Das Maßnahmenprogramm bildet das Bindeglied zwischen den Bewirtschaftungszielen und den Einzelfallentscheidungen der Wasserbehörde, es lenkt damit das wasserbehördliche Bewirtschaftungsermessen.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> Vgl. Willand/Großmann, Ermessenskriterien für die Entscheidung über die Sanierung von altlastenbedingten Grundwasserschäden, altlasten spektrum 6/2002, S. 277 (283 f.).

<sup>19</sup> Näher siehe Knopp, Die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie aus der Sicht der Länder, ZfW 2003, S. 1; Berendes, Die neue Wasserrechtsordnung, ZfW 2002, S. 197 ff.; Kotulla, Das Wasserhaushaltsgesetz und dessen 7. Änderungsgesetz, NVwZ 2001, S. 1409 ff.; Knopp, Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie – neue Verwaltungsstrukturen und Planungsinstrumente im Gewässerschutzrecht, NVwZ 2003, S. 275 ff.

<sup>20</sup> Czychowski/Reinhardt, WHG, 8. Auflage, § 36 Rn. 5.

2. Ausnahmen von der Pflicht zur (fristgemäßen) Verwirklichung der Bewirtschaftungsziele

Unter bestimmten Voraussetzungen sind die Mitgliedstaaten befugt, die Frist zur Verwirklichung des „guten Zustands“ zu verlängern oder dauerhaft weniger strenge Bewirtschaftungsziele festzulegen.<sup>21</sup>

a) Fristverlängerung

Unter folgenden Voraussetzungen [(1) bis (3)] kann die Verwirklichung der Bewirtschaftungsziele zeitlich über den 22.12.2015 hinaus verschoben werden (Art. 4 Abs. 4 WRRL, § 33 a Abs. 4 i.V.m. § 25 c Abs. 2 und Abs. 3 WHG):

- (1)
  1. Die notwendigen Verbesserungen des Gewässerzustands können aufgrund der natürlichen Gegebenheiten nicht fristgerecht erreicht werden  
oder
  2. die vorgesehenen Maßnahmen sind nur schrittweise in einem längeren Zeitraum technisch durchführbar  
oder
  3. die Einhaltung der Frist wäre mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbunden.
- (2) Weitere Verschlechterungen des Zustands des Wasserkörpers werden vermieden.
- (3) Die Verwirklichung der Bewirtschaftungsziele für andere Wasserkörper derselben Flussgebietseinheit ist durch die Fristverlängerung nicht dauerhaft ausgeschlossen oder gefährdet (sog. „Verlagerungsverbot“).

Die Fristen können insgesamt zweimal verlängert werden, d.h. bis 12/2021 beim ersten Mal und 12/2027 beim zweiten Mal, es sei

---

<sup>21</sup> Die Ausnahmebestimmung für vorübergehende Verschlechterungen wird im Rahmen der Sanierung von Grundwasserschäden voraussichtlich nur eine geringe Bedeutung haben. Danach sind vorübergehende Verschlechterungen des Grundwasserzustand (d.h. Abweichungen vom „guten Zustand“) zulässig, wenn sie auf Umständen beruhen, die entweder in natürlichen Ursachen begründet oder durch höhere Gewalt bedingt sind und die außergewöhnlich sind, nicht vorhersehbar waren oder durch Unfälle entstanden sind (§ 33a Abs. 4, 25d Abs. 1 WHG, Art. 4 Abs. 6 WRRL). In diesen Fällen müssen die Mitgliedstaaten bestimmte Maßnahmen ergreifen.

denn, die Ziele lassen sich aufgrund der natürlichen Gegebenheiten nicht innerhalb dieses Zeitraums erreichen (Art. 4 Abs. 4 lit. c) WRRL; §§ 33a Abs. 4, 25c Abs. 2 Nr. 1 WHG).

Die Fristverlängerung und die Gründe hierfür müssen in den Bewirtschaftungsplänen für die Flussgebietseinheit im Einzelnen dargelegt und alle 6 Jahre überprüft werden.

Im Kontext dieses Forschungsvorhabens ist zu überlegen, ob die Möglichkeit einer Fristverlängerung in Anspruch genommen werden kann, wenn die chemische Qualität des betreffenden Grundwasserkörpers durch altlastenbedingte Schadstoffe beeinträchtigt ist. Prinzipiell können alle genannten Voraussetzungen für die Verlängerung des Zeitrahmens der Sanierung von Schadstoffbelastungen eines Grundwasserkörpers erfüllt sein. Je nach den Umständen des Einzelfalls kann eine Beseitigung der Schadstoffe in ausreichendem Maße innerhalb des vorgegebenen Zeitrahmens technisch oder wegen der natürlichen Gegebenheiten undurchführbar oder mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden sein.

b) Festlegung weniger strenger Bewirtschaftungsziele

Für einzelne Grundwasserkörper können nach der WRRL weniger strenger Bewirtschaftungsziele festgelegt werden (Art. 4 Abs. 5 WRRL; § 33a Abs. 4 Satz 3 i.V.m. § 25d Abs. 1 WHG). Voraussetzung hierfür ist, dass<sup>22</sup>

- (1) der Grundwasserkörper durch menschliche Tätigkeiten so beeinträchtigt ist oder die natürlichen Gegebenheiten so beschaffen sind, dass das Erreichen des guten Zustandes in der Praxis nicht möglich oder unverhältnismäßig teuer wäre;
- (2) die ökologischen und sozioökonomischen Erfordernisse, denen diese<sup>23</sup> menschlichen Tätigkeiten dienen, nicht durch an-

---

<sup>22</sup> Die folgende Aufzählung orientiert sich im Wesentlichen an den Formulierungen des WHG, die teils von der deutschen Fassung der WRRL abweichen. Soweit jedoch im WHG auf den Zusatz „-körper“ (hinter „Gewässer“- bzw. „Grundwasser-“) verzichtet wird (siehe dazu bereits oben, 1.), wird der Sprachgebrauch der WRRL übernommen, die fast durchgehend von „Grundwasserkörpern“ bzw. „Gewässerkörper“ spricht.

<sup>23</sup> Die WRRL verwendet anstelle des Wortes „diese“ der deutschen Fassung der WRRL das Wort „solche“.

dere Mittel erreicht werden können, die wesentlich geringere nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt hätten und nicht mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbunden wären;

- (3) weitere Verschlechterungen des Zustands des Grundwasserkörpers vermieden werden;
- (4) unter Berücksichtigung der Auswirkungen, die infolge der Art der menschlichen Tätigkeiten und der Beschaffenheit des Grundwassers nicht zu vermeiden waren,<sup>24</sup> der bestmögliche ökologische und chemische Zustand erreicht wird;
- (5) die Verwirklichung der Bewirtschaftungsziele für andere Wasserkörper der Flussgebietseinheit nicht dauerhaft ausgeschlossen oder gefährdet sind (Art. 4 Abs. 8 WRRL; §§ 33a Abs. 4, 25d Abs. 4 i.V.m. § 25c Abs. 3 WHG).

Die weniger strengen Bewirtschaftungsziele und die Gründe hierfür müssen in den Bewirtschaftungsplänen für das Einzugsgebiet im Einzelnen dargelegt und alle 6 Jahre überprüft werden.

Bezieht man diese Bedingungen für die Festlegung weniger strenger Bewirtschaftungsziele auf Grundwasserkörper, deren chemische Qualität durch altlastenbedingte Schadstoffeinträge beeinträchtigt sind, so fällt folgendes auf:

Zunächst können die beiden Eingangsbedingungen, dass das Erreichen des guten chemischen Zustandes praktisch entweder nicht möglich oder unverhältnismäßig teuer ist, prinzipiell bei altlastenbedingten Schäden erfüllt sein. Die 2. Bedingung kann jedoch, wenn man sie wörtlich nimmt, regelmäßig nicht erfüllt werden. Die Umstände, die zur Verunreinigung geführt haben, liegen nämlich in der Vergangenheit. Gleiches gilt für die 4. Bedingung, die auf die Vermeidbarkeit der Auswirkungen abstellt. Die Frage, ob andere alternative Maßnahmen zur Verfügung stehen oder die Auswirkungen vermeidbar sind, stellt sich bei bereits eingetretenen Schäden nicht.

---

<sup>24</sup> In der WRRL heißt es abweichend: „... nicht hätten vermieden werden können ...“.

Es ist davon auszugehen, dass die 2. und 4. Bedingung sich auf künftige menschliche Tätigkeiten beziehen, die sich nachteilig auf den chemischen Zustand des gefährdeten Grundwasserkörpers auswirken können. Nur in diesem Kontext machen die beiden Bedingungen Sinn.<sup>25</sup>

Hierzu muss man sich vergegenwärtigen, dass der Zustand eines Grundwasserkörpers regelmäßig durch eine ganze Reihe von Einflussfaktoren bestimmt wird, die in der Vergangenheit und in der Zukunft wirken. In diesem Kontext stellen die Bedingungen 2. und 4. hohe Anforderungen an die Bewirtschaftung bereits vorbelasteter Grundwasserkörper. In Bezug auf die Sanierung von Altlasten und Grundwasserschäden bedeutet dies: Sofern Sanierungsmaßnahmen nicht oder nur begrenzt möglich oder verhältnismäßig sind, müssen zusätzliche Belastungen des Grundwasserkörpers vermieden werden. Wird durch künftige bzw. andauernde menschliche Tätigkeiten, die die Bedingungen 2. und 4. nicht erfüllen, der Grundwasserkörper weiter andauernd belastet, darf der Mitgliedstaat nicht die Ausnahmebefugnis zur Festlegung weniger strenger Bewirtschaftungsziele in Anspruch nehmen.<sup>26</sup>

Die Inanspruchnahme der Ausnahmebestimmung wird in den meisten Fällen ihre Ursache in der Unverhältnismäßigkeit des Aufwandes für die zur Erreichung des „guten Zustands“ im betroffenen Grundwasserkörper notwendigen Maßnahmen haben. Der Bestimmung dieser „Verhältnismäßigkeitsschwelle“ kommt somit eine entscheidende Bedeutung zu. Nähere Kriterien für die Verhältnismäßigkeitsbeurteilung ergeben sich aus der WRRL jedoch nicht.<sup>27</sup>

---

<sup>25</sup> Irritierend ist allerdings, dass in der 4. Bedingung (2) grammatikalisch ein Vergangenheitsbezug enthalten ist („...nicht zu vermeiden waren“ bzw. „... nicht hätten vermieden werden können ...“). Dies könnte auch so interpretiert werden, als sei die Festlegung weniger strenger Bewirtschaftungsziele von der nachträglichen Beurteilung abhängig, ob die Schädigung des Grundwasserkörpers vermeidbar war.

<sup>26</sup> Die LAWA geht in ihrer Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (Stand: 30.04.2003), Teil 3, S. 62, bisher nur in allgemeiner Form auf die Voraussetzungen für die Festlegung weniger strenger Umweltziele ein. Die LAWA beabsichtigt, für die diesbezüglichen Anforderungen ein gesondertes „Ausnahmepapier“ zu erstellen.

<sup>27</sup> Markard, in: von Keitz/Schmalholz (Hrsg.), Handbuch der EU-Wasserrahmenrichtlinie, S. 147 (170) nennt folgende Kriterien: Grad der Gefährdung, Ausmaß der Belastung, Erfolgsaussichten der Maßnahmen (Minderungspotenzial), Vergleich von Maßnahmenalternativen (Kostenvergleich). Zu den Kriterien der Verhältnismäßigkeitsbeurteilung nach deutschem Recht siehe ausführlich unten, E. III. und IV.



Ob und inwieweit mit Rücksicht auf altlastenbedingte Grundwasserschäden Ausnahmebefugnisse zur Festlegung weniger strenger Bewirtschaftungsziele in Anspruch genommen werden müssen, hängt im Übrigen maßgeblich davon ab, inwieweit solche Schäden bei der Bewertung des chemischen Zustandes von Grundwasserkörpern überhaupt zu berücksichtigen sind. Dies wird in der WRRL nicht im Einzelnen festgelegt (siehe dazu sogleich).

### 3. Offene Fragen

Aus der Darstellung der Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie wird deutlich, dass ihr keine konkreten Kriterien für den Umgang mit Grundwasserschäden zu entnehmen sind.

Es bleiben insbesondere folgende offene Fragen:

- Nach welcher Methodik gehen einzelne Beeinträchtigungen des chemischen Zustandes in die Gesamtbewertung von Grundwasserkörpern ein? Wie sind Grundwasserschäden „einzurechnen“?
- Nach welchen Mess- und Berechnungsverfahren wird bestimmt, ob die geforderte Wasserqualität bei wechselnder Belastung im Grundwasserkörper erreicht ist oder nicht?
- Wird es weitere EU-weit einheitliche Qualitätsstandards (bzw. -normen) für die Grundwasserkörper geben?
- Müssen die Mitgliedstaaten selbst – ggf. ergänzende – Qualitätsstandards festlegen?
- Sind vorhandene, ggf. größere Grundwasserschäden von der Geltung der Qualitätsstandards ausgenommen?
- Welche Kriterien gelten für das Gebot der Trendumkehr und das Verschlechterungsverbot?
- Welche Konsequenzen ergeben sich ggf. aus dem Gebot der Trendumkehr und aus dem Verschlechterungsverbot für den Umgang mit Grundwasserschäden?
- Inwieweit kann sich aus der Sanierungspflicht für einen Grundwasserkörper eine Sanierungspflicht für den einzelnen Grundwasserschaden ergeben?
- Sind „weniger strenge Umweltziele“ bei altlastenbedingt geschädigten Grundwasserkörpern zulässig?

#### 4. Stand des Rechtsetzungsverfahrens für die neue Grundwasserrichtlinie

Nach Art. 17 Abs. 1 waren das Europäische Parlament und der Rat verpflichtet, bis Ende 2002 Maßnahmen zur Verhinderung und Begrenzung der Grundwasserverschmutzung zu erlassen. Nachdem zwischen der EU-Kommission und den Mitgliedstaaten in einer breit angelegten Fachdiskussion zunächst Strukturvorschläge diskutiert worden sind<sup>28</sup>, hat die Kommission am 19.09.2003 den Entwurf einer Richtlinie zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung (nachfolgend: „Grundwasserrichtlinie“) vorgelegt. Im weiteren Rechtsetzungsverfahren – insbesondere unter Beteiligung des Europäischen Parlaments und des Rates – gibt es erfahrungsgemäß noch Änderungen. Es ist deshalb in diesem Rahmen nicht angebracht, den Entwurf im Detail zu erörtern. Im Folgenden werden einige Eckpunkte des Entwurfs vom 19.09.2003 skizziert:

- Für Nitrate und Wirkstoffe in Pestiziden werden – ausgehend von entsprechenden Qualitätsrichtlinien – EU-weit einheitliche Qualitätsstandards festgelegt.
- Die Mitgliedstaaten legen bis zum 22.12.2005 Schwellenwerte für alle gefährdungsrelevanten Schadstoffe fest (zumindest aber für im Anhang genannte Schadstoffe: u. a. Ammonium, Arsen, Cadmium, Chlorid, Blei, Quecksilber, Sulfat, Trichlorethylen und Tetrachlorethylen).
- Diese Schwellenwerte markieren die Grenze zwischen dem „guten“ und dem „schlechten“ chemischen Zustand des Grundwasserkörpers (Qualitätsstandards).
- Es werden Kriterien und Anforderungen bestimmt
  - zur Verhinderung bzw. Begrenzung indirekter Einleitungen in das Grundwasser
  - für signifikante und anhaltend steigende Trends von Schadstoffkonzentrationen sowie für das Gebot der Trendumkehr.
- Ferner enthält der Richtlinienentwurf einen Hinweis zur Durchführung des Messverfahrens.<sup>29</sup> Dieser Hinweis wird überwiegend so interpretiert, dass die Qualitätsstandards für den guten Zustand grundsätzlich

---

<sup>28</sup> Draft 1.0 vom 08.11.2002 und Draft 2.0 vom 06.12.2002.

<sup>29</sup> Unter Fußnote 2 in Anhang I.: „Die Einhaltung der Normen wird anhand eines Vergleiches mit den arithmetischen Mitteln der Überwachungswerte an jeder Probenahmestelle des Grundwasserkörpers bzw. der Gruppe von Grundwasserkörpern ermittelt, die nach der gemäß Art. 5 der [WRRL] durchzuführenden Analyse als gefährdet eingestuft wurde oder werden.“

an jeder Messstelle im Grundwasserkörper eingehalten werden müssen (also ggf. auch im Einflussbereich von Altlasten/Grundwasserschäden).

Im EU-Parlament und von deutscher Seite gibt es Bestrebungen, insbesondere folgende Änderungen im Rechtssetzungsverfahren durchzusetzen:

- Sonderregelung für Altlasten („Risikomanagementzonen“),
- EU-weit einheitliche Qualitätsstandards für die Beurteilung des chemischen Zustandes von Grundwasserkörpern.

Je nachdem, wie die Regelungen letztendlich ausfallen, wird die Grundwasserrichtlinie größere oder kleinere Auswirkungen auf den Umgang mit Grundwasserschäden und Altlasten haben.<sup>30</sup>

#### IV. Verhältnis der bodenschutzrechtlichen zu den wasserrechtlichen Vorschriften

1. Verhältnis zwischen dem Sanierungstatbestand des BBodSchG und den Ermächtigungsgrundlagen für die Gewässersanierung in den Landeswassergesetzen

Mit § 4 Abs. 3 BBodSchG hat der Bundesgesetzgeber eine gesetzliche Regelung zur Untersuchung, Bewertung und Sanierung solcher Grundwasserschäden getroffen, die durch Altlasten oder schädliche Bodenveränderungen verursacht sind. Die Sanierungspflicht und die behördlichen Befugnisse zu ihrer Durchsetzung (§§ 10 Abs. 1, 16 Abs. 1 BBodSchG) beziehen sich auch auf diese Grundwasserschäden. Gleiches gilt für die Vorschriften des BBodSchG sowie der BBodSchV zur Untersuchung und Bewertung dieser Grundwasserschäden.

Insoweit werden landesrechtliche Vorschriften, auf die vor In-Kraft-Treten des BBodSchG eine Sanierung von Grundwasserschäden gestützt werden konnten, verdrängt. Insbesondere die Ermächtigung zum Erlass von Sanierungsanordnungen ergibt sich nunmehr ausschließlich aus den §§ 4 Abs. 3, 10, Abs. 1 und 16 Abs. 1 BBodSchG: Die bisherigen Ermächti-

---

<sup>30</sup> Sieh im Einzelnen *Steiner/Willand*, Rechtliche Rahmenbedingungen für die Altlastensanierung unter dem Einfluss des EU-Wasserrechts, altlasten spektrum 2004, S. 1 ff.

gungen in einzelnen Landeswasser- und/oder -altlastengesetzen werden nach Art. 31 GG verdrängt („Bundesrecht bricht Landesrecht“). Die ordnungsbehördliche Generalklausel kann als Rechtsgrundlage für Sanierungsanordnungen nicht mehr herangezogen werden, weil die Ermächtigungsgrundlagen im BBodSchG spezieller sind.<sup>31</sup> Weiterhin anwendbar bleiben die landesrechtlichen Regelungen auf solche Grundwasserschäden, die nicht durch Altlasten oder schädliche Bodenveränderungen verursacht sind (insbesondere Schadenseintritt ohne Bodenpassage).

Das BBodSchG verdrängt auch entgegenstehende landesrechtliche Regelungen zur Untersuchung und Bewertung (Art. 31 GG). Verfahrensregelungen zur Untersuchung und Bewertung, die den Regelungen des BBodSchG und der BBodSchV nicht widersprechen, haben dagegen weiterhin Bestand; die Länder können auch weitere ergänzende Verfahrensregelungen erlassen (§ 21 Abs. 1 BBodSchG).

Während sich die Sanierungspflicht und die behördlichen Befugnisse zu ihrer Durchsetzung somit ausschließlich aus dem BBodSchG ergeben, verweist das Gesetz hinsichtlich der bei der Sanierung von Gewässern zu erfüllenden Anforderungen auf das Wasserrecht (§ 4 Abs. 4 Satz 3 BBodSchG). Insoweit sind also die wasserrechtlichen Kriterien im Rahmen des bodenschutzrechtlichen Vollzuges von den Bodenschutzbehörden anzuwenden.

## 2. Verhältnis zwischen Bodenschutzrecht und dem neuen Sanierungstatbestand in § 33 a WHG

Zur Umsetzung der Bewirtschaftungsziele der WRRL für das Grundwasser (s. o., III.1.) ist die Verpflichtung in das WHG aufgenommen worden, einen guten chemischen Zustand des Grundwassers zu erhalten oder zu erreichen (§ 33 a Abs. 1 Nr. 4 WHG). Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage nach der Abgrenzung zwischen Wasser- und Bodenschutzrecht in einer neuen Weise. Die bodenschutzrechtliche Sanierungspflicht nach § 4 Abs. 3 BBodSchG bezieht sich auf die einzelne Gewässerverunreinigung bzw. den einzelnen Grundwasserschaden. Die Sanierungspflicht

---

<sup>31</sup> Zur Verdrängung der ordnungsbehördlichen Generalklausel durch spezialgesetzliche Ermächtigungsgrundlagen siehe Gusy, Polizeirecht, 5. Auflage 2003, Rn. 313.

nach der WRRL bezieht sich dagegen auf die Grundwasserkörper (Art. 4 Abs. 1 lit b (ii) WRRL).

Nach dem Sprachgebrauch des WHG in der neuen Fassung sind die Bewirtschaftungsziele nicht auf die *Gewässerkörper*, sondern auf „das Grundwasser“, auf „oberirdische Gewässer“ usw. bezogen [vgl. §§ 25 a), 33 a)]. Da der Gesetzgeber sich im Übrigen sprachlich sehr eng an die WRRL angelehnt hat, ist zu fragen, ob er mit der semantischen Abweichung auch eine über die WRRL hinausgehende Regelung treffen wollte. Der Wortlaut könnte zunächst die Vermutung nähren, dass die Bewirtschaftungsziele sich nicht nur auf die Gewässerkörper insgesamt, sondern durchgängig auf die Gewässer – also auf alle Teile der Gewässer – beziehen sollen. Dies könnte weitreichende Sanierungspflichten auch für einzelne Grundwasserschäden – unabhängig von ihrer Bedeutung für den jeweils betroffenen Grundwasserkörper insgesamt – zur Folge haben. Es ist aber kaum anzunehmen, dass der Gesetzgeber dieses wollte. Vielmehr wird man schon vor dem Hintergrund der beschränkten Gesetzgebungskompetenz des Bundes (Art. 75 Nr. 4 GG) davon ausgehen können, dass lediglich eine Rahmenregelung geschaffen werden sollte.<sup>32</sup> Zudem folgt aus der Formulierung des § 33 a Abs. 2 WHG, dass keine über die Vorgaben der WRRL hinausgehenden Anforderungen gestellt werden sollten.

Der bodenschutzrechtliche und der wasserrechtliche Sanierungstatbestand (§ 4 Abs. 3 BBodSchG, § 33 a WHG) treten also nicht zueinander in Konflikt. Die Entscheidung nach dem BBodSchG richtet sich auf den einzelnen Grundwasserschaden, während das WHG lediglich eine Rahmenregelung für die Länder schafft, die bei der Landesgesetzgebung gehalten sind, die Bewirtschaftungsziele auf die Grundwasserkörper als räumliche Einheit zu beziehen. Allerdings wirkt sich der Umgang mit einzelnen Grundwasserschäden auf den Zustand des betreffenden Grundwasserkörpers positiv oder negativ aus, je nachdem, inwieweit eine Sanierung durchgeführt wird oder nicht. Daher besteht ein Zusammenhang zwischen der übergreifenden, wasserrechtlichen Handlungsebene und

---

<sup>32</sup> Grund hierfür ist, dass dem Bund auf dem Gebiet des Wasserhaushalts nur die Kompetenz zur Rahmengesetzgebung aus Art. 75 Abs. 1 Nr. 4 GG zusteht. Da nach Art. 75 Abs. 2 GG Rahmenvorschriften nur in Ausnahmefällen in Einzelheiten gehende oder unmittelbar geltende Regelungen enthalten dürfen, wäre bundesgesetzliche Verpflichtung zur Sanierung rechtfertigungsbedürftig gewesen.

der punktuellen, bodenschutzrechtlichen Entscheidungsperspektive. So kann die Sanierung eines Grundwasserschadens dazu dienen, die Bewirtschaftungsziele für den oder die betroffenen Gewässerkörper zu verwirklichen. Auf diese Zusammenhänge wird unter den nachfolgenden Abschnitten C. – E. eingegangen.

C. Bewertung des Schadens und der von ihm ausgehenden Gefahren

I. Allgemeine Anforderungen an die Bewertung

1. Unterscheidung zwischen dem geschädigten Grundwasser einerseits und Gefahren für weitere Rechtsgüter andererseits

Zur Vorbereitung der Entscheidung über den Umgang mit einem Grundwasserschaden müssen die betroffenen Rechtsgüter ermittelt und differenziert bewertet werden. Als Schutzgut betroffen ist zunächst das bereits geschädigte Grundwasser als Naturressource. Zugleich gehen aber vom geschädigten Grundwasser möglicherweise Gefahren für andere Rechtsgüter im Schadensbereich oder im Abstrom aus. Der Schadensbereich muss deshalb zugleich als Gefahrenherd betrachtet werden. Praktisch am bedeutsamsten ist wiederum die Gefahr einer Ausbreitung der Schadstoffe im abstromigen Grundwasser.

Diese Unterscheidung zwischen dem Schaden und den von ihm ausgehenden weiteren Gefahren ist grundlegend nicht nur für das Umweltrecht, sondern auch für das allgemeine Ordnungsrecht. In der Terminologie des Polizei- und Ordnungsrechts geht es um die Unterscheidung zwischen einer „Störung“ und einer „Gefahr“ für die öffentliche Sicherheit.<sup>33</sup> Im BBodSchG ist die Unterscheidung angelegt im Begriff der schädlichen Bodenveränderungen. Schädliche Bodenveränderungen sind „*Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren ... für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen.*“ Die Maßnahmenalternativen Dekontamination und Sicherung (§ 4 Abs. 3 BBodSchG) spiegeln gleichfalls diese Unterscheidung wider: Die Dekontamination beseitigt den Schaden und damit auch die von ihm ausgehenden Gefahren; dagegen lässt die Sicherung den Schaden bestehen, verhindert aber die weitere Ausbreitung von Schadstoffen und beseitigt damit die von ihm

---

<sup>33</sup> Vgl. Denninger, in: Lisken/Denninger (Hrsg.), Handbuch des Polizeirechts, 3. Aufl. 2001, E. Rn. 5.

ausgehenden Gefahren. In dem einen Fall geht es um die Wiederherstellung der Integrität des geschädigten Schutzguts, im anderen Fall um die Erhaltung der Integrität anderweitiger Schutzgüter. Für eine sachgerechte Entscheidung müssen sowohl der eingetretene Schaden am Grundwasser, als auch die von ihm ausgehenden Gefahren für weitere Rechtsgüter (u. a. Grundwasservorkommen im Abstrom) bewertet werden.

Auch die WRRL differenziert in dieser Weise. Nach ihr kommt es für die Beurteilung des chemischen Zustandes eines Grundwasserkörpers zum einen auf seine Schadstoffbelastung als solche – also auf die Gefährdung des Grundwasserkörpers an. Zum anderen ist für die Beurteilung der chemischen Qualität des Grundwasserkörpers maßgeblich, ob infolge der Schadstoffkonzentration Oberflächengewässer oder Landökosysteme, die unmittelbar von dem Grundwasserkörper abhängen, gefährdet werden können – insoweit geht es um Gefahren durch Schadstoffbelastungen im Grundwasserkörper für andere Rechtsgüter.<sup>34</sup>

## 2. Begriff des Grundwassers

Grundlegend für die Schadens- und Gefahrenbewertung sowie für die Abgrenzung der betroffenen Schutzgüter ist der Begriff des „Grundwassers“. Nach der neu in das WHG aufgenommenen Definition in § 1 Abs. 1 Nr. 2 ist Grundwasser das unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht. In naturwissenschaftlicher Hinsicht beginnt das Grundwasser beim Übergang vom offenen zum geschlossenen Kapillarraum. Diese Abgrenzung steht mit der WRRL im Einklang und harmonisiert auch mit dem BBodSchG: Das in der gesättigten Zone befindliche unterirdische Wasser ist Grundwasser, nicht aber der Grundwasserleiter selbst, der Boden i.S.d. BBodSchG sein kann.

## 3. Nutzungsunabhängigkeit der Bewertung von Grundwasserschäden und -gefahren

Das Grundwasser ist nach deutschem Recht unabhängig von aktuellen Nutzungsinteressen vor jeder schädlichen Verunreinigung oder sonstigen

---

<sup>34</sup> Siehe oben, B. III. 1. a).

nachteiligen Veränderung seiner Eigenschaften zu schützen.<sup>35</sup> Die Gegenauffassung macht die Schutzwürdigkeit des Grundwassers abhängig vom jeweiligen Bewirtschaftungskonzept.<sup>36</sup> Danach soll das Grundwasser differenziert entsprechend den konkreten Nutzungen und verfestigten Nutzungsabsichten zu schützen sein, wobei auch Grundwasserzonen mit geringerem Schutzniveau („Opferbereiche“) in Kauf zu nehmen wären. Das Bundesverwaltungsgericht entnimmt einer Zusammenschau verschiedener, das Grundwasser betreffender Vorschriften des WHG einen umfassenden Schutzauftrag des Gesetzgebers.<sup>37</sup> So ist das Grundwasser nach Maßgabe des „Besorgnisgrundsatzes“ (§ 34 WHG) vor jeder auch noch so wenig naheliegenden Wahrscheinlichkeit des Eintritts einer Verunreinigung zu schützen. Nach dem Willen des Gesetzgebers ist der Wasserhaushalt und insbesondere das Grundwasser schon im Hinblick auf eine mögliche Nutzung durch künftige Generationen umfassend zu schützen.

Wegen der Vernetzung aller Gewässer und des damit einhergehenden Wasseraustausches zwischen ihnen wäre ein flächendeckender Schutz bei einer kleinräumig-fragmentierten Bewertung anhand einzelner Bewirtschaftungskonzepte nicht mehr gewährleistet. So kann bereits die „Opferung“ eines kleinräumigen Grundwasserfließsystems aufgrund von Grundwasserströmungsprozessen zu einer großräumigen Kontamination regionaler und überregionaler Grundwasservorkommen führen.<sup>38</sup> Nicht zuletzt unter dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung (vgl. § 1 a Abs. 1 WHG) bedarf auch aktuell nicht bewirtschaftetes Grundwasser angesichts begrenzter Ressourcen des rechtlichen Schutzes. Ein Grundwasserschutz nach Maßgabe der aktuellen oder beabsichtigten Bewirtschaftung trüge der besonderen Schutzwürdigkeit und Empfindlichkeit des Grundwassers sowie dem Schutz der Ressourcen auch für die nachfolgenden Generationen nicht Rechnung. Ob und in welcher Weise das Gewässer bewirtschaftet wird, ist deshalb für das Vorliegen und die Bewertung eines Grundwasserschadens oder einer Gefahr für das Grundwasser nicht von Bedeutung. Die Bewirtschaftung des betreffenden Grundwasserkörpers

---

<sup>35</sup> Vgl. *Holzwarth/Radtke/Hilger/Bachmann*, BBodSchG/BBodSchV, 2. Auflage, 2000, § 4 Rn. 144.

<sup>36</sup> *Salzwedel*, „Altlastensanierung und Grundwasserschutz“, in Lühr, Hans-Peter, „Altlastenbehandlung“, IWS-Schriftenreihe Band 21, S. 38.

<sup>37</sup> BVerwG, DÖV 1974, S. 207; NVWZ 1989, S. 1061.

<sup>38</sup> Vgl. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), in Lühr, Hans-Peter, „Altlastenbehandlung“, IWS-Schriftenreihe Band 21, S. 77.



spielt jedoch eine Rolle bei der Bewertung der Verhältnismäßigkeit von Sanierungsmaßnahmen (dazu ausführlich unten, E. IV., 1 d, 2 d, 3 d).

## II. Schadensbewertung

Die Beurteilung von Grundwasserschäden erfolgt nach wasserrechtlichen Maßstäben. Weder dem Bundes-, noch dem Landeswasserrecht sind konkrete Kriterien dafür zu entnehmen, bei welchen Schadstoffbelastungen ein Grundwasserschaden eingetreten ist. Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und einzelne Bundesländer unternehmen seit langem Anstrengungen, um Konzentrationsschwellenwerte für die Bewertung von anthropogen verursachten Schadstoffbelastungen im Grundwasser zu bestimmen. Ursprünglich wurden hierfür Prüfwerte verwendet, die für einige Leitparameter der Hauptuntersuchung von Grundwasser in der Schrift „Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden“ der LAWA vom Januar 1994, Tabelle 2, enthalten sind. Eine Überschreitung dieser Prüfwerte soll nicht unbedingt zur Annahme eines Schadens führen, sondern zunächst nur die Notwendigkeit weiterer Sachverhaltsermittlung indizieren. Die vorgenannte Schrift konnte die Regelungen des später in Kraft getretenen BBodSchG naturgemäß noch nicht berücksichtigen und ist u. a. deshalb auch aus Sicht der LAWA aktualisierungsbedürftig.

Später hat die LAWA den Katalog der „Prüfwerte“ erweitert und präzisiert mit dem Papier „Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung“ vom 21.12.1998. Die Geringfügigkeitsschwellen haben ferner Eingang gefunden in das gemeinsame Grundsatzpapier von LAWA, LABO und LAGA „Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquelle für das Grundwasser“ vom 17.06.1998 (sog. „GBG-Grundsatzpapier“). Diese beiden vorgenannten Papiere sind zwar sehr weit in der fachlichen Abstimmung entwickelt worden, jedoch von den zuständigen Gremien letztlich nicht beschlossen und auch nicht veröffentlicht worden.

Abweichend von der Funktion der ursprünglichen „Prüfwerte“<sup>39</sup> wird die „Geringfügigkeitsschwelle“ definiert als Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten und außerdem die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden. Es reicht also nicht aus, dass im Grundwasser überwiegend oder im Mittel die Geringfügigkeitsschwellen eingehalten sind. Die Geringfügigkeitsschwelle ist nämlich kein Grundwasserqualitätsziel.

Ein Grundwasserschaden liegt vor, wenn die Stoffgehalte im unmittelbar betroffenen Grundwasser aufgrund anthropogenen Stoffeintrags die Geringfügigkeitsschwelle übersteigen.<sup>40</sup>

Gegenwärtig sind nach der Beschlusslage der LAWA<sup>41</sup> die Sickerwasserprüfwerte der Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) für den Pfad Boden-Grundwasser auch als Geringfügigkeitsschwellen für die Beurteilung von Schadstoffbelastungen heranzuziehen. Dabei weichen die Prüfwerte der BBodSchV (Anhang 2 Nr. 3.1) teilweise von den ursprünglich von der LAWA vorgesehenen Geringfügigkeitsschwellen LAWA ab. Soweit die Bundes-Bodenschutzverordnung Prüfwerte für Schadstoffe festlegt, treten diese an die Stelle der Geringfügigkeitsschwellen. Es ist allerdings geplant, die Prüfwerte der Bundes-Bodenschutzverordnung für den Wirkungspfad Boden-

---

<sup>39</sup> LAWA-Schrift „Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden“ (1994).

<sup>40</sup> Vgl. das LAWA-Papier „Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung“ vom 21.12.1998, S. 5.

<sup>41</sup> 114. LAWA-Sitzung vom 17./18.02.2000.

Grundwasser und die LAWA-Geringfügigkeitsschwellen zu harmonisieren. Dadurch sollen Inkonsistenzen bei der Ableitung und Begründung der Werte untereinander, bei der Beurteilung von Grundwasserschäden sowie bei der Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Grundwasser vermieden werden. Bisher liegen nur interne Entwürfe der LAWA für eine Aktualisierung der Geringfügigkeitsschwellen vor.

Bei der Anwendung der Geringfügigkeitsschwellen ist die geogen bedingte Hintergrundsituation der jeweiligen Grundwasserregion zu berücksichtigen (Anhang 2 Nr. 3.2 lit. f BBodSchV). Überschreiten die regionalen geogenen Hintergrundwerte im Grundwasser bereits die Geringfügigkeitsschwelle, so können von den Behörden höhere Werte festgelegt werden.<sup>42</sup> Eine – ggf. weiträumige – anthropogene Vorbelastung ist dagegen kein Grund, die Geringfügigkeitsschwellen heraufzusetzen.

Nachfolgend werden die Prüfwerte der BBodSchG (Anhang 2 Nr. 3.1) und die ergänzend herangezogenen Schwellenwerte in anderen Regelwerken und Empfehlungen (bzw. in entsprechenden Entwürfen) einheitlich als „Geringfügigkeitsschwellen“ bezeichnet.

Von den Geringfügigkeitsschwellen sind sog. „Maßnahmeschwellenwerte“ zu unterscheiden. Dies sind Werte, deren Überschreitung nach der LAWA-Empfehlung vom Januar 1994 in der Regel Maßnahmen zur Sicherung oder Dekontamination auslösen. Die Maßnahmeschwellenwerte stellen – je nach Stoff – etwa das zwei- bis zehnfache der jeweiligen Geringfügigkeitsschwelle dar. Wie sonst im Ordnungs- und Umweltrecht auch, entsteht beim Überschreiten der Geringfügigkeitsschwellen nicht ohne Weiteres eine Pflicht, Maßnahmen zur Beseitigung des Schadens zu treffen. Das „Ob“ und das „Wie“ des behördlichen Einschreitens ist vielmehr Gegenstand einer gesonderten behördlichen Entscheidung, für deren Recht- und Zweckmäßigkeit das Überschreiten der Geringfügigkeitsschwelle regelmäßig nur eines von mehreren Kriterien ist. In dieser Phase der Bestimmung von Maßnahmeerfordernissen sind die Maßnahmeschwellenwerte anzusiedeln.<sup>43</sup>

---

<sup>42</sup> GBG-Grundsatzpapier v. 17.06.1998 (Entwurf), S. 7.

<sup>43</sup> Siehe unten, D. III.

Die Empfehlungen der LAWA und anderer Gremien (z. T. auch die Entwürfe letztlich nicht verabschiedeter Schriften) werden in den Bundesländern weiterhin als Grundlage für das behördliche Handeln bei der Beurteilung und Behandlung von Grundwasserschäden herangezogen und sind zum Teil durch entsprechende Erlasse der obersten Wasserbehörden zur Anwendung und zum Vollzug empfohlen oder vorgeschrieben. Ergänzend haben einige Bundesländer eigene Regelwerke für ihren Verwaltungsvollzug eingeführt, so beispielsweise Bayern, Nordrhein-Westfalen und Sachsen.<sup>44</sup>

Die offiziellen oder inoffiziellen Schriften der LAWA und anderer Gremien sowie Erlasse der Bundesländer können rechtlich keine Bindungswirkung gegenüber Bürgern und Gerichten beanspruchen. Gleichwohl können sie in der Praxis als Bewertungsgrundlage herangezogen werden, soweit sie eine zutreffende Konkretisierung der gesetzlichen Anforderungen darstellen.

### III. Beurteilung von Gefahren, die von dem Grundwasserschaden ausgehen

Verunreinigtes Grundwasser kann Schadensherd für bisher unbelastetes oder für geringer belastetes Grundwasser sein. Der Grundwasserschadensbereich kann anhand der Geringfügigkeitsschwellen vom unbelasteten Bereich abgegrenzt werden. Da bei einer Überschreitung der Geringfügigkeitsschwelle ein Grundwasserschaden vorliegt, ist diese zugleich Kriterium für die Gefahrenbeurteilung: Eine Gefahr für an den Schadensbereich angrenzende Grundwasserzonen liegt vor, wenn dort eine Überschreitung der Geringfügigkeitsschwelle durch abströmendes Wasser aus dem Schadensbereich zu besorgen ist.<sup>45</sup> Hierfür ist eine Prognose auf Basis einer Gefährdungsabschätzung notwendig.

Nach dem wasserrechtlichen Besorgnisgrundsatz ist ein strenger Prognosemaßstab anzulegen. Die Gefahr des Eintritts eines Grundwasserschadens ist immer schon dann zu besorgen, *„wenn die Möglichkeit eines entsprechenden Schadenseintritts nach den gegebenen Umständen und im Rahmen einer sachlich vertretbaren, auf konkreten Feststellungen beruhenden Prognose nicht von der Hand zu weisen ist“*.<sup>46</sup> Der Schutz des natürlichen Wasserhaushalts

<sup>44</sup> Merkblatt Nr. 3.8/1 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft „Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen – Wirkungspfad Boden-Gewässer“ vom 31.10.2001; Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Vollzugshilfe zur Gefährdungsabschätzung „Boden-Grundwasser“ 2002; Vorläufiger Sächsischer Rahmenerlass vom 27.06.2000.

<sup>45</sup> Sachverständigenrat für Umweltfragen, Sondergutachten Altlasten II, 1995, Tz. 128; Vorläufiger sächsischer Rahmenerlass vom 27.06.2000, Ziff. 3.4.

<sup>46</sup> BVerwG, NJW 1981, S. 837.

gebietet es, jeder auch noch so wenig naheliegenden Wahrscheinlichkeit der Verunreinigung des Grundwassers vorzubeugen.<sup>47</sup>

Auch bereits geschädigtes Grundwasser – bei dem also die Schadstoffkonzentration im Grundwasser die Geringfügigkeitsschwelle überschreitet – ist schutzwürdig im Hinblick auf die Vermeidung einer weiteren Verschlechterung seines Zustandes durch erhebliche zusätzliche Schadstoffeinträge.

Vor allem großräumige Grundwasserschäden zeichnen sich durch unterschiedliche Belastungsbereiche im Hinblick auf Art und Ausmaß der Schädigung aus, die jeweils für sich zu betrachten sind. Zur Ermittlung der Gefährdungslage ist es zweckmäßig, gering belastete Grundwasserbereiche von höher oder hochbelasteten Bereichen anhand der Überschreitung eines Vielfachen der Geringfügigkeitsschwellen (z. B. 2fach, 10fach, 20fach, 50fach) abzugrenzen.

#### IV. Einfluss der WRRL und der (künftigen) Grundwasserrichtlinie

Die Konsequenzen der WRRL für die Beurteilung von Grundwasserschäden und der von ihnen ausgehenden Gefahren können noch nicht im Einzelnen überschaut werden, weil die Vorgaben weiterer Konkretisierung bedürfen. Grundwasserschäden sind – neben anderen Einflussfaktoren – Ausgangspunkt für die Bewertung des chemischen Zustandes des betroffenen Grundwasserkörpers. Der Begriff des „Grundwasserschadens“ (bzw. der „Grundwasserverunreinigung“) entspricht dabei weitgehend dem in der WRRL verwendeten Begriff der „Verschmutzung“ (Art. 2 Nr. 33 WRRL).

Der einzelne Grundwasserschaden muss immer in seinen Auswirkungen auf den Grundwasserkörper insgesamt betrachtet werden. Nach der Systematik der WRRL ist relevant für die Zustandsbewertung eines Grundwasserkörpers jeder Grundwasserschaden,

- (i) der solche Ausmaße hat, dass er bereits für sich genommen oder
- (ii) der in der Summe mit anderen Grundwasserschäden im Grundwasserkörper oder im Zusammenwirken mit weiteren Einflussfaktoren (mit)ursächlich dafür ist, dass das rechtzeitige Erreichen des Qualitätsziels „guter chemischer Zustand“ für den Grundwasserkörper gefährdet ist.

---

<sup>47</sup> Gößl, in: Sieder/Zeitler/Dahme/Knopp, WHG, Kommentar, Loseblatt, Stand: September 2002, § 34 WHG Rn. 8 m.w.N.

Einzubeziehen ist auch die weitere Entwicklung der Schadstoffgehalte im Grundwasserkörper, insbesondere anhaltende Schadstoffeinträge aus Bodenbelastungen oder aus der Einleitung von großen Niederschlagswassermengen. Die WRRL lässt jedoch offen, wie einzelne oder mehrere Grundwasserschäden in der Summe oder in ihren Wechselwirkungen mit anderen Einflussfaktoren im Hinblick auf den Zustand des Grundwasserkörpers insgesamt zu bewerten sind. Die WRRL sieht in Anhang V. 2.4.5 zwar eine Zusammenrechnung von Messergebnissen und die Bildung von Durchschnittswerten vor (Integration in der Fläche). Allerdings konnten sich die Mitgliedstaaten im Rechtssetzungsverfahren nicht auf einheitliche Mess- und Auswertungsmethoden verständigen, z. B. auf eine Höchstgrenze für die Überschreitungshäufigkeiten.<sup>48</sup> Insbesondere bleibt offen, wie sich wechselnde Belastungen im Grundwasserkörper in der Gesamtbewertung niederschlagen, wie Belastungsschwerpunkte in der Gesamtbewertung berücksichtigt werden und inwieweit sie durch Bildung von Durchschnittswerten „weggemittelt“ werden können. Diese Konkretisierungen soll die geplante Tochtrichtlinie zum Grundwasserschutz (Grundwasserrichtlinie) auf Grundlage von Art. 17 Abs. 1 und 2 WRRL bringen.

Nach dem derzeitigen Stand des Rechtssetzungsverfahrens<sup>49</sup> sind nur für Nitrate und Wirkstoffe in Pestiziden EU-Qualitätsstandards geplant. Die Mitgliedstaaten sollen für alle weiteren gefährdungsrelevanten Schadstoffe – zumindest aber für die im Anhang des Entwurfs genannten – Qualitätsstandards festlegen, bei deren Überschreiten der Grundwasserkörper in „schlechtem“ chemischen Zustand ist. Der Entwurf enthält im Anhang II. lediglich allgemeine Kriterien für die von den Mitgliedstaaten festzulegenden Qualitätsstandards. Hierzu gehören u. a. alle relevanten Informationen über Toxikologie, Ökotoxikologie, Persistenz und Bioakkumulationspotential, aber auch die geschätzten Auswirkungen auf verbundene Oberflächengewässer und abhängige Landökosysteme.

Insgesamt scheint der Entwurf der Grundwasserrichtlinie hinsichtlich der Beurteilung des chemischen Zustandes eines Grundwasserkörpers einen ähnliche Ansatz zu verfolgen, wie ihn die LAWA für die Beurteilung einzelner Grundwasserbelastungen verwendet (Konzept der Geringfügigkeitsschwelle). Im deutschen Wasserrecht ist der auf solche Schwellenwerte aufbauende Grundwasserschutz flächendeckend ausgeprägt. Die WRRL sieht dagegen – wie oben

---

<sup>48</sup> Vgl. *Markard*, Die Anforderungen an den Schutz des Grundwassers, in: von Keitz/Schmalholz (Hrsg.), Handbuch der EU-Wasserrahmenrichtlinie, 2002, S. 147 (160, 170).

<sup>49</sup> Kommissionsentwurf vom 19.09.2003, siehe dazu bereits oben, B. III. 3.

dargelegt – grundsätzlich die Bildung von Durchschnittswerten und damit die „Herausmittlung“ von einzelnen Belastungen vor. Demgegenüber enthält der Entwurf der Grundwasserrichtlinie einen Hinweis zur Auswertung von Messergebnissen, der so verstanden wird, dass die Qualitätsstandards an allen Messstellen eingehalten werden müssen. Von verschiedener Seite (u. a. vom Bundesrat) wird eine Abschwächung dahingehend gefordert, dass die Werte nur an repräsentativen Messstellen einzuhalten sind. Es ist deshalb noch nicht ausgemacht, ob die Qualitätsstandards im europäischen Grundwasserschutz flächendeckend gelten, oder ob und in welchem Maße eine arithmetische Mittelung und damit eine Integration in der Fläche stattfindet.<sup>50</sup> Entscheidend werden die Vorgaben zum Messverfahren und zur Auswertung der Messergebnisse sein, die in der Grundwasserrichtlinie aller Voraussicht nach enthalten sein werden.

In den Grundzügen scheint das von der LAWA verfolgte Konzept der Geringfügigkeitsschwellen dem Entwurf der Grundwasserrichtlinie nicht zu widersprechen. Es bleibt abzuwarten, ob die Richtlinie in der schließlich verabschiedeten Fassung Anpassungsbedarf am Konzept der Geringfügigkeitsschwellen auslöst. Aus der WRRL selbst ergibt sich jedenfalls ein solcher Anpassungsbedarf nicht.

#### D. Entschluss zur Durchführung von Maßnahmen (Entschließungsermessen)

##### I. Gegenstand des Entschließungsermessens

Liegt nach Maßgabe der oben entwickelten Kriterien ein Schaden oder eine Gefahr vor, so steht es nach den einschlägigen Ermächtigungsgrundlagen des Wasser- und Bodenschutzrechtes im Ermessen der zuständigen Behörde, ob sie Maßnahmen zur Beseitigung des Schadens bzw. der Gefahr trifft (Entschließungsermessen). Für das Bodenschutzrecht ergibt sich dies aus §§ 10 Abs. 1, 16 Abs. 1 i.V.m. § 4 Abs. 3 BBodSchG. Danach kann die zuständige Behörde die notwendigen Maßnahmen zur Erfüllung der sich aus dem BBodSchG ergebenden Verpflichtungen – insbesondere der Sanierungspflicht nach § 4 Abs. 3 – treffen.

---

<sup>50</sup> Näher siehe *Steiner/Willand*, Rechtliche Rahmenbedingungen für die Altlastensanierung unter dem Einfluss des EU-Wasserrechts, altlasten spektrum 2004, S. 1 (6).

Auch nach der früheren Rechtslage – vor In-Kraft-Treten des BBodSchG – standen Maßnahmen zur Sanierung von Grundwasserschäden sowie zur Beseitigung der von ihnen ausgehenden Gefahren im Ermessen der zuständigen Behörde. Dies gilt für die in einigen Landeswassergesetzen enthaltenen Ermächtigungsgrundlagen, die nunmehr durch § 4 Abs. 3 i.V.m. §§ 10 Abs. 1, 16 Abs. 1 BBodSchG verdrängt werden<sup>51</sup>, ebenso wie für Entscheidungen, die in Ermangelung einer spezialgesetzlichen Ermächtigungsgrundlage auf die ordnungsbehördlichen Generalklauseln der allgemeinen Sicherheits- und Ordnungsgesetze der Länder gestützt wurden.

§ 4 Abs. 3 BBodSchG unterscheidet hinsichtlich der zu treffenden Maßnahmen zwischen Sanierungsmaßnahmen einerseits und Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen andererseits. Die Auswahl zwischen unterschiedlichen Maßnahmenalternativen und ihre Ausgestaltung – ggf. mit den zugehörigen Schutz- oder Sanierungszielen – sind im Rahmen der Ausübung des Auswahlermessens (siehe dazu unten, E.) zu bestimmen. Im Rahmen der Ausübung des Erschließungsermessens ist dagegen behördlicherseits lediglich nur die grundsätzliche Weichenstellung vorzunehmen, „ob“ Maßnahmen zur Beseitigung oder Verringerung des Schadens und/oder der von ihm ausgehenden Gefahren getroffen werden, oder ob der Grundwasserschaden sich selbst überlassen werden soll.

## II. Kriterien für das Entschließungsermessen

Der Entschluss zur Durchführung von Maßnahmen, mit denen der Grundwasserschaden oder die von ihm ausgehenden Gefahren beseitigt oder vermindert werden, steht im Ermessen der Behörde. Bei dieser Entscheidung über das „ob“ der Durchführung von Maßnahmen ist die Behörde jedoch nicht völlig frei, sie muss ihr Ermessen vielmehr pflichtgemäß ausüben.

Eine Schrumpfung des Entschließungsermessens im Sinne einer Pflicht zum Einschreiten wird im Ordnungsrecht allgemein nur dann angenommen, wenn für wesentliche Rechtsgüter erhebliche Gefahren drohen.<sup>52</sup> Insbesondere zur Abwehr von Gefahren für Leben, Gesundheit und bedeutende Vermögenswerte wird eine solche Verpflichtung zum Einschreiten angenommen.<sup>53</sup>

---

<sup>51</sup> Siehe oben, B. IV. 1.

<sup>52</sup> Vgl. Gusy, Polizeirecht, 5. Auflage 2003, Rn. 390.

<sup>53</sup> Siehe *Rachor*, in: Liskén/Denninger, Handbuch des Polizeirechts, 3. Auflage 2001, Rn. 131.



Diesen Grundsätzen entsprechend, schränken der Besorgnisgrundsatz und die auch in der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts betonte, besondere Empfindlichkeit und Bedeutung des Grundwassers den Ermessensspielraum der Behörde ein. Sie muss berücksichtigen, dass Grundwasserschäden und -gefahren grundsätzlich nicht hinnehmbar sind.

Eine zusätzliche Richtschnur für die Ermessensausübung kann sich aus Erlassen oder anderen Verwaltungsvorschriften in den Bundesländern ergeben, in denen Kriterien bestimmt werden, bei welcher Schadenstypik in der Regel Maßnahmen zu ergreifen sind („Eingriffsschwelle“). In der LAWA-Schrift „Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden“ (1994) sind Maßnahmenschwellenwerte angegeben, bei deren Überschreitung – soweit sie nicht geogen bedingt ist – in der Regel eine Sanierung des Grundwasserschadens erfolgen soll. Gleichwohl muss auch in diesen Fällen auf eine Sanierung verzichtet werden, wenn keine geeigneten Maßnahmen zur Verfügung stehen oder die in Betracht kommenden, geeigneten Maßnahmen im Einzelfall unverhältnismäßig sind.<sup>54</sup> In den Bundesländern sind teilweise Vollzugshilfen und Empfehlungen veröffentlicht worden, die gleichfalls als Richtschnur für die Ausübung des Entschließungsermessens dienen können. So werden Schadstoffkonzentrationen im Schadenszentrum bzw. im unmittelbaren Abstrom angegeben, bei deren Überschreiten in der Regel Maßnahmen bzgl. des Grundwassers ergriffen werden müssen.<sup>55</sup>

Bei der Entschließung über die Durchführung von Maßnahmen ist auch zu berücksichtigen, ob der Grundwasserschaden noch im Einflussbereich einer Altlast oder Bodenkontamination steht. Die Entscheidung über das „Ob“ der Sanierung des Grundwasserschadens ist dann sinnvoll nur zu treffen, wenn zuvor oder parallel über den Umfang mit der Schadensquelle Altlast oder schädliche Bodenveränderung entschieden wird (z. B. im Rahmen eines übergreifenden Sanierungskonzepts).

Vor allem bei komplexen Schäden muss das Entschließungsermessen im zeitlichen Ablauf immer wieder ausgeübt werden. Liegen Anhaltspunkte für das

---

<sup>54</sup> Dazu siehe unten, E. III. und IV. Die LAWA-Schrift ist allerdings aktualisierungsbedürftig (s.o. C. II.).

<sup>55</sup> Merkblatt Nr. 3.8/1 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft: „Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen – Wirkungspfad Boden-Gewässer“, S. 22 f. Auf weitere Differenzierungen zwischen Stufe-1-Werten und Stufe-2-Werten, bei deren Überschreiten eine Grundwassersanierung erforderlich ist, kommt es im Rahmen des Erschließungsermessens nicht an.

Vorliegen eines Grundwasserschadens vor, so wird die Behörde in der Regel eine genauere Gefährdungsabschätzung und Untersuchung (§§ 9, 13 BBodSchG, §§ 3, 4, 6 BBodSchV) veranlassen. Möglicherweise ergeben sich aber auch schon vor dem Abschluss solcher Untersuchungen Hinweise darauf, dass von dem Schaden unmittelbare Gefahren ausgehen oder er sich rasch weiter ausbreitet. Dann muss die Behörde schon in einem frühen Stadium – nämlich vor der Schließung von Erkenntnislücken und dem Abschluss der notwendigen Untersuchungen – entscheiden, ob vorläufige Maßnahmen zur Gefahrenabwehr getroffen werden sollen (beispielsweise vorläufige Sicherungsmaßnahmen, Unterbindung von Grundwassernutzungen etc.). In einer späteren Phase – nach dem Abschluss der Gefährdungsabschätzung und Untersuchung – wird dann die Entscheidung darüber getroffen, ob die vorläufig eingeleiteten Maßnahmen fortgeführt, abgebrochen oder durch konzeptionell weiterentwickelte Sanierungsmaßnahmen abgelöst werden. Aber auch während der Sanierungsdurchführung können sich immer wieder neue Sachlagen oder Erkenntnisse ergeben, die erneut die Frage aufwerfen, „ob“ die Sanierungsmaßnahmen unverändert fortgeführt, angepasst oder gar abgebrochen werden sollen.

### III. Auswirkungen der WRRL auf die Kriterien für das Entschließungsermessen

#### 1. Sanierungspflicht zur Erreichung des „guten Zustands“

Wie bereits ausgeführt, bezieht sich die Sanierungspflicht der WRRL auf den Grundwasserkörper insgesamt. Sie erfasst alle Grundwasserkörper, die zum Erreichen oder Erhalten des „guten Zustandes“ verbessert werden müssen. Das Forschungsvorhaben hat jedoch einzelne Grundwasserschäden zum Gegenstand. Es stellt sich die Frage, wie der großräumig-ganzheitliche Ansatz der WRRL bis auf den Entscheidungshorizont der Bodenschutzbehörde „heruntergebrochen“ werden kann, die ihr Entschließungsermessen hinsichtlich eines Grundwasserschadens auszuüben hat. Nach der Systematik der WRRL liegt es nahe, dass sich aus der Pflicht zur Sanierung von Grundwasserkörpern durchaus eine Pflicht zur Sanierung von Grundwasserschäden ergeben kann. So erscheinen folgende Hypothesen plausibel:

- (i) Ein Grundwasserschaden, der sich aufgrund seines Ausmaßes so nachteilig auf den chemischen Zustand eines Grundwasserkörpers

auswirkt, dass nur bei einer Sanierung dieses Schadens das Bewirtschaftungsziel „guter Zustand“ für den Grundwasserkörper rechtzeitig erreicht werden kann, muss saniert werden. Insofern hat der Mitgliedstaat keinen Ermessensspielraum; der Grundwasserschaden muss aber nur insoweit saniert werden, als es zur Erreichung des Bewirtschaftungsziels für den Grundwasserkörper erforderlich ist.

- (ii) Sofern mehrere Einflussfaktoren – Grundwasserschäden, andauernde Schadstoffeinträge aus diffusen Quellen oder Punktquellen etc. – in der Summe oder im Zusammenwirken das Erreichen des Bewirtschaftungsziels „guter Zustand“ gefährden, ist eine integrierte Bewertung aller Einflussfaktoren notwendig. Es kommen dann verschiedene Maßnahmen in Betracht, mit denen das Bewirtschaftungsziel rechtzeitig erreicht werden kann. Da die WRRL nicht vorschreibt, welche Art von Maßnahmen zu treffen sind, kann der Mitgliedstaat dann unter den geeigneten Maßnahmen wählen und ihre Ausgestaltung im Einzelnen selbst bestimmen. So kann er – je nach den Handlungserfordernissen zur Herbeiführung des „guten Zustands“ – die Sanierung auf bestimmte Grundwasserschäden beschränken oder anstelle einer Sanierung von Schäden Maßnahmen zur Verhinderung zusätzlicher Stoffeinträge treffen.

Wohlgemerkt: Diese Hypothesen sind in der Systematik der WRRL angelegt. Inwieweit sich daraus Sanierungspflichten für einzelne Grundwasserschäden oder auch nur eine Einbeziehung von Grundwasserschäden in die Auswahl von verschiedenen Maßnahmen zur Verbesserung des chemischen Zustandes entwickeln, hängt entscheidend davon ab, wie Grundwasserschäden bei der Bewertung des chemischen Zustandes eines Grundwasserkörpers berücksichtigt werden. Dies lässt die WRRL weitgehend offen.<sup>56</sup> Es ist derzeit noch nicht abzusehen, inwieweit sich aus der künftigen Grundwasserrichtlinie entsprechende Anforderungen ergeben. Möglicherweise werden vorhandene Belastungsschwerpunkte überhaupt nicht in die Bewertung des chemischen Zustandes einbezogen, für sie könnte ein besonderes Regime gelten.<sup>57</sup> Inwieweit sich aus

---

<sup>56</sup> Siehe oben, B. III. 3. und C. IV.

<sup>57</sup> In den früheren Diskussionsentwürfen der Grundwasserrichtlinie als „Risikomanagementzonen“ bezeichnet, siehe oben, B. III. 4.

der Konkretisierung der Kriterien für den guten chemischen Zustand nach der künftigen Grundwasserrichtlinie Sanierungserfordernisse für einzelne Grundwasserschäden ergeben können, hängt deshalb vor allem von den Regelungen der künftigen Grundwasserrichtlinie ab.<sup>58</sup>

Sofern Grundwasserkörper nach der Wasserrahmenrichtlinie und der künftigen Grundwasserrichtlinie zur Verbesserung des chemischen Zustandes saniert werden müssen, werden Entscheidungen zur Sanierung von Grundwasserschäden eingebunden in die wasserwirtschaftliche Planung. Die Sanierung von Grundwasserkörpern kann nur im Rahmen einer übergreifenden Planung und Koordinierung aller erforderlichen Maßnahmen im Maßnahmenprogramm erfolgen. Die Entscheidungsgrundlagen für die Altlastenbearbeitung werden insoweit teilweise bereits im Planungsprozess – also bei der Bestandsaufnahme und der Aufstellung von Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen (Art. 5, 11 und 13 WRRL) – zu erarbeiten sein. Die Bewirtschaftungspläne und vor allem die Maßnahmenprogramme können den Entscheidungen zur Sanierung einzelner Grundwasserverunreinigungen Maßstäbe oder jedenfalls Orientierungshilfen geben. Dies unterscheidet sich wesentlich von der bisherigen Rechtslage. Danach wird bei der Entscheidung über die Sanierung altlastenbedingter Grundwasserschäden nach § 4 Abs. 3 BBodSchG jeder Grundwasserschaden für sich betrachtet und auf der Grundlage der Umstände des Einzelfalls über eine Sanierung entschieden. Im Rahmen dieser Entscheidung werden zwar auch die Auswirkungen der Verunreinigung wie der Sanierung auf gefährdete Rechtsgüter nicht nur im Schadensbereich, sondern auch in dessen Umfeld (Abstrom) berücksichtigt. Die wasserwirtschaftliche Planungspraxis gibt der Sanierungsentscheidung aber bislang kaum verbindliche oder auch nur unverbindliche Orientierung.

Den Mitgliedstaaten bleibt es unbenommen, auch solche Grundwasserschäden zu sanieren, die sich nicht im Sinne der WRRL und der künftigen Grundwasserrichtlinie nachteilig auf den Zustand eines Grundwasserkörpers insgesamt auswirken. Dies ergibt sich aus der Befugnis der Mitgliedstaaten zu „verstärkten Schutzmaßnahmen“ (Art. 176 EG-Vertrag).

---

<sup>58</sup> Näher siehe *Steiner/Willand*, Rechtliche Rahmenbedingungen für die Altlastensanierung unter dem Einfluss des EU-Wasserrechts altlasten spektrum 2004, S. 1 ff.

2. Sanierungspflicht zum Schutz von Landökosystemen, Schutzgebieten und Oberflächengewässern

Eine Sanierungspflicht für einzelne Grundwasserschäden, d.h. nicht für den gesamten Grundwasserkörper, kann sich unter Umständen aus den Anforderungen der WRRL an den Schutz von Landökosystemen, Schutzgebieten und Oberflächengewässern ergeben. Zum einen muss nach Art. 4 Abs. 1 lit. b (ii) i.V.m. Anhang V Nr. 2.3.2 gewährleistet sein, dass die Schadstoffkonzentrationen nicht derart hoch sind, dass die Umweltziele für die mit dem Grundwasserkörper in Verbindung stehenden Oberflächengewässer nicht erreicht oder die chemische Qualität dieser Gewässer signifikant verringert wird, oder dass abhängige Landökosysteme signifikant geschädigt werden. Weiterhin sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, bis zum 22.12.2015 alle Normen und Ziele, die für Schutzgebiete im Sinne der WRRL festgelegt wurden, zu erfüllen (Art. 4 Abs. 1 lit. c i.V.m. Anhang IV WRRL; § 25c Abs. 4 WHG). Dies betrifft beispielsweise Gebiete, die für den Schutz von Lebensräumen oder Arten ausgewiesen wurden, sofern die Erhaltung oder Verbesserung des Wasserzustandes ein wichtiger Faktor für diesen Schutz ist, einschließlich der Natura-2000-Standorte, die im Rahmen der FFH-Richtlinie und der EG-Vogelschutzrichtlinie ausgewiesen wurden. Diskutiert wird derzeit, ob auch Schutzgebiete, die keinen EG-rechtlichen Status haben, sondern lediglich nach nationalem Recht ausgewiesen sind – beispielsweise Wasserschutzgebiete, Natur- und Landschaftsschutzgebiete einzubeziehen sind.<sup>59</sup> Jedenfalls handelt es sich bei diesen Gebieten um Landökosysteme nach Anhang V. Nr. 2.3.2, die vor signifikanten Schädigungen geschützt werden müssen. Betroffen sind insbesondere Bereiche, wo das Grundwasser flach ansteht, wo Quellwasser zu Tage tritt (z. B. Niedermoore oder Feuchtwiesen), aber auch Ökosysteme, die ihrerseits an grundwasserabhängige Oberflächengewässer gebunden sind.<sup>60</sup>

Sind diese Schutzgebiete durch Grundwasserschäden gefährdet, so sind Sanierungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der räumlichen Ausdeh-

---

<sup>59</sup> Einen Überblick über die erfassten Gebiete gibt die Arbeitshilfe der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (Stand: 30.04.2003), Teil 3, S. 64.

<sup>60</sup> Vgl. die LAWA-Arbeitshilfe zur Umsetzung der WRRL, Teil 3, S. 38. Die LAWA erörtert primär Beeinträchtigungen durch Grundwasserentnahmen (Gefahr der Austrocknung) oder durch eine Anhebung des Grundwasserstandes (z. B. im Zuge des Flutens von Braunkohle-Tagebauen). Auf Schadstoffbelastungen, die nach Anhang V. Nr. 2.3.2 gleichfalls zu berücksichtigen sind, geht die Arbeitshilfe nicht explizit ein.

nung des geschützten Gebietes und des Inhalts der Schutzgebietsfestsetzungen zu bestimmen. Unter den Voraussetzungen des Art. 4 Abs. 4 bzw. Abs. 5 können die Fristen für die Sanierung verlängert werden oder weniger strenge Bewirtschaftungsziele festgelegt werden. Die Ausnahmebestimmungen greifen nach Wortlaut und Systematik des Art. 4 Abs. 4 und 5 i.V.m. Abs. 1 auch, soweit es um den Schutz von Landökosystemen, Schutzgebieten und Oberflächengewässern geht.<sup>61</sup>

**E. Entscheidung über Art und Umfang der Maßnahmen (Auswahlermessen)**

Entschließt sich die Behörde zur Durchführung von Maßnahmen, so steht es grundsätzlich in ihrem Ermessen, Art und Umfang der Maßnahmen nach den Umständen des Einzelfalls zu bestimmen (Auswahlermessen). Das Ermessen der Behörde ist aber nicht „frei“ in dem Sinne, dass sie keinen Bindungen unterläge. Insbesondere muss die ausgewählte Maßnahme den Anforderungen der Verhältnismäßigkeit im Hinblick auf Eignung, Erforderlichkeit und Angemessenheit zur Verwirklichung eines bestimmten Ziels entsprechen.

Das Ziel der Gefahrenabwehr bei Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und verunreinigten Gewässern wird in § 4 Abs. 3 Satz 1 BBodSchG allgemein dahin bestimmt, dass dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen.

Zur Verwirklichung dieses Ziels kommen nach § 4 Abs. 3 BBodSchG einerseits Sanierungsmaßnahmen, andererseits Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen in Betracht. Das Gesetz räumt Sanierungsmaßnahmen Vorrang gegenüber sonstigen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen ein. Diese sind nur durchzuführen, soweit Sanierungsmaßnahmen nicht möglich oder unzumutbar sind (§ 4 Abs. 3 Satz 3 BBodSchG). Demzufolge ist zunächst auf den Begriff der Sanierungsmaßnahmen in Abgrenzung zu den sonstigen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen einzugehen (nachfolgend I.), bevor auf die Konkretisierung der Sanierungsziele (II.), die zentralen Anforderungen der Verhältnismäßigkeit (III.) und den Ablauf der Prüfung von verschiedenen Maßnahmenalternativen (IV.) eingegangen wird.

**I. Sanierungsmaßnahmen und -ziele**

Die Sanierung im Sinne des BBodSchG umfasst Dekontaminationsmaßnahmen und Sicherungsmaßnahmen (vgl. § 2 Abs. 7 BBodSchG). Bodenschutzrechtlich ist damit die Unterscheidung zwischen dem Schadens- und dem Gefahrenaspekt<sup>62</sup> in den Zentralbegriffen Dekontamination und Sicherung ange-

---

<sup>61</sup> Ebenso die LAWA-Arbeitshilfe zur Umsetzung der WRRL, Teil 3, S. 64.

<sup>62</sup> Dazu siehe oben, C. I.

legt. Beide Maßnahmen verfolgen verschiedene bzw. sich nur teilweise deckende Sanierungsziele.

Dekontamination im Sinne des BBodSchG bedeutet, dass die Schadstoffe vollständig und endgültig, also dauerhaft aus dem Boden entfernt werden. Ausgehend von dieser Definition bedeutet die (bodenschutzrechtlich nicht geregelte) Dekontamination von Grundwasserschäden, dass der vorhandene Grundwasserschaden vollständig beseitigt wird. Dies ist der Fall, wenn die Geringfügigkeitsschwellen eingehalten oder unterschritten werden.<sup>63</sup>

Unter den Begriff der Dekontamination im Sinne des BBodSchG fallen aber auch Maßnahmen, die nur eine Teildekontamination, d. h. eine Verminderung des Schadstoffinventars bewirken (vgl. § 5 Abs. 1 Satz 1 BBodSchV). Eine Teildekontamination eines Grundwasserschadens ist beispielsweise die Herstellung einer solchen Grundwasserqualität, die eine zukünftige Brauchwassernutzung ermöglicht.

Die Dekontamination beseitigt also die vorhandenen Schadstoffe vollständig oder teilweise und dient so dem Ziel, die Integrität des geschädigten Umweltkompartiments (z. B. Grundwasser) möglichst weitgehend wieder herzustellen. Soweit Schadstoffe abgereinigt werden, können mit einer Dekontamination zugleich Gefahren, die vom Grundwasserschaden für weitere Rechtsgüter ausgehen, beseitigt werden.

Zu den Sanierungsmaßnahmen im Sinne des BBodSchG zählen auch Sicherungsmaßnahmen, d. h. Maßnahmen, die darauf gerichtet sind, eine Ausbreitung der Schadstoffe, insbesondere durch Weitertransport im Grundwasser, zu verhindern oder zumindest zu verringern. Die Sicherung dient ausschließlich der Beseitigung von Gefahren, indem die Ausbreitung von Schadstoffen über die vorhandene Schadenszone hinaus langfristig verhindert wird (§ 4 Abs. 3 Satz 2 BBodSchG). Die Immobilisierung von Schadstoffen ist z. B. durch hydraulische Maßnahmen, Einkapselung und Einschließung der Schadstoffe möglich. Der Schaden selbst verbleibt aber bei der Sicherung im Grundwasser, sofern er sich nicht auf natürlichem Wege abbaut.

---

<sup>63</sup> Siehe oben, I.

Vom Begriff der Sanierung umfasst sind schließlich Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung schädlicher Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Bodens (§ 2 Abs. 7 Nr. 3 BBodSchG). Solche Maßnahmen sind jedoch für die Sanierung von Grundwasserschäden nicht von Bedeutung.<sup>64</sup>

## II. Konkretisierung der Sanierungsziele

Über die allgemeine Bestimmung der Ziele der Gefahrenabwehr in § 4 Abs. 3 Satz 1 BBodSchG hinaus liefert das Gesetz keine näheren Konkretisierungen der Sanierungsziele.

Die BBodSchV enthält in § 4 Abs. 7 den Hinweis, dass bei der Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen ist, wenn erhöhte Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser oder andere Schadstoffausträge auf Dauer nur geringe Schadstofffrachten und nur lokal begrenzt erhöhte Schadstoffkonzentrationen in Gewässern erwarten lassen. Diese Regelung bezieht sich unmittelbar auf die Bewertung von Schadstoffausträgen – insbesondere auf dem Wirkungspfad Boden-Grundwasser – in das Grundwasser und nicht auf bereits eingetretene Grundwasserschäden. Gleichwohl ist der Regelung zu entnehmen, dass geringe Schadstofffrachten und lokal begrenzt erhöhte Schadstoffkonzentrationen unter Verhältnismäßigkeitsgesichtspunkten gegebenenfalls hingenommen werden können. Dies ist allerdings unter der allgemeinen Geltung des Verhältnismäßigkeitsprinzips ohnehin selbstverständlich. Im Übrigen verweist § 4 Abs. 4 Satz 3 BBodSchG hinsichtlich der bei der Sanierung von Grundwasserschäden zu erfüllenden Anforderungen auf das Wasserrecht.

Auch im vorwiegend präventiv ausgerichteten Wasserrecht sind konkrete Sanierungsziele oder gar einheitliche Sanierungszielwerte nicht vorhanden, von denen ausgehend die erforderlichen Maßnahmen „abgeleitet“ werden könnten. So bezieht sich der wasserrechtliche Besorgnisgrundsatz auf die Verhütung von Gefahren für das Grundwasser. Der Schutzauftrag des Gesetzgebers für einen flächendeckenden Grundwasserschutz strahlt zwar auch auf die Entscheidung über das „Ob“ der Sanierung (Entscheidungsermessen) aus,<sup>65</sup> es

---

<sup>64</sup> Die Beseitigung oder Verminderung von Bodenkontaminationen (durch Schadstoffe) ist eine Dekontamination (§ 2 Abs. 7 Nr. 1 BBodSchG), nicht jedoch eine Maßnahme nach Nr. 3 dieser Vorschrift.

<sup>65</sup> Siehe oben, D. III.



ergibt sich aus ihm aber keine Orientierung für die anzustrebenden Sanierungsziele. Auch die Geringfügigkeitsschwellen sind nur eine begrenzte Hilfestellung. Sie markieren die Schädigungsschwelle und sind deshalb grundsätzlich ein geeignetes Kriterium für die Beseitigung des Schadens und für die Beseitigung von Gefahren, die vom Schadensbereich für angrenzende Grundwasser ausgehen. Deshalb kann bei Maßnahmen zur Dekontamination als Sanierungsziel die Einhaltung der Geringfügigkeitsschwellen im Schadensbereich als Sanierungsziel formuliert werden. Bei Sicherungsmaßnahmen wäre die Einhaltung der Geringfügigkeitsschwelle in angrenzenden Grundwasserbereichen ein sachgerechtes Sanierungsziel. Bei vielen, insbesondere großräumigen Grundwasserschäden ist eine Sanierung bis zur Unterschreitung der Geringfügigkeitsschwellen in der Praxis aber nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand erreichbar. Es muss deshalb unter Verhältnismäßigkeitsgesichtspunkten bestimmt werden, welcher Aufwand angemessen ist. Gegebenenfalls müssen weniger anspruchsvolle Sanierungsziele bestimmt werden. Für diesen „iterativen“ Bewertungsprozess gibt das Wasserrecht keine Orientierungshilfe.

Weder das Wasser-, noch das Bodenschutzrecht stellen konkrete Sanierungsziele oder gar einheitliche Sanierungszielwerte bereit, von denen ausgehend die erforderlichen Maßnahmen bestimmt werden könnten. Daher müssen die Sanierungsziele unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalls konkretisiert werden. Wie gezeigt, können sich Sanierungsziele auf die Beseitigung des Grundwasserschadens und/oder auf die Beseitigung der vom Grundwasserschaden ausgehenden Gefahren richten. Bei der Schadensbeseitigung geht es um die **Wiederherstellung**, bei der Gefahrenbeseitigung um die **Erhaltung** von Schutzgutfunktionen. Beim Grundwasser ist es sinnvoll, zu unterscheiden zwischen seinen **ökologischen Funktionen** für den Naturhaushalt und seinen **Nutzungsfunktionen**, z.B. als Trink- oder Brauchwasserressource. Das **Niveau** der Sanierungsziele kann unterschiedlich sein: Sie können auf eine vollständige oder eine teilweise Schadens-/Gefahrabeseitigung gerichtet sein, ggf. mit bestimmten Dekontaminations-/Sicherungs**graden** oder Sanierungszielwerten.

Das Sanierungsziel ist möglichst konkret hinsichtlich Schutzgut, Schutzgutfunktion, Sanierungsniveau und Sanierungszeitraum zu bestimmen. Dies bedeutet aber nicht, dass das Sanierungsziel am Anfang des Entscheidungsprozesses unverrückbar „festgelegt“ wird und im Anschluss nur noch die zur Verwirklichung des Ziels durchzuführenden Maßnahmen „abzuleiten“ wären. Das Sanie-

rungsziel muss vielmehr im Lichte der verfügbaren Handlungsalternativen bewertet und gegebenenfalls modifiziert werden. Am Anfang des Entscheidungsprozesses können Sanierungsziele nur vorläufig „aufgestellt“ werden. Erst wenn Maßnahmen zu ihrer Verwirklichung untersucht und auf ihre Eignung, Erforderlichkeit und Angemessenheit geprüft worden sind, kann auch beurteilt werden, ob das Sanierungsziel überhaupt rechtlich haltbar und seine Verwirklichung mit den in Betracht kommenden Maßnahmen zweckmäßig ist. Wird als vorläufiges Sanierungsziel beispielsweise eine vollständige Schadensbeseitigung (Dekontamination) bestimmt und stellt sich heraus, dass hierfür gar keine geeigneten technischen Verfahren verfügbar sind oder die verfügbaren Verfahren unangemessen aufwendig sind, so muss ein anderes Sanierungsziel aufgestellt werden, z. B. eine teilweise Beseitigung des Schadens.

Die Bestimmung, welche Sanierungsziele im Einzelfall angestrebt werden können oder müssen, kann also nur anhand der verfügbaren Maßnahmen zur Verwirklichung dieser Ziele und des mit ihnen verbundenen Aufwandes beurteilt werden.

### III. Struktur der Verhältnismäßigkeitsprüfung

Der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz begrenzt die Sanierungspflichten (§ 4 Abs. 3 BBodSchG) auf solche Maßnahmen, die zur Erreichung der Sanierungsziele geeignet, erforderlich und angemessen sind. Eine Maßnahme, die eines dieser Kriterien nicht erfüllt, ist rechtswidrig.

Die Prüfung der Verhältnismäßigkeit bezieht sich immer auf eine konkrete Maßnahme oder auf ein bestimmtes Maßnahmenpaket. Es werden also nicht etwa Sanierungsziele einer „Verhältnismäßigkeitsprüfung“ unterworfen. Die Verhältnismäßigkeitsprüfung von Maßnahmen muss sich jedoch an zuvor aufgestellten Sanierungszielen orientieren. Dann ist zu prüfen, ob die in Betracht gezogene Maßnahme zur Erreichung des angestrebten Sanierungsziels geeignet, erforderlich und angemessen ist:

#### 1. Eignung

Im Allgemeinen ist ein Mittel geeignet, wenn es seinen Zweck zumindest fördert; eine voraussichtlich vollständige Zweckerreichung ist nicht unbe-

dingt erforderlich.<sup>66</sup> Danach wäre eine Maßnahme zur Sanierung eines Grundwasserschadens geeignet, die technisch machbar ist und die Verwirklichung des Sanierungsziels zumindest fördert. Für die Eignungsprognose ist eine fachliche Beurteilung notwendig, ob die Maßnahme Wirkungen in Richtung des Sanierungsziels entfaltet.

Wie bereits dargelegt, können die Sanierungsziele jedoch sehr unterschiedlich sein, insbesondere können sie auf unterschiedlichem Niveau angesiedelt sein. Für eine vergleichende Bewertung verschiedener Sanierungsalternativen reicht es deshalb nicht aus, lediglich eine Prognose anzustellen, ob die Maßnahme das Sanierungsziel irgendwie „fördert“. Vielmehr ist es – insbesondere zur Beurteilung von Erforderlichkeit und Angemessenheiten (dazu siehe sogleich, 2. und 3.) – notwendig, die Wirkung der Maßnahme im Hinblick auf die Verwirklichung des Sanierungsziels genauer zu prognostizieren. Dies gilt vor allem für Dekontaminationsmaßnahmen, nach deren Abschluss nämlich das Erreichen des Sanierungsziels gegenüber der zuständigen Behörde zu belegen ist (§ 5 Abs. 1 BBodSchV). Dafür reicht die Feststellung, dass eine Maßnahme das Sanierungsziel „fördert“, nicht aus. Vielmehr ist eine fachlich begründete Prognose notwendig, ob zu erwarten ist, dass das Sanierungsziel mit der jeweiligen Maßnahmenalternative tatsächlich erreicht wird oder nicht.

§ 5 BBodSchV gibt nähere Kriterien für die Beurteilung der Eignung von Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen an: Dekontaminationsmaßnahmen sind zur Sanierung geeignet, wenn sie auf technisch und wirtschaftlich durchführbaren Verfahren beruhen, die ihre praktische Eignung zur umweltverträglichen Beseitigung oder Verminderung der Schadstoffe gesichert erscheinen lassen (§ 5 Abs. 1 Satz 1 BBodSchV). Sicherungsmaßnahmen sind zur Sanierung geeignet, wenn sie gewährleisten, dass durch die im Boden oder in Altlasten verbleibenden Schadstoffe dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen; hierbei ist das Gefahrenpotenzial der im Boden verbleibenden Schadstoffe und deren Umwandlungsprodukte zu berücksichtigen; eine nachträgliche Wiederherstellung der Sicherungswirkung muss möglich sein; die Wirksam-

---

<sup>66</sup> Siehe *Rachor*, in: Lisken/Denninger, Handbuch des Polizeirechts, F. Rn. 222. Es heißt dort, es komme darauf an, dass die Maßnahme ein „Schritt in die richtigen Richtung“ sein müsse; vgl. auch *Gusy*, Polizeirecht, Rn. 397.

keit von Sicherungsmaßnahmen ist gegenüber der zuständigen Behörde zu belegen (§ 5 Abs. 3 BBodSchV).

Von vornherein ungeeignet sind Maßnahmen, die tatsächlich (technisch) oder rechtlich unmöglich sind. Wirtschaftliches Unvermögen schließt dagegen die Eignung einer Maßnahme nicht aus. Die technische Durchführbarkeit hängt vor allem ab von:

- der Art der Schadstoffbelastung (nur ein Schadstoff oder mehrere; ggf. komplexe Stoffgemische mit möglichen Wechselwirkungen untereinander);
- der Höhe und der Verteilung der Belastung (geringe/hohe Schadstoffkonzentrationen, eine/mehrere Eintragsstellen, Anteile der einzelnen Schadstoffquellen an der Gesamtbelastung etc.);
- den Untergrundgegebenheiten am Standort (Schichtaufbau, Schichtmächtigkeiten, Durchlässigkeiten, Inhomogenitäten, Störungen durch Gebäude oder Einrichtungen (Fundamente, Leitungen), Lage der Schadstoffquellen zum Grundwasserspiegel, Grundwasserstandsschwankungen, Abstandsgeschwindigkeit, Grundwasserchemismus etc.) und der Art der Bebauung und Zugänglichkeit des Grundstücks;<sup>67</sup>
- den verfügbaren technischen Verfahren und ihrer Effektivität unter den gegebenen Umständen.

## 2. Erforderlichkeit

Von mehreren, zur Erreichung des festgelegten Ziels **gleichermaßen geeigneten** Mitteln muss das mildeste gewählt werden. Die Behörde hat zu prüfen, welche Maßnahmenalternativen in Betracht kommen und einen Effektivitätsvergleich<sup>68</sup> sowie einen Vergleich der mit den Maßnahmen verbundenen Belastungen anzustellen. **Erforderlich ist diejenige (ge-**

---

<sup>67</sup> Diese Aufzählung ist der Vollzugshilfe des Landesumweltamts Nordrhein-Westfalen zur Gefährdungsabschätzung „Boden-Grundwasser“ 2002, S.90 ff. entnommen.

<sup>68</sup> Für diesen Effektivitätsvergleich – Auswahl unter den „gleich geeigneten Mitteln“ – ist es erforderlich, die Eignung der unterschiedlichen Maßnahmen konkret im Hinblick auf ihre Effektivität zur Erreichung des Sanierungsziels zu untersuchen (s. o., 1.).

**eignete) Sanierungsalternative, die den Einzelnen und die Allgemeinheit am wenigsten belastet.** Bei der Bewertung von Maßnahmen muss also immer erwogen werden, ob möglicherweise andere Maßnahmen zur Verfügung stehen, die das Sanierungsziel genauso gut erreichen, aber mit weniger Belastungen verbunden sind (z. B. hinsichtlich der Kosten und sonstiger nachteiliger Auswirkungen der Maßnahme). Steht ein in diesem Sinne „milderes Mittel“ zur Verfügung, so muss dieses ergriffen werden; anderenfalls ist die Entscheidung rechtswidrig. Bei der Prüfung, welche Untersuchungen oder Sanierungsmaßnahmen notwendig sind, sind also wesentliche Gesichtspunkte der finanzielle und technische Aufwand der Maßnahmen sowie deren Folgekosten und -auswirkungen. Bei Dekontaminationsmaßnahmen schreibt die BBodSchV in § 5 Abs. 1 Satz 2 explizit vor, dass auch die Folgen des Eingriffs (nämlich der Dekontaminationsmaßnahme) insbesondere für Böden und Gewässer zu berücksichtigen sind.

### 3. Angemessenheit

Die nach Maßgabe der vorstehenden Ausführungen geeignete und erforderliche Sanierungsmaßnahme darf schließlich nur dann getroffen werden, wenn sie **angemessen** ist (sog. „Verhältnismäßigkeit im engen Sinne“; auch „Übermaßverbot“ genannt). **Die Auswirkungen der Sanierungsmaßnahme dürfen nicht außer Verhältnis zum erstrebten Erfolg stehen.** Für die Bewertung der Angemessenheit ist eine Zweck-Mittel-Relation zu bilden, die den angestrebten Sanierungserfolg ins Verhältnis zu den mit der Maßnahme verbundenen Belastungen setzt (Proportionalität). Hierzu zählen in erster Linie die Kosten der Sanierungsmaßnahme, aber auch die sonstigen mit ihr verbundenen nachteiligen Auswirkungen (z. B. Umweltbelastungen, Beeinträchtigungen durch Bautätigkeit, Ressourcenverbrauch). Im Rahmen der Angemessenheitsprüfung sind alle betroffenen Belange zu ermitteln, entsprechend ihrem Gewicht zu bewerten und untereinander abzuwägen.

Grenzen der Belastung Einzelner können sich aus ihren Rechten, insbesondere aus den Grundrechten ergeben. So hat das Bundesverfassungsgericht Grenzen der Inanspruchnahme von Zustandsverantwortlichen für Altlasten unter dem Gesichtspunkt der Eigentumsgarantie (Art. 14 GG) aufgezeigt. Anhaltspunkt für die Bestimmung der Zumutbarkeitsgrenze ist

danach das Verhältnis des finanziellen Aufwandes zu dem Verkehrswert nach Durchführung der Sanierung.<sup>69</sup> Ob die finanziellen Belastungen im Einzelfall den Verkehrswert (nach durchgeführter Sanierung) überschreiten dürfen, hängt wiederum von folgenden Faktoren ab: So kann der Zustandsstörer im Einzelfall über diese Grenze hinaus in Anspruch genommen werden, wenn er beim Erwerb von dem Schaden Kenntnis hatte oder er zugelassen hat, dass das Grundstück in einer risikoreichen Weise genutzt wird. Umgekehrt kann eine Inanspruchnahme bis zum Verkehrswert des Grundstücks im Einzelfall unzumutbar sein, beispielsweise wenn das Grundstück den wesentlichen Teil des Vermögen des Pflichtigen bildet und die Grundlage seiner privaten Lebensführung einschließlich seiner Familie darstellt.<sup>70</sup>

Die gerichtliche Kontrolle von Verwaltungsentscheidungen trägt komplexen Entscheidungsbedingungen in der Regel dadurch Rechnung, dass das Übermaßverbot nur dann als verletzt angesehen wird, wenn die mit der Maßnahmen verbundenen Nachteile offensichtlich erheblich schwerer wiegen, als der erzielbare Nutzen.<sup>71</sup> Der durch die Maßnahme zu erwartende Schaden darf nicht erkennbar außer jedem Verhältnis zu dem beabsichtigten Erfolg<sup>72</sup> bzw. in einem krassen Missverhältnis<sup>73</sup> zu ihm stehen.

#### IV. Prüfung verschiedener Maßnahmealternativen auf ihre Verhältnismäßigkeit

Für die Sanierung von Grundwasserschäden kommen Dekontaminations- oder Sicherungsmaßnahmen in Betracht<sup>74</sup>, je nach den Umständen des Einzelfalls unterschiedliche technische Verfahren und Konzepte mit jeweils unterschiedlichen Entlastungseffekten. Im Rahmen der Sanierungsuntersuchung (§ 6 BBodSchV) kommt es darauf an, verschiedene Maßnahmealternativen im Hinblick auf die jeweiligen Sanierungsziele zu bewerten. Hierzu bedarf es eines transparenten, nachvollziehbaren Bewertungs- und Entscheidungsprozesses.

---

<sup>69</sup> Siehe BVerfG, Beschluss vom 16.02.2000, NJW 2000, S. 2573 (2575).

<sup>70</sup> Vgl. zu diesen Fallkonstellationen BVerfG, NJW 2000, S. 2573 (2575).

<sup>71</sup> OVG Rheinland-Pfalz, DVBl. 1989, S. 831 (832).

<sup>72</sup> Dahme, Kommentar zum Bayerischen Wassergesetz, Art. 68 Rn. 25.

<sup>73</sup> BayVGH, Bayerische Verwaltungsblätter 1982, S. 564.

<sup>74</sup> Definitionen finden sich in § 2 Abs. 7 BBodSchG. Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung schädlicher Veränderungen des Bodens (§ 2 Abs. 7 Nr. 3 BBodSchG) werden vom Gesetzgeber gleichfalls als Sanierungsmaßnahmen angesehen, sind jedoch im vorliegenden Zusammenhang nicht von Bedeutung.

Hervorzuheben ist, dass eine Beurteilung von Sanierungsmaßnahmen auf ihre Verhältnismäßigkeit immer nur im Hinblick auf einen bestimmten Sanierungserfolg, der durch das Sanierungsziel umschrieben wird, beurteilt werden kann.

Für die vergleichende Bewertung verschiedener Maßnahmealternativen im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung gibt es keinen zwingenden Ablauf. Es müssen aber alle für die Entscheidung rechtlich relevanten Gesichtspunkte zutreffend gewürdigt werden. Daher bietet es sich an, bei der Prüfung von Maßnahmen gestuft vorzugehen, beginnend mit anspruchsvollsten Sanierungszielen und der Beurteilung der zu ihrer Verwirklichung in Betracht kommenden Maßnahmenalternative. Danach wären stufenweise weniger anspruchsvolle Sanierungsziele mit den zugehörigen Maßnahmealternativen zu prüfen.

#### 1. Vollständige Dekontamination

Die Dekontamination beseitigt nicht nur die Schadstoffe, sondern zugleich – zumindest mittelfristig – auch die mit den Schadstoffbelastungen verbundenen Gefahren. Mit einer Sicherung wird dagegen lediglich die weitere Ausbreitung der Schadstoffe verhindert; die Schadstoffe verbleiben im Boden, soweit die Sicherung nicht im Nebeneffekt auch eine gewisse Reinigungswirkung hat.

Daher ist die vollständige Dekontamination regelmäßig das für den Grundwasser- und Rechtsgüterschutz überhaupt nur erreichbare Maximum. Sie sollte deshalb aus den Sanierungsüberlegungen keinesfalls ausgeklammert bleiben. Nach dem BBodSchG besteht zwar kein generelles Stufenverhältnis zwischen Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen. Lediglich bei schädlichen Bodenveränderungen oder Altlasten, die nach dem 01.03.1999 eingetreten sind, verpflichtet das Gesetz zur Beseitigung von Schadstoffen, soweit dies im Hinblick auf die Vorbelastung des Bodens verhältnismäßig ist (§ 4 Abs. 5 Satz 1 BBodSchG). Die meisten Grundwasserschäden beruhen jedoch auf schädlichen Bodenveränderungen oder Altlasten, die vor dem genannten Zeitpunkt eingetreten sind. Der Gesetzgeber bringt aber in der genannten Vorschrift allgemein zum Ausdruck, dass die Dekontamination gewöhnlich einen weitergehenden Entlastungseffekt für die Umwelt hat. Für die Dekontamination ist wegen ihres größeren Nutzens im Regelfall auch ein höherer Aufwand

als für die Sicherung im Rahmen der Verhältnismäßigkeit gerechtfertigt (siehe unten, C). Inwieweit auch unter EG-rechtlicher Perspektive eine vollständige Dekontamination geprüft werden sollte, hängt von der Ausgestaltung der Tochterraichtlinie zum Grundwasserschutz ab und kann deshalb derzeit noch nicht beurteilt werden. Jedenfalls stellt die EG-Wasserrahmenrichtlinie für die Beurteilung des chemischen Zustandes eines Grundwasserkörpers maßgeblich auf die Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser ab. Die Schadstoffbelastungen im Grundwasser lassen sich aber nur durch Dekontaminationsmaßnahmen verringern, so dass auch unter EG-rechtlichen Gesichtspunkten angeraten ist, eine (vollständige) Dekontamination in die Prüfung einzubeziehen.

a) Sanierungsziel

Das Maximalziel einer Dekontamination wäre die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes. Der Zustand des Grundwassers vor Schadenseintritt ist häufig nicht sicher zu ermitteln. Statt dessen könnte man auf die natürliche Beschaffenheit des Grundwassers im nicht geschädigten Umfeld abstellen. In vielen Fällen ist eine Schadensbeseitigung in diesem umfassenden Sinne in überschaubaren Zeiträumen nicht möglich. Häufig können nur gefahrlose oder bestimmte Nutzungen ermöglichende Zustände hergestellt werden, ferner kann ein Beitrag zur langfristigen Wiederherstellung natürlicher Zustände durch die Unterstützung der Selbstheilungskräfte der Natur geleistet werden: Zum einen wird durch die Maßnahmen die Entfaltung der Selbstheilungskräfte überhaupt erst ermöglicht (Unterschreitung von Schwellenwerten), zum anderen können die Zeiträume für den Abbau von Schadstoffpotentialen verkürzt werden.

In der Sanierungspraxis werden deshalb für die Schadensbeseitigung zumeist Sanierungszielwerte vorgegeben, die sich an allgemeinen Gewässergütekriterien, insbesondere an den so genannten „Geringfügigkeitsschwellen“<sup>75</sup>, orientieren. Werden die Geringfügigkeitsschwellen eingehalten, liegt in der Regel kein Grundwasserschaden vor. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass ein Grundwasserschaden – im Rechtssinne – „beseitigt“ ist, wenn die Geringfügigkeitsschwellen (wieder) eingehalten werden. Die Geringfügig-

---

<sup>75</sup> Dazu siehe oben, C. II.



keitsschwellen (bzw. ihre Unterschreitung) sind deshalb grundsätzlich sachgerechte Sanierungszielwerte für eine vollständige Dekontamination.

Allerdings sind die Geringfügigkeitsschwellen der LAWA allgemeine Gütekriterien, die ggf. standortkonkret angepasst werden müssen. Oben wurde bereits darauf hingewiesen, dass die geogen bedingte Hintergrundsituation zu berücksichtigen ist und ggf. höhere Werte festzulegen sind.<sup>76</sup> Häufig unterschreitet jedoch die Schadstoffbelastung des Grundwassers in seiner natürlichen Beschaffenheit die Geringfügigkeitsschwellen. Erfolgt dann eine Sanierung mit dem Ziel der Einhaltung der Geringfügigkeitsschwellen, so weicht der erreichte Zustand immer noch nachteilig von der natürlichen Beschaffenheit ab. Je nach den Umständen des Einzelfalls ist deshalb zu prüfen, ob Gründe vorliegen, möglicherweise strengere Sanierungszielwerte als die Geringfügigkeitsschwellen aufzustellen. Wenn das zu sanierende Grundwasser beispielsweise Oberflächengewässer in relevanter Menge speist, ist ggf. über entsprechende Grund-/Oberflächengewässerbilanzen und unter Berücksichtigung der Gewässergüte bzw. des Qualitätsziels für das betroffene Oberflächengewässer die Tolerierbarkeit der verbleibenden Belastung des Grundwassers zu bewerten.

b) Eignung und Erforderlichkeit

Es wird zunächst auf die Ausführungen oben, unter III. 1. und 2. verwiesen.

Es ist zu ermitteln, ob überhaupt geeignete technische Verfahren zum Erreichen der Sanierungsziele bzw. -zielwerte einer vollständigen Dekontamination verfügbar sind. Bei altlastenbedingten Grundwasserschäden wird die Effektivität von Maßnahmen zu ihrer Dekontamination häufig dadurch begrenzt, dass der Grundwasserschaden noch im Einflussbereich einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast steht, aus der Schadstoffe nachgeliefert werden. Die Eignung kann dann nur beurteilt werden, wenn zuvor geklärt ist, ob und welche Maßnahmen zur Sanierung der schädlichen Boden-

---

<sup>76</sup> Siehe C. II.

veränderung ergriffen werden, die den Schadstofftransfer ins Grundwasser verringern oder unterbinden.

Stehen mehrere, gleichermaßen geeignete Maßnahmen zur Verfügung, so ist diejenige Alternative auszuwählen, die mit den geringsten Belastungen verbunden ist („Erforderlichkeit“). Typische Belastungen, die mit Dekontaminationsverfahren verbunden sind, sind nachfolgend unter c) bb) aufgeführt.

c) Angemessenheit

Die Angemessenheitsprüfung (dazu allgemein siehe oben, III. 3.) der Maßnahme geht wie folgt vonstatten:

aa) Ermittlung des Sanierungsnutzens einer vollständigen Dekontamination

Der Sanierungsnutzen der Dekontamination weist zwei verschiedene Dimensionen auf:

Zum einen führt die Dekontamination zur Wiederherstellung der Funktionen (ökologische Funktionen und Nutzungsfunktionen) der ehemals geschädigten Grundwasserressource. Ferner kann auch der Zustand des umgebenden Ökosystems – insbesondere des Grundwasserleiters/Boden – so verbessert werden, dass er sich seinem natürlichen Zustand weiter annähert. Insoweit dient die Dekontamination der Wiederherstellung von Schutzgutfunktionen.

Zum anderen beseitigt die Dekontamination Risiken, die von dem belasteten Grundwasser für andere Schutzgüter (menschliche Gesundheit, Oberflächengewässer, angrenzendes Grundwasser) hervorgerufen werden. Insoweit kommen einerseits Schutzgüter im Schadensbereich in Betracht, die beispielsweise durch Ausgasung oder im Fall einer Nutzung des geschädigten Grundwassers gefährdet sein können. Andererseits sind Schutzgüter im Abstrom des Schadensbereiches – insbesondere bislang nicht oder geringer belastete

Grundwasserzonen – zu berücksichtigen. Insoweit dient die Dekontamination der Erhaltung der Integrität solcher Schutzgüter, die durch den Grundwasserschaden bislang nicht geschädigt, wohl aber gefährdet sind.

Basierend auf dieser Unterscheidung sind die folgenden rechtlich erheblichen Belange bei der Bestimmung des Sanierungsnutzens zu ermitteln und zu bewerten. Der mit der Dekontamination erzielbare Nutzen kann im Allgemeinen bezogen sein auf die ökologischen Funktionen des Grundwassers und auf menschliche Nutzungsinteressen.<sup>77</sup>

(1) Wiederherstellung und Erhaltung von ökologischen Funktionen des Grundwassers

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen hebt für den Bereich der Altlastensanierung insbesondere folgende Funktionen der Umweltmedien hervor:

- Regelungsfunktion (Stabilisierungs-, Säuberungs- und Reinigungsfunktion)
- Produktionsfunktion (Versorgung von Mensch und natürlicher Umwelt)
- Lebensraumfunktion.

Möglichst konkret bezogen auf das zu sanierende Grundwasservorkommen ist jeweils zu untersuchen und zu bewerten, inwieweit diese Funktionen vorhanden sind und durch die Maßnahme – gegebenenfalls teilweise – wieder hergestellt und erhalten werden können.

(2) Wiederherstellung und Erhaltung von Nutzungsfunktionen

Die Ermittlung des Sanierungsnutzens im Hinblick auf den Schutz menschlicher Nutzungsinteressen bezieht sich sowohl auf die bestehenden Nutzungen, als auch

---

<sup>77</sup> Siehe oben, C.I.

auf die potenziellen Nutzungsmöglichkeiten, die überhaupt erst durch die Dekontamination eröffnet oder gesichert werden.

Gewöhnlich werden konkrete und potenzielle Nutzungsinteressen unterschieden. In rechtlicher Hinsicht können verschiedene Formen der Verfestigung von Nutzungsinteressen unterschieden werden:

- festgesetzte oder im Entwurf geplante Wasserschutzgebiete (§ 19 WHG);
- festgesetzte oder im Entwurf geplante Trinkwasservorranggebiete oder -Schongebiete sowie Bewirtschaftungskonzepte für Brauchwassernutzungen, insbesondere in Raumordnungs-, Rahmen- und Bewirtschaftungsplänen oder entsprechenden Vorplanungen;
- festgesetzte oder im Entwurf geplante Notwasserversorgungs-Zonen nach dem Wassersicherstellungsgesetz;
- Genehmigungen für Grundwasserbenutzungen (Trinkwasser oder Brauchwasser);
- genehmigungsfreie (ggf. anzeigepflichtige) ausgeübte Nutzungen.

Zu unterscheiden sind diese Nutzungen und Nutzungsmöglichkeiten im Schadensbereich (Wiederherstellungsfunktion) und die Nutzung angrenzender Grundwasservorkommen, deren Fortbestehen durch die Sanierung gesichert werden kann (Erhaltungsfunktion).

### (3) Schutz weiterer Rechtsgüter

Schließlich können durch eine Dekontamination Risiken für weitere Schutzgüter im Schadensbereich oder im Abstrom beseitigt werden. Dies gilt für Risiken für die menschliche Gesundheit (z. B. durch Ausgasung) und für benachbarte oder im Abstrom gelegene Ökosysteme,

Flora und Fauna sowie Schutzgebiete. In diesem Zusammenhang sind auch zu berücksichtigen die Anforderungen der WRRL an den Schutz von Landökosystemen, Schutzgebieten und Oberflächengewässern.<sup>78</sup> Die Risiken für solche Schutzgüter fallen bei der Abwägung jedoch nur ins Gewicht, soweit sie nach den Umständen des Einzelfalls durch den Grundwasserschaden hervorgerufen sind und durch die Dekontamination wieder beseitigt werden können.

- bb) Ermittlung der mit der Sanierung verbundenen Belastungen, insbesondere des Sanierungsaufwandes

Folgende Belastungen im Einzelfall können mit der Durchführung von Dekontaminationsmaßnahmen verbunden sein und sind deshalb – je nach den Umständen des Einzelfalls – für die Abwägung relevant und müssen ermittelt werden:

- Nachhaltige Beeinflussung des Grundwasserhaushalts durch die großräumige Beeinflussung der Grundwasserflurabstände
- Verbrauch von Elektroenergie und Zuschlagstoffen zur langjährigen Grundwasserhebung und -reinigung
- Mobilisierung von anderen kontaminierten Grundwasserzonen
- Beeinträchtigung der Natur durch die Errichtung von Brunnen, und Leitungen und andere Baumaßnahmen
- Kosten der Durchführung der Dekontaminationsmaßnahmen einschließlich Folgekosten
- Sonstige Belastungen für Einzelne und Beeinträchtigungen ihrer Rechte (beispielsweise Eigentumsrecht des Zustandsstörers<sup>79</sup>) oder für die Allgemeinheit.

---

<sup>78</sup> Siehe oben, D.III.2. Eine Schwierigkeit besteht darin, dass die Gewässergrüteziele für Oberflächengewässer wegen ihrer spezifischen Schutzrichtung teilweise deutlich strenger sind, als die Geringfügigkeitsschwellen für Grundwasser. Dies gilt beispielsweise für einige der vom Bund-Länder-Arbeitskreis Wasserqualitätsziele (BLAKQZ) für aquatische Lebensgemeinschaften angesetzten Werte sowie für die chemischen Parameter zur Einhaltung der Gewässergrüteziele. Die unterschiedlichen Regelwerke sind bislang nicht miteinander in Einklang gebracht.

<sup>79</sup> Zu den Grenzen der Inanspruchnahme des Zustandsstörers siehe oben, III.3.

Maßnahmen zur vollständigen Dekontamination müssen meist für einen langen Zeitraum angelegt werden und bringen häufig erst nach Jahren spürbare Entlastungseffekte. Je nach den Umständen des Einzelfalls ist deshalb zu prüfen, ob die Dekontaminationsmaßnahme von temporären Sicherungsmaßnahmen (z. B. Abstromsicherung) oder Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen (z. B. temporäre Nutzungsbeschränkung) zu flankieren ist. Die mit solchen flankierenden Maßnahmen verbundenen Belastungen sind dann gleichfalls in die Abwägung einzubeziehen.

cc) Abwägung

Schließlich sind der Sanierungsnutzen der vollständigen Dekontamination und die mit der Maßnahme verbundenen Belastungen entsprechend dem jeweiligen Gewicht der betroffenen Belange gegeneinander abzuwägen. Die Behörde verfügt nach der Rechtsprechung über einen beträchtlichen Abwägungsspielraum. Wichtig ist aber, dass alle betroffenen Belange in die Abwägung einbezogen und angemessen berücksichtigt werden.<sup>80</sup>

2. Teildekontamination

Prämisse der Entscheidung für eine Teildekontamination ist, dass ein Restschaden hinnehmbar ist und die Maßnahme selbst verhältnismäßig ist. Der Restschaden ist insbesondere hinnehmbar, wenn er nicht mit verhältnismäßigen Mitteln zu beseitigen sind.

a) Sanierungsziele

Für die Teildekontamination sind Sanierungsziele aufzustellen. Insbesondere ist zu beschreiben, welche ökologischen Funktionen und/oder Nutzungsfunktionen mit einer Teildekontamination wieder hergestellt werden und inwieweit Gefahren für weitere Rechtsgüter – ggf. in Verbindung mit Sicherungs-, Schutz- oder Beschränkungsmaßnahmen – beseitigt werden.

---

<sup>80</sup> Siehe oben, III.3.

Die Sanierungsziele können ein sehr unterschiedliches Niveau haben (z.B. das Unterschreiten des 10- oder des 100-fachen der Geringfügigkeitsschwellen im Schadensherd oder der Fahne). Je nach Niveau der Sanierungsziele ergibt sich ein unterschiedlicher Sanierungsaufwand. Es empfiehlt sich, für die Verhältnismäßigkeitsprüfung verschiedene Alternativen einer Teildekontamination mit unterschiedlichen Dekontaminationsgraden zu untersuchen.

b) Eignung und Erforderlichkeit

Es wird zunächst auf die Ausführungen oben, III. 1. und 2., verwiesen. Wie bei der vollständigen Dekontamination auch (siehe oben, 1. b), sind verschiedene Verfahren der Teildekontamination daraufhin zu bewerten, ob sie zur Erreichung der Sanierungsziele geeignet sind. Sofern mehrere, gleichermaßen geeignete Verfahren zur Verfügung stehen, ist die Maßnahme auszuwählen, die mit der jeweils geringsten Belastung verbunden ist (Erforderlichkeit). Hierbei sind jeweils das unterschiedliche Sanierungsniveau bzw. die verschiedenen Sanierungsziele, die mit einer Teildekontamination angestrebt werden können, zu berücksichtigen.

c) Angemessenheit

Die im Rahmen der Angemessenheitsprüfung zu ermittelnden, zu gewichtenden und abzuwägenden Gesichtspunkte entsprechen denjenigen der Angemessenheitsprüfung einer vollständigen Dekontamination (s. o., 1. c). Zu berücksichtigen ist allerdings, dass der Sanierungsnutzen einer Teildekontamination regelmäßig geringer ist, als derjenige einer vollständigen Dekontamination. Daher ist in der Abwägung zur Durchführung einer Teildekontamination auch nur ein entsprechend geringerer Aufwand angemessen.

3. Sicherung

Über eine Sicherung ist zu entscheiden, wenn eine vollständige oder teilweise Dekontamination nicht durchgeführt werden soll, der Schaden also hinnehmbar oder Maßnahmen zur (Teil-)Dekontamination unverhältnismäßig sind. Gegebenenfalls kommt aber eine – möglicherweise nur vorü-

bergehende – Sicherung auch neben einer Dekontamination in Betracht: Entweder, weil die Dekontamination erst mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung einen Entlastungseffekt hat, oder – bei einer Teildekontamination – dauerhaft Gefahren verbleiben, die durch eine Sicherung beseitigt werden können.

a) Sanierungsziele

Auch für die Sicherung sind Sanierungsziele im Hinblick auf die Verhinderung der weiteren Schadensausbreitung und den Schutz gefährdeter Rechtsgüter zu formulieren. Wie bei der Teildekontamination auch, empfiehlt es sich, Alternativen mit jeweils spezifischem Sicherungsniveau und spezifischen Belastungen auf ihre Verhältnismäßigkeit zu prüfen.

b) Eignung und Erforderlichkeit

Es wird zunächst auf die Ausführungen oben, III. 1. und 2., verwiesen. Die in Betracht kommenden Sicherungsverfahren sind daraufhin zu bewerten, ob sie zur Erreichung des differenzierten Sanierungsniveaus bzw. der -ziele geeignet sind. Unter mehreren, gleichermaßen effektiven Sicherungsverfahren ist die Maßnahme auszuwählen, die mit den geringsten Belastungen verbunden ist.

c) Angemessenheit

aa) Ermittlung des Sanierungsnutzens bei Sicherungsmaßnahmen

- Erhaltung von ökologischen Funktionen des Grundwassers im Abstrom den Schadensbereich abhängig von der Bedeutung und dem Maß der Beeinträchtigung gefährdeter Grundwasserressourcen.
- Erhaltung von Nutzungsfunktionen des Grundwassers im Abstrom.
- Schutz weiterer Rechtsgüter im Schadensbereich und im Abstrom (Beseitigung von Risiken für die menschliche Gesundheit und für benachbarte oder im Abstrom gelegene Ökosysteme, Flora und Fauna sowie Schutzgebiete.)



Zu ermitteln ist die Bedeutung und das Maß der Betroffenheit der von einem Schadstoffaustrag aus dem Grundwasserschadensbereich betroffenen Schutzgüter. Die Bedeutung und Betroffenheit der verschiedenen Schutzgüter muss im Einzelfall unter Berücksichtigung der jeweils einschlägigen Rechtsvorschriften analysiert werden.

- bb) Ermittlung der mit der Sicherung verbundenen Belastungen, insbesondere des Sanierungsaufwandes

Diese Prüfung erfolgt nach den gleichen Gesichtspunkten wie bei der Dekontamination [s. o., 1. c) bb)].

- cc) Abwägung

Im Rahmen der Abwägung ist der spezifische Nutzen der Sicherungsmaßnahmen ihren spezifischen Belastungen gegenüberzustellen [siehe oben, 1. c) cc)]. Eine Sicherungsmaßnahme schafft – sofern sie nicht (wie etwa bei hydraulischen Maßnahmen) – einen Reinigungseffekt hat, keine Reduktion des Grundwasserschadens. Der Sanierungsnutzen einer Sicherung ist insofern regelmäßig geringer als derjenige einer Dekontamination. Die Sicherung kann aber hinsichtlich der Gefahrenabwehr effektiver als eine Dekontamination sein, da sie schneller greift. Insofern kann der Sanierungsnutzen einer Sicherung in Bezug auf die Abwehr von Risiken für Schutzgüter im Schadensbereich oder in seinem Abstrom größer sein als bei einer Dekontamination.

## F. Entscheidung über Anpassung oder Abbruch laufender Maßnahmen

### I. Anlässe für eine Anpassung oder den Abbruch von Maßnahmen

Im Rahmen der Sanierung kann sich durch eine Kontrolle der Maßnahmeneffektivität bzw. aufgrund des Grundwassermonitorings herausstellen, dass die getroffene Sanierungsmaßnahme entweder

- (voraussichtlich) das angestrebte Sanierungsziel nicht bzw. nicht im angestrebten Sanierungszeitraum erreichen (kann) oder
- (voraussichtlich) das Sanierungsziel vor Ablauf des angestrebten Sanierungszeitraums erreicht.

In den (praktisch relevanten) Fällen, dass das angestrebte Sanierungsziel nicht bzw. nicht im festgelegten Sanierungszeitraum erreicht werden kann, ist zunächst die Ursache hierfür zu ermitteln. Gründe hierfür können sein, dass

- das angestrebte Sanierungsziel überhaupt nicht erreicht werden kann oder
- nicht mit den mit den getroffenen Maßnahmen erreicht werden kann oder
- mit den getroffenen Maßnahmen nicht im vorgesehenen Zeitraum erreicht werden kann.

## II. Rechtliche Maßstäbe/Voraussetzungen

Stellt sich heraus, dass das Sanierungsziel mit der angelaufenen Maßnahme nicht entsprechend der ursprünglichen Prognose erreicht werden kann, so drängt sich eine Überprüfung der ursprünglichen Entscheidung und ggf. die Anpassung oder der Abbruch der laufenden Sanierungsmaßnahme auf. Dies ergibt sich nicht zuletzt aus dem allgemeinen Gebot der Zweck- und Rechtmäßigkeit des Verwaltungshandelns. Aufgrund der Kostenintensität von Sanierungsmaßnahmen folgt dies bei der Verwendung öffentlicher Mittel im Übrigen aus dem haushaltsrechtlichen Grundsatz der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit.

Wie die Entscheidung über die Sanierung auch, steht die Entscheidung über die Anpassung oder den Abbruch von Maßnahmen im Ermessen der zuständigen Behörde. Es handelt sich der Sache nach um eine erneute Betätigung des Entschließungs- und Auswahlermessens (s. o., D. und E.). Es geht sowohl um die Frage, „ob“ die Sanierung fortgeführt oder abgebrochen wird und ggf. darum, „wie“ die Maßnahmen modifiziert werden. Diese Entscheidung muss sich mangels Konkretisierung durch Gesetz oder Verwaltungsvorschriften wiederum maßgeblich am Grundsatz der Verhältnismäßigkeit orientieren.

1. Überprüfung der ursprünglichen Sanierungsentscheidung

Allgemein ist eine Überprüfung der Sanierungsentscheidung angezeigt, wenn sich die Entscheidungsgrundlagen geändert haben, insbesondere wenn neue Erkenntnisse gewonnen worden sind, die Zweifel begründen, ob eine unveränderte Fortsetzung der Maßnahme noch sachgerecht ist. Die Behörde prüft dann, ob die ursprüngliche Entscheidung angesichts der geänderten Entscheidungsgrundlagen im Ergebnis noch richtig ist oder nicht.

Gelangt die Behörde im Rahmen der Überprüfung ihrer ursprünglichen Entscheidung zu der Auffassung, dass wesentliche Prämissen der Entscheidung aufgrund neuer Entwicklungen oder neuer Erkenntnisse nicht mehr erfüllt sind, so übt sie ihr Ermessen erneut aus. Sie wird also entscheiden, ob die einmal getroffene Entscheidung trotz der geänderten Sach- oder Erkenntnislage aufrechterhalten werden soll. In diesem Rahmen bewertet die Behörde, ob die ursprüngliche Sanierungsentscheidung auch für den verbleibenden Zeitraum noch verhältnismäßig, d. h. geeignet, erforderlich und angemessen ist. Hat sich beispielsweise herausgestellt, dass die eingeleitete Dekontaminationsmaßnahme in der verbleibenden Restlaufzeit keine Schadstoffentfrachtung mehr bringt, fehlt es an der Eignung der Maßnahme. Hat sich herausgestellt, dass die Schadstoffentfrachtung in der verbleibenden Restlaufzeit wesentlich geringer als ursprünglich angenommen ist, wirkt sich dies negativ auf die Angemessenheit der Maßnahme aus. Die Behörde überprüft also ihre ursprüngliche Entscheidung für den verbleibenden Zeitraum der „Restlaufzeit“ nach denselben Kriterien wie die ursprüngliche Sanierungsentscheidung (s. o., C. – E.). Allerdings fällt insbesondere bei der Angemessenheitsprüfung ein wichtiger Unterschied ins Gewicht: Anders als bei der ursprünglichen Sanierungsentscheidung sind nur der noch während der Restlaufzeit erzielbare Sanierungsnutzen und die entsprechenden Belastungen einzubeziehen.

2. Änderung der ursprünglichen Sanierungsentscheidung

Wie die Behörde ggf. die ursprüngliche Sanierungsentscheidung modifiziert oder ob sie die Sanierungsmaßnahme ganz abbricht, steht wiederum in ihrem Ermessen, für dessen Ausübung wiederum Kriterien gelten, wie

für die ursprüngliche Sanierungsentscheidung (s. o., C. – E.). Bricht die Behörde beispielsweise die Sanierungsmaßnahmen trotz bestehender Restbelastungen ab, so übt sie in der Sache ihr Entschließungsermessen (s. o., D.) dahin aus, dass sie eine Sanierung – des Restschadens – unterlässt.

Selbstverständlich ist die Behörde nicht bei jeder geringfügigen Änderung der Entscheidungsgrundlagen gezwungen, die ursprünglich getroffene Entscheidung zu ändern. Vielmehr kann sie in den Grenzen ihres Ermessens die ursprüngliche Entscheidung auch dann aufrecht erhalten, wenn sich nachträglich herausstellt, dass die Maßnahme beispielsweise nicht ganz die prognostizierte Wirkung erreicht oder mit Belastungen verbunden ist, mit denen ursprünglich nicht gerechnet worden ist.

Die verfahrensrechtliche Umsetzung einer Änderung der ursprünglichen Sanierungsentscheidung hängt insbesondere von deren rechtsförmlicher Ausgestaltung ab. Sofern eine Sanierungsanordnung getroffen wurde, die bestandskräftig geworden ist, richten sich Aufhebung und Widerruf nach den §§ 48 ff. der Verwaltungsverfahrensgesetze der Länder. Sofern zur Durchführung der Maßnahme ein Sanierungsvertrag geschlossen wurde, muss dieser Vertrag angepasst oder geändert werden. Je nach Ausgestaltung können sich aus solchen Verwaltungsakten und -verträgen Bindungen ergeben, die die Flexibilität der Behörde einschränken. Grundsätzlich aber ist die Flexibilität groß, wenn Sanierungsmaßnahmen vorzeitig abgebrochen oder die Anforderungen abgesenkt werden. Dann ist es regelmäßig ohne weiteres möglich, durch (teilweise) Aufhebung der Sanierungsanordnungen oder durch den Verzicht auf die vertraglich vereinbarte Sanierungspflicht den Weg zur vorzeitigen Beendigung der Maßnahmen zu ebnen. Größere Schwierigkeiten entstehen aber, wenn Sanierungsmaßnahmen in ihrer Ausgestaltung lediglich angepasst oder gar verschärft werden müssen. Dann muss die Bestandskraft von Sanierungsanordnungen bzw. die Rechtsbindung von Sanierungsverträgen überwunden werden.

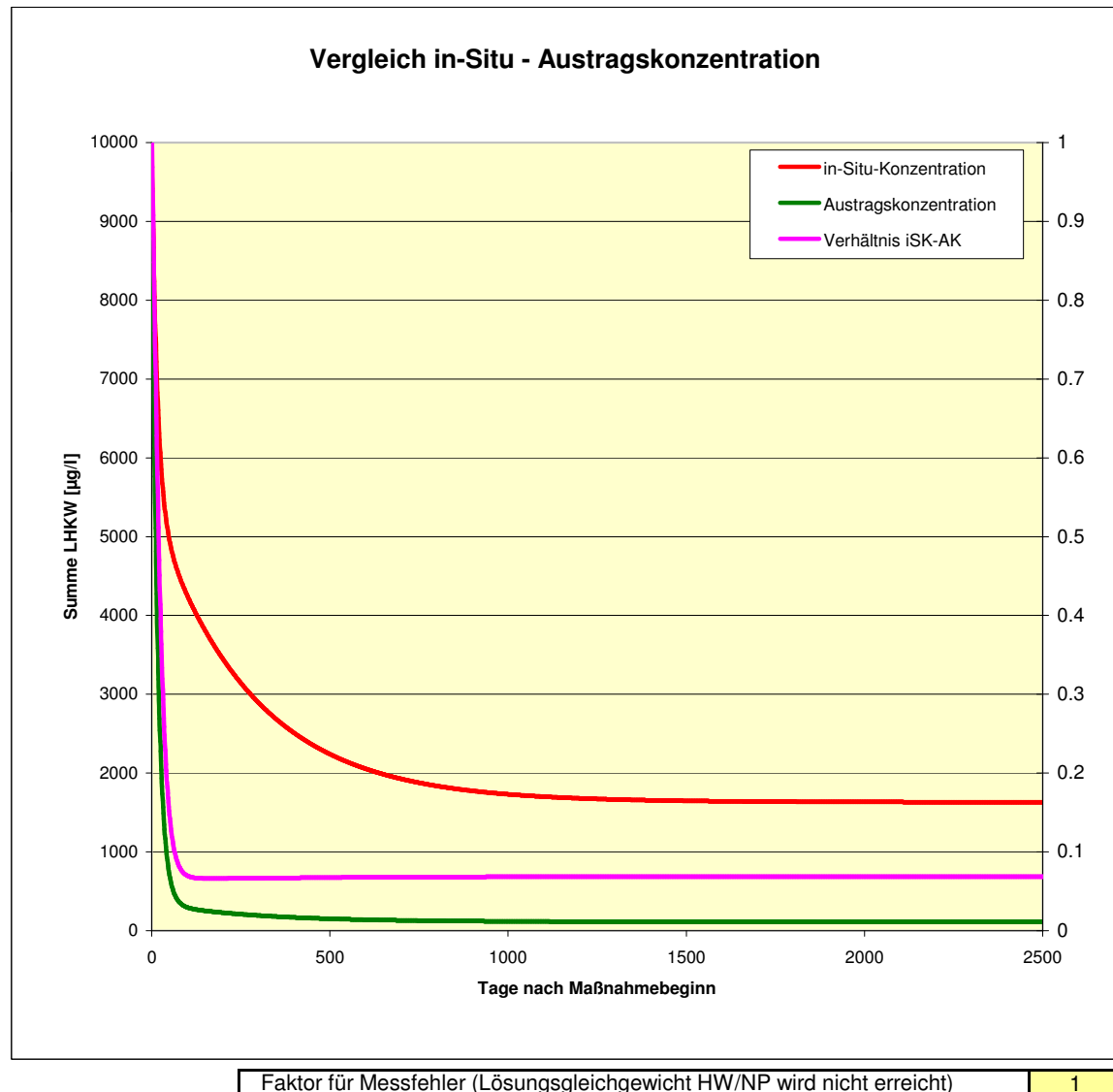
## **Anhang 4**

### **Eingabemaske des Bilanzmodells**

**Bilanzmodell für Sanierungsverläufe hydraulischer Sanierungen bei LHKW-Schäden (Eintragsbereich)**

<b>Grundwasserkörper</b>	Fläche	1000 m²
	Mächtigkeit	10 m
	Porosität	35.00%
	Nutzporenraum	20.00%
	Haftwasserraum	15.00%
<b>ruhendes Grundwasser</b>	kf-Wert	5.0E-04 m/s
	Durchströmung	13.7 m³/d
<b>GW-Neubildung</b>	mittlere GWN	150 mm/a
		0.41 m³/d
	mittleres Gefälle	1 m/1000m
	Austauschrate Ruhe	0.007 AR/d
<b>Kontamination</b>	Boden, ges. Zone	500 mg/kg TS
	GW, mittl. Konz.	10.00 mg/l
	Transfer HW-NP	100
	Transfer B - GW	5
	Eintrag max.	0.013 kg/d
<b>Potenzial</b>	im Boden	8000.0 kg
	im Nutzporenraum	20.0 kg
	im Haftwasserraum	15.0 kg
	im GW gesamt	35.0 kg
<b>Zustrom aus Anstrom</b>	Zustrommenge	73 m³/d
<b>Zustrom aus Abstrom</b>	(abströmend: "-")	46 m³/d
<b>Zustrom aus Neubildung</b>	Sickerwasserkonz.	0.5 mg/l
	Pot. über Siwa	0.000 kg/d
<b>Kontamination im Anstrom</b>	Anstromkonz.	0 mg/l
	Pot. aus Anstr.	0.000 kg/d
<b>Kontamination im Abstrom</b>	Pot. im Abstrom	0.0 kg
	hydr. Wirkungsfl.	1000 m²
	Anfangskonz.	0.000 mg/l
<b>Maßnahme</b>	GW-Förderung	5 m³/h
		120 m³/d
		0.060 AR/d
	Startkonzentration	10.00 mg/l
<b>Tag nach Maßnahmebeginn</b>		
<b>Konzentration im GW [µg/l]</b>		
	365d	730d
	2626	1896
	2000d	1634
<b>kumulierter Austrag [kg]</b>		
	29	40
<b>gef. Wassermenge [m³]</b>		
	43,800	120,000
	240,000	

Volumen	gesamt	10000 m³
	Boden	6500 m³
	Grundwasser	3500 m³
	im Nutzporenraum	2000 m³
	im Haftwasserraum	1500 m³

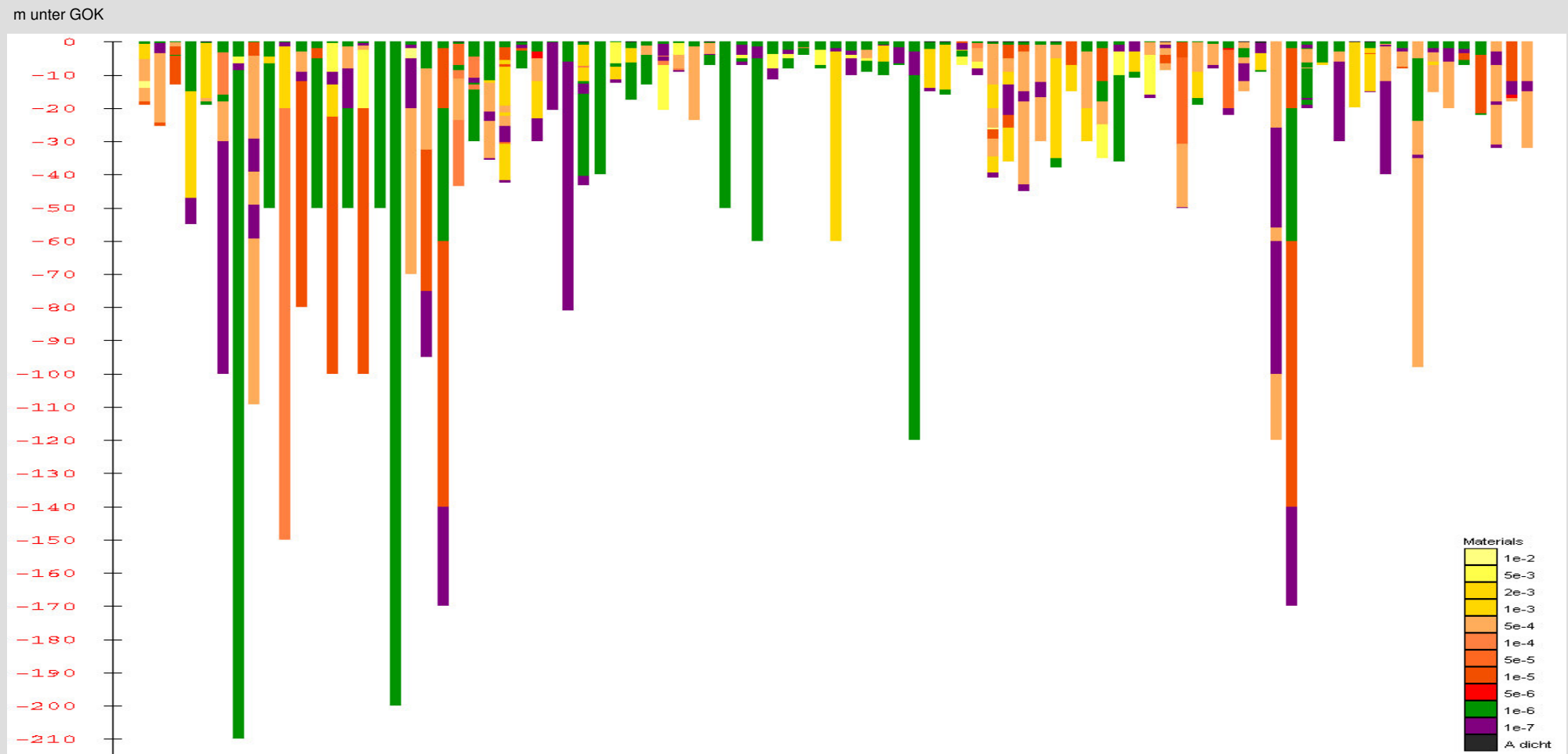


## **Anhang 5**

### **Darstellungen zu den geologischen Normalprofilen der Fälle in GWKON**

# Übersicht Normalprofile der in GWKON enthaltenen Schadensfälle

(Durchlässigkeiten in m/s)

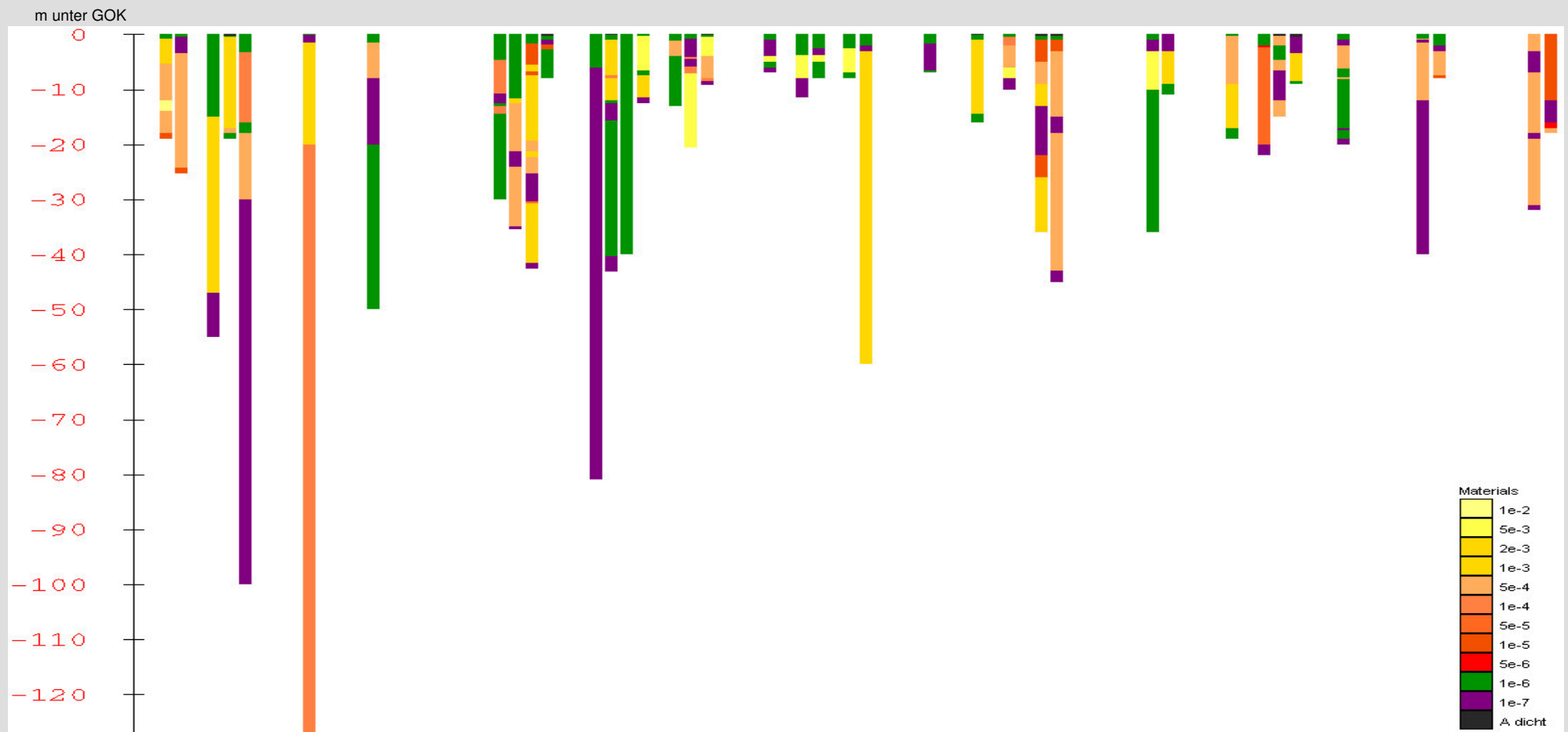




# Übersicht Normalprofile Schadensfälle in GWKON

## - ausgewertete LHKW-Sanierungsfälle

(Durchlässigkeiten in m/s)



## **Anhang 6**

### **Typkurven ausgewählter Schadensfälle**

# Bilanzmodell für Sanierungsverläufe hydraulischer Sanierungen bei LHKW-Schäden (Eintragsbereich)

Fall 50

Grundwasserkörper	Fläche	24000 m²
	Mächtigkeit	10 m
	Porosität	42.00%
	Nutzporenraum	25.00%
	Haftwasserraum	17.00%

ruhendes Grundwasser	kf-Wert	5.0E-04 m/s
	Durchströmung	33.5 m³/d

GW-Neubildung	mittlere GWN	150 mm/a
		9.86 m³/d
	mittleres Gefälle	0.5 m/1000m
Austauschrate Ruhe		0.001 AR/d

Kontamination	Boden, ges. Zone	2.5 mg/kg TS
	GW, mittl. Konz.	5.50 mg/l

Transfer HW-NP	6000
Transfer B - GW	900
Eintrag max.	0.215 kg/d

Potenzial	im Boden	960.0 kg
	im Nutzporenraum	330.0 kg
	im Haftwasserraum	224.4 kg
	im GW gesamt	554.4 kg

Zustrom aus Anstrom	Zustrommenge	173 m³/d
---------------------	--------------	----------

Zustrom aus Abstrom	(abströmend: "-")	106 m³/d
---------------------	-------------------	----------

Zustrom aus Neubildung	Sickerwasserkonz.	0.0 mg/l
	Pot. über Siwa	0.000 kg/d

Kontamination im Anstrom	Anstromkonz.	0 mg/l
	Pot. aus Anstr.	0.000 kg/d

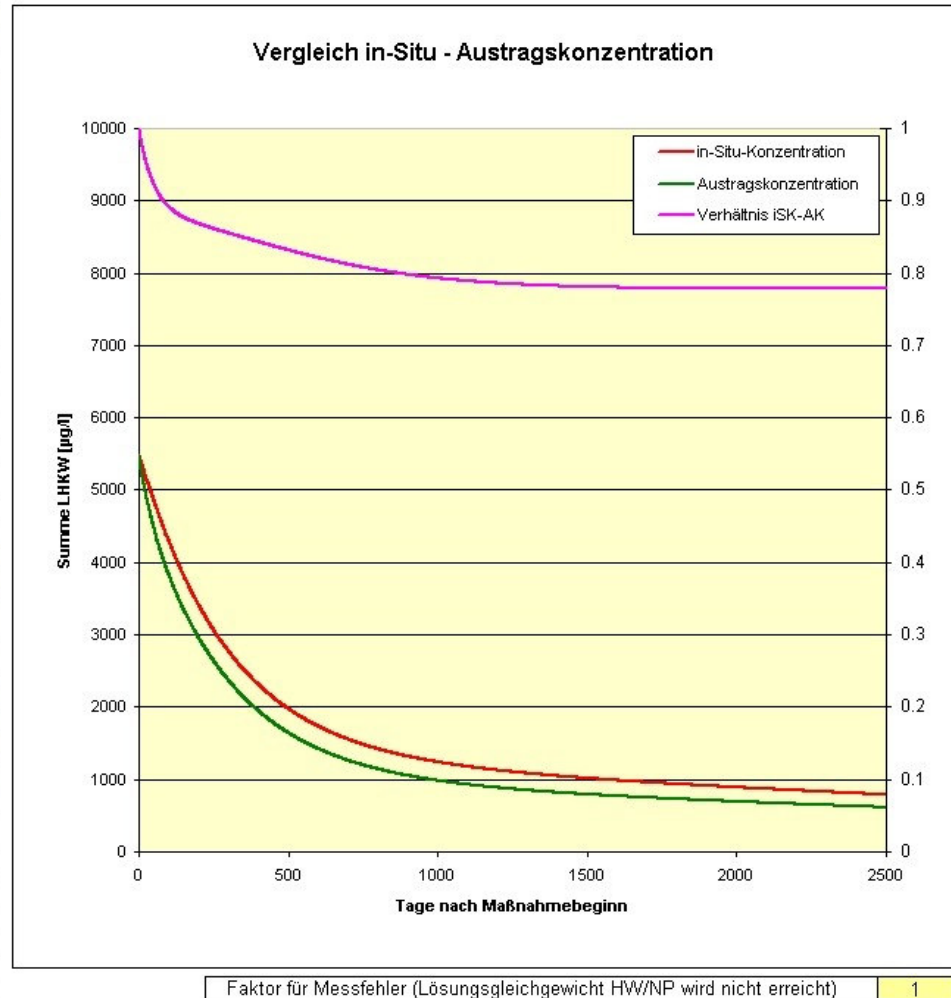
Kontamination im Abstrom	Pot. im Abstrom	0.0 kg
	hydr. Wirkungsf.	1 m²
	Anfangskonz.	0.000 mg/l

Maßnahme	GW-Förderung	12 m³/h
		288 m³/d
		0.005 AR/d
	Startkonzentration	5.50 mg/l

Tag nach Maßnahmebeginn	365d	730d	2000d
Konzentration im GW [µg/l]	2456	1509	889

kumulierter Austrag [kg]	346	596	828
gef. Wassermenge [m³]	105,120	288,000	576,000

Volumen	gesamt	240000 m³
	Boden	139200 m³
	Grundwasser	100800 m³
	im Nutzporenraum	60000 m³
	im Haftwasserraum	40800 m³



# Bilanzmodell für Sanierungsverläufe hydraulischer Sanierungen bei LHKW-Schäden (Eintragsbereich)

Fall 45

Grundwasserkörper	Fläche	5600 m²
	Mächtigkeit	4 m
	Porosität	36.00%
	Nutzporenraum	26.00%
	Haftwasserraum	10.00%

ruhendes Grundwasser	kf-Wert	1.0E-03 m/s
	Durchströmung	75.0 m³/d

GW-Neubildung	mittlere GWN	150 mm/a
		2.30 m³/d
	mittleres Gefälle	2.9 m/1000m
	Austauschrate Ruhe	0.013 AR/d

Kontamination	Boden, ges. Zone	0.3 mg/kg TS
	GW, mittl. Konz.	10.00 mg/l

Transfer HW-NP	10000
Transfer B - GW	10000
Eintrag max.	0.019 kg/d

Potenzial	im Boden	10.8 kg
	im Nutzporenraum	58.2 kg
	im Haftwasserraum	22.4 kg
	im GW gesamt	80.6 kg

Zustrom aus Anstrom	Zustrommenge	95 m³/d
---------------------	--------------	---------

Zustrom aus Abstrom	(abströmend: "-")	-55 m³/d
---------------------	-------------------	----------

Zustrom aus Neubildung	Sickerwasserkonz.	0.0 mg/l
	Pot. über Siwa	0.000 kg/d

Kontamination im Anstrom	Anstromkonz.	0 mg/l
	Pot. aus Anstr.	0.000 kg/d

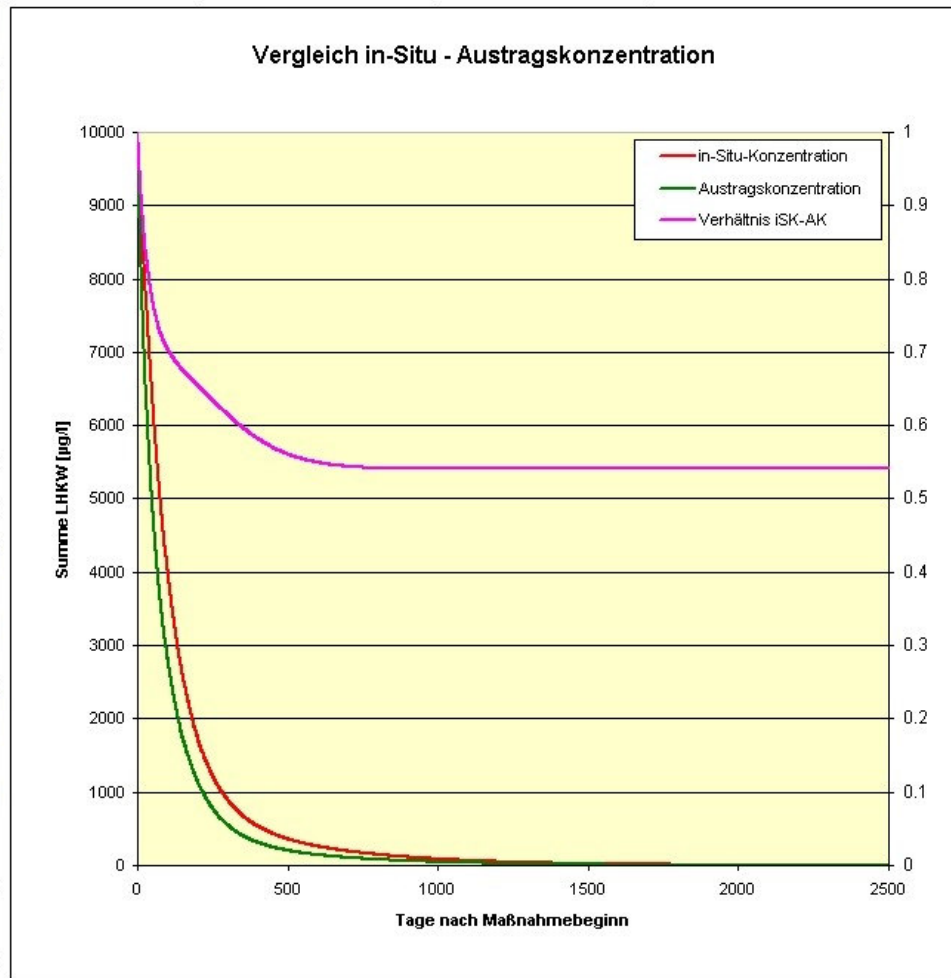
Kontamination im Abstrom	Pot. im Abstrom	12.0 kg
	hydr. Wirkungsfl.	1000 m²
	Anfangskonz.	8.333 mg/l

Maßnahme	GW-Förderung	1.8 m³/h
		43.2 m³/d
		0.007 AR/d
	Startkonzentration	10.00 mg/l

Tag nach Maßnahmebeginn	365d	730d	2000d
Konzentration im GW [µg/l]	629	177	5

kumulierter Austrag [kg]	36	40	41
gef. Wassermenge [m³]	15,768	43,200	86,400

Volumen	gesamt	22400 m³
	Boden	14336 m³
	Grundwasser	8064 m³
	im Nutzporenraum	5824 m³
	im Haftwasserraum	2240 m³



Faktor für Messfehler (Lösungsgleichgewicht HW/NP wird nicht erreicht)	1
--	---

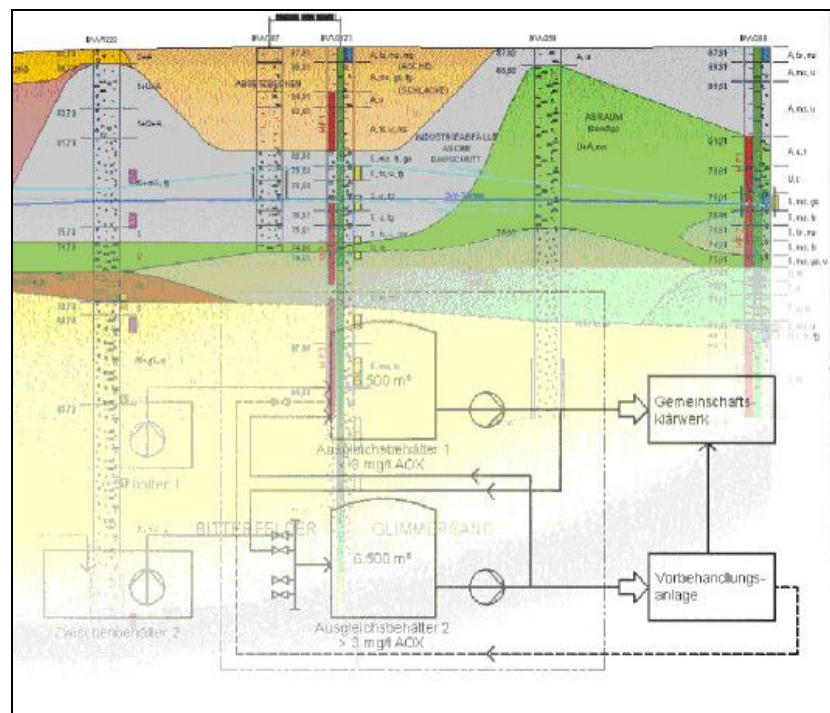
## **Anhang 7**

### **Handbuch des Programms „GWKON 1.4“**

## Datenbanksystem Grundwasserkontaminationen

# GWKON 1.4

# Benutzerhandbuch



# Inhalt

<b>Inhalt .....</b>	<b>2</b>
<b>Einführung .....</b>	<b>4</b>
Installation .....	4
Programminhalt .....	5
Datenspeicherung .....	5
Programmsteuerung.....	6
Druckfunktionen.....	10
Einzelberichte .....	10
Gesamtbericht .....	13
Drucken von Auswertungsgrafiken.....	14
Auswertungstool .....	15
Darstellungsarten .....	15
Benutzerdefinitionsdialog .....	17
Export Dialog .....	20
Zoomen .....	21
<b>Schadensfälle anlegen, exportieren, importieren und löschen ....</b>	<b>23</b>
Anlage eines neuen Schadensfalles .....	23
Export eines Schadensfalles .....	24
Löschen eines Schadensfalles .....	25
Import von Schadensfällen .....	25
<b>Allgemeine Hinweise zur Bearbeitung der Sachkategorien .....</b>	<b>29</b>
Abkürzungen .....	29
Bearbeitungsablauf.....	29
Auswahltabellen .....	30
Datensatzauswahl .....	30
<b>Beschreibung Dateninhalte.....</b>	<b>32</b>
Allgemeine Angaben .....	32
Eckdaten.....	32
Quellenlage .....	33
Maßnahmen: Allgemeine Angaben .....	33
Maßnahmen GW: Kostenträger .....	33
Allgemeine Standortdaten .....	33
Schadensort .....	34
Randbedingungen .....	34
Eigentümer .....	34
Flächennutzung .....	35
Wasserwirtschaftliche Nutzung .....	35

Geologie / Hydrogeologie .....	35
Allgemeine Angaben .....	35
Geologisches Regelprofil .....	36
Grundwasserleiter .....	36
Allgemeiner GW-Chemismus .....	37
Allgemeiner Grundwasser-Chemismus .....	37
Schadensbild .....	37
Allgemeine Hinweise .....	37
Reihenfolge der Eingabe .....	38
Kartierungsgrenze .....	38
Boden .....	38
Bodenluft .....	39
Grundwasser .....	39
Schutzgutsituation .....	40
relevante Transferpfade .....	40
Frachtbetrachtung .....	40
Schutzgutsituation .....	40
Sanierungsziele .....	40
Maßnahmen Boden/Bodenluft .....	41
Sanierungsverfahren .....	41
Sicherungsverfahren .....	42
Sanierungserfolg .....	42
Entnommene Schadstoffmenge [BL] .....	42
Massen & Abfallbilanz [B] .....	42
Entnommene / restliche Schadstoffmenge [B] .....	42
Massnahmen Grundwasser .....	43
Angewandte Verfahren .....	43
Entnahme .....	44
Reinigung (on-site) .....	44
Reinigung (in-Situ) .....	45
Sanierungserfolg .....	45
Monitoring .....	46
Überwachung (analytisch) .....	46
Überwachung (technisch) .....	46
Grundwasserverbringung .....	47
Abfallanfall .....	47
Konzentrationsverläufe .....	47
<b>Auswertungen .....</b>	<b>48</b>
Allgemeine Bemerkungen zu den Auswertungsfunktionen .....	48
Fehlerprotokoll .....	48
Auswertungsroutinen .....	49
Auswertung Einzelfälle .....	49
Kennwerte .....	49
Konzentrationsverläufe .....	51
Entnommene Schadstoffmenge .....	52
GW-Chemismus .....	53
Gesamtaustrag .....	54
Vergleich verfügbares Gesamtpotential / entnommenes Gesamtpotential .....	54
Auswertung Datenbank .....	55
...nach 1. Leitschadstoff .....	56
...nach Sanierungsverfahren .....	56
...nach Sanierungsdauer .....	57



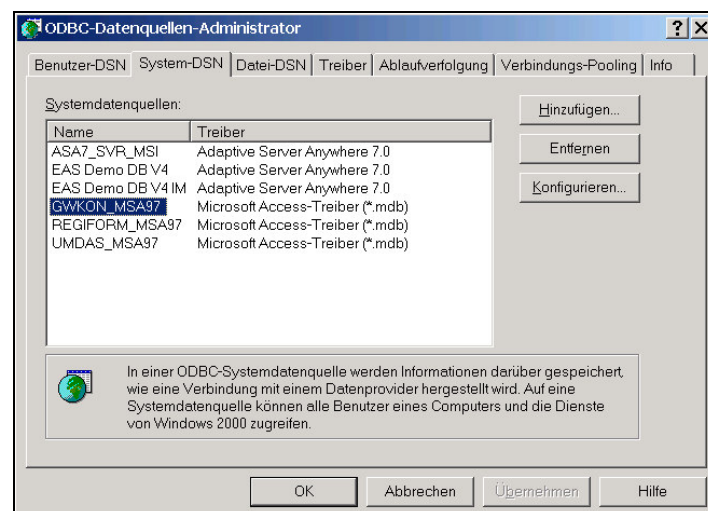
# Einführung

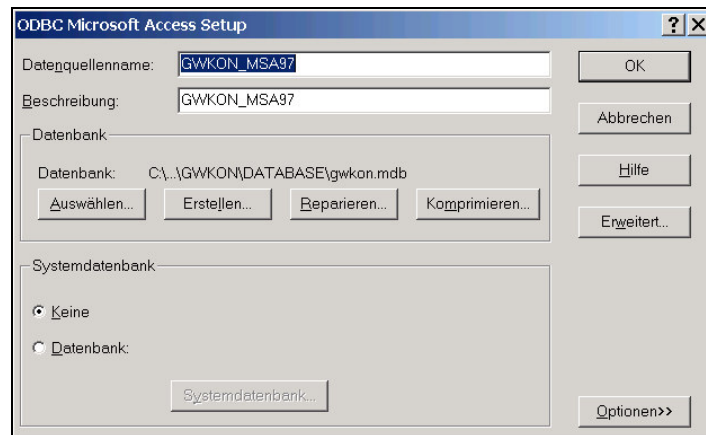
## Installation

### Das Setup - Programm

- legt ein Verzeichnis c:\programme\gicon\gwkon an und kopiert alle erforderlichen Programmdateien in dieses Verzeichnis
- legt einen Eintrag GWKON in der Registry an
- legt eine ODBC-Datenquelle an
- legt das Icon zum Programmstart an

ODBC-Einstellungen zum Zugriff auf die Datenbank (diese Einstellungen werden durch das Setupprogramm automatisch vorgenommen):





---

## Programminhalt

**GWKON** ist ein Datenbanksystem zur Erfassung von Grundwasserkontaminationen im Dreiphasensystem Boden-Wasser-Luft.

Es können Grundwasserkontaminationen mit den schadensfallspezifischen Randbedingungen in ihrer zeitlichen und räumlichen Entwicklung differenziert erfasst werden. Dies geht bis zur Aufnahme der Schutzgutsituation und der für den Schadstofftransport relevanten Transferpfade. Im Falle von beabsichtigten, laufenden oder abgeschlossenen Sanierungsmaßnahmen sind sowohl technische, chemische, wirtschaftliche und rechtliche Aspekte der Maßnahmendurchführung, der Überwachung und der Nachsorge auswertungsgerecht zu dokumentieren. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Grundwasser, jedoch werden die Wechselwirkungen zu den Medien Boden und Bodenluft erfasst und berücksichtigt. Die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen wird vor dem Kontext verschiedener Maßnahmen mit unterschiedlichen Betriebsprogrammen einer DV-gestützten Bewertung zugänglich, deren Ergebnis die Entwicklung bundeseinheitlicher Kriterien für die Behandlung von Grundwassersanierungen sein soll. Dementsprechend bildet ein zwischen den Bundesländern, dem Umweltbundesamt und dem Forschungsnehmer abgestimmtes Rechercheraster die Grundlage des Datenbanksystems.

---

## Datenspeicherung

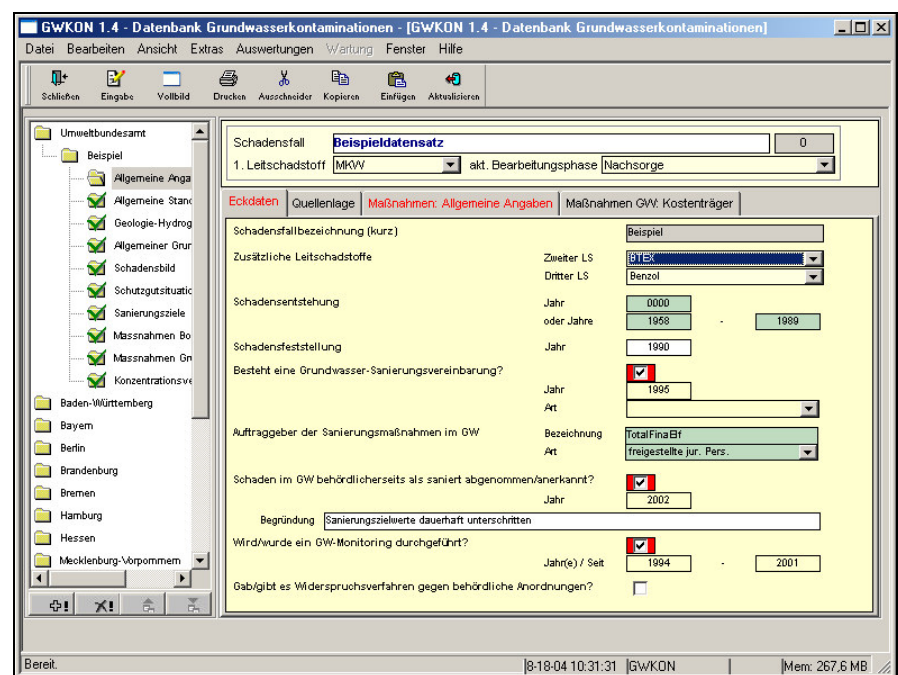
**GWKON** speichert die erfaßten Daten in der Datei **gwkon.mdb** im Format Microsoft Access 97. Die Datei enthält ausschließlich die Tabellen für die Auswahllisten sowie die eingegebenen Schadensfälle. Eingabeformulare, Abfragen etc. wurden nicht mit MS Access erstellt und sind dementsprechend in anderen GWKON-Dateien abgelegt.

Für den Import bzw. Export (jeweils für alle Daten eines Schadensfalles) verfügt **GWKON** über entsprechende Programmfunktionen.

## Programmsteuerung

Die **Steuerung** der Eingaben erfolgt über eine Windows-Explorer ähnliche Baumstruktur, wobei die erste Ebene das zuständige Bundesland, die zweite Ebene die Schadensfälle und die dritte Ebene die Sachkategorien des jeweils ausgewählten Schadensfalles enthält.

Die Sachkategorien sind durch eine Grafik jeweils mit einem Bearbeitungsstand gekennzeichnet. Die Änderung des Bearbeitungsstandes erfolgt über einen Klick mit der rechten Mausextaste auf den Ordner der Sachkategorie und die Auswahl eines der Menüpunkte "unbearbeitet / in Arbeit / erledigt".



Abhängig von der aktuell ausgewählten Hierarchiestufe (1 - 3) in der Explorerstruktur stehen unterschiedliche Funktionen zur Verfügung, die über die Schaltflächen unter dem Strukturbaum aktiviert werden können:



Die **Schaltflächen** sind wie folgt belegt:

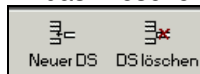
	1	2	3	4
1 (Bundesland)	neuen Schadensfall anlegen	-	-	Schadensfall importieren

<b>2 (Schadensfall)</b>	-	Schadensfall löschen	Schadensfall exportieren	-
<b>3 Sachkategorie</b>	-	-	-	-

Die **Eingabeobjekte** sind ihrer Funktion sowie ihrer Änderbarkeit nach farblich gekennzeichnet.

Funktion	Gestaltung
Solleingabefelder	weißer Hintergrund
Auswahllisten	hellgelber Hintergrund (mit Pfeil auf der rechten Seite)
optionale Angaben	grüner Hintergrund
Kontrollkästchen (Checkboxes), der Schaltung das Ein-/Ausblenden von Eingabefeldern bewirkt	rot umrandet
deaktivierte Eingabefelder	grauer Hintergrund

Das Anlegen neuer bzw. das Löschen vorhandener Datensätze



erfolgt über die Buttons unterhalb der GWKON - Menueleiste. Diese Buttons stehen nur zur Verfügung, wenn für den ausgewählten Eingabebereich (gelb hinterlegt mit schwarzem Rahmen) Datensätze angelegt werden dürfen.

Beispiel 1: Nach Klick auf die Liste der Betriebsprogramme (grau hinterlegt) kann kein neuer Datensatz angelegt werden, da diese hier nur als Auswahlliste bereitgestellt wird.

**GWKON 1.4 - Datenbank Grundwasserkontaminationen**

Beispieldatensatz

Schadensfall: 1. Leitschadstoff: MKW, alt: Bearbeitungsphase: Nachsorge

Angewandte Verfahren: Entnahme, Reinigung (on-site), Reinigung (in-Situ), Sanierungserfolg, Monitoring

Überwachung (analyt.): Überwachung (techn.): GW-Verbringung: Abfallanfall

**Betriebsprogramme**

1	Sanierungsverfahrenart	Betriebsprogramm Kurzbez.	Betriebszeit Von	...	Bis
1	Brunnen mit Unterwassermotorpumpe	Probetrieb	02/1996		04/1996
	Brunnen mit Unterwassermotorpumpe	Regelbetrieb	05/1996		02/1998
	Brunnen mit Unterwassermotorpumpe	Probetrieb	08/1997		09/1997
	Brunnen mit Unterwassermotorpumpe	Regelbetrieb	10/1997		11/2001
	Brunnen mit Örtlicherpumpe	Phasentrennahme	02/1996		09/1996
	Brunnen mit Unterwassermotorpumpe	PB	05/1996		10/1998

2 [1] Überwach. Von: 02/1996, ... Bis: 04/1996

3 [2] Techn. Überwachung Par.: Durchfluss

4 [2] Überwachungsort(e): Abgang Entnahmeorgan

Beispiel 2: Nach Klick auf den Eingabebereich für Überwachungszeiträume (die Kennzeichnung **2 [1]** bedeutet, das

Einträge in diese Tabelle (Eingabebereich 2) jeweils einem Betriebsprogramm im Eingabebereich **1** zugeordnet werden)

Die Eingabebereiche **3 [2]** und **4 [2]** sind gesperrt, weil zunächst ein gültiger Überwachungszeitraum eingegeben werden muß. Zur Freischaltung dieser gesperrten Bereiche ist nach Eingabe des letzten Wertes im übergeordneten Bereich **2 [1]** auf ein beliebiges anderes Eingabefeld des gleichen oder eines anderen freigeschalteten Bereiches zu klicken.

### Tabellenhandhabung

Teilweise erfolgt die Eingabe in Tabellen, die wegen ihrer Breite nicht vollständig angezeigt werden können. In diesem Fall wird automatisch ein horizontaler Schieberegler für den zugehörigen Eingabebereich angezeigt (s.u., Eingabebereich **1**)

Zur Unterstützung der Eingabe kann dieser Schieberegler außerdem noch unterteilt werden (s.u., Eingabebereich **2 [1]**). Die Trennstelle befindet sich im Normalfall ganz links und kann mit der Maus „angefaßt“ und verschoben werden.

Unabhängig davon vergrößern sich die Eingabebereich proportional zur Bildschirmgröße, d.h. bei größerer Bildschirmauflösung steht Ihnen automatisch mehr Platz für die Anzeige der Eingabemasken zur Verfügung.



Die Schaltfläche **Vollbild** blendet die Strukturansicht sowie das Teilfenster mit Basisinformationen zum Antrag aus bzw. ein, sodass bei Bedarf die Eingabefläche weiter vergrößert werden kann.

**GWKON 1.4 - Datenbank Grundwasserkontaminationen - [GWKON 1.4 - Datenbank Grundwasserkontaminationen]**

Menü: Datei Bearbeiten Ansicht Extras Auswertungen Wartung Fenster Hilfe

Toolbar: Schließen Eingabe Vollbild Drucken Ausschneiden Kopieren Einfügen Suchen Neuer DS DS löschen Aktualisieren 1. Seite Vorher. S. Nächste S. Letzte Seite

Tab: Allgemeine Angaben **Geologisches Regelprofil** Grundwasserleiter

Abfolge	GWL	GWL-Typ	Mächtigkeit von	... bis [m unter GOK]	Durchlässigkeit	Austauschmenge [m³/m²]	Besonderheiten
1	Poren		3,8	7,8	1,0e-5 - 1,0e-4	1	inhomogene Durchlässigkeiten, Schlufflinsen
2	Poren		8,9	18	1,0e-4 - 1,0e-3	2	mit der Tiefe sinkende Durchlässigkeit

**Fließregime im GWL**

Vorw. Fließrichtung	Stabil?	Gefälle [Promille]	Homogen?	Abstandsgeschw. [m/d]	Homogen?	Vertik. hydr. Gradient [cm/m]	Erläuterungen
NO	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>	0,4	<input checked="" type="checkbox"/>		

**Entnahmen im GWL**

Richtung	Abstand [m]	Menge [m³/Monat]	Zeit von	... bis	Absenkung im Schadensbereich [m]
W	30	12000	06/1993	08/1993	0,8
W	30	8000	08/1993	09/1993	0,5

Statusbar: Bereit | 18-10-04 10:39:20 | GWKON | Mem: 221,9 MB

## Automatisches Speichern

GWKON ist standardmäßig auf automatisches speichern bei Änderung von Daten, Eingaben o.ä. eingestellt. Dies kann jederzeit unter **Extras | Symbolleistenanpassung** geändert werden.

**Symbolleisten anpassen**

Symbolleisten:

- ☒ Hilfsmittel

Position:

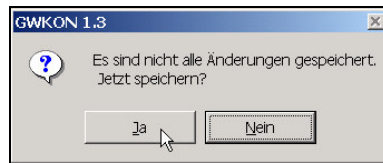
- ☒ Oben
- ☐ Unten
- ☐ Links
- ☐ Rechts
- ☐ Fließend

Anwendungseigenschaften:

- ☒ Automatisch speichern
- ☒ Große Schaltflächen
- ☒ Ton beim Speichern
- ☒ Tooltips zeigen
- ☒ Druckvorschau

Buttons: OK Abbruch Anwenden

Bei einer Deaktivierung der Automatisch-speichern-Funktion wird nach jeder Änderung, Eingabe usw. ein Dialog eingeblendet, ob gespeichert werden soll oder nicht.



---

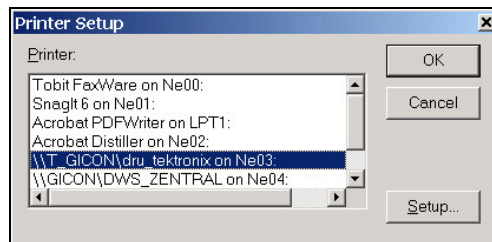
## Druckfunktionen

In GWKON sind verschiedene Möglichkeiten für den Ausdruck von Berichten, Auswertungskurven und Tabelleninhalten integriert.

Im einzelnen sind dies

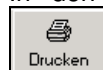
- Einzelberichte
- Gesamtbericht
- Auswertungsgrafiken

Die Voreinstellung welchen Drucker Sie in GWKON benutzen, können Sie im Menü **Datei | Druckereinstellungen** festlegen.



### Einzelberichte

In den Sachkategorien genügt ein Klick auf den Druck-Button



in der Menüleiste um einen einzelnen Bericht der jeweiligen Kategorie zu drucken.

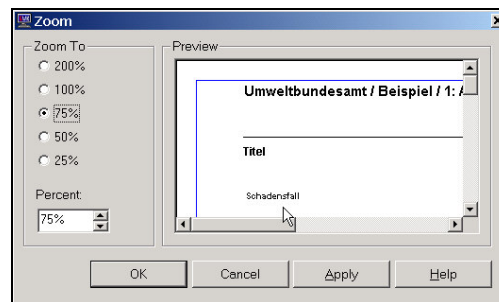


Es wird ein Auswahlfenster geöffnet, in dem Sie den gewünschten Bericht auswählen können.

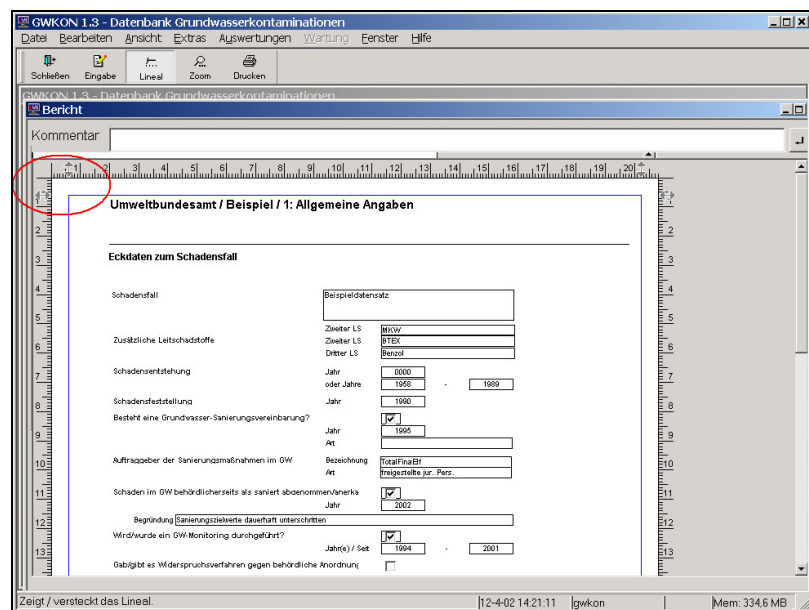
Mit Klick auf „OK“ wird ein Vorschau-Fenster geöffnet.



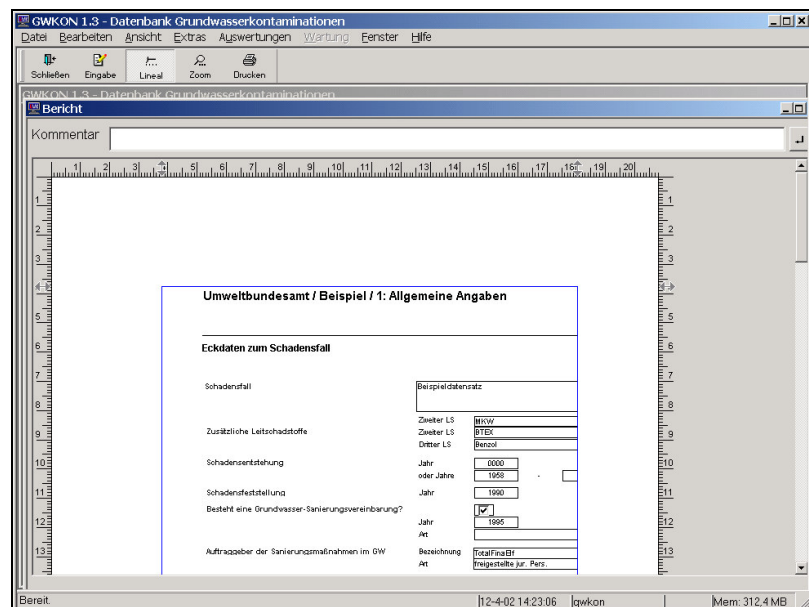
Über die Button  und  können Sie die Darstellungsgröße der Vorschau verändern



oder Lineale einblenden um den Druckrand des Berichtes einzustellen.



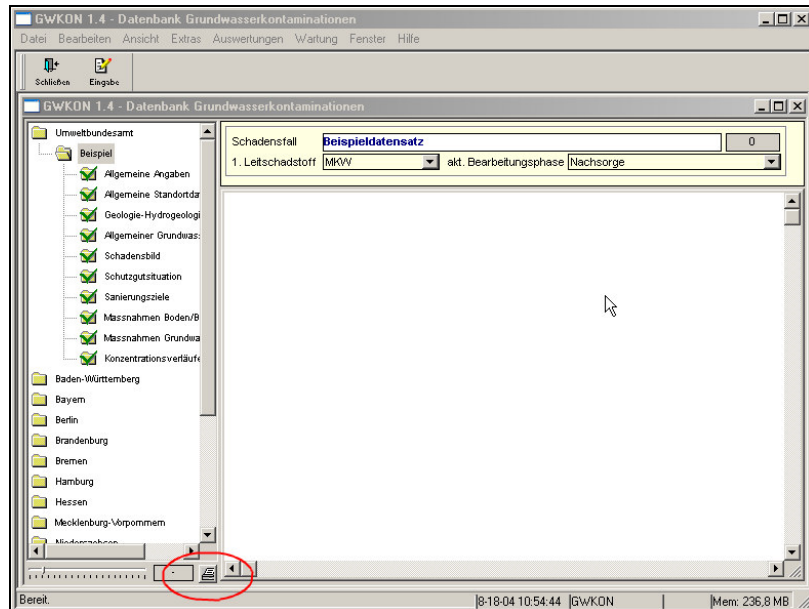
Zur Veränderung des Druckrandes (blauer Rahmen) ziehen Sie die Tabulatoren (rot gekennzeichnet), ähnlich wie in Microsoft Word, an die gewünschte Stelle.



Durch „Klick“ auf den Drucken-Button wird der Druckvorgang gestartet.

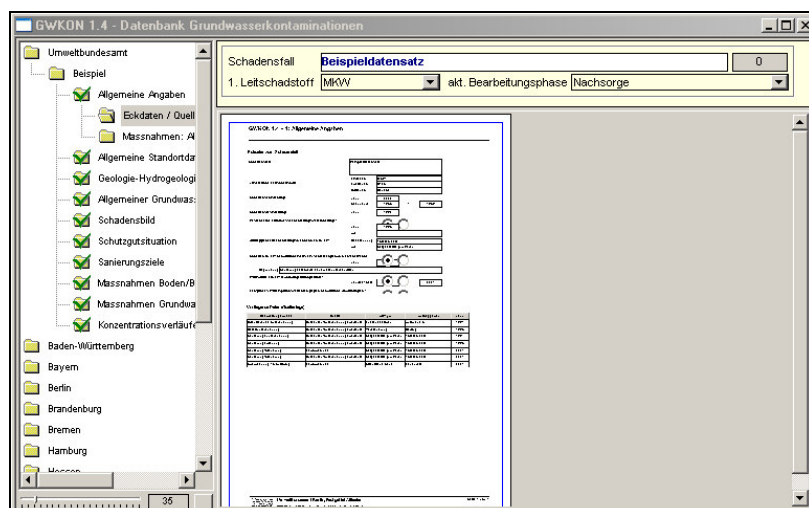
## Gesamtbericht

Für den Ausdruck aller Berichte oder einiger einzelnen Berichte befindet sich unter dem Menü **Extras** | **Drucken** ein eigenes Druckfenster, welches der Dateneingabe ähnelt.



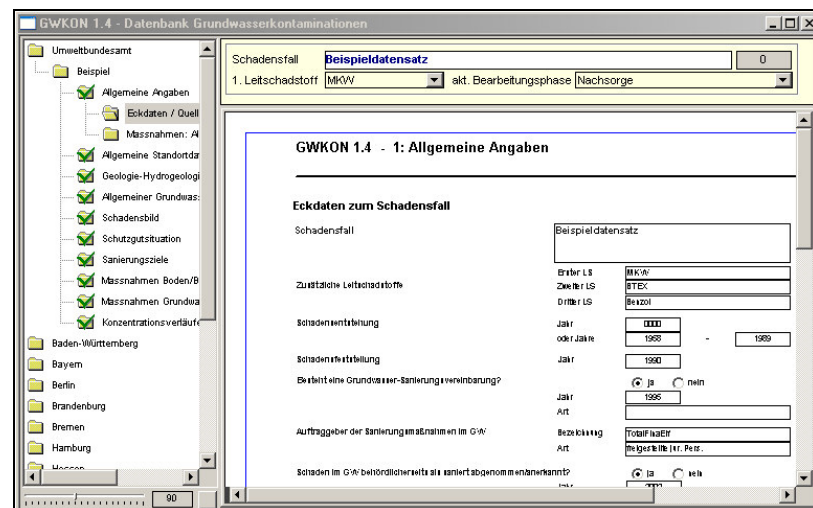
Über die Baumansicht wählen Sie den Fall und die einzelnen Berichte, welche Sie drucken möchten. Bei Selektion eines Falles wird unterhalb der Baumansicht das Drucksymbol (rot gekennzeichnet) freigeschaltet. Bei Klick auf diesen Button werden alle Berichte für diesen Fall auf einmal ausgedruckt.

Bei der Wahl eines einzelnen Berichtes, wird im rechten Vorschauenfenster eine Voransicht des Berichtes angezeigt.

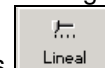




Über die Zoomleiste unterhalb der Baumansicht kann die Vorschau stufenlos vergrößert oder verkleinert werden.



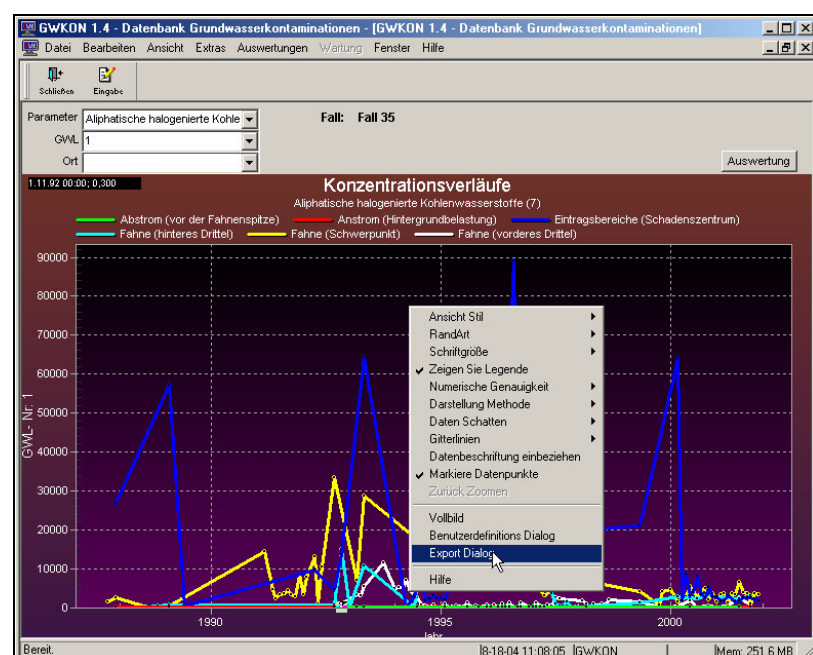
Mit Klick auf den Drucken-Button wird der Druck des Berichtes ausgeführt. Auch hier können Sie sich



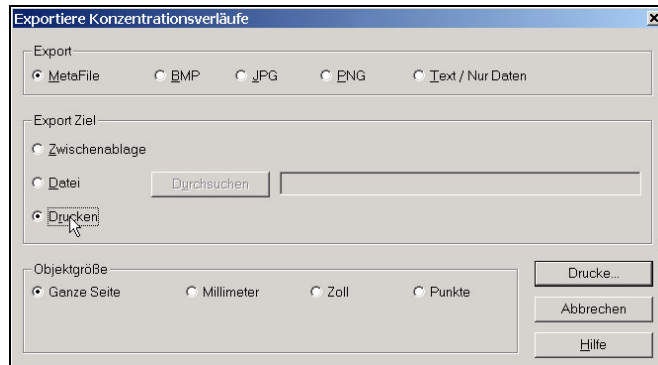
mit Hilfe des Lineal-Buttons den Druckbereich des Berichtes einstellen.

## Drucken von Auswertungsgrafiken

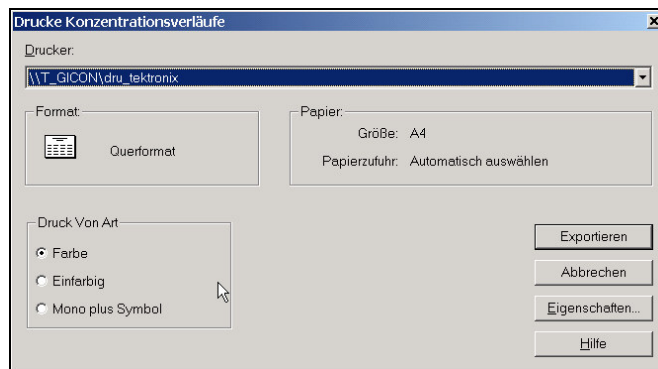
Um einen Ausdruck der Grafiken in den Auswertungen zu erhalten, klicken Sie bitte mit der rechten Mausextaste in die Grafik und wählen Sie in dem erscheinenden PopUp-Menü den Punkt **Export Dialog**.



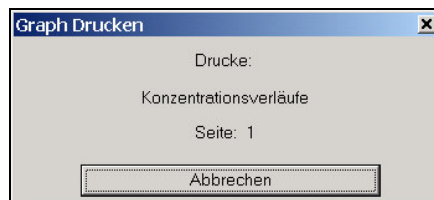
Wählen Sie „Drucken“ als Exportziel und bestätigen Sie dies durch einen Klick auf den Button „Drucke“ im Exportdialog.



Im nächsten Schritt wählen Sie den Drucker und die Druckart (Farbdruck oder S/W-Druck) aus.



Klicken Sie den Button „Exportieren“ an und der Druckvorgang wird ausgeführt.



## Auswertungstool

Zur Visualisierung und Auswertung der in GWKON eingegebenen Daten wird in den Auswertungsfunktionen eine grafische Darstellung verwendet.

Durch einen rechten Mouseklick in das Diagramm erscheint das Popup-Menü, welches weitere Funktionen des Auswertungstools zur Verfügung stellt.

## Darstellungsarten

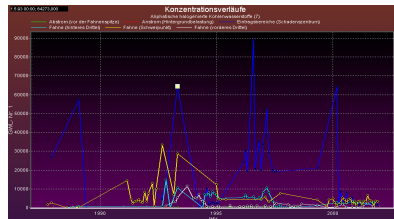
Mit den folgenden Punkten können Sie die Darstellung des Diagrammes verändern. Beachten Sie bitte, dass diese Einstellungen nur für die momentane Auswertung gelten und nicht gespeichert

werden. D.h. die Darstellung ist beim nächsten Aufruf wieder in der Grundeinstellung.

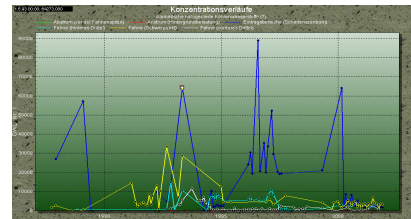
Folgende Möglichkeiten stehen zur Verfügung:

- **Ansicht Stil**

Einstellung von farbiger oder einfarbiger Darstellung und Auswahlmöglichkeit zwischen verschiedenen Standarddarstellungen.



*Dunkle Einfügung (Standard)*



*Mittlerer Schatten*

- **Randart**

Einstellung des Randes um das Koordinatensystemes, in dem das Diagramm dargestellt wird.

- **Schriftgröße**

Größe der Schrift, welche für die Achsenbezeichnungen, Überschrift und Legende benutzt wird.

- **Zeigen Sie Legende**

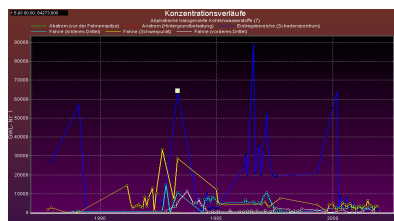
Auswahl ob die Legende, welche die Farben den einzelnen Kurven zuordnet, angezeigt werden soll oder nicht.

- **Numerische Genauigkeit**

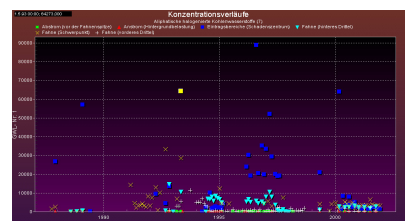
Festlegung mit welcher numerischen Genauigkeit (keine bis 3 Nachkommastellen) die Datenpunkte angezeigt werden.

- **Darstellung Methode**

Darstellungsart des Graphen / Diagramms (Linie,Punkte, Balken...)



*Linie (Standard)*



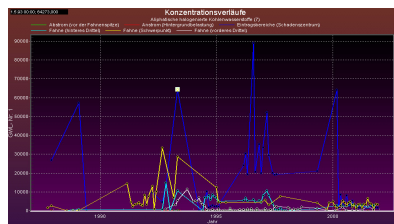
*Punkte*

- **Gitterlinien**

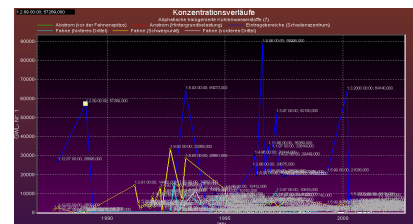
Darstellungsmethode für die Gitterlinien des Diagrammes.

- **Datenbeschriftung einbeziehen**

Anzeige der jeweiligen Werte an den einzelnen Datenpunkten.



ohne Datenbeschriftung (Standard)



mit Datenbeschriftung

- **Markiere Datenpunkte**

Datenpunkte des Graphen werden hervorgehoben. In der Standardeinstellung ist diese Funktion eingeschaltet.

- **Vollbild**

Vergrößert die Grafik auf volle Bildschirmgröße. Wird durch die Taste „ESC“ oder Mouseklick auf den oberen Fensterrand rückgängig gemacht.

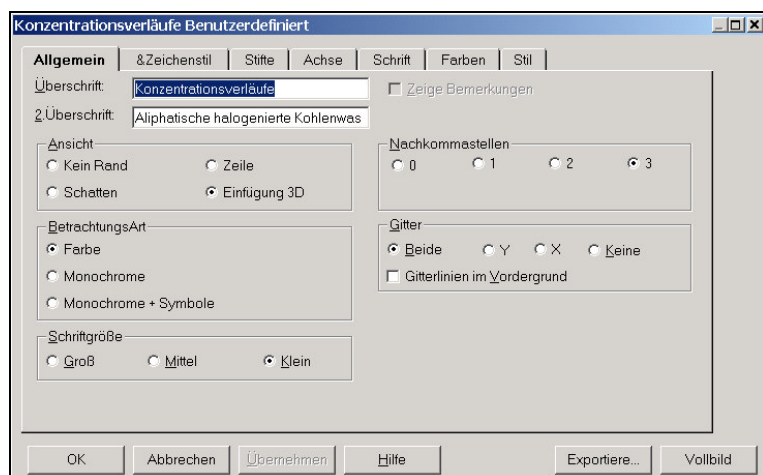
## Benutzerdefinitionsdialog

Über den *Benutzerdefinitions Dialog* können weitere Einstellungen und Veränderungen an der Darstellung des Diagrammes vorgenommen werden.

Die Einstellungsmöglichkeiten sind auf verschiedene „Reiter“ verteilt.

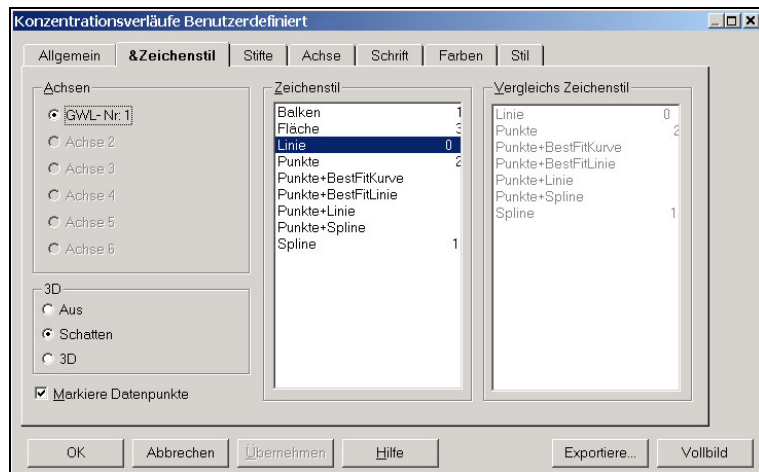
Alle Einstellungen können Sie mit Klick auf den „Übernehmen“-Button sofort auf dem weiterhin im Hintergrund sichtbaren Diagramm sichtbar machen. Durch Klick auf „OK“ werden die Einstellungen übernommen und der Dialog geschlossen.

- **Allgemein**



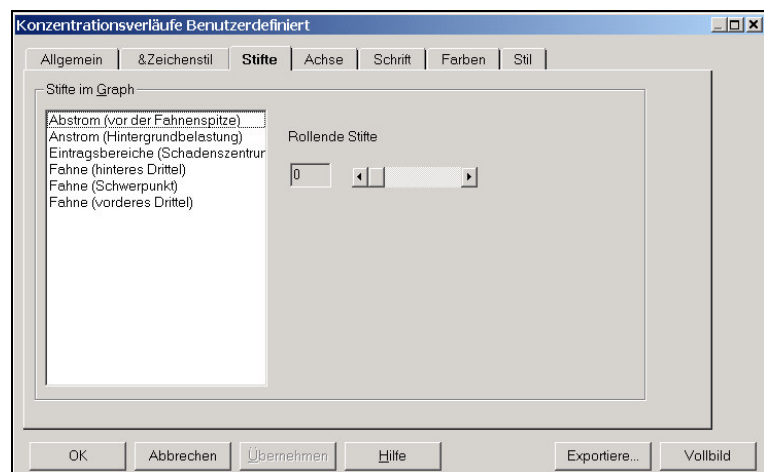
Einstellmöglichkeiten für die Ansicht, Nachkommastellen, Farben, Schriftgröße, Gitterlinien und die Überschriften.

- **Zeichenstil**



Darstellungsänderung der Kurven im Diagramm.

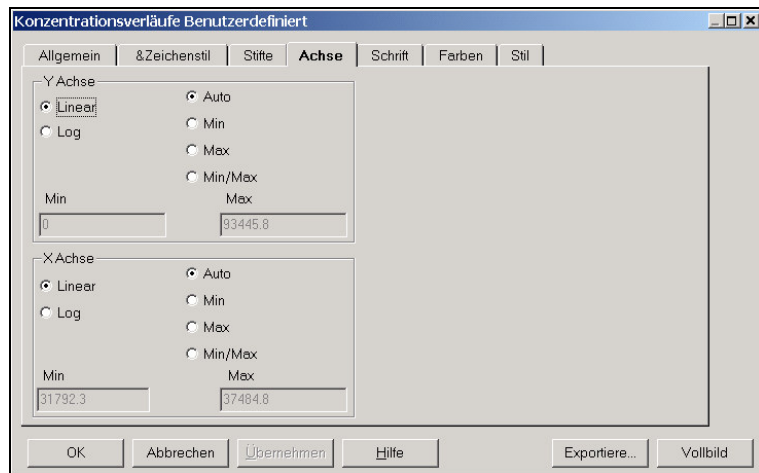
- **Stifte**



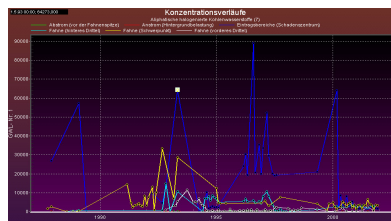
In diesem Reiter kann die Anzahl der angezeigten Kurven eingestellt werden. Dazu wählt man die gewünschte Kurve im linken Auswahlfeld (*Stifte im Graph*) aus. Steht der Schieberegler „Rollende Stifte“ auf 0, wird nur die gewählte Kurve angezeigt. Bei einer Veränderung dieser Anzahl wird die gewählte Kurve und die der eingestellten Anzahl entsprechenden Kurven, von oben ausgehend, angezeigt.

- **Achse**

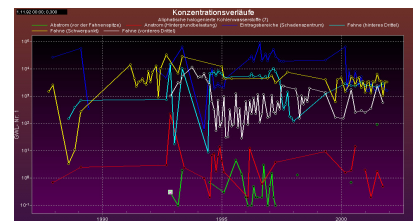




Einstellung der Achsenbereiche. Es kann der angezeigte Bereich eingestellt werden und z.B. zwischen linearer und logarithmischer Darstellung der Kurven gewechselt werden.

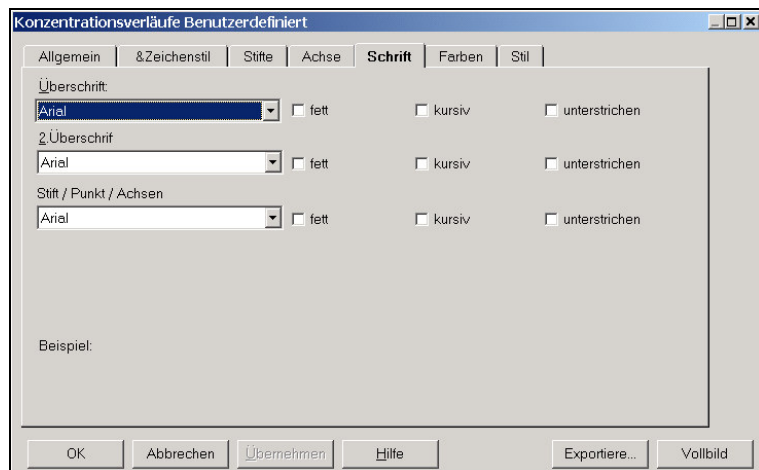


lineare y-Achse (Standard)



logarithmische y-Achse

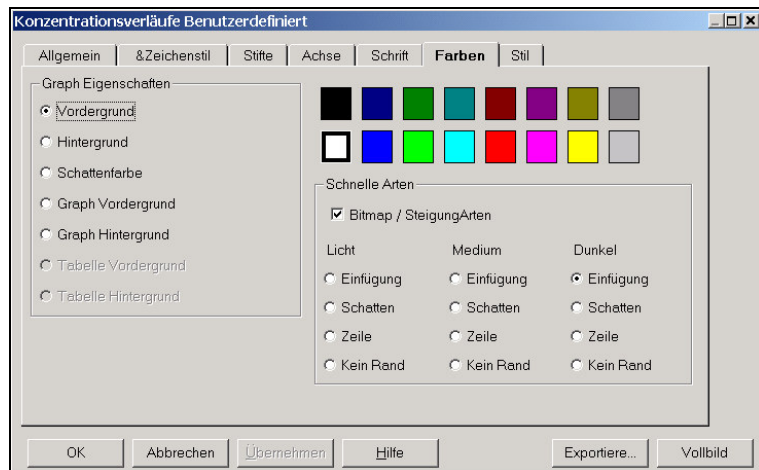
- **Schrift**



Schriftart und -stil für die einzelnen Bezeichnungsgruppen können eingestellt werden.

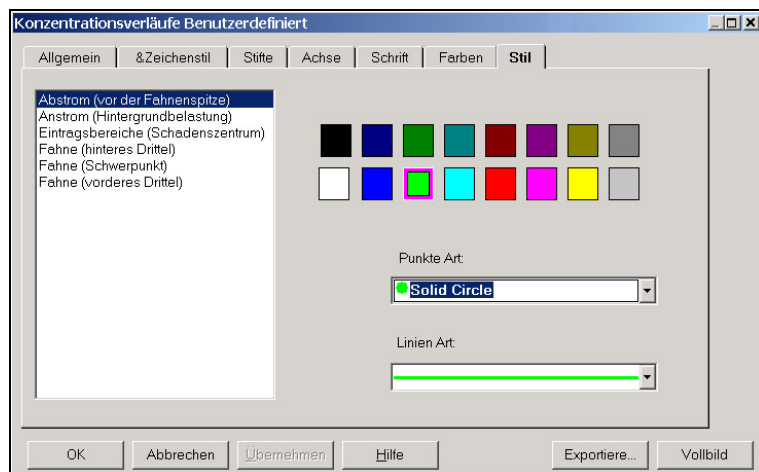
- **Farben**





Einstellung der Farben für das Koordinatensystem.

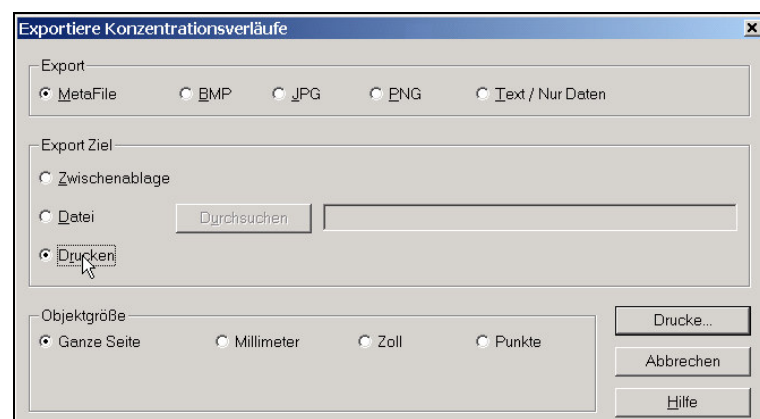
- **Stil**



Einstellung der Farben, Linienart und Punktdarstellung für die einzelnen Kurven.

## Export Dialog

In den *Export Dialog* gelangt man über Rechtsklick und Auswahl Export Dialog oder aus dem Benutzerdefinitions-Dialog durch klick auf den „Exportiere“-Button.

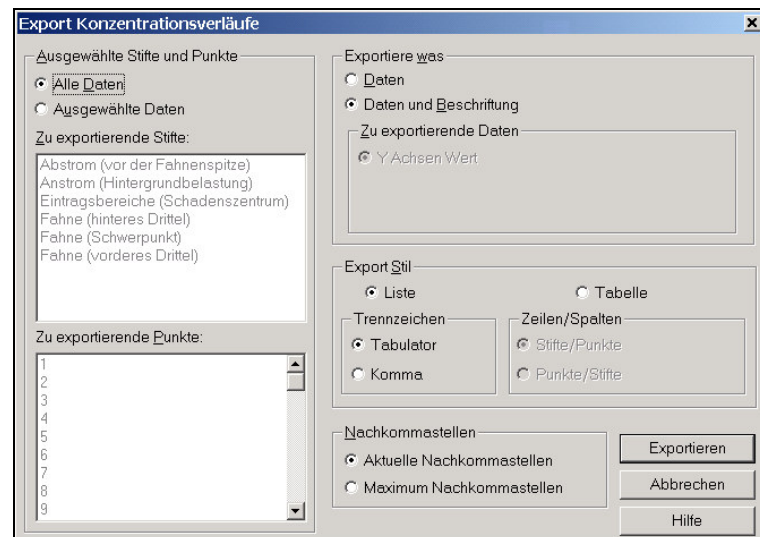


Sie können zwischen 5 verschiedenen Exportformaten wählen:

- MetaFile (\*.wmf)
- BMP (\*.bmp)
- JPG (\*.jpg)
- PNG (\*.png)
- Text / Nur Daten (\*.txt / \*.dat)

Der Export kann in die Zwischenablage, in eine Datei oder zum Drucker (nur MetaFile – siehe *Drucken von Auswertungsgrafiken*) durchgeführt werden.

Den *Text / Nur Daten* – Export benutzen Sie z.B. um die Datenpunkte in MS Excel wieder zu importieren und zu verwenden.

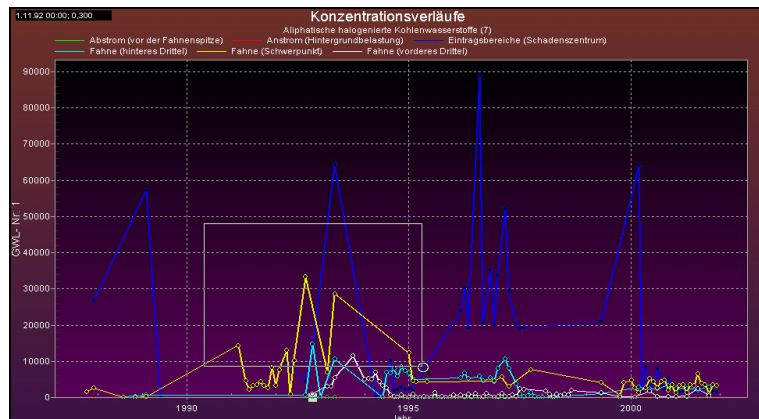


Hierbei können Sie noch festlegen, welche Daten Sie exportieren möchten, wie diese gespeichert werden sollen (Liste oder Tabelle; Trennzeichen usw.) und ihre Genauigkeit festlegen.

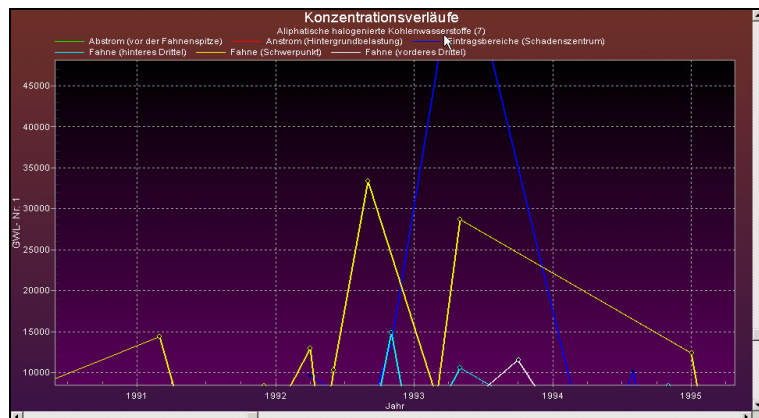
## Zoomen

In den Diagrammen gibt es die Möglichkeit die Darstellung z.B. bei Datum/Zeitangaben bis auf die Sekunde genau zu vergrößern (= zoomen).

Dazu klicken Sie mit der linken Mausekaste in das Diagramm und ziehen bei weiterhin gedrückter Mausekaste einen Rahmen um den Bereich, den Sie vergrößern möchten.

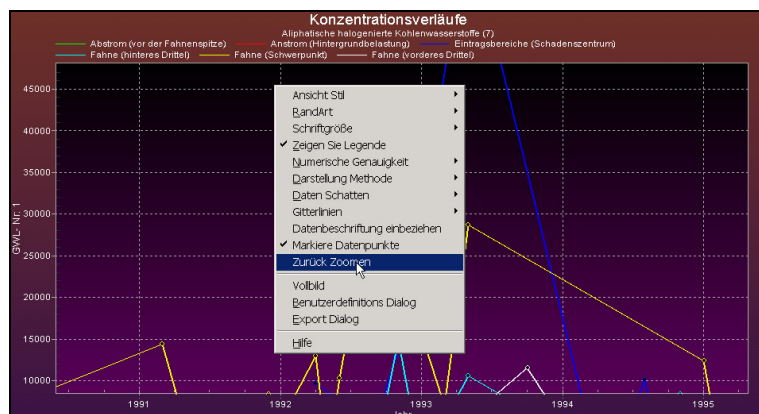


Bei diesem Vorgang wird der Mousezeiger zum Vergrößerglas. Lassen Sie die Moustaste los und der markierte Bereich wird gezoomt.



Die Achseneinteilungen werden automatisch angepasst und Sie können mit den Scrollbalken, an der rechten und unteren Seite, durch das Diagramm scrollen.

Um den Zoom rückgängig zu machen klicken Sie mit der rechten Moustaste in das Diagramm und wählen Sie den Menüpunkt „Zurück Zoomen“ aus.



# Schadensfälle anlegen, exportieren, importieren und löschen

## Anlage eines neuen Schadensfalles

- Auswahl des Bundeslands im Verzeichnisbaum (auf dieser Basis werden automatisch die nächste freie, maximal 5-stellige Schadensfallnummer sowie die für das ausgewählte Bundesland zulässigen Änderungsgrenzen ermittelt. Jedem Bundesland stehen dabei max. 1000 Schadensfallnummern zur Verfügung; Bsp. UBA: Eintragungen unter den Schadensfallnummern 0 - 999)


-  anklicken

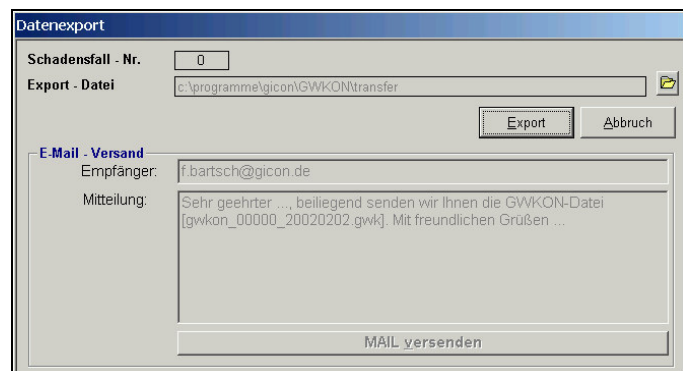



- Schadensfallbezeichnung / Identnummer o.ä. (max.100 Zeichen) eingeben
- 1. Leitschadstoff und aktuelle Bearbeitungsphase auswählen
- Die vom System vorgeschlagene Nummer kann im Bereich der dem Bundesland zugeordneten Indices manuell eingegeben werden (wenn z.B.mehrere Bearbeiter bestimmte Nummern-Kontingente zugeteilt bekamen). Nach Änderung ist diese neue Nummer durch Betätigung der Schaltfläche [Schadensnummer ändern] zu bestätigen.
- Nach Anlegen des Schadensfalles kann mit einem Doppelklick auf die Fall-Nr. im Verzeichnisbaum dort eine beliebige Kurzbezeichnung eingegeben werden.



## Export eines Schadensfalles

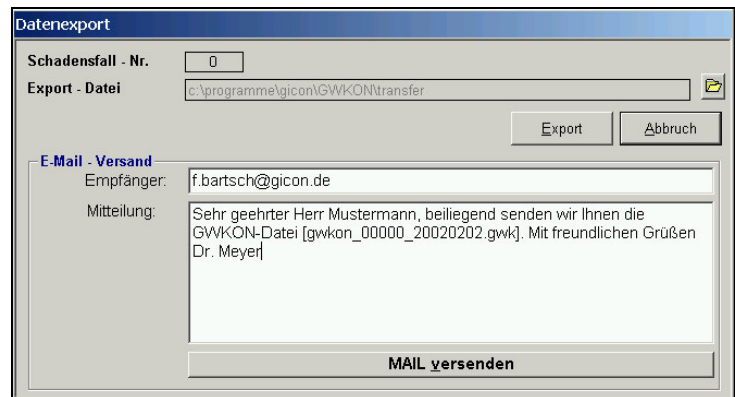
- Auswahl des Bundeslands
- Auswahl des Falles
- Export-Button  klicken



- Verzeichnisauswahl im Auswahlfenster  (Standard: c:\programme\gicon\gwkon\transfer)
- Export auslösen oder Abbruch


Der Schadensfall wird als komprimierte .gwk-Datei im ausgewählten Ordner abgelegt.

Zum schnellen Versand der Schadensfalldaten wurde eine E-Mail Versand-Option in GWKON integriert. Nach erfolgreichem Export werden die erforderlichen Eingabefelder und der Button zum Start des Versandes freigeschaltet. Die Betreffzeile lautet **GWKON - Schadensfall [00000]** (Nummer in Klammern ist die Schadensfallnummer), die Schadensfalldatei wird als E-Mail – Attachment beigefügt.



---


## Löschen eines Schadensfalles

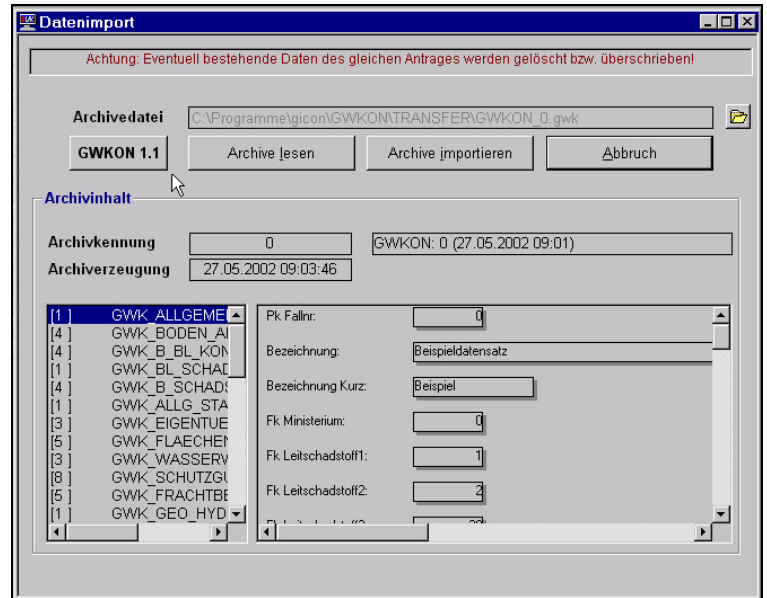
- Auswahl des Bundeslands
- Auswahl des Falles
- Klicken auf den Lösch-Button (  )
- Rückfrage-Box, ob wirklich gelöscht werden soll
- Bestätigung, dass der Fall gelöscht wurde

**TIPP:** Da das Löschen nicht rückgängig gemacht werden kann, sollte man, falls gewünscht, über „Export“ vor dem Löschen eine Sicherheitskopie des Schadensfalles machen. Diese kann dann wieder importiert werden.

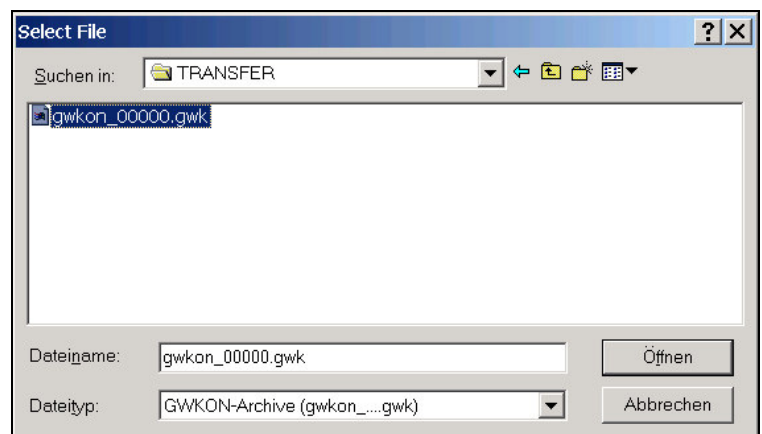
---


## Import von Schadensfällen

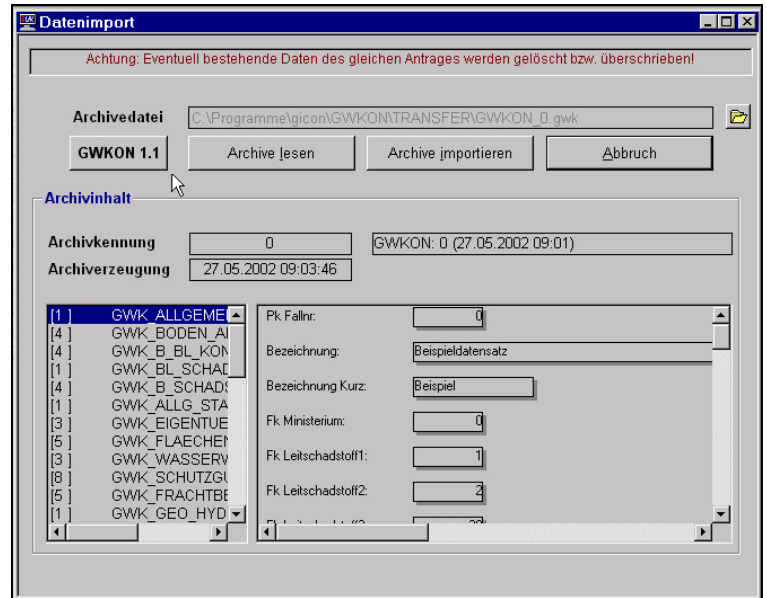
- Auswahl eines (beliebigen) Bundeslands
- Klicken auf den Import-Button (  )



- Auswahl der Import-Datei, Standardformat \*.gwk (komprimierte GWKON-Daten ab GWKON-Version 1.1)



- Durch betätigen der Schaltfläche  werden Archivinformationen eingelesen und der Inhalt kann im Vorschauenster, für jede einzelne Tabelle, betrachtet werden.



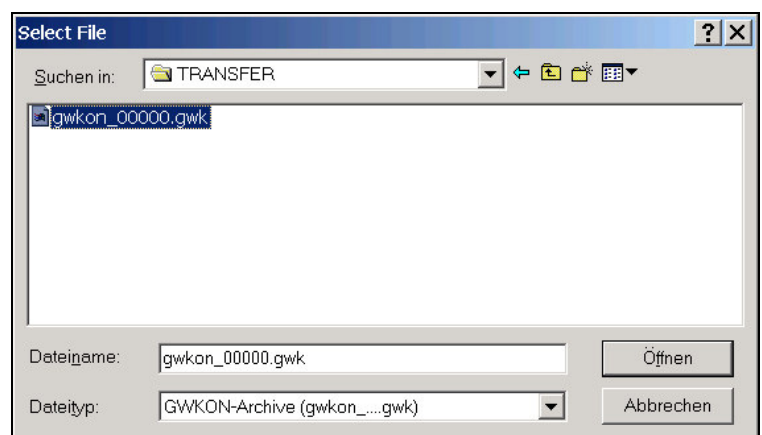
- Über **Archive importieren** wird das Archiv importiert oder es erfolgt eine Meldung, wenn ein Antrag der gleichen Nummer schon existiert.

### Import von Daten der GWKON Versionen 1.0 Beta III und 1.1

Klicken auf den Import-Button für GWKON 1.1 (**GWKON 1.1**)



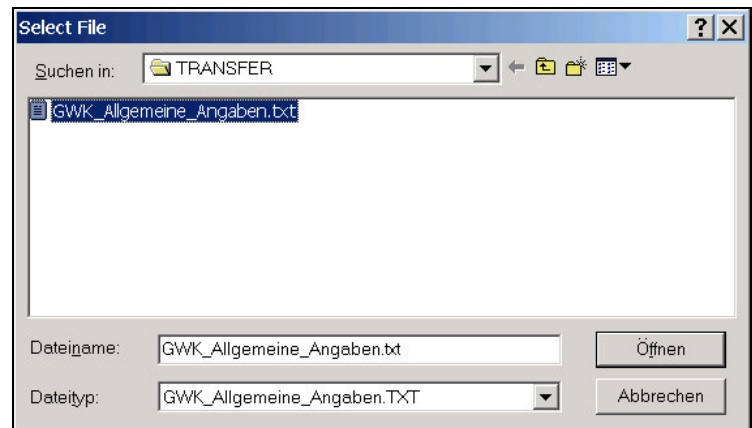
- Auswahl der Import-Datei, Standardformat \*.gwk (komprimierte GWKON-Daten ab GWKON-Version 1.1)





- Bestätigung, dass importiert werden soll oder Abbruch, wenn ein Schadensfall der gleichen Nummer schon existiert ...

**Bei Import von Daten aus GWKON 1.0 Beta III muß Textformat gewählt werden!**



Nach Auswahl der Datei [GWK\_Allgemeine\_Angaben.txt] kann der Fall importiert werden. Die dabei auftretenden Fehlermeldungen sind durch die Änderungen an der Datenbankstruktur bedingt und sind über den OK-Button zu bestätigen. Alle der neuen Datenbank zuordenbaren Datenfelder sind danach mit GWKON 1.1 weiterbearbeitbar.

# Allgemeine Hinweise zur Bearbeitung der Sachkategorien

---

## Abkürzungen

a	Jahr (anno) z.B. mm/a
B	Boden
BL	Bodenluft
ges.	gesättigte (Bodenzone)
GOK	Geländeoberkante
GW	Grundwasser
GWL	Grundwasserleiter
GWM	Grundwassermessstelle
ung.	ungesättigte (Bodenzone)

---

## Bearbeitungsablauf

Es wird empfohlen, die Sachkategorien von oben nach unten durchzuarbeiten.

Innerhalb der Sachkategorien sollten die „Karteikarten“ mit ihren Reitern von links nach rechts durchgearbeitet werden.

Der Bearbeiter sollte sich daher zunächst mit den Dateninhalten und ihrer Abfolge vertraut machen, um danach die Quellen zum Schadensfall durchzuarbeiten.

Teilweise werden „spätere“ Eingabemasken durch Angaben in „früheren“ gesteuert.

Für die Angaben zu Schadstoffmengen, Austragsraten, Sanierungszielen u.s.w. stehen nur die Schadstoffauswahlen zur Verfügung, die in der Kategorie „Schadensbild“ gemacht wurden.

---

## Auswahltabellen

Eine Vielzahl von Datenfeldern wird über Auswahltabellen gefüllt. Diese Tabellen können unter dem Menüpunkt „Extras“/„Eigenschaften“/ eingesehen werden (Gliederung nach allg. Angaben / Untergrund / Chemie / Sanierung). Eine Änderung / Ergänzung in diesen Tabellen kann nur über den Programmlieferanten erfolgen, da diese Änderungen alle Nutzer betreffen und dann als Update/Supplement auch an alle Nutzer verschickt werden müssen. Sonst ist die Datenintegrität nicht gesichert.

### Bedienung der Auswahltabellen

Mit Linksklick auf das Feld klappt die Auswahlliste herunter. Der Eintrag kann mit der Maus direkt, ggf. nach Vorauswahl über den Schieber oder über die Pfeiltasten erfolgen. Über die Tastatur können die ersten Buchstaben des Eintrags getippt werden, die Auswahl springt dann in den Bereich und trifft ggf. schon den gewünschten Eintrag. Buchstabenfolgen müssen schnell getippt werden, da sonst ein Sprung zu Einträgen, den letzten Tastendruck betreffend, durchgeführt wird.

---

## Datensatzauswahl

Sinnvollerweise klickt man zur Datensatzauswahl mit der rechten Maustaste, wenn man dort nichts ändern, sondern nur die davon abhängigen Tabellen auswählen will. Ansonsten Linksklick.

Die Auswahl von Datensätzen (Tabellenzeilen), in denen nur **eine Auswahlliste** zur Verfügung steht (beim Versuch, diese Zeile auszuwählen, klappt diese Liste automatisch auf) kann über Klick mit der **rechten** Mause Taste erfolgen. Damit vermeidet man das Aufklappen der Auswahlliste.

Bsp.: Über einen Klick mit der rechten Maustaste auf den Eintrag [BTEX] der Auswahlliste werden die Detaildaten zu diesem Stoff angezeigt. Über einen Klick mit der linken Maustaste wird die Schadstoffauswahlliste geöffnet.

**GWKON 1.4 - Datenbank Grundwasserkontaminationen - [GWKON 1.4 - Datenbank Grundwasserkontaminationen]**

Datei Bearbeiten Ansicht Extras Auswertungen Wartung Fenster Hilfe

Schließen Eingabe Vollbild Drucken Ausschneiden Kopieren Einfügen Suchen Neuer DS DS löschen Aktualisieren 1. Seite Vorher. S. Nächste S. Letzte Seite

Schadenfall: **Beispieldatensatz** 0

1. Leitschadstoff: **MKW** akt. Bearbeitungsphase: **Nachsorge**

**Boden** **Bodenluft** **Grundwasser**

Schadstoff [B]: **Anzahl: 3**

Mineralölkohlenwasserstoffe

**BTEX**

**Volumen des kontaminierten Bodens**

In den Eintragsbereichen		ausserhalb der Eintragsbereiche	
ungesättigte / gesättigte Bodenzone		ungesättigte / gesättigte Bodenzone	
Volumen [m³]	1250 / 260	420 / 660	
mittlere Konzentration [mg/kg]	70 / 140	60 / 80	
Kartierungsgrenze [mg/kg]	25 / 25	25 / 25	

**Eintragstiefe**

In den Eintragsbereichen		ausserhalb der Eintragsbereiche	
mittlere Eintragstiefe [m]	7	7	
Kartierungsgrenze [mg/kg]	25	25	

**Bestimmungsjahr**

In den Eintragsbereichen		ausserhalb der Eintragsbereiche	
Bestimmungsjahr	1993	1993	

**Eintragsbereiche**

Fläche [m²]	Mittl. Konz. [mg/kg]	Max. Konz. [mg/kg]	Erhebungsjahr
280	120	2100	1993
5	60	660	1991

Bereit. 08-18-04 11:26:25 GWKON | Mem: 155,9 MB

Datensätze können nicht über die Pfeiltaste der Tastatur ausgewählt werden, **wenn in ein Auswahlfeld geklickt wurde** (Feld ist dann blau). Man ändert dann die Auswahl! Es sind die Bild nach oben/nach unten Tasten oder die Bildlaufleiste zu verwenden, bis der gewünschte Datensatz sichtbar ist, dann Rechtsklick.

# Beschreibung Dateninhalte

## Allgemeine Angaben

Hier werden Daten zur allgemeinen Einordnung des Schadensfalles abgefragt.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

### Eckdaten

Eingabeobjekt	Erläuterung
Leitschadstoff	Hier ist zunächst der den Schaden charakterisierende Schadstoff auszuwählen. Daneben können noch zwei weitere dominante Schadstoffe ausgewählt werden.
Zeitpunkt oder Zeitraum der Schadensentstehung	Falls es sich um ein singuläres Ereignis handelte, oder aber der Schaden innerhalb eines Jahres entstand, ist dieses Jahr anzugeben. Ansonsten, soweit bekannt, ist der Zeitraum der Schadensentstehung anzugeben.
Zeitpunkt Schadensfeststellung	der Das Jahr, in dem der Schaden festgestellt wurde, ist anzugeben.
Sanierungsvereinbarung	Falls eine Sanierungsvereinbarung besteht, ist deren Art auszuwählen.
Auftraggeber von GW-sanierungsmaßnahmen	Rechts- und Kostenträger eventueller Sanierungsmaßnahmen sind anzugeben. Falls bekannt ist auch die Kostenverteilung zwischen den Kostenträgern anzugeben (als Betrag oder in Prozenten)
Abnahme des Schadens	Ist der Schaden bereits behördlich als saniert abgenommen, so ist dies mit Begründung anzugeben.
Grundwassermonitoring	Falls ein GW-Monitoring durchgeführt wird, ist dies anzugeben. Wenn ja, ist das Beginn-Jahr bzw., falls bereits abgeschlossen, auch das Endjahr anzugeben.
Widerspruchsverfahren	Sollte ein Widerspruchsverfahren gegen

	eine Sanierungsanordnung anhängig sein, ist dies anzugeben.
--	---

## Quellenlage

Eingabeobjekt	Erläuterung
Vorliegende Daten	Im Zuge der Dateneingabe sind hier, bezogen auf die bisherigen Bearbeitungsphasen, die verwendeten Quellen einzugeben. Neue Quellenzeilen werden über den Button "neuer DS" erzeugt. Daneben wird noch das Veröffentlichungsjahr und der Auftraggebertyp abgefragt. Nach Bedarf kann der Auftraggeber auch namentlich benannt werden.

## Maßnahmen: Allgemeine Angaben

Eingabeobjekt	Erläuterung
Allgemeines zu Maßnahmen im Grundwasser, Boden und in der Bodenluft	Hier wird abgefragt, ob für die genannten Medien Sanierungsziele formuliert wurden, ob Sanierungsmaßnahmen bereits durchgeführt werden oder (falls bekannt) geplant sind. Die roten Boxen steuern spätere Eingabemasken!

## Maßnahmen GW: Kostenträger

Eingabeobjekt	Erläuterung
Tabelle Kostenträger der Maßnahmen im Grundwasser	Falls bekannt sind hier Angaben zur Kostenträgerschaft der GW-Maßnahmen zu machen. Es können prozentuale Beteiligungen oder Beträge eingegeben werden.

## Allgemeine Standortdaten

Hier werden Daten zur Lage des Schadensortes und zu den Umfeldnutzungen abgefragt.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

## Schadensort

Eingabeobjekt	Erläuterung
Lage Schadensort	Je nach den Belangen des Datenschutzes ist der Schadensort eingebbar.
Fläche der betroffenen Flurstücke (Herd / Eintragsbereiche)	Die Größenordnung in m <sup>2</sup> ist anzugeben.
Geodätische Höhe des Schadensbereiches	Angabe der mittleren mNN-Höhe des Schadensbereiches
Typisierung der Schadensfläche	Die Schadensfläche ist nach Altstandort – Ablagerung – Deponie u.s.w. zu typisieren.

## Randbedingungen

Eingabeobjekt	Erläuterung
mittlere Grundwasserneubildung im Eintragsbereich	Angabe in mm/a
mittlere Grundwasserneubildung im Fahnenbereich	Angabe in mm/a
mittlerer Jahresniederschlag im Schadensbereich	Angabe in mm/a
Grad der Versiegelung im Eintragsbereich	Angabe in %
Grad der Versiegelung im Fahnenbereich	Angabe in %
Gibt bzw. gab es wasserwirtschaftliche Nutzungen im Umfeld des Schadensbereichs?	Falls ja wird eine zusätzliche Karteikarte eingeschaltet. (Gesteuerte Maske)
sensibelste Nutzung in Abstromrichtung (aktuell/geplant)	Angabe der sensibelsten Nutzung in Eintragsbereich und Abstromrichtung (aktuell oder geplant)
Art und Abstand der nächsten Vorflut	Auswahl der Art, Abstand in m und Wasserführung [m <sup>3</sup> /s]
Lage zu Schutzgebieten	Abstand und Richtung zu den versch. Arten von Schutzgebieten ist anzugeben

Ergänzend ist jeweils anzugeben, ob nach behördlicher Einschätzung bzw. Feststellung eine Nutzungsgefährdung vorliegt.

## Eigentümer

Eingabeobjekt	Erläuterung
Eigentümer der betroffenen Flurstücke (Eintragsbereiche)	Der Eigentübertyp ist auszuwählen. Ggf. kann er auch namentlich benannt werden.

## Flächennutzung

Eingabeobjekt	Erläuterung
Flächennutzung Eintragsbereich	im Angabe der Flächennutzung zur Zeit der Schadensentstehung, heute und geplant.

## Wasserwirtschaftliche Nutzung

Hier geht es um allgemeine wasserwirtschaftliche Nutzungen vor dem Hintergrund möglicher Schutzgutgefährdungen.

Eingabeobjekt	Erläuterung
gibt bzw. gab es wasserwirtschaftliche Nutzungen im Umfeld des Schadensbereichs?	Falls ja sind die Nutzungsarten, Entnahmetiefen, Abstand und Richtung sowie Zeitrahmen der Nutzung anzugeben (gesteuerte Maske)

## Geologie / Hydrogeologie

Hier werden Daten zu den Untergrund- und Grundwasserverhältnissen abgefragt.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

### Allgemeine Angaben

Eingabeobjekt	Erläuterung
Allgemeine Angaben	Die größte aufgeschlossene Teufe im Schadensbereich ist anzugeben sowie die ungefähre Anzahl der Aufschlusspunkte.
	Qualitativ ist anzugeben, ob die Schichtabfolge als homogen zu bezeichnen ist; Erläuterungen falls nicht sind einzugeben.
Hydrogeologie	Der Flurabstand ist in seinen min-max-Werten für den Schadensbereich, sowie in seiner jahreszeitlichen Schwankung (für den mittleren GW-Flurabstand im Schadensbereich) anzugeben. Daneben interessiert der Beobachtungszeitraum (in Jahren).
Allgemeines zu den GWL	Die Druckverhältnisse für den oberen GWL sind anzugeben.
	Der Schutzgrad des oberen GWL ist auszuwählen.
	Ob hydraulische Verbindungen zwischen GWL bestehen, ist anzugeben. Erläuterungen sind eingetragbar.



## Geologisches Regelprofil

Eingabeobjekt	Erläuterung
Regelprofil	<p>Für die Eintragsbereiche ist das geologische Regelprofil tabellarisch aufzubauen. Neben Hauptbestandteilen der Schicht und Attributen ist die Unterkante der Schicht (in m unter GOK) anzugeben sowie der Durchlässigkeitsbereich (kf-Wert) auszuwählen.</p> <p>Daneben ist die Schicht ggf. als Auffüllung zu kennzeichnen.</p> <p>Das Feld „Abfolge“ ermöglicht es, erst nachträglich die Reihenfolge der Schichten einzugeben, zu ändern, oder aber Schichten nachträglich einzufügen.</p> <p>Verläßt man die Sachkategorie und kehrt zurück, sind die Schichten wieder nach Abfolge sortiert.</p>

## Grundwasserleiter

Eingabeobjekt	Erläuterung
Grundwasserleiter	<p>Der GWL ist zu typisieren und die Mächtigkeitsbandbreite im Schadensbereich anzugeben. Als weitere Kennwerte werden die Durchlässigkeitsklasse sowie die sich aus Mächtigkeit des GWL und nutzbarem Porenvolumen ergebende Austauschmenge in <math>\text{m}^3/\text{m}^2</math> abgefragt.</p> <p>Das Feld „Abfolge“ ermöglicht es, erst nachträglich die Reihenfolge der GWL einzugeben, zu ändern, oder aber GWL nachträglich einzufügen.</p> <p>Verläßt man die Sachkategorie und kehrt zurück, sind die GWL wieder nach Abfolge sortiert.</p> <p>GWL-Nummer kann nur eine ganze Zahl sein.</p>
natürliches Fließregime im Grundwasserleiter	<p>Daneben sind für jeden GWL vorwiegende Fließrichtung (z.B. NW), ob stabil oder instabil, das GW-Gefälle in Promille (gleichmäßig/ungleichmäßig?) sowie die Abstandsgeschwindigkeit in <math>\text{m}/\text{d}</math> (homogen/inhomogen?) einzugeben. Ein ggf. vorliegender vertikaler Gradient (in <math>\text{cm}/\text{m}</math>) kann angegeben werden.</p>
Beeinflussung durch Wasserhaltungen / Entnahmen	<p>Die Beeinflussung durch GW-Entnahmen ist, soweit bekannt, für die betroffenen GWL mit Richtung, Abstand, Entnahmemenge (<math>\text{m}^3/\text{a}</math>), erzielter</p>

	<p>maximaler Absenkung im Schadensbereich und Zeitrahmen der Entnahme anzugeben.</p> <p><b>Wasserwirtschaftliche Nutzungen ohne Beeinflussung des Fließregimes im GWL im Schadensbereich, sei es wegen geringer Förderraten, kurzer Entnahmedauer oder zu weiter Entfernung, interessieren hier nicht.</b></p> <p>Für jede relevante Entnahme ist nach Vorwahl des GWL im oberen Fenster und nach Fensterwechsel durch Klick in das Fenster Entnahmen im GWL über die Schaltfläche „neuer DS“ ein Datensatz zu erzeugen.</p>
--	--

## Allgemeiner GW-Chemismus

Hier werden Daten zum Grundwasserchemismus abgefragt.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

### Allgemeiner Grundwasser-Chemismus

Es ist anhand vorliegender Analysendaten nach Vorauswahl des GWL im oberen Fenster eine Tabelle aufzubauen; die vorhandenen Meßwerte sind parameterbezogen je nach Entnahmeort den Kategorien Anstrom, Eintragsbereich, Fahne, Fahnenrand oder Abstrom zuzuordnen. Daneben sind für jedes vorliegende Beprobungsjahr die mittlere Konzentrationsgrößenordnung des Parameters sowie die ca. Anzahl der zugrundeliegenden Messungen anzugeben.

## Schadensbild

Hier werden Daten zur qualitativen und quantitativen Beschreibung des Schadstoffinventars abgefragt.

### Allgemeine Hinweise

Für die drei Medien Boden, Bodenluft und Grundwasser wird das Schadensbild vor der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen erhoben (falls im Boden oder in der Bodenluft bisher keine stattgefunden haben, interessiert der jeweilige Stand vor dem Beginn von Maßnahmen im Grundwasser, ansonsten der aktuelle Kenntnisstand).

## Reihenfolge der Eingabe

Zunächst sind im oberen Fenster die relevanten Schadstoffe auszuwählen. Für jeden dieser Schadstoffe sind dann die entsprechenden Felder in den darunterliegenden Fensterabschnitten auszufüllen.

Auswahl der Datensätze über die rechte Schieberleiste, dann mit rechtem Mausklick. **Eine Auswahl über die Pfeiltasten der Tastatur ist nicht möglich- damit scrollt man in der Auswahlliste und ändert den Schadstoff!**

Generell werden für das vorhandene Schadstoffinventar lediglich charakterisierende Konzentrationsgrößenordnungen (maximale – mittlere) abgefragt, die sich auf den jeweils benannten Bereich (z.B. Eintragsbereich, Fahnenbereich) und dort wiederum bestimmte Zonen (z.B. gesättigte – ungesättigte, GWL 1 oder GWL 2 u.s.w.) beziehen.

## Kartierungsgrenze

Volumen-/ Flächenangaben erfordern jeweils die Angabe einer sog. Grenzkonzentration, damit ist die Schadstoffkonzentration gemeint, die den Körper begrenzt, der der Volumen-/Flächenermittlung zugrunde liegt.

Auch für die Flächen- und Volumenangaben werden keine gemessenen oder exakten Werte erwartet, sondern Größenordnungen.

Als Kartierungsgrenze ist die Konzentration des jeweiligen Schadstoffs zu wählen, für die hinsichtlich der Isolinie / der Isofläche hinreichende Daten vorliegen. Sollte die Kartierung des Schdensbildes im Rahmen der Gefährdungsabschätzung für den Sanierungszielwert erfolgt sein, kann dieser als Kartierungsgrenze gewählt werden.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

## Boden

Hier sind Volumenangaben zum kontaminierten Boden getrennt nach Eintragsbereichen und außerhalb der Eintragsbereiche zu machen. Zwischen gesättigter und ungesättigter Bodenzone ist zu unterscheiden.

Eingabeobjekt	Erläuterung
Eintragsbereiche	Die Ausdehnung der Eintragsbereiche kann entweder als Flächensumme in einem Datensatz oder aber, wenn verschiedene Eintragsbereiche wegen stark variierender Konzentrationen gegeneinander abzugrenzen sind, in mehreren Datensätzen eingegeben werden.

## Bodenluft

Hier ist das Bodenvolumen insgesamt in Summe anzugeben, in dem sich belastete Bodenluft ausgebreitet hat.

Eingabeobjekt	Erläuterung
Migrationssbereiche (Bodenluft)	Hier werden die Flächengrößen abgefragt, in denen sich belastete Bodenluft ausgebreitet hat. Analog zum Boden kann hier zusammengefasst oder differenziert nach Einzelflächen eingegeben werden.

## Grundwasser

Eingabeobjekt	Erläuterung
Schadensumfang (gesamt)	<p>Neben den <b>insgesamt</b> in Eintragsbereich und Fahne je Schadstoff von belastetem GW erfüllten Bodenvolumen (nicht Volumen des enthaltenen Wassers) wird die jeweilige mittlere Eintragstiefe mit Angabe des zugehörigen GWL abgefragt.</p> <p>Zur Fahne sind Angaben zum horizontalen und vertikalen Ausbreitungsverhalten schadstoffbezogen zu machen. Besonderheiten können im Bemerkungsfeld eingegeben werden.</p> <p>Falls Schadstoffe in Phase vorliegen, ist für den Stoff die mittlere Phasenstärke und betroffene Fläche, getrennt nach Eintragsbereich und Fahne, anzugeben. Das insgesamt als Phase vorkommende Schadstoffvolumen ist abzuschätzen und nach LNAPL und DNAPL zu gliedern.</p>
Transferzonen (Grundwasser)	<p>Für das Grundwasser werden zusätzlich die Flächen abgefragt, in der es, ggf. über Sickerwässer, zum Schadstoffeintrag im Übergang ungesättigte – gesättigte Bodenzone kommt.</p> <p>Auch hier kann der Sachverhalt zusammengefasst in einem Datensatz oder differenziert nach Teilzonen eingegeben werden.</p>
Schadensumfang (GWL – Details)	<p>Hier ist die Schadensverbreitung getrennt nach GWL aufzuschlüsseln.</p> <p>Volumina werden mit den zugeordneten mittleren Konzentrationen und der jeweiligen Kartierungsgrenze für Eintrag und Fahne abgefragt. Weiterhin sind Angaben zur Geometrie und Ausdehnung der Fahne zu machen. Je schadstoffbelastetem GWL ist ein Datensatz anzulegen.</p>

---

## Schutzgutsituation

Hier werden Daten zur Gefahrenlage im Schadensbereich abgefragt.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

### relevante Transferpfade

Eingabeobjekt	Erläuterung
Transferpfade	Getrennt nach Eintragsbereich und Fahne ist auszuwählen, welche Transferpfade im vorliegenden Schadensfall relevant sind. Erläuterungen ergänzen die Angaben.

### Frachtbetrachtung

Eingabeobjekt	Erläuterung
Frachtbetrachtung	Sofern Frachtbetrachtungen (für die Situation ohne Sanierung) vorliegen, können für die verschiedenen Transferpfade die pro Jahr transportierten Schadstoffmengen je Schadstoff angegeben werden.

### Schutzgutsituation

Eingabeobjekt	Erläuterung
Schutzgutsituation	<p>Angaben zu Schutzgütern, ob eine Gefährdung durch den Schaden vorliegt, sind mit zusätzlicher Erläuterung als Tabelle aufzubauen.</p> <p>Es empfiehlt sich, zunächst für <u>jedes</u> Schutzgut einen Datensatz anzulegen, dann die Gefährdung anzugeben und zu erläutern.</p>

---

## Sanierungsziele

Hier werden Daten zu den für Boden, Bodenluft und Grundwasser formulierten Sanierungs- und Massnahmenzielen abgefragt.

Es existieren folgende Karteikarten, bei denen jeweils analoge Eintragungen abgefragt werden:

- Grundwasser
- Bodenluft
- Boden

Es befinden sich je Medium vier Teilfenster auf der Karteikarte:

Eingabeobjekt	Erläuterung
Allgemeine Sanierungsziele (gültig für den gesamten Schaden)	Für die drei Medien können die je Schadstoff festgelegten Sanierungsziele, sofern sie für das Medium allgemein gelten, nebst Festlegungszeitpunkt (Jahr) und Erläuterungen angegeben werden. Neben der Erstfestlegung interessieren auch ggf. aktuelle Modifikationen.
Zonierte Sanierungsziele	Falls Sanierungszielwerte für bestimmte Zonen des Schadensbereiches (gesättigte – ungesättigte Bodenzone, Herd, Fahne, differenziert nach GWL u.s.w.) definiert wurden, sind diese hier neben der Zone zu definieren. Daneben wird das Festlegungsjahr abgefragt.
Technische Sanierungsziele	Falls technische Sanierungsziele (z.B. feste Aushubflächen/Tiefen, Fördermengen oder –zeiten) oder aber Behandlungsziele festgelegt wurden, sind hierzu Angaben mit Festlegungszeitpunkt zu machen.
Maßnahme – und Schutzziele	Wurden für den Schaden die Sanierungsentscheidung und den – umfang bestimmende Schutz- oder Maßnahmeziele festgelegt, so sind sie hier verbal einzutragen.

## Maßnahmen Boden/Bodenluft

Hier werden Daten zu den Sanierungs- und Sicherungsmassnahmen für die Medien Boden und Bodenluft abgefragt.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

### Sanierungsverfahren

Eingabeobjekt	Erläuterung
Sanierungsverfahren	Für die Medien sind Art des Verfahrens, Beginn bzw. Zeitraum der Wirksamkeit (Monat/Jahr), Invest- und ggf. Betriebskosten anzugeben. Ergänzende Angaben im Erläuterungsfeld.

## Sicherungsverfahren

Eingabeobjekt	Erläuterung
Sicherungsverfahren	Für die Medien sind Art des Verfahrens, Beginn bzw. Zeitraum der Wirksamkeit (Monat/Jahr), Invest- und ggf. Betriebskosten anzugeben. Ergänzende Angaben im Erläuterungsfeld.

## Sanierungserfolg

Eingabeobjekt	Erläuterung
Sanierungserfolg	Methode, Zeitpunkt und ggf. Kosten des Nachweises des Sanierungserfolgs sind für die Medien anzugeben (falls erfolgt).

## Entnommene Schadstoffmenge [BL]

Eingabeobjekt	Erläuterung
Entnommene Schadstoffmenge Bodenluft	Die im Zuge der Sanierung entnommene Schadstoffmenge ist je relevantem Schadstoff mit Zeitrahmen anzugeben/einzuschätzen.

## Massen & Abfallbilanz [B]

Eingabeobjekt	Erläuterung
Massen & Abfallbilanz Boden	Falls Boden ausgekoffert wurde sind die insgesamt bewegten Massen in t sowie die Kosten des Tiefbaus (sofern bekannt) anzugeben. Weiterhin kann die Abfallbilanz Boden nach Z-Klassen eingegeben werden (Tonnage und Entsorgungskosten).

## Entnommene / restliche Schadstoffmenge [B]

Eingabeobjekt	Erläuterung
Entnommene / restliche Schadstoffmenge Boden	Das im Zuge der Sanierung entnommene, abgebaute oder immobilisierte Schadstoffpotential ist je relevantem Schadstoff anzugeben/einzuschätzen. Dabei ist nach gesättigter – ungesättigter Zone, Eintragsbereich und Fahne zu

Eingabeobjekt	Erläuterung
	differenzieren. Im gleichen Sinne ist für das verbliebene Restpotential zu verfahren.

## Massnahmen Grundwasser

Hier werden Daten zu Sanierungs- und Sicherungsmassnahmen für das Medium Grundwasser sowie Sanierungsverfahren und technische und technologische Details abgefragt.

Zunächst sind allgemeine Angaben zu den eingesetzten Sanierungs-/Sicherungsverfahren vorzunehmen (Verfahren, Einsatzbereich, Zeitrahmen des Einsatzes, Gesamtkosten).

Danach können in beliebiger Differenzierung für die Sparten Entnahmetechnologien – Reinigungstechnologien (on-site und in-Situ) eingesetzte Verfahren / Module mit den jeweiligen Kenndaten, Betriebszeiträumen, verschiedenen Betriebsprogrammen mit Verfügbarkeit des Moduls, den jeweils je Schadstoff ausgetragenen/gereinigten Schadstoffmengen und deren technisch-analytischer Überwachung angegeben werden. Angaben zu Invest-, Betriebs- und Wartungskosten sowie Bemerkungsfelder für textliche Erläuterungen ergänzen die Eingabemasken.

Falls bereits Sanierungserfolge im Grundwasser zu verzeichnen sind, können diese auf einer Karteikarte getrennt nach Herd und Fahne eingegeben werden.

Angaben zum Grundwassermonitoring sind je Schadstoff

Daneben sind ergänzende Angaben zur Grundwasserverbringung sowie zum Abfallanfall im Rahmen der Grundwassersanierung zu machen.

Die Eingaben sind in folgende Karteikarten gegliedert:

### Angewandte Verfahren

Eingabeobjekt	Erläuterung
Sanierungsverfahren allg.	Getrennt nach Herd und Fahne sind Verfahren, Einsatzzeiträume sowie die Gesamtkosten des Verfahrens anzugeben.
Sicherungsverfahren allg.	Verfahren, Wirksamkeitszeiträume sowie die Gesamtkosten des Verfahrens sind anzugeben.  Hier wird nicht nach Herd und Fahne differenziert.



## Entnahme

Eingabeobjekt	Erläuterung
Entnahmetechnologie [1]	Die eingesetzte Entnahmetechnologie kann hier in beliebiger Differenzierung nach Technik, Anzahl, Invest-Kosten, Entnahmetiefen, GWL, Lage zur Fahne und zum Herd, Angaben zu Problemen und Ausfällen sowie allg. Bemerkungen eingegeben werden.
Betriebsprogramme [2]	Für jede der unter [1] differenzierten Technologien bzw. Einsatzbereiche können hier Angaben zu verschiedenen Betriebsprogrammen gemacht werden.  Neben Entnahmemengen, Betriebszeiträumen des Programms, Verfügbarkeit der Technologie, Betriebs- und Wartungskosten sowie Zyklen der technischen und analytischen Überwachung können noch Bemerkungen eingegeben werden.
Entnommene Schadstoffmenge [3]	Für jeden der unter „Schadensbild“ inventarisierten Schadstoffe kann die entnommene Schadstoffmenge für das unter [2] gewählte Betriebsprogramm der Technologie [1] für einen Zeitraum innerhalb der Gesamtdauer des jeweiligen Betriebsprogrammes angegeben werden. Im Extremfall kann für jeden Monat eines Betriebsprogramms die Austragsmenge eines Schadstoffs eingegeben werden (jeweils ein Datensatz pro Schadstoff und Monat)

## Reinigung (on-site)

Eingabeobjekt	Erläuterung
Reinigungstechnologie [1]	Die eingesetzte on-Site eingesetzte Reinigungstechnologie kann hier in beliebiger Differenzierung nach Technik bzw. Modul, Durchsatz, Investkosten, Angaben zu Problemen und Ausfällen sowie allg. Bemerkungen eingegeben werden.
Betriebsprogramme [2]	Für jede der unter [1] differenzierten Technologien bzw. Module können hier Angaben zu verschiedenen Betriebsprogrammen gemacht werden.  Neben Durchsatzmengen, Betriebszeiträumen des Programms, Verfügbarkeit der Technologie, Betriebs- und Wartungskosten sowie Zyklen der technischen und analytischen Überwachung können noch Bemerkungen eingegeben werden.

Eingabeobjekt	Erläuterung
Entnommene Schadstoffmenge [3]	Für jeden der unter „Schadensbild“ inventarisierten Schadstoffe kann die entnommene Schadstoffmenge für das unter [2] gewählte Betriebsprogramm der Technologie [1] für einen Zeitraum innerhalb der Gesamtdauer des jeweiligen Betriebsprogrammes angegeben werden. Im Extremfall kann für jeden Monat eines Betriebsprogramms die Austragsmenge eines Schadstoffs eingegeben werden (jeweils ein Datensatz pro Schadstoff und Monat)

## Reinigung (in-Situ)

Eingabeobjekt	Erläuterung
in-situ Technologie [1]	Die eingesetzte In-Situ-Technologie kann hier in beliebiger Differenzierung nach versch. Techniken , Wirkungstiefen, Lage zum Herd und zur Fahne, Investkosten, Angaben zu Problemen und Ausfällen sowie allg. Bemerkungen eingegeben werden.
Betriebsprogramme [2]	Für bestimmte der unter [1] differenzierten Technologien können hier, falls sinnvoll und notwendig, Angaben zu verschiedenen Betriebsprogrammen gemacht werden.  Neben Durchsatzmengen, Betriebszeiträumen des Programms, Verfügbarkeit der Technologie, Betriebs- und Wartungskosten sowie Zyklen der technischen und analytischen Überwachung können noch Bemerkungen eingegeben werden.
Entnommene Schadstoffmenge [3]	Für jeden der unter „Schadensbild“ inventarisierten Schadstoffe kann die entnommene Schadstoffmenge für das unter [2] gewählte Betriebsprogramm der Technologie [1] für einen Zeitraum innerhalb der Gesamtdauer des jeweiligen Betriebsprogrammes angegeben werden. Im Extremfall kann für jeden Monat eines Betriebsprogramms die Austragsmenge eines Schadstoffs eingegeben werden (jeweils ein Datensatz pro Schadstoff und Monat)

## Sanierungserfolg

Eingabeobjekt	Erläuterung
---------------	-------------

Sanierungserfolg	Methode, Zeitpunkt und ggf. Kosten des Nachweises des Sanierungserfolgs sind für Herd und Fahne anzugeben (falls erfolgt).
------------------	--

## Monitoring

Eingabeobjekt	Erläuterung
Monitoring	Je überwachtem Schadstoff sind GWL, Prüfpunktzahl, Zeitrahmen des Monitorings und der Überwachungszyklus im angegebenen Zeitrahmen anzugeben. <b>Inhaltliche Ergebnisse des Monitorings werden unter Konzentrationsverläufe eingegeben!</b>

## Überwachung (analytisch)

Eingabeobjekt	Erläuterung
Betriebsprogramme [1]	Aus allen eingegebenen Betriebsprogrammen der Grundwassersanierung ist zunächst eines auszuwählen, um die analyt. Überwachung einzugeben.
Überwachung von... bis [2]	Hier ist der Zeitrahmen zu spezifizieren, für den das Überwachungsprogramm innerhalb des Betriebsprogramms [1] zutrifft.
Analyt. Überwachungspar. [3]	Für den unter [2] angegebenen Zeitrahmen sind hier die überwachten Parameter einzugeben.
Beprobungsorte [4]	Die dem zeitlich unter [2] und vom Parameterumfang unter [3] spezifizierten Überwachungsprogramm sind die Beprobungsorte zuzuordnen.

## Überwachung (technisch)

Eingabeobjekt	Erläuterung
Betriebsprogramme [1]	Aus allen eingegebenen Betriebsprogrammen der Grundwassersanierung ist zunächst eines auszuwählen, um die technische Überwachung einzugeben.
Überwachung von... bis [2]	Hier ist der Zeitrahmen zu spezifizieren, für den das Überwachungsprogramm innerhalb des Betriebsprogramms [1] zutrifft.
Techn. Überw. Par. [3]	Für den unter [2] angegebenen Zeitrahmen sind hier die überwachten Parameter

	einzugeben.
Beprobungsorte [4]	Die dem zeitlich unter [2] und vom Parameterumfang unter [3] spezifizierten Überwachungsprogramm sind die Überwachungsorte zuzuordnen.

## Grundwasserverbringung

Eingabeobjekt	Erläuterung
Grundwasserverbringung	Die Methoden der Grundwasserverbringung, deren Einsatzzeitraum sowie die verbrachten Wassermengen sind neben den angefallenen Kosten anzugeben.

## Abfallanfall

Eingabeobjekt	Erläuterung
Abfallanfall	Der im Zuge der Grundwassersanierung anfallende Abfall ist je Abfallart (Auswahl der Abfallklasse nach EAK), Menge und Kosten je Betriebsjahr zu differenzieren.

## Konzentrationsverläufe

Für die drei Medien sind vorhandenene Meßwerte als mittlere Konzentrationsgrößenordnung für den jeweiligen Erhebungsmonat differenziert dem Messbereich (Ort) zuzuordnen. Zusätzlich ist die ca. Anzahl der zugrunde liegenden Meßpunkte je Messbereich anzugeben.

Da hier sowohl Messungen der Schadstoffe als auch von Parametern des allg. Grundwasserchemismus oder Anstrombelastungen von Interesse sind, die nicht dem Schadstoffinventar des betrachteten Schadens zuzuordnen sind, erfolgt die Auswahl der Parameter aus der Gesamt – Auswahltable.

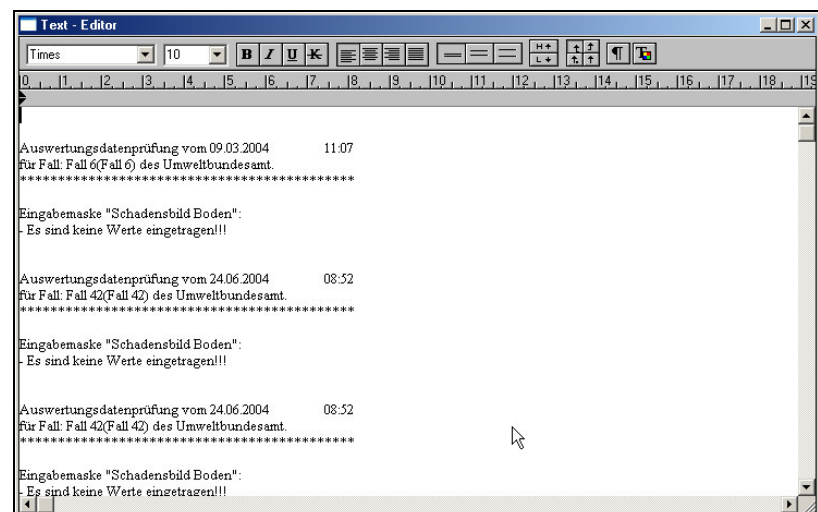
# Auswertungen

## Allgemeine Bemerkungen zu den Auswertungsfunktionen

Um eine vernünftige und aussagekräftige Auswertung durchführen zu können, ist es notwendig, daß alle relevanten Daten (die rot dargestellten Felder in den Eingabemasken) eingegeben werden. Zur Überprüfung steht unter dem Menüpunkt **Auswertung | Daten prüfen** eine Prüfroutine zur Verfügung, welche die geforderten Daten durchgeht und bei fehlenden Eingaben ein Fehlerprotokoll im „Temp“-Verzeichnis der GWKON-Installation erstellt.

Desweiteren wird diese Überprüfung automatisch beim Aufruf einer Auswertung (nur für die gewählte Auswertung!) durchgeführt und bei Bedarf das Fehlerprotokoll erstellt.

### Fehlerprotokoll



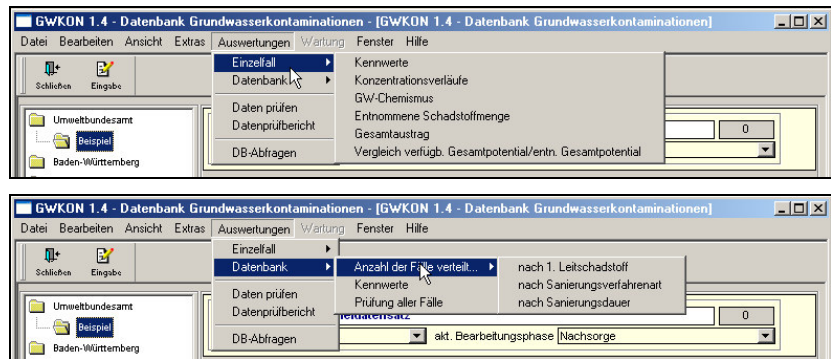
Das Fehlerprotokoll der Datenprüfung wird im Temp-Verzeichniss der GWKON-Installation unter dem Namen „**GWKON\_Datenpruefbericht.txt**“ angelegt. Es kann jederzeit über den Menüpunkt **Auswertungen | Datenprüfbericht** eingesehen werden.

Da weitere Prüfungen an das bestehende Protokoll angehängen werden, stehen zur besseren Orientierung in der Überschrift das Datum, die Uhrzeit und der geprüfte Fall.

Im Protokoll wird die betreffende GWKON-Eingabemaske, das betreffende Feld und der Stoff (Parameter etc.) aufgeführt, wo eine fehlerhafte oder nicht getätigte Eingabe zu finden ist.

## Auswertungsroutinen

Die Auswertungsroutinen finden Sie über den Menüpunkt **Auswertung | Einzelfall** oder **Auswertung | Datenbank**.



Für die Einzelfallauswertung muss ein Schadensfall im Verzeichnissbaum ausgewählt sein.

## Auswertung Einzelfälle

### Kennwerte

Fall: Beispiel / Umweltbundesamt			
<b>Boden</b>			
Potenzial innerhalb Kartierungsgrenze	9,90	1,01	t
extrapol. Randpotenzial	0,08	0,05	t
Rechenwert Gesamtpotenzial	9,98	1,05	t
Gesamtpotenzial Boden	11,03		t
<b>Grundwasser</b>			
Gesamtpotenzial Grundwasser	1213		kg
Verfügbares Potential Grundwasser	906		kg

Berechnung und textliche Darstellung der Potentiale der einzelnen Schadstoffe für Boden und Grundwasser.

### Benötigte Daten für Boden:

aus Schadensbild / Boden

- Volumen (ges./unges. Bodenzone)
- mittlere Konzentration [mg/kg] (ges./unges. Bodenzone)
- Kartierungsgrenze [mg/kg] (ges./unges. Bodenzone)
- mittlere Eintragstiefe [m] (Eintragstiefe)
- Kartierungsgrenze [mg/kg] (Eintragstiefe)
- Bestimmungsjahr (Eintragstiefe)

*aus Geologie-Hydrogeologie / Allg. Angaben*

- Flurabstand Grundwasser (örtliche Bandbreite)

**Benötigte Daten für Grundwasser:**

*aus Schadensbild / Grundwasser*

- Volumen (Eintragsber. Bodenvol.)
- mittlere Konzentration [µg/l] (Eintragsber. Bodenvol.)
- Kartierungsgrenze [µg/l] (Eintragsber. Bodenvol.)
- mittlere Eintragstiefe [m] (Eintragsb. Eintragstiefe)
- GWL [Nummer] (Eintragsb. Eintragstiefe)
- Kartierungsgrenze [µg/l] (Eintragsb. Eintragstiefe)
- Bestimmungsjahr (Eintragsb. Eintragstiefe)
- LNAPL (Vork. Von Phase)
- DNAPL (Vorkommen von Phase)

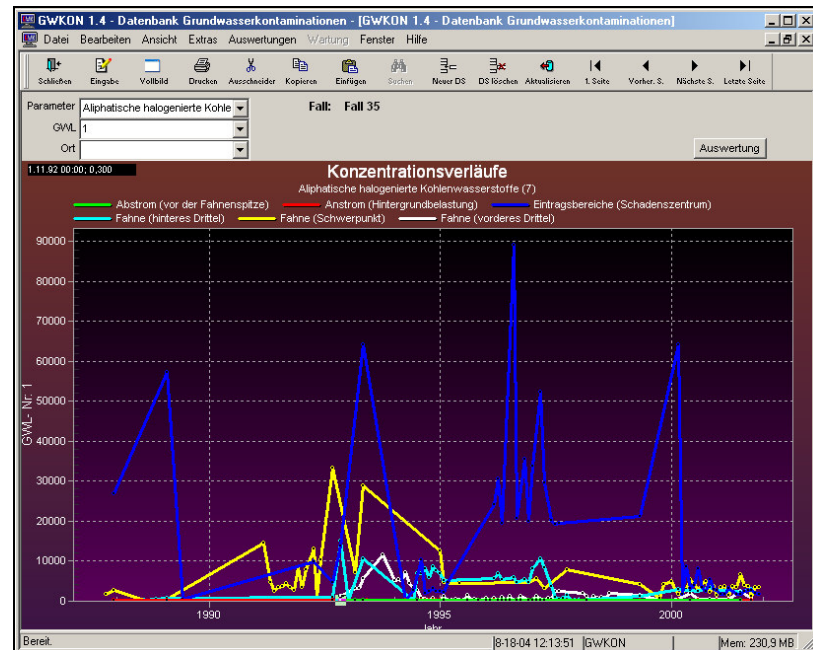
*aus Geologie-Hydrogeologie / Allg. Angaben*

- Flurabstand Grundwasser (örtliche Bandbreite)

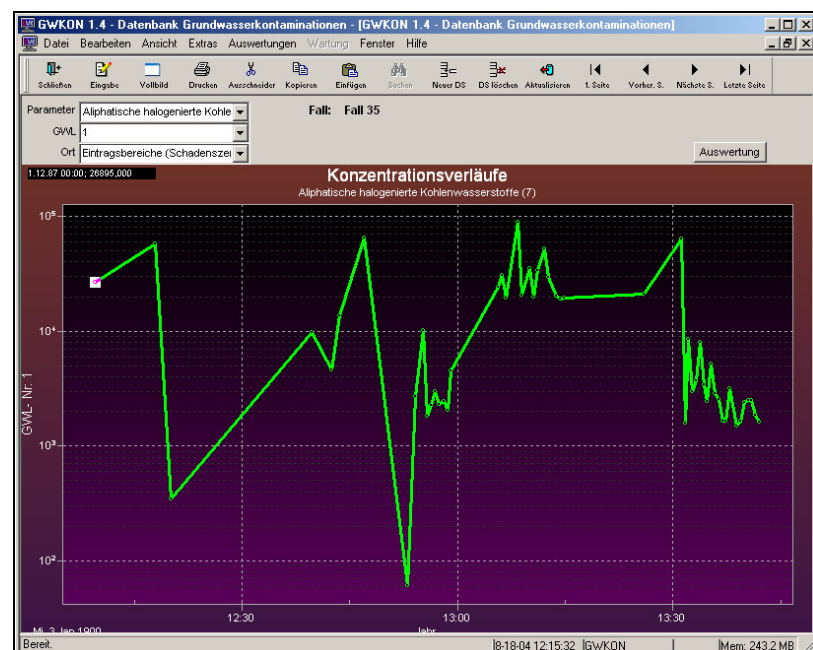
*aus Geologie-Hydrogeologie / Geologisches Regelprofil*

- Unterkante [m unter GOK] (für alle Schichten)

## Konzentrationsverläufe

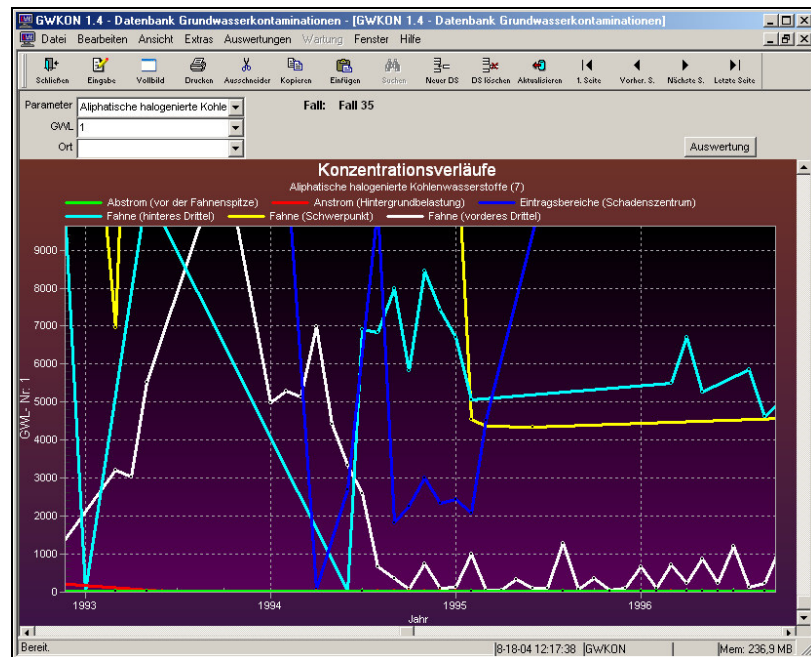


Grafische Darstellung der Konzentrationsverläufe eines Schadstoffes in den einzelnen GWL's und Orten. Über die DropDownListBoxen **Parameter**, **GWL** und **Ort** kann die Darstellung genauer spezifiziert werden.



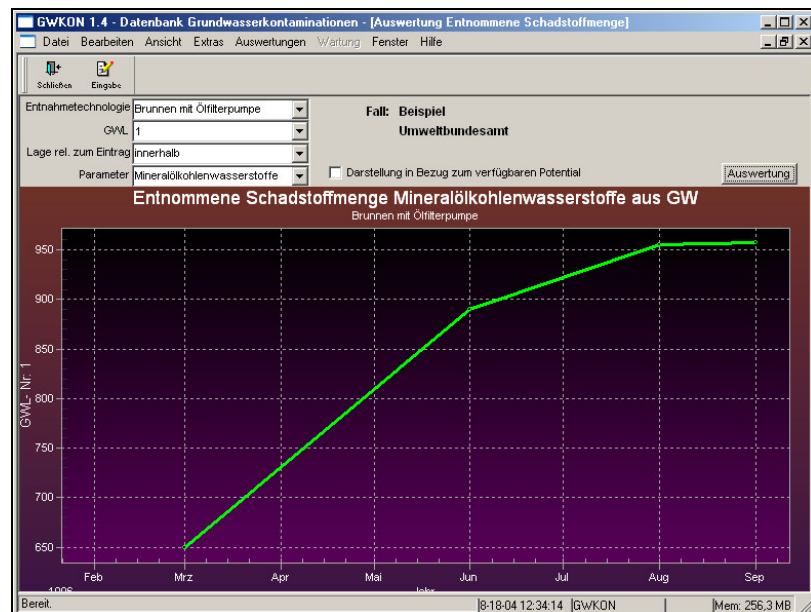
Desweiteren besteht die Möglichkeit in die Grafik zu zoomen. Dazu genügt ein Linksklick in die Grafik und die Markierung des gewünschten Bereiches bei weiterhin gedrückter Mausetaste (siehe *Zoomen*).





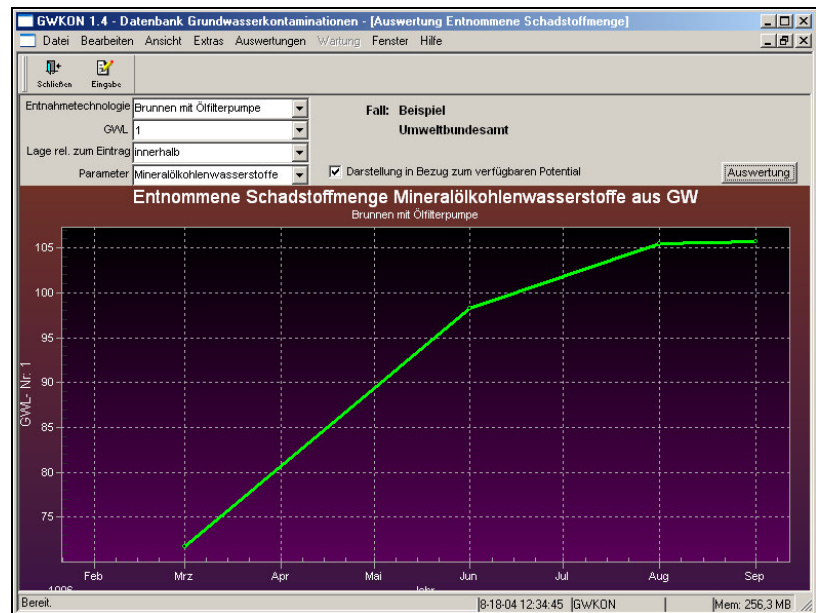
Die Skaleneinteilung der Achsen passt sich dabei automatisch an.

## Entnommene Schadstoffmenge

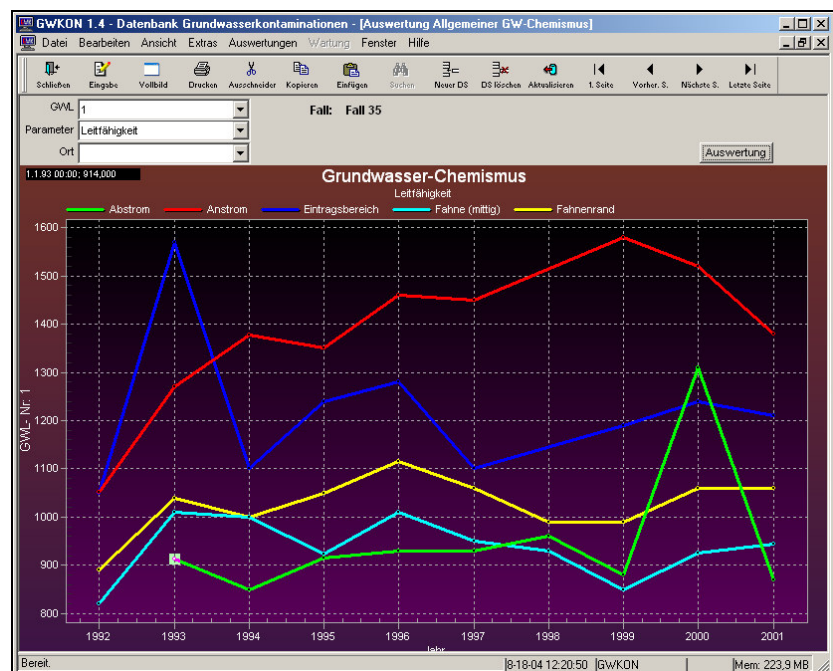


Hierbei handelt es sich um die akkumulierte grafische Darstellung des Verlaufes der entnommenen Schadstoffmenge mit einer bestimmten Entnahmetechnologie für den jeweiligen GWL und der relativen Lage zum Eintrag.

Über die Checkbox „**Darstellung in Bezug zum verfügbaren Potential**“ wird die entnommene Schadstoffmenge im prozentalem Bezug zum nutzbaren Potential dargestellt. Das nutzbare Potential können Sie sich über **Auswertung | Einzelfall | Kennwerte** berechnen und anzeigen lassen.

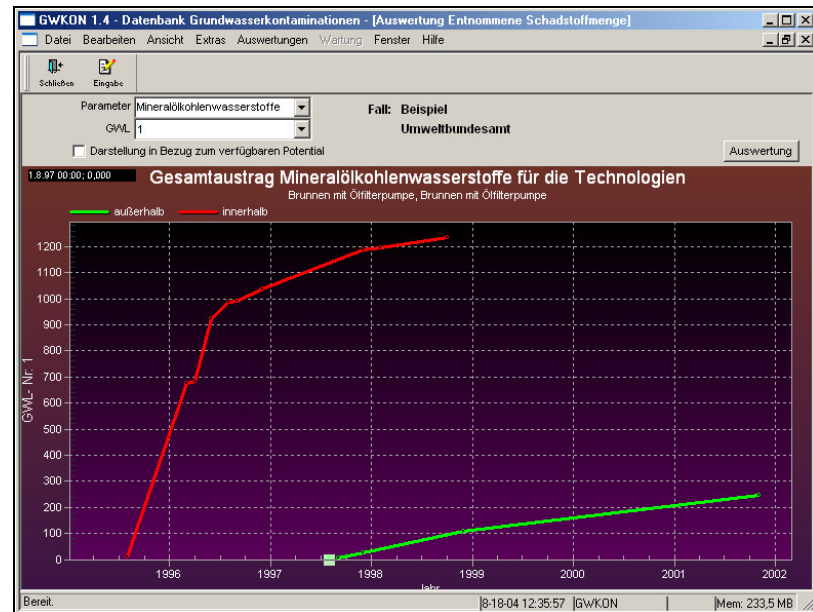


## GW-Chemismus



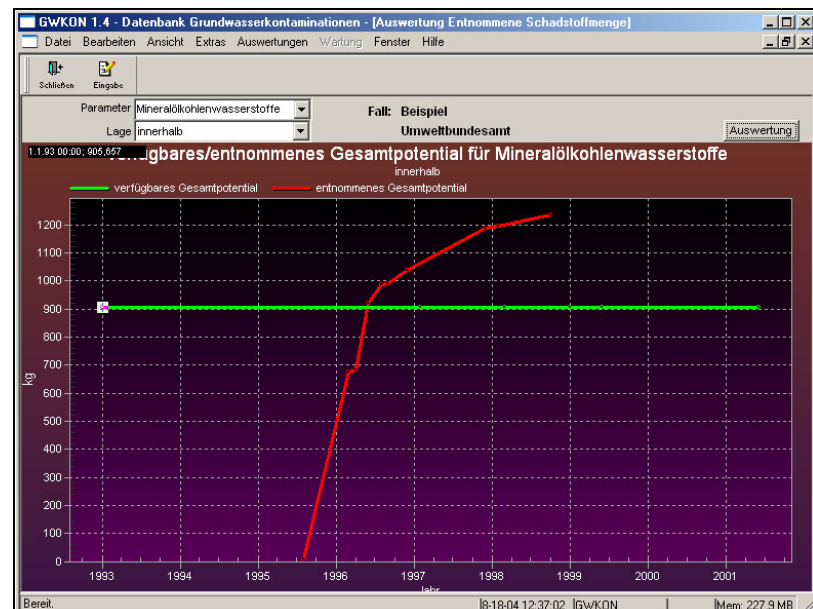
GW-Chemismus ist die grafische Aufbereitung der unter **Allgemeiner Grundwasserchemismus** eingegebenen Daten. Die Darstellung erfolgt nach gewähltem Grundwasserleiter und einem zu wählenden Parameter.

## Gesamtaustrag



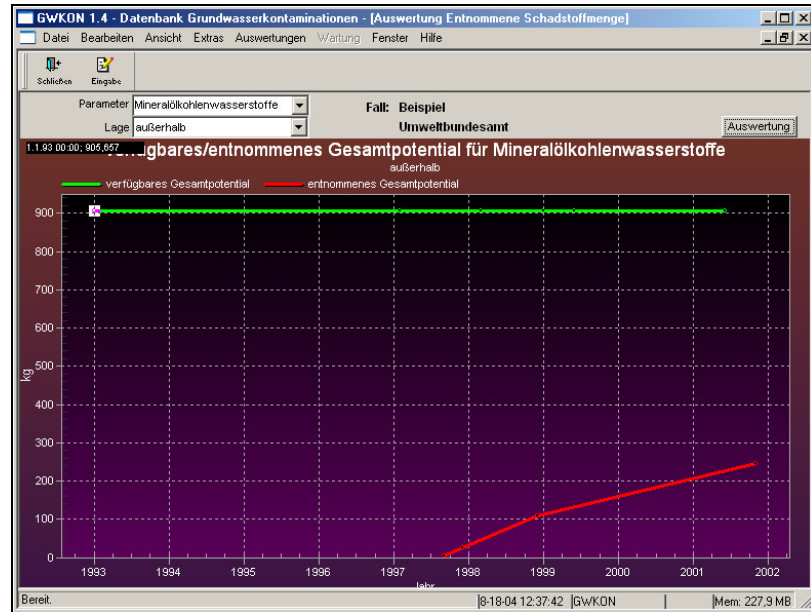
Zusammengefasste Darstellung des Austrages eines Schadstoffes über alle Betriebsprogramme hinweg. Dieser Auswertung liegen die unter **Massnahmen Grundwasser / Entnahme** eingegebenen Werte zu Grunde.

## Vergleich verfügbares Gesamtpotential / entnommenes Gesamtpotential



Darstellung des verfügbaren Gesamtpotentials im Vergleich zum entnommenen Gesamtpotential für einen Schadstoff unter Angabe der Lage relativ zum Eintrag.

Für diese Auswertung werden alle relevanten Daten für den Eintragsbereich in den Sachkategorien **Schadensbild / Grundwasser** und **Massnahmen Grundwasser / Entnahme** benötigt.



## Auswertung Datenbank

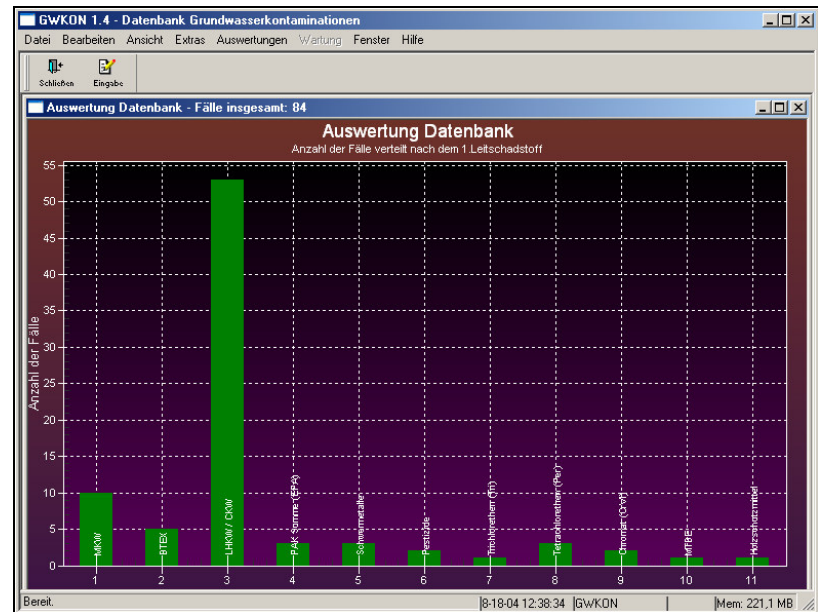
Die folgenden Auswertungsroutinen / -darstellungen dienen der Visualisierung aller in GWKON vorhandenen Schadensfälle nach verschiedenen Gesichtspunkten.

Dies sind im einzelnen:

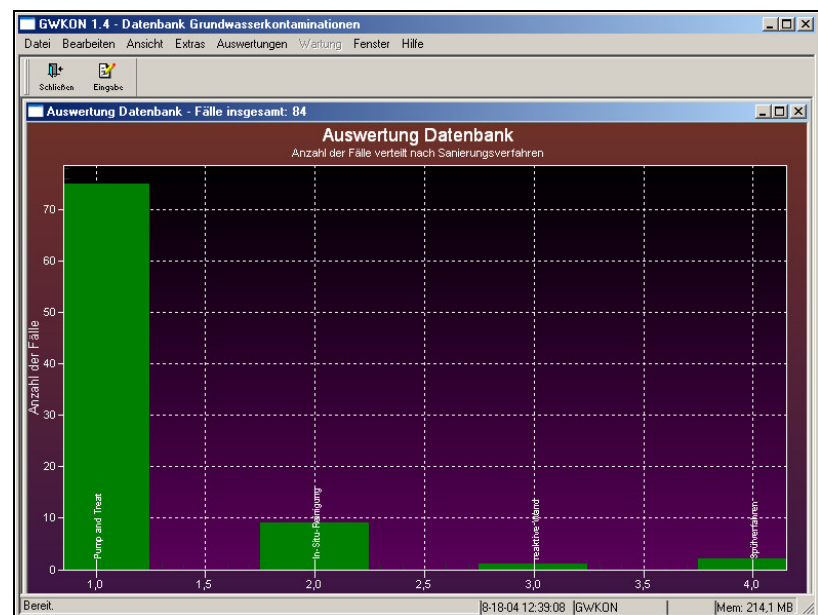
### Anzahl der Fälle verteilt

- ... nach dem 1. Leitschadstoff
- ... nach dem Sanierungsverfahren
- ... nach der Sanierungsdauer

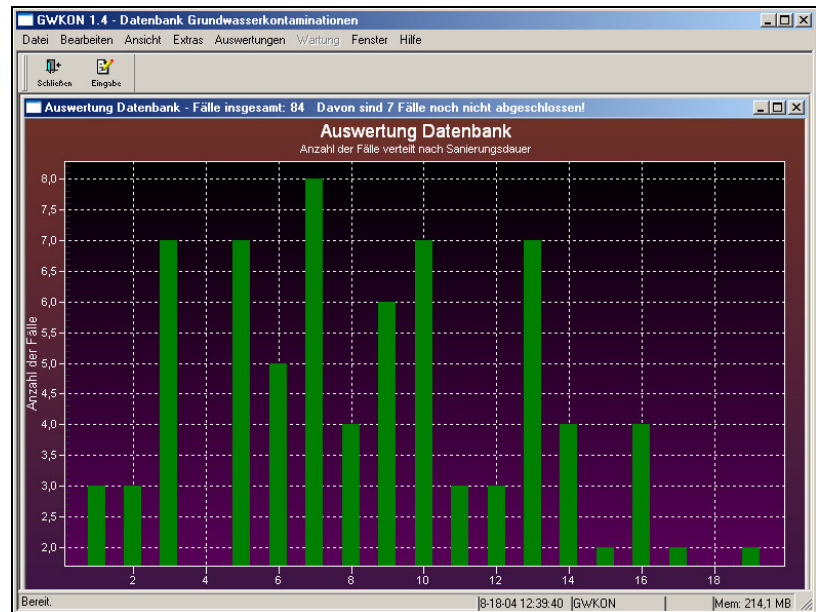
## ...nach 1. Leitschadstoff



## ...nach Sanierungsverfahren



## ...nach Sanierungsdauer



## **Anhang 8**

### **Handlungsleitfaden**



**Leitfaden für die Untersuchung, Bewertung und Sanierung  
von Grundwasserschäden unter besonderer Berücksichtigung von LHKW  
(leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe)  
als Leitschadstoff**

Inhaltsverzeichnis

I.	Anlass und Zielsetzung .....	3
II.	Methodik .....	4
III.	Untersuchung und Bewertung von Grundwasserschadensfällen .....	8
1.	Grundwasserschadenszone .....	8
a)	Rechtliche Maßstäbe .....	9
b)	Erkundung des Grundwasserschadens .....	9
c)	Klassifizierung von Schadenszonen .....	12
2.	Vom Grundwasserschaden ausgehende Gefahren .....	13
a)	Rechtliche Maßstäbe .....	13
b)	Ermittlung von Gefahren im Abstrom der Schadenszone .....	13
III.	Entscheidung über die Durchführung temporärer Sicherungs-, Schutz- und/oder Beschränkungsmaßnahmen .....	15
IV.	Entschluss zur Durchführung von Maßnahmen (Ausübung des Entschließungsermessens) .....	16
V.	Entscheidung über Art und Umfang von Maßnahmen („Auswahlermessen“) .....	17
1.	Allgemeine Hinweise zur Vorgehensweise und zu den Ermessenskriterien .....	17
a)	Weichenstellung: Sanierungsmaßnahmen – Schutz- oder Beschränkungsmaßnahmen .....	17
b)	Bestimmung von Sanierungszielen und -zielwerten .....	18
c)	In Betracht zu ziehende Sanierungsmaßnahmen .....	18
d)	Abgestufte Prüfung von Sanierungszielen, Sanierungszielwerten und Sanierungsmaßnahmen .....	19
e)	Verhältnismäßigkeit: Eignung, Erforderlichkeit und Angemessenheit von Sanierungsmaßnahmen .....	21
2.	Beurteilung von Maßnahmen zur Beseitigung des Grundwasserschadens und der von ihm ausgehenden Gefahren (vollständige Dekontamination) .....	22
b)	Eignung .....	23
c)	Erforderlichkeit .....	24
d)	Angemessenheit .....	24
3.	Beurteilung von Maßnahmen zur Verringerung des Grundwasserschadens und der von ihm ausgehenden Gefahren (Teildekontamination) .....	27
a)	Bestimmung der Sanierungsziele .....	27
b)	Eignung .....	28
c)	Erforderlichkeit .....	28
d)	Angemessenheit .....	28



4.	Beurteilung von Sicherungsmaßnahmen .....	29
a)	Sanierungsziele .....	29
b)	Eignung.....	30
c)	Erforderlichkeit .....	31
d)	Angemessenheit.....	31
VI.	Durchführung von Sanierungsmaßnahmen .....	32
1.	Allgemeine rechtliche Anforderungen .....	32
2.	Planung .....	33
3.	Begleitende Erfolgskontrolle .....	34
VII.	Entscheidung über eine Anpassung oder den Abbruch laufender Maßnahmen.....	35
1.	Rechtliche Maßstäbe.....	35
2.	Bearbeitungshinweise .....	36

## I. Anlass und Zielsetzung

Der vorliegende Leitfaden wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens „Bundeseinheitliche Kriterien zur Behandlung von Grundwasserschäden“ des Umweltbundesamtes entwickelt. Er hat zum Ziel, den mit Grundwasserschäden befassten Behörden Orientierungshilfen für den Vollzug zu geben. Die Hinweise, die in diesem Leitfaden gegeben werden, haben im Wesentlichen zwei Grundlagen:

Die erste Erkenntnisquelle ist die systematische Analyse von insgesamt knapp 100 Grundwasserschadensfällen, die im Rahmen des Forschungsvorhabens erfasst und ausgewertet worden sind. Hinsichtlich der datentechnischen Grundlagen, des Rechercharsters sowie der Auswertemethodik und -ergebnisse wird auf den Endbericht zum Forschungsvorhaben verwiesen.<sup>1</sup> Ein Schwerpunkt der Auswertung war der Effektivitätsvergleich verschiedener Sanierungsverfahren unter variierenden Schadenskontexten.<sup>2</sup> Bei der überwiegenden Anzahl der von den Bundesländern zur Verfügung gestellten Fallbeispiele handelte es sich um LHKW-Verunreinigungen. Zwar sind auch Grundwasserschäden mit anderen Leitschadstoffen in die Auswertung einbezogen worden, die numerisch orientierten Auswerteergebnisse sind aber wegen der geringen Fallzahl statistisch nicht abgesichert.<sup>3</sup> Daher konzentriert sich der Leitfaden in seinen fachtechnischen Hinweisen auf die Behandlung von LHKW-Schadensfällen. Die grundlegenden Bearbeitungshinweise gelten jedoch auch für andere Schadensfälle.

Die zweite Erkenntnisquelle des vorliegenden Leitfadens ist die im Rahmen des Forschungsvorhabens durchgeführte Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen für die Behandlung von Grundwasserschäden.<sup>4</sup> In der Analyse werden die rechtlichen Maßstäbe für die Bewertung von Grundwasserschäden und für Entscheidungen zu ihrer Sanierung entwickelt. Der Leitfaden greift die in der Analyse entwickelte Bewertungs- und Entscheidungsprozedur aus der behördlichen Perspektive auf und verknüpft die rechtlichen Maßstäbe mit den Auswertungsergebnissen des empirischen Teils des Forschungsvorhabens. Bei jedem Bearbeitungsschritt werden zunächst die aus rechtlicher und fachlicher Sicht sich stellenden Bewertungsaufgaben und die zu entscheidenden Fragen dargestellt. Aufbauend hierauf werden Bearbeitungshinweise gegeben, die aus den Ergebnissen der Auswertung generiert worden sind.

Der inhaltliche Rahmen des Leitfadens ist durch das Thema des Forschungsvorhabens und durch die in seinem (auch zeitlichen) Rahmen gesammelten Erkenntnisse begrenzt. Demgemäß bietet der Leitfaden Orientierungshilfen für die Bewertung und Sanierung von altlastenbedingten Grundwasserschäden. Die Bearbeitungshinweise, soweit sie aus den Auswerteergebnissen generiert worden sind, konzentrieren sich dabei auf LHKW-Schäden.

Allgemeine rechtliche und fachliche Standards, die keinen spezifischen Bezug zum Umgang mit Grundwasserschäden haben, bleiben außer Betracht. Dies gilt hinsichtlich der

---

<sup>1</sup> Siehe Ziff. ... des Endberichts „Kriterien zur bundeseinheitlichen Behandlung von Grundwasserschäden“ vom ... 2003.

<sup>2</sup> Vgl. Ziff. ... des Endberichts.

<sup>3</sup> Vgl. Ziff. ... des Endberichts.

<sup>4</sup> Vgl. Anhang 1 des Endberichts.

rechtlichen Anforderungen beispielsweise für die allgemeinen Vorschriften zur Durchführung von Sanierungsuntersuchungen und zu den Voraussetzungen für die Durchsetzung von Sanierungspflichten gegenüber dem Verantwortlichen. Insoweit wird auf die einschlägigen Vorschriften – insbesondere des Bodenschutzrechts – und auf das rechtswissenschaftliche Schrifttum verwiesen. Hinsichtlich der allgemeinen fachlichen Standards bei der Altlastenbearbeitung wird auf die BBodSchV und auf die einschlägigen Veröffentlichungen der ingenieurtechnischen Fachverbände – insbesondere des ITVA – sowie auf verschiedene Schriften verwiesen, die von den Bundesländern veröffentlicht worden sind.

Die in diesem Leitfaden dargestellten Kriterien und die Bearbeitungshinweise beziehen sich unmittelbar nur auf Grundwasserschäden. Sofern aus dem Boden oder der ungesättigten Zone noch Schadstoffe in das Grundwasser nachgeliefert werden, muss dieser Umstand jedoch bei der Entscheidung über die Sanierung des Grundwasserschadens berücksichtigt werden. Zur Vorbereitung der Entscheidung ist dann ein Sanierungskonzept notwendig, das nicht nur die Sanierung des Grundwasserschadens, sondern auch die noch vorhandenen Boden- oder auch Bodenluftkontaminationen behandelt. Sanierungserfordernisse, -ziele und -maßnahmen im Bereich des Bodens sind allerdings nicht Gegenstand des Forschungsvorhabens und dieses Leitfadens. Auf Altlasten und schädliche Bodenveränderungen, die andauernden Einfluss auf vorhandene Grundwasserschäden haben, wird aber im Rahmen des Bewertungs- und Entscheidungsprozesses für die Behandlung von Grundwasserschäden – und deshalb auch im Rahmen dieses Leitfadens – an verschiedenen Stellen eingegangen.

**Der Leitfaden stellt einen zwischen den Umweltkompartimenten Boden-Wasser-Luft integrierenden Ansatz der Bewertung von Grundwasserschäden vor, der von der Gefahrenbewertung über die Sanierungsplanung, die Sanierungsdurchführung bis zur Beendigung einer Sanierung und zur Nachsorge Hilfestellung für fachlich fundierte und rechtssichere Entscheidungen über das ob, das wie, den Fortgang, ggf. erforderliche Modifikationen und das Ende einer Sanierungsmaßnahme im Grundwasser gibt.**

## II. Methodik

### 1. Ansatz von Schadstoffpotenzialen

Ein Grundwasserschaden liegt vor, wenn ein räumlich begrenzter Grundwasserkörper mit einer Schadstoffmenge beaufschlagt wurde, die im Grundwasser als Geringfügigkeitsschwellen übersteigende Konzentration messbar wird.

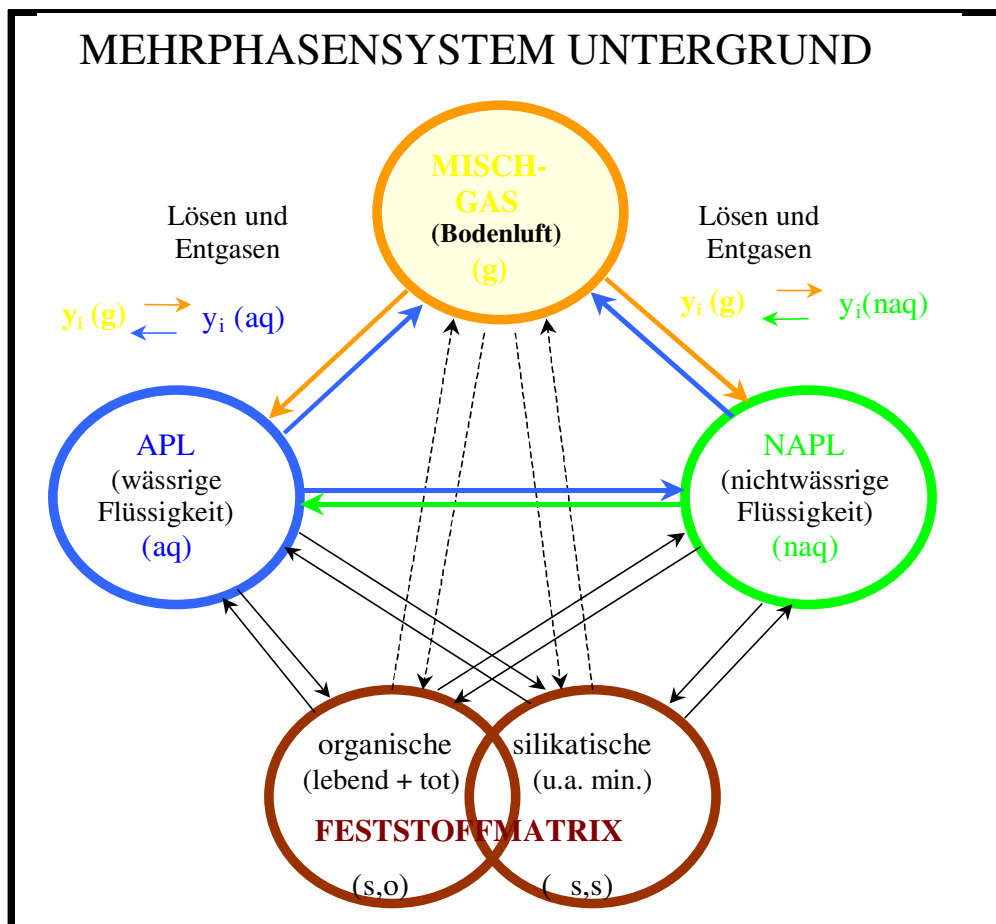
Diese „Beaufschlagung“ des Grundwasserkörpers ist ein differenziert zu betrachtender Vorgang, der die schadstofftypischen Wechselwirkungen im Dreiphasensystem Boden-Grundwasser-Bodenluft zu berücksichtigen hat.

Die gesamte dem Schadensbild Boden-Wasser-Luft als Ursache zugrundeliegende Schadstoffmenge, im weiteren als Eintragspotenzial bezeichnet, verteilt sich in einem dynamischen Prozess auf die Kompartimente Boden, Grundwasser und Bodenluft.

Dieser Verteilungsprozess wird neben den schadstoffspezifischen Faktoren (z.B. Löslichkeit, Dampfdruck) durch natürliche Faktoren (bodenphysikalisch/-chemische Kenn-

werte, Grundwasserdynamik/-chemismus u. s. w) sowie im Sanierungsfall durch gezielte Maßnahmewirkungen beeinflusst.

Für jeden Schadensfall lässt sich im Sinne einer Bilanzierung die Verteilung des Eintragspotenzials auf Boden, Grundwasser und Bodenluft postulieren. Dies ist jeweils für einen bestimmten Zeitpunkt der Betrachtung möglich. Im Vergleich dieser Potenzialansätze für verschiedene Zeitpunkte ergeben sich Potenzialveränderungen, die auf Potenzialströme zurückzuführen sind. Dabei gibt es Potentialströme sowohl innerhalb des Kompartimentes als auch zwischen den Kompartimenten.



**Abb. 1** Untergliederung des Mehrstoffsystems Untergrund in fünf Teilsysteme (Kompartimente) mit Kennzeichnung ihrer stofflichen Wechselwirkungen ( $y_i$  – 1 mol des Stoffes  $i$ )

Innerhalb der Kompartimente Boden, Grundwasser und Bodenluft ist das jeweilige Schadstoffpotenzial wiederum zu differenzieren.

Für den Boden ergibt sich zunächst die Grobunterteilung in gesättigte und ungesättigte Bodenzone, wobei hier Dynamik der Grundwasserstände zu berücksichtigen ist.

Im Grundwasser, dem an dieser Stelle das Hauptinteresse gilt, sollen alle wesentlichen Potenzialströme beispielhaft aufgezeigt werden:

Im betroffenen, geometrisch begrenzt angenommenen Grundwasserkörper (Grundwasserleiter und gesättigte Bodenzone) können folgende wesentliche Potenzialanteile unterschieden werden:

- mobiles Potenzial im Grundwasser
- adsorptiv gebundenes Potenzial an der Bodenmatrix
- überströmte Phasenbereiche im gesättigten Bereich

Wechselwirkungen zwischen diesen Potenzialanteilen sind zu berücksichtigen.

In Bezug auf die Belastung des Grundwasserkörpers ergeben sich folgende relevante Potenzialströme, die in einer Bilanzierung zu betrachten sind und auf die oben benannten Potenzialanteile wirken (+: Zuwachs, -: Minderung):

- + Einträge aus Sickerwässern / über die Grundwasserneubildung
- + Zustrom belasteter Grundwässer
- + Desorption vom Bodenkorn der gesättigten Zone
- – Adsorption am Bodenkorn der gesättigten Zone
- + Schadstoffaustrag aus überströmten Phasenbereichen
- – Schadstoffaustrag durch Ausgasung
- – Schadstoffreduzierung durch biologischen Abbau
- + Schadstoffzunahme durch biologischen Abbau (Abbauprodukte)
- – Ausgasung in die Bodenluft
- – Schadstoffaustrag mit dem Abstrom belasteter Grundwässer
- – Potenzialentnahme durch Sicherung/Sanierung

Unter Nutzung dieses Betrachtungsmodells lassen sich über Schadstoffpotenziale und Potenzialströme („Frachten“) alle Problemstellungen der Gefahrenbewertung, der Sanierungsplanung, -durchführung und Erfolgskontrolle typisiert darstellen und einer vergleichenden Bewertung von Schadensfallkonstellationen zugänglich machen. Dabei ist aufzuzeigen, wie die jeweiligen falltypischen Randbedingungen auf Potenzialverteilung und Potenzialströme wirken.

## 2. Gefahrenbeurteilung und Potenzialstrom

Grundlage für die Bewertung einer von einem Grundwasserschaden ausgehenden Gefahr ist die Ermittlung und Prognose des Potenzialstromes, der zu einem Schutzgut gelangen kann. Hierfür stehen 2 Hilfsmittel zur Verfügung:

- Messtechnische Ermittlung des Potenzialstromes an vorgegeben Bilanzgrenzen
- Prognose der weiteren Ausbreitung des Potenzialstromes bis zum Schutzgut.

Auf der Basis des Potenzialstromes kann die zu erwartende Belastung des Schutzgutes ermittelt und im Weiteren bewertet werden.

## 3. Sanierungszielwerte, Potenzialstrom und Potenzial

### 3.1 Beseitigung von Grundwasserschäden

Beseitigung eines Grundwasserschadens bedeutet, dass die Schadstoffbelastung des Grundwassers unter die standortkonkreten Geringfügigkeitsschwellenwerte reduziert wird. Gemäß der o.g. Ausführungen bedeutet das, dass unter Beachtung der Potenzialströme eine Reduzierung des Schadstoffpotenzials in vorgegebenen Grundwasserbeurteilungsbereichen unterhalb des sich aus den standortkonkreten Gefahrenschwellenwerte ergebenden Schadstoffpotentials erreicht werden muss. Der erforderliche Bezug auf Grundwasserbeurteilungsbereichen ergibt sich dabei schon allein aus der Tatsache, dass eine messtechnische Erfassung einer Grundwasserbelastung nur punktuell durchgeführt werden kann.

Wesentlich ist, dass bei der Bewertung die einzelnen Potenzialströme berücksichtigt werden. Von besonderer Bedeutung für das Schadstoffpotenzials im Grundwassers sind dabei einerseits Abbauprozesse, andererseits ein Schadstoffzustrom aus den anderen Kompartimenten.

### 3.2 Beseitigung der vom Grundwasserschaden ausgehenden Gefahren

Im Umkehrschluss zu den Ausführungen unter Punkt 2. kann aus der maximal zulässigen Zusatzbelastung des Schutzgutes der zulässige Potenzialstrom an einer Bilanzgrenze bestimmt werden. Dieser Potenzialstrom wäre unter Abzug erforderlicher Sicherheitsabstände der Sanierungszielwert in Bezug auf das betrachtete Schutzgut an der Bilanzgrenze und somit die Sanierungsvorgabe für eine Sicherungsmaßnahme.

Im Weiteren kann der zulässige Potentialstrom an einer Bilanzgrenze in ein zulässiges Restpotenzial des Grundwasserschadens umgerechnet werden. Dieses Restpotential wäre das Sanierungsziel für eine Teildekontamination des Grundwasserschadens in Bezug auf eine Verhinderung von Gefahren in Bezug auf das betrachtete Schutzgut.

## 4. Dekontaminationsmaßnahmen und Schadstoffpotenzial

Dekontamination bedeutet immer Potenzialreduzierung, wobei die Maßnahme zumeist auf Potenziale in einzelnen Kompartimenten abzielt. Die Potenzialreduzierung kann z.B. in-situ durch die Stimulierung des natürlichen Schadstoffabbaus geschehen (ENA) oder aber, wie in den meisten Fällen, durch hydraulische Entnahme schadstoffbelasteter Wässer.

Hydraulische Sanierungsverfahren erlauben eine präzise Ausweisung des entnommenen Schadstoffpotenzials. Dieser Bilanzstrom stellt in Relation zum mobilen Potenzial im Schadensbereich (der einer hydraulischen Maßnahme zugänglich ist) sowie dem Konzentrationsrückgang im Grundwasser (der den dortigen Potenzialrückgang beschreibt) vor dem Hintergrund des tolerierten Restpotenzials (Sanierungsziel) die wesentliche Information zum Thema Effizienz des Sanierungsverfahrens und Sanierungserfolg dar.

## 5. Sanierungserfolg

Übliche Praxis ist es, den Sanierungserfolg über die Unterschreitung festgelegter Werte der Schadstoffkonzentration im Grundwasser innerhalb einer Sanierungszone zu definieren. Es werden also die Ergebnisse chemischer Analysen von Grundwasserproben, die

an Messorten innerhalb der Sanierungszone gewonnen werden, zur Beurteilung herangezogen.

Diese Herangehensweise ist in 2 Fällen zweckmäßig:

- Das Sanierungsziel ist eine Beseitigung oder Reduzierung des Grundwasserschadens. Der Sanierungszielwert ist somit durch die Restbelastung vorgegeben, die für den Schadensbereich nach der Sanierung hingenommen werden kann.
- Das Sanierungsziel besteht in der Verhinderung weitergehender Gefahren, die vom Grundwasserschaden ausgehen. Über eine Rückwärtsrechnung ist das zulässige Schadstoffpotenzial und daraus die zulässige Grundwasserbelastung ermittelt worden, ab der gewährleistet ist, dass vom Schadensbereich keine Gefahren mehr für andere Schutzgüter ausgehen.

Besteht das Sanierungsziel in der Verhinderung vom Grundwasserschaden ausgehender weitergehender Gefahren für andere Schutzgüter, so bestimmt sich der Sanierungserfolg zunächst danach, dass eine Überschreitung der Gefahrenschwellenwerte an diesen Schutzgütern verhindert wird. Um einen hinreichenden Sicherheitsabstand zu haben, wird der Sanierungserfolg in der Regel an Bilanzgrenzen festgemacht, die auf dem Transferpfad zwischen Grundwasserschaden und Schutzgut liegen. An dieser Bilanzgrenze darf der Potenzialstrom einen zuvor ermittelten Wert nicht überschreiten. Der Potenzialstrom kann an der Bilanzgrenze wiederum auf Grundwasserbelastungswerte umgerechnet werden.

Die messtechnische Überprüfung des Sanierungserfolges benötigt Messorte und -verfahren, die den. o. g. Ansätzen entsprechen.

### III. Untersuchung und Bewertung von Grundwasserschadensfällen

Die Untersuchung, Bewertung und Sanierung von altlastenbedingten Grundwasserschäden ist im BBodSchG geregelt.<sup>5</sup> Hinsichtlich der Sanierungsanforderungen verweist das Gesetz auf das Wasserrecht (§ 4 Abs. 4 Satz 3 BBodSchG). Bei der Untersuchung und Bewertung wie bei allen weiteren Bearbeitungsschritten ist eine differenzierte Schutzgutbetrachtung vorzunehmen. Insbesondere ist zu unterscheiden zwischen dem geschädigten Grundwasser einerseits und den von ihm gegebenenfalls ausgehenden Gefährdungen für weitere Rechtsgüter andererseits.<sup>6</sup>

#### 1. Grundwasserschadenszone

Ausgangspunkt für Sanierungsentscheidungen im Zusammenhang mit altlastenbedingten Schadstoffbelastungen des Grundwassers ist das Vorliegen einer „Gewässerverunreinigung“ i.S.d. § 4 Abs. 3 Satz 1 BBodSchG. Anstelle des Begriffs „Grundwasserverunreinigung“ wird hier der auch im Wasserrecht gebräuchliche Begriff „Grundwasserschaden“ verwendet.

---

<sup>5</sup> Rechtliche Analyse, B I.

<sup>6</sup> Rechtliche Analyse, C. I.

## a) Rechtliche Maßstäbe

Die Beurteilung von Grundwasserschäden richtet sich nach wasserrechtlichen Maßstäben. Danach erfolgt die Beurteilung von Schadstoffbelastungen im Grundwasser nach Maßgabe von Geringfügigkeitsschwellen. Die Geringfügigkeitsschwelle wird definiert als Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten im unmittelbar betroffenen Grundwasser keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten und außerdem die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleitete Werte eingehalten werden.<sup>7</sup> Wird die Geringfügigkeitsschwelle überschritten, so ist die Beeinträchtigung nicht geringfügig. Es liegt ein Grundwasserschaden vor. Bei der Anwendung der Geringfügigkeitsschwellen ist die geogen bedingte Hintergrundsituation der jeweiligen Grundwasserregion zu berücksichtigen. Überschreiten die regionalen geogenen Hintergrundwerte im Grundwasser bereits die Geringfügigkeitsschwelle, so können von den Behörden höhere Werte festgelegt werden.

Soweit für Schadstoffe Sickerwasserprüfwerte in der BBodSchV für den Pfad Boden-Grundwasser (Anhang 2 Nr. 3.1) festgelegt sind, werden diese als Geringfügigkeitsschwellen für die Beurteilung von Schadstoffbelastungen im Grundwasser herangezogen. Von den Prüfwerten der BBodSchV abgesehen, existieren derzeit keine einheitlichen, dem aktuellen Erkenntnisstand wie der Rechtslage entsprechenden Geringfügigkeitsschwellen. In den Bundesländern finden z. T. unterschiedliche Werte Anwendung. Derzeit werden die früheren Empfehlungen und Entwürfe für Schriften der LAWA und anderer Gremien überarbeitet. Insbesondere sollen die Geringfügigkeitsschwellen mit den Prüfwerten der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser harmonisiert, aber auch Geringfügigkeitsschwellen für weitere Schadstoffe bestimmt werden. Ein entsprechender Entwurf der LAWA liegt vor und wird gegenwärtig diskutiert.

## b) Erkundung des Grundwasserschadens

Beim gegenwärtigen Sach- und Kenntnisstand ist es erforderlich, für jeden Bewertungsraum unter Beachtung der konkreten Standortverhältnisse spezifische Grundwasserbeurteilungswerte festzulegen. Als Bewertungshilfsmittel stehen insbesondere die Prüfwerte der BBodSchV sowie die Geringfügigkeitsschwellen der LAWA zur Verfügung. Im Rahmen der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie werden Vorgaben für den guten Zustand des Grundwassers erarbeitet werden. Auch nach diesen Vorgaben werden Standortgegebenheiten in Bezug auf geogene Vorbelastungen zu berücksichtigen sein.

Die Ermittlung der Ausdehnung eines Grundwasserschadens ist stets als Momentaufnahme in einem dynamischen Prozess des von zahlreichen Faktoren beeinflussten Schadstofftransports zu sehen. Prinzipiell genügt für die Feststellung eines Grundwasserschadens die exemplarisch zu einem belie-

---

<sup>7</sup> Rechtliche Analyse, C. II.



bigen Zeitpunkt festgestellte Überschreitung von festgelegten Geringfügigkeitsschwellen beliebiger Umweltschadstoffe an mindestens einem Messort.

Ist ein Grundwasserschaden festgestellt, ist im nächsten Schritt der Grundwasserschadensbereich abzugrenzen. Hierbei handelt es sich zunächst um eine statische Messaufgabe, d.h. die Ermittlung der Ausdehnung des Grundwasserschadens zum Bewertungszeitpunkt. Der Grundwasserschaden ist dabei sowohl horizontal als auch vertikal über alle betroffenen Grundwasserleiter abzugrenzen.

Die Erkundung der Ausdehnung eines Grundwasserschadens ist in der Regel ein iterativer Prozess. Eine systematische Herangehensweise ermöglicht es dabei, die Schadensabgrenzung zuverlässig und mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand durchzuführen. Die Schadenserkundung hat dabei zwei Aufgaben:

- die Ermittlung der Grenzen des Schadensbereiches;
- die Charakterisierung des Schadensbereiches. Hierzu sind für den zu bewertenden Schadensbereich Zonen auszuweisen (zu „kartieren“), in denen bestimmte Überschreitungsgrößenordnungen der Geringfügigkeitsschwellen betroffener Schadstoffe vorliegen.

Für die Ermittlung der randlichen Begrenzung sind Daten am vermutlichen Rand des Grundwasserschadens zu erheben. Für die Kartierung der Zonen von Überschreitungsgrößenordnungen sind Daten im mutmaßlichen Schadensbereich zu erheben (Probenahme und chemische Analytik).

Grundlage für die Erstellung eines Untersuchungsprogramms sollten insbesondere folgende Informationen sein:

- Recherche vorhandener GWMS
- Recherche vorhandene Gütedaten incl. der zugehörigen Probenahmebedingungen
- Bekannte oder vermutete Schadstoffeintragsbereiche
- Hydrogeologische Strukturen im potentiellen Schadensgebiet (Grundwasserleiter und -stauer, Grundwasserfließrichtungen)
- Bekannte oder vermutete Schadstoffpalette.

Im ersten Bearbeitungsschritt sind die vorhandenen Untersuchungsergebnisse zu prüfen und zu bewerten. Hierzu gehören insbesondere folgende Arbeitsschritte:

- Eignungsprüfung der vorhandenen GWMS für Gütemessungen
- Qualitätsprüfung der vorliegenden Gütedaten.

Diesem Bearbeitungsschritt kommt eine entscheidende Bedeutung zu. Die Sanierungspraxis zeigt, dass häufig Sanierungsentscheidungen auf der Grundlage nicht hinreichend belastbarer Gütedaten gefällt werden. Die Folge

sind entsprechende Fehlentscheidungen, die zu Mehrausgaben führen, die den Erkundungsumfang um ein Vielfaches übersteigen.

Im nächsten Bearbeitungsschritt ist eine Modellvorstellung zum Grundwasserschaden zu entwickeln. Basis sind vor allem die in Frage kommenden Schadstoffe incl. deren Eintragspotential und Ausbreitungsverhalten sowie die möglichen Ausbreitungsverhältnisse im Untergrund. Auf dieser Basis ist ein Modell zur Ausbreitung des Grundwasserschadens zu erstellen. In Unter-  
setzung dieses Modells sind die Erkundungen zur Beschreibung des Grundwasserschadens abzuleiten. Die Erkundungen müssen dabei einerseits auf die Beschreibung des Grundwasserschadens gerichtet sein, andererseits auf eine Absicherung der Modellannahmen. Das gilt insbesondere in Bezug auf die Annahmen zu den Ausbreitungsverhältnissen.

#### *Umfang der Erst-Untersuchung*

Ergänzung des Grundwassermessstellennetzes auf folgenden Ausbaustand je identifiziertem potenziell belasteten Grundwasserleiter (GWL)

- mindestens eine Anstrommessstelle
- mindestens zwei Messstellen im Eintragsbereich
- mindestens drei Messstellen im Abstrom, wobei diese in Strömungsrichtung in der vermuteten Abstromfahne zu errichten sind.

Die Errichtung der GWMS hat so zu erfolgen, dass sofort Informationen für das aufzubauende geologische Strukturmodell gewonnen werden können. Weiterhin sind bei der Errichtung Informationen zum Strukturmodell zu gewinnen. Das beginnt bei der qualitätsgerechten Aufnahme der Schichtenverzeichnis und reicht bis zur Gewinnung von Aussagen zum  $k_f$ -Wert sowie zu bodenmechanischen/-chemischen Kenngrößen (Porenraum, Nutzporenraum,  $C_{org.}$ ).

Bezüglich des Analytikumfanges sollte grundsätzlich ein Screening durchgeführt werden. Nur bei hinreichend sicherem Kenntnisstand zum Schadstoffspektrum kann auf ein Screening verzichtet werden, und es sind sofort geeignete Leitschadstoffe auszuwählen.

Bei der Festlegung des Ausbaus der GWMS (Lage der Filterstrecken) ist die jeweilige Wichte und die vermutete Höhe des Schadstoffeintrages zu berücksichtigen. Ist ein Eintrag von schweren Schadstoffen in so erheblichen Mengen zu erwarten, dass eine dichteabhängige Vertikalströmung zu erwarten ist, so ist ein Ausbau der Filterstrecke über dem Stauer durchzuführen. Das gilt jedoch nicht grundsätzlich, ein Eintrag von schweren Schadstoffen in geringen Mengen führt zu keiner relevanten dichteabhängigen Vertikalströmung.

Die Arbeiten zur Erkundung des Grundwasserschadens sind im Weiteren stufenweise fortzuführen, bis eine hinreichende Sicherheit erreicht worden ist. Zur Absicherung der Fahnenermittlung sind dabei im nächsten Schritt GWMS senkrecht zur Fahnenausbreitung zu errichten, um abzusichern, dass die Abstromfahne auch sicher ermittelt worden ist.

Ein wesentliches Hilfsmittel für eine sichere Beschreibung des Grundwasserschadens ist ein Grundwassermodell. Das Modell ist dabei Planungshilfsmittel für die richtige Positionierung der GWMS sowie der Filterstrecken. Eine Vielzahl von Beispielen zeigen, dass eine unzureichende Erkundung des Grundwasserschadens vor allem zu Unterschätzungen eines Schadensfalls führt.

c) Klassifizierung von Schadenszonen

Neben der Erkundung der Ausdehnung des Grundwasserschadens kommt der Beschreibung des Grundwasserschadensbereiches eine erhebliche Bedeutung zu. Das bezieht sich sowohl auf die Grundwasserbelastung als auch auf die Beschreibung der gesättigten Bodenzone. Die Daten werden zunächst benötigt, um das Schadstoffpotenzial zu ermitteln. Weiterhin kann auf dieser Basis der Grad der Schädigung dargestellt werden, was für die weitere Entscheidungsfindung erforderlich ist.

Für die Beschreibung der Belastungsverteilung im Schadensbereich hat sich die Darstellung der maximalen Überschreitungshäufigkeiten von Geringfügigkeitsschwellen in logarithmischer Stufung getrennt für die hydrogeologisch relevanten Grundwasserleiter und ggf. Geringleiter als zweckmäßig erwiesen. Als Stufen werden demgemäß 10-, 100-, 1000-, 10.000-fache Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellen kartiert.

Parallel sollte ausgewiesen werden, welche Schadstoffe die jeweilige Überschreitungsklasse örtlich bestimmen.

Ebenfalls auszuweisen sind Datenlücken. Eine rein automatisierte, rechnergestützte Interpolation zur Ermittlung der Überschreitungsklassengrenzen ist unbedingt zu vermeiden.

Die Darstellung ist getrennt für Grundwasserleiterkomplexe vorzunehmen. Grundwasserleiterkomplexe sind dabei nach den Grundwasserfließverhältnissen und hydraulischen Wirksamkeiten und nicht allein nach der geologischen Ansprache vorzunehmen. Ein GWL-Komplex ist dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb dieses Komplexes eine Schadstoffausbreitung erfolgen kann.

Neben der Beschreibung des Grundwasserschadens ist auch die Beschreibung der gesättigten Bodenzone notwendig. Besonderes Augenmerk ist dabei dem Vorhandensein aufschwimmender oder überströmter Phasenbereiche zu widmen. Derartige Phasenbereiche stellen in der Regel ein solches Potential für einen weiteren Potenzialstrom in das Grundwasser dar, dass sie erheblich für die Sanierungsentscheidung sind. Insbesondere bei den GWMS, die im Schadensbereich errichtet werden, sind somit derartige Informationen mit zu gewinnen.

## 2. Vom Grundwasserschaden ausgehende Gefahren

### a) Rechtliche Maßstäbe

Verunreinigtes Grundwasser kann Schadensherd für bisher unbelastetes oder für geringer belastetes Grundwasser sein. Der Grundwasserschadensbereich wird anhand der Geringfügigkeitsschwellen vom unbelasteten oder nur geringfügig belasteten Bereich abgegrenzt. Die Geringfügigkeitsschwelle ist zugleich das Kriterium dafür, ob vom Grundwasserschaden eine Gefahr für an ihn angrenzende Grundwasserzonen vorliegt: Wenn zu besorgen ist, dass durch abströmendes Grundwasser aus dem Schadensbereich eine Überschreitung von Geringfügigkeitsschwellen in angrenzenden, unbelasteten oder nur geringfügig belasteten Grundwasserzonen entsteht, liegt eine Gefahr für diese Zonen vor. Nach dem wasserrechtlichen Besorgnisgrundsatz ist ein strenger Prognosemaßstab an die Gefährdungsabschätzung anzulegen: Eine Gefahr für das Grundwasser ist schon dann zu besorgen, wenn die Möglichkeit eines entsprechenden Schadenseintritts nach den gegebenen Umständen und im Rahmen einer sachlich vertretbaren, auf konkreten Feststellungen beruhenden Prognose nicht von der Hand zu weisen ist.

Auch bereits geschädigtes Grundwasser – in dem also Geringfügigkeitsschwellen überschritten sind – ist schutzwürdig im Hinblick auf die Vermeidung einer weiteren Verschlechterung durch erhebliche zusätzliche Schadstoffeinträge. Zur Ermittlung der Gefährdungslage ist es zweckmäßig, gering belastete Grundwasserzonen von höher oder hoch belasteten anhand der Überschreitung des Vielfachen der Geringfügigkeitsschwellen abzugrenzen [siehe oben, 1. c)].

Je nach den Umständen des Einzelfalls können von einem Grundwasserschaden auch andere Schutzgüter gefährdet sein. Gefährdungen können auftreten für Schutzgüter im Schadensbereich, im Grundwasserschwankungsbereich oder im Abstrom. Beispielsweise kann im Einzelfall die menschliche Gesundheit durch ausgasende Schadstoffe oder bei einer Nutzung des kontaminierten Grundwassers gefährdet sein. Ferner können – neben dem Grundwasser – auch andere Schutzgüter im Abstrom des Schadensbereichs gefährdet sein, beispielsweise Landökosysteme. Ob von dem Grundwasserschaden Gefahren für solche Schutzgüter im Schadensbereich oder im Abstrom ausgehen, ist anhand einer Gefahrenprognose zu beurteilen, wie sie auch sonst im Umwelt- und Ordnungsrecht üblich ist.<sup>8</sup>

### b) Ermittlung von Gefahren im Abstrom der Schadenszone

Grundlage für die Bewertung einer von einem Grundwasserschaden ausgehenden Gefahr ist die Ermittlung und Prognose des Potenzialstromes, der zu einem Schutzgut gelangen kann. Hierfür stehen zwei Hilfsmittel zur Verfügung:

---

<sup>8</sup> Vgl. *Denninger*, in: Handbuch des Polizeirechts, 3. Aufl. 2001, E. Rn. 29 ff.

- Messtechnische Ermittlung des Potenzialstromes an vorgegeben Bilanzgrenzen
- Prognose der weiteren Ausbreitung des Potenzialstromes bis zum Schutzgut.

Auf der Basis des Potenzialstromes kann die zu erwartende Belastung des Schutzgutes ermittelt und im Weiteren bewertet werden.

Die Ermittlung der zu untersuchenden „Abstromzone“ erfordert die weitergehende Interpretation der hydrologischen und hydrogeologischen Situation über den direkten Schadensbereich hinaus. Hierfür sind die GW-Modellvorstellungen über den Schadensbereich hinaus mindestens bis zu den potentiell betroffenen Schutzgütern hin weiter zu entwickeln. Vorfluter begrenzen regelmäßig die Abstromrichtung allerdings nur, wenn es sich wirklich um vollkommene Vorfluter handelt und keine Schadstoffunterströmung möglich ist.

Für die messtechnische Ermittlung des Potenzialstromes im belasteten GW-Abstrombereich gelten sinngemäß die Empfehlungen zur Untersuchung der Ausdehnung des Grundwasserschadens. Für den weiteren Schadstofftransport sind Prognosen erforderlich.

Zu den Prognosehilfsmitteln – insbesondere zur Bestimmung von Prioritätskontaminanten wird umfassend im Bericht zum BMBF-Vorhaben „Schadstoffaustragsverhalten von Chemiealtablagerungen am Beispiel der Deponie Grube Antonie“<sup>9</sup> Stellung bezogen, auf den hier verwiesen werden soll.

Die Prognose bezieht sich sowohl auf das „ob“ als auch auf das „wann“ einer Gefährdung einzelner Schutzgüter. Diese Prognose ist Grundlage für die Bestimmung ggf. erforderlicher temporärer Sicherungs-, Schutz- oder Beschränkungsmaßnahmen.

#### Bewertung von Gefahren für das im Abstrom liegende Grundwasser

Die Bewertung von Gefährdungen des im Abstrom liegenden Grundwassers erfolgt nach denselben Kriterien, die für die Beurteilung des GW-Schadens gelten. Erhöhte Anforderungen können sich im Falle von speziellen Nutzungen des GW ergeben, diese sind im Vorfeld zu recherchieren. In aller Regel kann aber davon ausgegangen werden, dass keine Gefahren für das im Abstrom liegende Grundwasser zu besorgen sind, wenn dort die Geringfügigkeitsschwellen aller Voraussicht nach eingehalten werden.

#### Bewertung von Gefahren für sonstige im GW-Abstrom liegende Schutzgüter

Auf der Basis des Kenntnisstandes zum GW-Schadensbereich sowie der vermuteten Ausbreitungsrichtungen sind zunächst die potentiell betroffenen

---

<sup>9</sup> Schadstoffaustragsverhalten von Chemiealtablagerungen am Beispiel der Deponie Grube Antonie, BMBF-Forschungsvorhaben, FKZ-Nr.

Schutzgüter im GW-Abstrom zu ermitteln. Für diese Schutzgüter sind die Gefahrenschwellenwerte für die relevanten Schadstoffe zu bestimmen.

Zur Beschreibung einer möglichen Ausbreitung der Schadstoffe aus dem Grundwasserschadensbereich zu den relevanten Schutzgütern sind entsprechende Modelle zu erarbeiten, auf deren Basis eine Prognose einer möglichen Belastung abgeleitet wird. Durch entsprechende Erkundungsarbeiten sind die Modellvorstellungen so weit abzusichern, dass eine hinreichend sichere Prognose abgegeben werden kann.

### III. Entscheidung über die Durchführung temporärer Sicherungs-, Schutz- und/oder Beschränkungsmaßnahmen

Die Sanierung von Grundwasserschäden nimmt in der Regel einen erheblichen Zeitraum in Anspruch. Vor allem Dekontaminationsmaßnahmen bringen häufig erst nach Jahren oder gar Jahrzehnten einen spürbaren Entlastungseffekt im Hinblick auf das Schadens- wie das Gefahrenpotenzial. Je nach dem Ergebnis der Gefährdungsabschätzung (II. 2.) ist zu prüfen, ob zur Beseitigung von Gefahren rasch wirkende Maßnahmen zu ergreifen sind. Insbesondere gilt dies, wenn die Behörde Anhaltspunkte für eine akute Gefahr für hochwertige Rechtsgüter – beispielsweise die menschliche Gesundheit – hat. Je nach den Umständen des Einzelfalls kann auch das Ergebnis der Gefährdungsabschätzung nicht abgewartet werden, vielmehr muss unmittelbar gehandelt werden, wenn hinreichende Anhaltspunkte für solche Gefahren bestehen. Besondere Bedeutung haben ad-hoc-Maßnahmen bei sog. singulären Ereignissen (Havarien und Unfälle). Eine weitere Potenzialverlagerung muss dann nach Möglichkeit kurzfristig vermieden oder begrenzt werden.

Die Entscheidung über die Durchführung temporärer Sicherungs-, Schutz- und/oder Beschränkungsmaßnahmen wird insbesondere durch folgende Aspekte bestimmt:

- Sanierungsdauer bis zur nachhaltigen Beseitigung der jeweiligen Gefahr
- Schadstoffausbreitungsgeschwindigkeit
- Sicherheit der Ausbreitungsprognose
- Wertigkeit des gefährdeten Schutzgutes und Ausmaß seiner Gefährdung.

In Betracht kommen insbesondere temporäre Sicherungsmaßnahmen nach § 4 Abs. 3 Satz 2 i.V.m. § 2 Abs. 7 Nr. 2 BBodSchG und Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen nach § 4 Abs. 3 Satz 3 i.V.m. § 2 Abs. 8 BBodSchG (z. B. Nutzungsuntersagungen, Betretungsverbote, Absperrungen u. ä.).

Solche Maßnahmen können zunächst nur vorläufiger Natur sein. Sie müssen im Lichte des endgültigen Ergebnisses der Gefährdungsabschätzung, der Sanierungsuntersuchung und der behördlichen Entscheidung zur Durchführung von Sanierungsmaßnahmen (siehe nachfolgend IV. und V.) überprüft werden. Je nach dem Ergebnis dieser nachfolgenden Bearbeitungsschritte kann sich herausstellen, dass die temporären Maßnahmen fortgeführt werden können – entweder unter Verzicht auf eine Sanierungsmaßnahme oder flankierend zu einer Sanierungsmaßnahme, die im Rahmen der Ausübung des Auswahlermessens bestimmt wurde.

IV. Entschluss zur Durchführung von Maßnahmen (Ausübung des Entschließungsermessens)

Liegt nach Maßgabe der unter II. beschriebenen Kriterien ein Schaden oder eine Gefahr vor, so steht es nach den für Sanierungsentscheidungen bei altlastenbedingten Grundwasserschäden maßgeblichen Ermächtigungsgrundlagen im BBodSchG (§§ 10 Abs. 1, 16 Abs. 1 i.V.m. § 4 Abs. 3) im Ermessen der zuständigen Behörde, ob sie Maßnahmen zur Beseitigung des Schadens oder der Gefahr ergreift (Entschließungsermessens). Danach kann die zuständige Bodenschutzbehörde die notwendigen Maßnahmen zur Erfüllung der sich aus dem BBodSchG ergebenden Sanierungspflicht treffen.

Bei der Ausübung dieses Entschließungsermessens geht es um die grundsätzliche Weichenstellung, ob Maßnahmen getroffen werden oder ob der Grundwasserschaden – mit den gegebenenfalls von ihm ausgehenden Gefahren – sich selbst überlassen werden kann. § 4 Abs. 3 BBodSchG unterscheidet hinsichtlich der zu treffenden Maßnahmen zwischen Sanierungsmaßnahmen (Dekontamination, Sicherung) einerseits und Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen andererseits. Das Gesetz räumt Sanierungsmaßnahmen Vorrang vor Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen ein: Diese sind nur durchzuführen, soweit Sanierungsmaßnahmen nicht möglich oder unzumutbar sind (§ 4 Abs. 3 Satz 3 BBodSchG).

Die Behörde muss ihren Entschluss zur Durchführung von Sanierungsmaßnahmen an sachlichen Kriterien ausrichten. Ausgehend vom rechtlichen Schutzauftrag, der den Grundwasserschaden flächendeckend erfasst, sind Grundwasserschäden und -gefahren grundsätzlich nicht hinnehmbar.

Eine zusätzliche Richtschnur für die Ermessensausübung kann sich aus Erlassen und Verwaltungsvorschriften ergeben, in denen die Eingriffsschwelle konkretisiert wird. In der LAWA-Schrift „Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden“ (1994) werden Maßnahmenschwellenwerte angegeben, bei deren Überschreitung – soweit sie nicht geogen bedingt ist – in der Regel eine Sanierung des Grundwasserschadens erfolgen soll.<sup>10</sup> In den Bundesländern sind teilweise Vollzugshilfen und Empfehlungen veröffentlicht worden, die gleichfalls als Richtschnur für die Ausübung des Entschließungsermessens dienen können. Dies kann z. B. durch Angabe von Schadstoffkonzentrationen im Schadenszentrum bzw. im unmittelbaren Abstrom geschehen, bei deren Überschreiten in der Regel Maßnahmen bezüglich des Grundwassers ergriffen werden sollen.<sup>11</sup>

Bei dem Entschluss über die Durchführung von Maßnahmen ist auch zu berücksichtigen, ob der Grundwasserschaden noch im Einflussbereich einer Altlast oder Bodenkontamination stehen. Die Entscheidung über das „Ob“ der Sanierung des Grundwasserschadens ist dann sinnvoll nur zu treffen, wenn dies im Kontext mit der

<sup>10</sup> Diese LAWA-Empfehlung ist allerdings – insbesondere im Hinblick auf die Schwellenwerte – aktualisierungsbedürftig.

<sup>11</sup> Merkblatt Nr. 3.8/1 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft: „Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen – Wirkungspfad Boden-Gewässer“, S. 22 f.

Entscheidung zum Umgang bzw. der Sanierung der Schadensquelle (Altlast oder schädliche Bodenveränderung) erfolgt, z. B. im Rahmen eines übergreifenden Sanierungskonzepts. Dies entspricht auch dem eingangs dargestellten Potentialansatz.

Vor allem bei komplexen Schäden muss das Entschließungsermessen im zeitlichen Ablauf immer wieder ausgeübt werden. Liegen Anhaltspunkte dafür vor, dass von dem Schaden unmittelbare Gefahren für wesentliche Rechtsgüter drohen, so muss ggf. schon vor dem Abschluss einer Gefährdungsabschätzung und Untersuchung nach §§ 9, 13 BBodSchG (§§ 3, 4, 6 BBodSchV) entschieden werden, ob vorläufige Maßnahmen zur Gefahrenabwehr getroffen werden sollen (z. B. Sicherungsmaßnahmen, Unterbindung von Grundwassernutzungen etc., s. o., III.). Nach Abschluss der Gefährdungsabschätzung und ggf. Untersuchung ist zu entscheiden, ob Maßnahmen eingeleitet (bzw. die vorläufig eingeleiteten Maßnahmen fortgeführt) werden. Auch während der Sanierungsdurchführung können sich immer wieder neue Sachlagen oder Erkenntnisse ergeben, die erneut die Frage aufwerfen, ob die Sanierungsmaßnahmen unverändert fortgeführt, angepasst oder gar abgebrochen werden sollen (s. u., VII.).

#### V. Entscheidung über Art und Umfang von Maßnahmen („Auswahlermessen“)

Entschließt sich die Behörde zur Durchführung von Maßnahmen, so steht es in ihrem Ermessen, Art und Umfang der Maßnahmen nach den Umständen des Einzelfalls zu bestimmen (Auswahlermessen).

##### 1. Allgemeine Hinweise zur Vorgehensweise und zu den Ermessenskriterien

###### a) Weichenstellung: Sanierungsmaßnahmen – Schutz- oder Beschränkungsmaßnahmen

Das Ziel der Gefahrenabwehr bei Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und verunreinigten Gewässern wird in § 4 Abs. 3 Satz 1 BBodSchG allgemein dahin bestimmt, dass dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen.

Zur Verwirklichung dieses Ziels kommen nach § 4 Abs. 3 BBodSchG einerseits Sanierungsmaßnahmen, andererseits Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen in Betracht.

Im Rahmen der Ausübung des Auswahlermessens ist deshalb auch die Weichenstellung zu treffen, ob Sanierungsmaßnahmen oder Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen getroffen werden. § 4 Abs. 3 Satz 3 BBodSchG räumt Sanierungsmaßnahmen<sup>12</sup> Vorrang gegenüber sonstigen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen ein. Diese sind nur durchzuführen, soweit Sanierungsmaßnahmen nicht möglich oder unzumutbar sind. Es sind deshalb immer zunächst Sanierungsmaßnahmen in Erwägung zu ziehen und im Anschluss daran Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen.

---

<sup>12</sup> Zum Begriff siehe unten, c).



b) Bestimmung von Sanierungszielen und -zielwerten

Über die allgemeine Bestimmung der Ziele der Gefahrenabwehr in § 4 Abs. 3 BBodSchG hinaus lassen sich weder dem Bodenschutz- noch dem Wasserrecht konkrete Sanierungsziele oder gar einheitliche Sanierungszielwerte entnehmen, von denen ausgehend die erforderlichen Maßnahmen „abgeleitet“ werden könnten. Daher müssen die Sanierungsziele im Einzelfall konkretisiert werden.

Prinzipiell kann sich das Sanierungsziel auf die Beseitigung des Grundwasserschadens und/oder auf die Beseitigung der vom Grundwasserschaden ausgehenden Gefahren richten (siehe dazu auch oben, III.). Bei der Schadensbeseitigung geht es um die Wiederherstellung von Schutzgutfunktionen des Grundwassers. Bei der Gefahrenbeseitigung geht es um die Erhaltung von Schutzgutfunktionen der betroffenen Schutzgüter im Schadensbereich oder in seinem Abstrom.

Bezüglich der Festlegung von Sanierungszielen und Sanierungszielwerten ist Folgendes zu beachten:

- Es muss sorgsam unterschieden werden, ob als Sanierungsziel die Beseitigung des Schadens und/oder die Beseitigung der von ihm ggf. ausgehenden Gefahr verfolgt wird.
- Das Sanierungsziel muss möglichst konkret hinsichtlich der wiederherzustellenden oder zu erhaltenden Funktion des Schutzgutes und des Sanierungsniveaus (z. B. durch Sanierungszielwerte) bestimmt werden. Nur dann können Sanierungsablauf und -erfolg kontrolliert werden.
- Das Sanierungsziel hat eine zeitliche Komponente: Die Verwirklichung des Sanierungsziels kann in kürzerer oder längerer Frist (ggf. schrittweise) angestrebt werden.

c) In Betracht zu ziehende Sanierungsmaßnahmen

Als Sanierungsmaßnahmen für Grundwasserschäden kommen Dekontaminationsmaßnahmen und Sicherungsmaßnahmen in Betracht (vgl. § 2 Abs. 7 Nrn. 1. und 2. BBodSchG). Die Dekontamination eines Grundwasserschadens bedeutet, dass die Schadstoffe endgültig aus dem Grundwasser entfernt werden. Von einer vollständigen Dekontamination kann man sprechen, wenn nach der Sanierung die Geringfügigkeitsschwellen im ehemaligen Schadensbereich eingehalten oder unterschritten werden. Wird dieses Ziel nicht erreicht, aber gleichwohl eine spürbare Reduktion des Schadstoffpotenzials herbeigeführt, so spricht man von einer „Teildekontamination“. Die Dekontamination dient der Wiederherstellung der beeinträchtigten Funktionen der geschädigten Grundwasserressource sowie ggf. der Beseitigung der vom Grundwasserschaden ausgehenden Gefahren.

Die Sicherung dient dagegen ausschließlich der Beseitigung von Gefahren, indem die weitere Ausbreitung von Schadstoffen langfristig verhindert wird

(§ 4 Abs. 3 Satz 2 BBodSchG). Hierfür kommen verschiedene Verfahren zur Immobilisierung (hydraulische Maßnahmen, Einkapselung oder Einschließung u. ä.) in Betracht. Das Schadstoffpotenzial selbst verbleibt aber bei der Sicherung im Grundwasser, sofern es sich nicht auf natürlichem Wege abbaut.

Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen (§ 2 Abs. 8 BBodSchG) beseitigen im Unterschied zu Sanierungsmaßnahmen weder den vorhandenen Schaden, noch verhindern sie eine Ausbreitung der Schadstoffe. Sie sorgen lediglich dafür, dass gefährdete Schutzgüter nicht über das hinnehmbare Maß hinaus mit den Schadstoffen in Kontakt kommen (z. B. durch Nutzungsverbote und -beschränkungen, Absperrungen etc.).

Bezüglich der möglichen Maßnahmen und zugehörigen Ziele bestehen folgende grundsätzlichen Unterschiede:

<b>Maßnahme</b>	<b>Grundwasserschaden</b>	<b>Transferpfad</b>	<b>Betroffene Schutzgüter im Abstrom</b>
Dekontamination	Wird beseitigt	Wird nicht belastet	Werden geschützt, da Schadstoffpotenzial beseitigt
Sicherung	Bleibt bestehen	Wird unterbrochen	Werden durch Unterbrechung der Transferpfade geschützt
Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen	Bleibt bestehen	Bleibt bestehen	Werden durch Erweiterung Schutzbereich oder Reduzierung Schutzniveau geschützt

- d) Abgestufte Prüfung von Sanierungszielen, Sanierungszielwerten und Sanierungsmaßnahmen

Eine Entscheidung über das anzustrebende Sanierungsziel und den konkreten Sanierungszielwert kann erst getroffen werden, wenn die zu ihrer Verwirklichung in Betracht kommenden Maßnahmen untersucht worden sind.

Konkrete Sanierungsziele oder Sanierungszielwerte können am Anfang des Entscheidungsprozesses zunächst nur vorläufig aufgestellt werden, um sie anhand der verfügbaren Maßnahmenalternativen zu prüfen. Im Ergebnis der Maßnahmeprüfung kann sich herausstellen, dass einzelne Sanierungsziele und/oder Sanierungszielwerte entweder gar nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand erreicht werden können. In diesen Fällen macht sich eine Überprüfung und Neufestlegung der eingangs aufgestellten Sanierungsziele und/oder Sanierungszielwerte erforderlich. Die modifizierten Sanierungsziele/-zielwerte werden wiederum der Prüfung bezüglich geeigneter und angemessener Maßnahmen unterzogen.

Eine zwingende Abfolge dieser Prüfung gibt es aus rechtlicher Sicht nicht. Es empfiehlt sich aber, die Prüfung mit dem anspruchsvollsten Sanierungsziel zu beginnen. Das letztendlich angestrebte Sanierungsziel ist also schrittweise und „iterativ“ anhand der verfügbaren Maßnahmenalternativen und ihrer Bewertung unter Verhältnismäßigkeitsgesichtspunkten zu entwickeln.

Für die Beseitigung eines Grundwasserschadens kommen nur Dekontaminationsmaßnahmen in Frage [siehe Tabelle oben, am Ende von 1 c)]. Die vollständige Dekontamination verwirklicht die Sanierungsziele – Beseitigung des Grundwasserschadens und der von ihm ausgehenden Gefahren – umfassend und sollte deshalb an erster Stelle geprüft werden. Dies ist auch vor dem Hintergrund der künftigen Rechtslage nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie zu empfehlen. Diese verpflichtet die Mitgliedstaaten, grundsätzlich, alle Grundwasserkörper bis Ende 2015 in einen „guten Zustand“ zu bringen.

Die Sanierungspraxis zeigt, dass unter Berücksichtigung des Gesamtpotentials eine Beseitigung des Grundwasserschadens im Sinne einer Herstellung des ursprünglichen Zustandes nicht möglich ist. In der Sanierungspraxis werden deshalb als Zielvorgabe für die Schadensbeseitigung zumeist Sanierungsziele vorgegeben, die sich an allgemeinen Gewässergütekriterien orientieren. Zielstellung der EG-Wasserrahmenrichtlinie ist die Verwirklichung eines sog. „guten Zustandes“ des Grundwasserkörpers. In der Praxis werden Gütekriterien wie z. B. die Geringfügigkeitsschwellen der LAWA oder ähnliche Werte verwendet.<sup>13</sup> Die Geringfügigkeitsschwellen und vergleichbare Werte sind jedoch in der Praxis als Sanierungsziele weithin nicht erreichbar. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens zeigen, dass sich bei hydraulischen Sicherungsmaßnahmen für LHKW-Schäden der erreichbare Sanierungswert asymptotisch einem Wert nähert, der zumeist deutlich oberhalb dieser Gütekriterien liegt.

Ist eine vollständige Dekontamination in vorstehendem Sinne nicht möglich oder unverhältnismäßig, so müssen im nächsten Schritt Maßnahmen geprüft werden, mit denen eine höhere Restbelastung in Kauf genommen wird (Teildekontamination). Sanierungsziel einer Teildekontamination könnte z. B. die Herstellung einer solchen Grundwasserqualität sein, dass eine zukünftige Brauchwassernutzung möglich ist. Damit können die Selbstheilungskräfte der Natur und die langfristige Wiederherstellung natürlicher Zustände unterstützt werden. Dieser Beitrag besteht zum einen darin, dass die Entfaltung der Selbstheilungskräfte überhaupt erst ermöglicht wird (Unterschreitung von Schwellenwerten) und zum anderen darin, dass die erforderlichen Zeiträume für die Schadensbeseitigung durch den Abbau von Schadstoffpotentialen verkürzt werden. Die Teildekontamination kann auch das Sanierungsziel verfolgen, weitergehende Gefahren für im Abstrom liegende Schutzgüter zu beseitigen oder zu verringern.

---

<sup>13</sup> Teils werden auch die Maßnahmenschwellenwerte der LAWA verwendet, wobei eine deutliche Unterschreitung verlangt wird.

Kann oder soll der Grundwasserschaden nicht beseitigt werden, so sind Maßnahmen zur Beseitigung der von ihm ggf. ausgehenden Gefahren zu prüfen. Dies können Sicherungs- aber auch Schutz- oder Beschränkungsmaßnahmen sein. Nutzungsbeschränkungen kommen insbesondere für den Grundwasserschadensbereich in Betracht (ggf. sind auch im Falle der Durchführung einer Dekontaminationsmaßnahme temporäre Nutzungsbeschränkungen erforderlich, s. o., III.).

- e) Verhältnismäßigkeit: Eignung, Erforderlichkeit und Angemessenheit von Sanierungsmaßnahmen

Der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz begrenzt die Sanierungspflichten auf solche Maßnahmen, die zur Erreichung der Sanierungsziele [s.o., b)] geeignet, erforderlich und angemessen sind. Eine Sanierungsmaßnahme [s.o., c)], die eines dieser Kriterien nicht erfüllt, ist rechtswidrig.

Die Verhältnismäßigkeitsprüfung bezieht sich immer auf eine konkrete Maßnahme oder auf ein bestimmtes Maßnahmenpaket und muss sich an zuvor aufgestellten Sanierungszielen orientieren.

- Geeignet ist eine Maßnahme (Sanierungsalternative), wenn sie technisch machbar ist und mit ihr das Sanierungsziel erreicht werden kann. Die Eignung lässt sich nur beurteilen, wenn das Sanierungsziel zuvor möglichst konkret bestimmt ist (siehe oben, b).
- Erforderlich ist diejenige – geeignete – Sanierungsmaßnahme, die den Einzelnen und die Allgemeinheit am wenigsten belastet. Bei der Beurteilung einer Sanierungsmaßnahme müssen also immer Alternativen einbezogen werden, die das Sanierungsziel genauso gut erreichen. Die zu beurteilende Maßnahme ist nur dann erforderlich i.S.d. „mildesten Mittels“, wenn es keine andere Maßnahmenalternative gibt, mit der das Sanierungsziel ebenso gut zu erreichen ist, die aber mit weniger Belastungen verbunden ist (z.B. hinsichtlich der Kosten und sonstiger nachteiliger Auswirkungen der Maßnahmen).
- Angemessen ist eine – geeignete und erforderliche – Sanierungsmaßnahme, wenn ihre Auswirkungen nicht außer Verhältnis zum erstrebten Erfolg stehen (Übermaßverbot). Für die Bewertung der Angemessenheit ist eine Zweck-Mittel-Relation zu bilden, die den angestrebten Sanierungserfolg ins Verhältnis zu den mit der Maßnahme verbundenen Belastungen setzt (Proportionalität). Hierzu zählen die Kosten der Sanierungsmaßnahme, aber auch die sonstigen mit ihr verbundenen nachteiligen Auswirkungen (z.B. Umweltbelastungen, Beeinträchtigung durch Bautätigkeit, Ressourcenverbrauch). Im Rahmen der Angemessenheitsprüfung sind alle betroffenen Belange zu ermitteln, entsprechend ihrem Gewicht zu bewerten und untereinander abzuwägen. Zumutbarkeitsgrenzen können sich auch aus betroffenen Rechtspositionen ergeben, bei Zustandsstörern beispiels-

weise aus der Eigentumsgewährleistung des Art. 14 Grundgesetz.<sup>14</sup> Die gerichtliche Kontrolle trägt den komplexen Rahmenbedingungen solcher Angemessenheitsprüfungen i.d.R. dadurch Rechnung, dass das Übermaßverbot nur dann als verletzt angesehen wird, wenn die mit der Maßnahme verbundenen Nachteile offensichtlich erheblich schwerer wiegen als der erzielbare Nutzen; der durch die Maßnahme zu erwartende Schaden darf nicht erkennbar außer jedem Verhältnis zu den beabsichtigten Erfolg bzw. in einem krassen Missverhältnis zu ihm stehen.

## 2. Beurteilung von Maßnahmen zur Beseitigung des Grundwasserschadens und der von ihm ausgehenden Gefahren (vollständige Dekontamination)

### a) Sanierungszielwerte für die Dekontamination

Auf die allgemeinen Sanierungsziele für eine Dekontamination wurde bereits unter V. 1. c) und d) eingegangen. Ergänzend ist folgendes zu bemerken:

- Die Gütewerte (Geringfügigkeitsschwellen) der LAWA stellen allgemeine Gütekriterien dar, die – wie es auch in den LAWA-Richtlinien dargestellt wird – standortkonkret überprüft werden müssen. Im Einzelfall kann es durchaus sein, dass die natürliche Belastung bei einzelnen Parametern höher ist, als die entsprechenden Geringfügigkeitsschwellen. In diesen Fällen sind die höheren natürlichen Belastungen als Sanierungszielwerte zu verwenden.
- In vielen Fällen sind die Geringfügigkeitsschwellen höher als die natürliche Beschaffenheit des Grundwassers. Mit der Vorgabe der Geringfügigkeitsschwellen der LAWA als Sanierungsziel würde somit zwar in der Regel ein gefahrloser Zustand hergestellt werden, der aber noch vom Ausgangszustand der Grundwasserbeschaffenheit abweicht. Je nach den Umständen des Einzelfalls muss deshalb geprüft werden, ob die Geringfügigkeitsschwellen als Sanierungszielwerte herangezogen werden können. Das trifft insbesondere dann zu, wenn vom zu sanierenden Grundwasserbereich Oberflächengewässer in relevanter Menge gespeist werden. In diesen Fällen ist über entsprechende Grund-/Oberflächengewässerbilanzen und unter Berücksichtigung der Gewässergüte bzw. des Gewässergütezielwertes des betroffenen Oberflächengewässers die Tolerierbarkeit der verbleibenden Belastung des Grundwassers zu überprüfen.

Ein Hilfsmittel für die Ermittlung erreichbarer Sanierungszielwerte bei einer hydraulischen Sanierung von LHKW-Schäden wurde im Ergebnis des Forschungsvorhabens erarbeitet und liegt als Anlage ... bei.

<sup>14</sup> Zur Haftungsbegrenzung des Zustandsstörers und zu den relevanten Gesichtspunkten – insbesondere zum Verhältnis zwischen dem finanziellen Aufwand für die Sanierung und dem Verkehrswert des Grundstücks nach Sanierung – siehe BVerfG, NJW 2000, S. 2573 ff.

Grundsätzlich kann jedoch festgestellt werden, dass Restkontaminationen des Bodens in der gesättigten und/oder ungesättigten Bodenzone als bestimmende Größe für die erreichbare Konzentration eines in prognostizierbaren Zeiträumen zu sanierenden Schadens gelten können.

b) Eignung

aa) Rechtliche Maßstäbe

Es wird zunächst auf die Ausführungen oben, 1. e) verwiesen. Zu ermitteln ist, ob überhaupt geeignete technische Verfahren zum Erreichen der Sanierungsziele bzw. -zielwerte einer vollständigen Dekontamination verfügbar sind. Für die Beurteilung der Eignung der in Betracht kommenden Verfahren ist eine Prognose ihrer Effektivität im Hinblick auf das Sanierungsziel notwendig. Geeignet sind Verfahren, die ihre praktische Eignung zur umweltverträglichen Beseitigung der Schadstoffe gesichert erscheinen lassen (§ 5 Abs. 1 Satz 1 BBodSchV).

bb) Bearbeitungshinweise

Die Eignung von Sanierungsverfahren zur Dekontamination muss unter Beachtung des gesamten Schadstoffpotentials bewertet werden. Eine alleinige Beschränkung auf das kontaminierte Grundwasser ist unzureichend. Das bedeutet, dass neben der Beseitigung des Schadens selbst auch alle anderen Potenzialströme in das Grundwasser so weit reduziert werden müssen, dass die Sanierungszielwerte auch bei diesem zusätzlichen Eintrag nachhaltig eingehalten werden.

Der Bewertung der Eignung von Dekontaminationsverfahren muss somit die Ermittlung des gesamten für die Grundwasserbelastung relevanten Schadstoffpotenzials sowie der Potenzialströme vorangehen.

Eine Eignung von hydraulischen Dekontaminationsverfahren kann ausgeschlossen werden, wenn aufschwimmende Phase oder überströmte Phasenbereiche vorliegen. Das dort enthaltene Schadstoffpotenzial lässt sich in situ nicht vollständig beseitigen. Auch bei einer teilweisen Beseitigung der Phasenbereiche ist der Schadstoffaustrag zumeist noch so hoch, dass zumindest örtlich die Geringfügigkeitsschwellen deutlich überschritten werden. Eine Beseitigung des Grundwasserschadens setzt daher die Beseitigung solcher Phasenbereiche voraus.

Eine Abschätzung der Erreichbarkeit der Sanierungszielwerte für eine Dekontamination für den Fall einer hydraulischen Sanierung von LHKW-Schadensfällen ist auf der Basis der im Ergebnis des Forschungsvorhabens erarbeiteten Berechnungsroutine möglich. Die erforderlichen Eingangsdaten sind ebenfalls in der Anlage benannt. Es zeigt sich, dass mit wenigen charakteristischen Kenngrößen das er-

reichbare Sanierungsziel und somit die Eignung des Verfahrens bewertet werden kann.

Die Auswertung der betrachteten LHKW-Sanierungsfälle hat gezeigt, dass eine Beseitigung des Grundwasserschadens über hydraulische Sicherungsmaßnahmen in keinem Fall gelungen ist. Die Beispielfälle zeigen, dass zwar theoretisch eine Beseitigung eines LHKW-Grundwasserschadens mit hydraulischen Mitteln möglich wäre, die dafür erforderlichen Randbedingungen in der Praxis aber kaum anzutreffen sein werden. Es wird somit in aller Regel erforderlich sein, von einer Beseitigung des Grundwasserschadens als Sanierungsziel abzu-  
sehen und ein weniger anspruchsvolles Sanierungsziel anzustreben. Nicht nur im Vorfeld, sondern auch im Verlaufe der Sanierung sollte jedoch immer wieder geprüft werden, ob nicht doch eine weitergehende oder vollständige Sanierung des Grundwasserschadens erreichbar wäre.

c)   Erforderlichkeit

Es wird zunächst auf die Ausführungen oben, 1. e), verwiesen. Stehen mehrere, gleichermaßen geeignete Alternativen zu einer vollständigen Dekontamination zur Verfügung, so ist diejenige Alternative auszuwählen, die mit den geringsten Belastungen verbunden ist. Bei Dekontaminationsmaßnahmen sind die Folgen des Eingriffs insbesondere für Böden und Gewässer zu berücksichtigen (§ 5 Abs. 1 Satz 2 BBodSchV). Weitere typische Belastungen, die mit Dekontaminationsmaßnahmen verbunden sind, sind unten [c) aa) (2)] angegeben.

d)   Angemessenheit

aa)   Rechtliche Maßstäbe

Es wird zunächst auf die Ausführungen oben, 1. e), verwiesen. In die Angemessenheitsprüfung sind alle betroffenen Belange einzubeziehen [(1) und (2)], zu bewerten und abzuwägen (3).

(1)   Ermittlung des Sanierungsnutzens einer vollständigen Dekontamination

- Wiederherstellung von ökologischen Funktionen und Nutzungsfunktionen der (ehemals) geschädigten Grundwasserressource.
- Beseitigung von Risiken und Gefahren, die von dem belasteten Grundwasser für andere Rechtsgüter (Menschen, Oberflächengewässer, angrenzendes Grundwasser) hervorgerufen werden.

Basierend auf dieser Unterscheidung sind die folgenden rechtlich erheblichen Belange bei der Bestimmung des Sanierungsnutzens zu ermitteln und zu bewerten.

((1)) Wiederherstellung und Erhaltung von ökologischen Funktionen des Grundwassers

- Regelungsfunktion (Stabilisierungs-, Säuberungs- und Reinigungsfunktion)
- Produktionsfunktion (Versorgung von Mensch und natürlicher Umwelt)
- Lebensraumfunktion

Möglichst konkret bezogen auf das zu sanierende Grundwasservorkommen ist jeweils zu untersuchen und zu bewerten, inwieweit diese Funktionen – gegebenenfalls teilweise – wieder hergestellt und erhalten werden können.

((2)) Wiederherstellung und Erhaltung von Nutzungsfunktionen des Grundwassers

Die Ermittlung des Sanierungsnutzens im Hinblick auf den Schutz menschlicher Nutzungsinteressen bezieht sich sowohl auf die bestehenden Nutzungen als auch auf die potenziellen Nutzungsmöglichkeiten, die durch die Dekontamination eröffnet oder gesichert werden.

Zu unterscheiden sind die Nutzungen und Nutzungsmöglichkeiten im Schadensbereich (Wiederherstellung von Nutzungsfunktion) und die Nutzung angrenzender Grundwasservorkommen, deren Fortbestehen durch die Sanierung gesichert werden kann (Sicherung von Nutzungsfunktionen).

((3)) Schutz weiterer Rechtsgüter

Wenn vom Grundwasserschaden Gefahren oder Risiken für weitere Schutzgüter ausgehen, die durch die Dekontamination wieder beseitigt werden können, fällt der Schutz dieser weiteren Rechtsgüter bei der Abwägung ins Gewicht. Zu unterscheiden sind Rechtsgüter im Schadensbereich oder im Abstrom, insbesondere die menschliche Gesundheit und benachbarte oder im Abstrom gelegene Ökosysteme, Flora und Fauna, Oberflächengewässer sowie Schutzgebiete. In diesem Zusammenhang sind auch die Anforderungen der EG Wasserrahmenrichtlinie an den Schutz von Landökosystemen, Schutzgebieten und Oberflächengewässern zu berücksichtigen.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Siehe rechtliche Analyse D. III. 2.



(2) Ermittlung der mit der Sanierung verbundenen Belastungen, insbesondere des Sanierungsaufwandes

Folgende Belastungen, die mit der Durchführung von Dekontaminationsmaßnahmen verbunden sind, können für die Abwägung relevant sein und müssen deshalb ermittelt werden:

- Nachhaltige Beeinflussung des Grundwasserhaushalts durch eine großräumige Beeinflussung der Grundwasserflurabstände, z. B. bei hydraulischen Sanierungsmaßnahmen
- Verbrauch von erheblichen Mengen Elektroenergie und Zuschlagstoffen zur langjährigen Grundwasserhebung und -reinigung
- Möglicherweise Mobilisierung von anderem kontaminierten Grundwasser
- Beeinträchtigung der Natur durch die Errichtung von Brunnen, und Leitungen und andere Baumaßnahmen
- Kosten der Durchführung der Dekontaminationsmaßnahmen
- Sonstige Belastungen für Einzelne oder für die Allgemeinheit.

(3) Abwägung

Schließlich sind der Sanierungsnutzen der vollständigen Dekontamination und die mit einer Maßnahme verbundenen Belastungen entsprechend dem jeweiligen Gewicht der betroffenen Belange zu bewerten und gegeneinander abzuwägen. Die Behörde verfügt nach der Rechtsprechung über einen beträchtlichen Abwägungsspielraum. Wichtig ist aber, dass alle betroffenen Belange in die Abwägung einbezogen und angemessen berücksichtigt werden.

bb) Bearbeitungshinweise

Sanierungsnutzen und die mit einer Maßnahme verbundenen Belastungen sind detailliert und nachvollziehbar darzustellen, um auf dieser Basis die Abwägung vornehmen können. Die Behörde verfügt nach der Rechtsprechung über einen beträchtlichen Abwägungsspielraum. Wichtig bleibt aber, dass alle betroffenen Belange in die Abwägung einbezogen und entsprechend ihrem Gewicht berücksichtigt werden.

Eine Abschätzung der Sanierungsaufwendungen für den Fall einer hydraulischen Sanierung von LHKW-Schadensfällen ist auf der Basis der im Ergebnis des Forschungsvorhabens erarbeiteten Berechnungsroutine möglich. Die erforderlichen Eingangsdaten sind ebenfalls in der Anlage benannt. Es zeigt sich, dass mit wenigen charakteristischen Kenngrößen das erreichbare Sanierungsziel und der hierfür erforderliche Aufwand für diese Schadensart ermittelt werden kann.

3. Beurteilung von Maßnahmen zur Verringerung des Grundwasserschadens und der von ihm ausgehenden Gefahren (Teildekontamination)

a) Bestimmung der Sanierungsziele

aa) Rechtliche Maßstäbe

Prämisse der Entscheidung für eine teilweise Beseitigung des Grundwasserschadens ist, dass ein Restschaden hinnehmbar ist und die Maßnahme selbst verhältnismäßig ist. Der Restschaden muss hingenommen werden, wenn er nicht mit verhältnismäßigen Mitteln zu beseitigen ist.

Sanierungsziel einer teilweisen Beseitigung des Grundwasserschadens ist die Wiederherstellung von einzelnen ökologischen Funktionen und ggf. Nutzungsfunktionen der geschädigten Grundwasserressource. Sanierungsziel der Teildekontamination kann im Einzelfall auch sein, Gefahren zu beseitigen oder zu verringern, die von dem Grundwasserschaden für andere Schutzgüter ausgehen.

Die Sanierungsziele einer Teildekontamination können auf einem sehr unterschiedlichen Niveau angesiedelt sein. So kann die Reduktion des Schadstoffinventars in größerem oder geringerem Maße ausfallen. Je nach Sanierungsziel und seinem Niveau sind unterschiedliche Maßnahmen in Betracht zu ziehen, die wiederum mit verschiedenartigen Belastungen (insbesondere Aufwand) verbunden sind. Es empfiehlt sich deshalb, für die Verhältnismäßigkeitsprüfung verschiedene Alternativen einer Teildekontamination mit unterschiedlichen Sanierungszielen und somit Dekontaminationsgraden zu untersuchen und den jeweiligen Sanierungsnutzen den spezifischen Belastungen gegenüber zu stellen, die mit der Maßnahme verbunden sind.

bb) Bearbeitungshinweise

Ausgangspunkt der Betrachtung stellt die Bestimmung von konkreten Sanierungszielen dar, die mit einer teilweisen Beseitigung des Grundwasserschadens erreicht werden sollen. Derartige Sanierungsziele können sein:

- Nutzbarkeit des Grundwassers als Brauchwasser;
- Reduzierung des Schadstoffinventars auf ein solches Niveau, dass im Schadensbereich natürliche Abbauprozesse ablaufen können.

Ein Hilfsmittel für die Ermittlung erreichbarer Sanierungszielwerte bei einer hydraulischen Sanierung von LHKW-Schäden wurde im Ergebnis des Forschungsvorhabens erarbeitet und liegt als Anlage ... bei.

b) Eignung

aa) Rechtliche Maßstäbe

Es wird zunächst auf die Ausführungen oben, 1. e) und 2. b) aa) verwiesen. Wie bei der vollständigen Dekontamination auch (oben, 2.), sind verschiedene Verfahren der Teildekontamination daraufhin zu bewerten, ob sie zur Erreichung des Sanierungsziels geeignet sind. Bei der Bewertung von Maßnahmen zur Teildekontamination wird man sinnvollerweise abgestufte Sanierungsziele auf unterschiedlichem Sanierungsniveau zugrunde legen und die in Betracht kommenden Maßnahmen jeweils auf ihre Eignung untersuchen.

bb) Bearbeitungshinweise

Eine Abschätzung der Erreichbarkeit der Sanierungszielwerte für eine teilweise Beseitigung des Grundwasserschadens für den Fall einer hydraulischen Sanierung von LHKW-Schadensfällen ist auf der Basis der im Ergebnis des Forschungsvorhabens erarbeiteten Berechnungsroutine möglich. Die erforderlichen Eingangsdaten sind ebenfalls in der Anlage benannt. Es zeigt sich, dass mit wenigen charakteristischen Kenngrößen das erreichbare Sanierungsziel und somit die Eignung des Verfahrens bewertet werden kann.

c) Erforderlichkeit

Es wird zunächst auf die Ausführungen oben, unter 1. d) und 2. c) bb) verwiesen. Sofern mehrere, gleichermaßen geeignete Verfahren zur Erreichung des jeweiligen Ziels für eine Teildekontamination zur Verfügung stehen, ist diejenige Maßnahme auszuwählen, die mit der jeweils geringsten Belastung verbunden ist. Für die Beurteilung auszugehen ist von dem spezifischen Sanierungsziel, das mit der jeweiligen Maßnahmenalternative angestrebt wird.

d) Angemessenheit

aa) Rechtliche Maßstäbe

Die im Rahmen der Angemessenheitsprüfung zu ermittelnden, zu gewichtenden und abzuwägenden Gesichtspunkte entsprechen denjenigen der Angemessenheitsprüfung einer vollständigen Dekontamination (s.o., 2. c). Zu berücksichtigen ist allerdings, dass der Sanierungsnutzen einer Teildekontamination regelmäßig geringer ist, als derjenige einer vollständigen Dekontamination. Daher ist in der Abwägung zur Durchführung einer Teildekontamination auch nur ein entsprechend geringerer Aufwand angemessen.

bb) Bearbeitungshinweise

Für den kontaminierten Grundwasserbereich wird häufig eine Nutzungsbeschränkung erforderlich sein, deren Umfang von den geplanten Teildekontaminationsmaßnahmen abhängt. Bei einer Teildekontamination werden weiterhin vielfach Sicherungsmaßnahmen erforderlich sein, um eine Ausbreitung der in Grundwasser verbleibenden Schadstoffe in umliegende, bisher unbelastete Grundwasserbereiche zu verhindern.

Zur Vermeidung von Gefahren, die von dem Restschaden nach durchgeführter Teildekontamination ausgehen, sind ggf. ergänzende Sicherungsmaßnahmen, oder – hilfsweise – Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen für bestimmte Grundwasserbereiche als Maßnahme der Gefahrenabwehr in Betracht zu ziehen (§ 4 Abs. 3 Sätze 2 und 3 BBodSchG). In Betracht kommen auch Nutzungsbeschränkungen auf wasserrechtlicher Grundlage. Diese Maßnahmen müssen in die Gesamtbewertung der Maßnahme einbezogen werden.

Eine Abschätzung der Sanierungsaufwendungen für den Fall einer hydraulischen Sanierung von LHKW-Schadensfällen ist auf der Basis der im Ergebnis des Forschungsvorhabens erarbeiteten Berechnungsroutine möglich. Die erforderlichen Eingangsdaten sind ebenfalls in der Anlage benannt. Es zeigt sich, dass mit wenigen charakteristischen Kenngrößen das erreichbare Sanierungsziel und der hierfür erforderliche Aufwand für diese Schadensart ermittelt werden kann.

4. Beurteilung von Sicherungsmaßnahmen

Über eine Sicherung ist zu entscheiden, wenn eine vollständige oder teilweise Dekontamination nicht durchgeführt werden soll, der Schaden also hinnehmbar ist oder wenn Maßnahmen zur Beseitigung des Grundwasserschadens unverhältnismäßig sind. Eine Sicherung kommt aber ggf. auch neben einer Dekontaminationsmaßnahme in Betracht, insbesondere wenn diese erst mit erheblicher zeitlicher Verzögerung vorhandene Gefahren beseitigt (temporäre Sicherungsmaßnahmen), oder wenn nach einer Teildekontamination noch ein Restschaden verbleibt, von dem Gefahren ausgehen.

a) Sanierungsziele

aa) Rechtliche Maßstäbe

Auch für die Sicherung sind Sanierungsziele im Hinblick auf die Verhinderung der weiteren Schadensausbreitung und den Schutz gefährdeter Rechtsgüter zu formulieren. Im Allgemeinen besteht das Sanierungsziel einer Sicherungsmaßnahme darin, die Ausbreitung der Schadstoffe bis zum Schutzgut in gefahrdrohender Menge zu verhindern.

bb) Bearbeitungshinweise

Die o. g. allgemeinen Sanierungsziele sind durch Sanierungszielwerte zu untersetzen. Diese Sanierungszielwerte können grundsätzlich über eine Rückwärtsrechnung aus der zulässigen Schadstoffbelastung am Schutzgut bestimmt werden. Folgende konkreten Sanierungszielwerte sind denkbar:

- Zulässige Fracht an einer vorgegebenen Bilanzgrenze auf dem Transferpfad
- Zulässige Schadstoffkonzentration an einer vorgegebenen Bilanzgrenze auf dem Transferpfad
- Zulässige Schadstoffbelastung im Schadenszentrum

Je weiter vom Schutzgut entfernt der Sanierungszielwert bestimmt wird, um so unschärfer ist er aufgrund der Unsicherheiten bei der Beschreibung der Ausbreitungsprozesse. Andererseits hat ein weit vom Schutzgut entfernter und somit in Schadensnähe liegender Bestimmungsort für den Sanierungszielwert den Vorteil, dass eine lange Laufstrecke bis zum Schutzziel zur Verfügung steht, die als Kontrollraum und bei Verletzung des Sanierungsziels gegebenenfalls auch als Maßnahmeraum genutzt werden kann.

Das Erfordernis einer Sicherungsmaßnahme kann zeitlich begrenzt sein bzw. der Sanierungszielwert kann sich im Laufe der Zeit ändern. Es ist somit erforderlich, die Randbedingungen für die Ableitung der Sanierungszielwerte exakt zu definieren, um eine spätere Überprüfbarkeit zu ermöglichen.

b) Eignung

aa) Rechtliche Maßstäbe

Es wird zunächst auf die Ausführungen oben, 1. e), verwiesen. Die in Betracht kommenden Sicherungsverfahren sind daraufhin zu bewerten, ob sie zur Erreichung des jeweiligen Sicherungsziels geeignet sind. Nach § 5 Abs. 3 BBodSchV müssen Sicherungsmaßnahmen gewährleisten, dass durch die im Boden oder in Altlasten verbleibenden Schadstoffe dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierbei ist das Gefahrenpotenzial der im Boden verbleibenden Schadstoffe und deren Umwandlungsprodukte zu berücksichtigen. Ferner sind Sicherungsmaßnahmen so auszulegen, dass eine nachträgliche Wiederherstellung der Sicherungswirkung möglich bleibt.

bb) Bearbeitungshinweise

Als Sicherungsmaßnahmen kommen insbesondere in Frage:

- Maßnahmen auf dem Transferpfad zur Unterbrechung der Schadstoffausbreitung
- Maßnahmen auf dem Transferpfad zur Reduzierung des Potenzialstromes (Unterstützung Schadstoffabbau)
- Maßnahmen im Schadensbereich zur Reduzierung des Schadstoffpotenzials auf ein solches Maß, dass der zulässige Potenzialstrom an der festgelegten Bilanzgrenze eingehalten bzw. unterschritten wird.

Sicherungsmaßnahmen sind so auszulegen, dass sie die geforderte Transferpfadunterbrechung nachhaltig gewährleisten. Der Bewertung der Nachhaltigkeit einer Sicherungsmaßnahme kommt bei der Eignungsbewertung eine erhebliche Rolle zu.

Konkret aus dem Forschungsvorhaben lassen sich Bearbeitungshinweise zur Eignung von Sicherungsmaßnahmen nur in Bezug auf eine Reduzierung des Schadstoffpotenzials bei LHKW-Schäden ableiten. Mit Hilfe der in Anlage 1 dargestellten Berechnungsmethodik kann ermittelt werden, ob die zur Sicherung erforderliche Reduzierung des Schadstoffinventars mit hydraulischen Maßnahmen erreichbar ist oder nicht.

c)     Erforderlichkeit

Es wird zunächst auf die Ausführungen oben, 1. e), verwiesen. Unter mehreren, gleichermaßen zur Erreichung der differenzierten Sanierungsziele geeigneten Sicherungsverfahren ist diejenige Maßnahme auszuwählen, die mit den geringsten Belastungen für den Einzelnen und die Allgemeinheit verbunden ist.

d)     Angemessenheit

aa)    Rechtliche Maßstäbe

Es wird zunächst auf die Ausführungen oben, 1. e), verwiesen. Bei der Angemessenheitsprüfung sind grundsätzlich dieselben Belange zu berücksichtigen, wie bei einer Dekontamination oder Teildekontamination (s.o., 2. d) und 3. d). Ein wesentlicher Unterschied besteht aber darin, dass der Sanierungsnutzen bei Sicherungsmaßnahmen nicht den Schadensbereich selbst, sondern nur die in seinem Einflussbereich liegenden Schutzgüter erfasst:

(1)    Ermittlung des Sanierungsnutzens

- Erhaltung von ökologischen Funktionen des Grundwassers im Abstrom (abhängig von der Bedeutung und dem Maß der Beeinträchtigung gefährdeter Grundwasserressourcen);
- Erhaltung von Nutzungsfunktionen des Grundwassers im Abstrom;

- Schutz weiterer Rechtsgüter im Schadensbereich und im Abstrom (Beseitigung von Risiken für die menschliche Gesundheit und für benachbarte oder im Abstrom gelegene Ökosysteme, Flora und Fauna sowie Schutzgebiete).

Zu ermitteln ist die Bedeutung und das Maß der Betroffenheit der von einem Schadstoffaustrag aus dem Grundwasserschadensbereich betroffenen Schutzgüter. Die Bedeutung und Betroffenheit der verschiedenen Schutzgüter muss im Einzelfall unter Berücksichtigung der jeweils einschlägigen Rechtsvorschriften analysiert werden.

- (2) Ermittlung der mit der Sicherung verbundenen Belastungen, insbesondere des Sanierungsaufwandes

Die Prüfung erfolgt nach den gleichen Kriterien wie bei der (Teil-)dekontamination [s.o., 1. d), 2. e) und 3. d)].

- (3) Abwägung

Im Rahmen der Abwägung ist der spezifische Nutzen der Sicherungsmaßnahmen ihren spezifischen Belastungen gegenüber zu stellen [siehe oben, 1. e)].

bb) Bearbeitungshinweise

Bei einer Sicherungsmaßnahme verbleibt der Grundwasserschaden. Allerdings bewirken einzelne Sicherungsmaßnahmen durchaus eine Reduzierung des Schadstoffpotenzials. Das ist bei der Bewertung der Angemessenheit zu berücksichtigen.

Sicherungsmaßnahmen müssen für die gesamte Laufzeit die Einhaltung der vorgegebenen Sanierungsziele gewährleisten. Hieraus ergeben sich in der Regel Nachsorgeaufwendungen bis hin zur kompletten Ertüchtigung einzelner Elemente. Auch diese Aufwendungen sind bei der Bewertung der Angemessenheit zu berücksichtigen.

Da bei Sicherungsmaßnahmen ein erhebliches Schadstoffpotenzial im Schadensbereich verbleibt, sind als Bestandteil von Sicherungsmaßnahmen grundsätzlich Überwachungsmaßnahmen vorzusehen. Diese Maßnahmen sind in die Angemessenheitsprüfung einzubeziehen.

## VI. Durchführung von Sanierungsmaßnahmen

### 1. Allgemeine rechtliche Anforderungen

Das BBodSchG sowie die BBodSchV enthalten kaum allgemeine rechtliche Vorgaben für die Durchführungsphase einer Sanierung. In der BBodSchV finden sich lediglich folgende Nachweis- und Überwachungspflichten:

- Nach Abschluss einer Dekontaminationsmaßnahme ist das Erreichen des Sanierungsziels gegenüber der zuständigen Behörde zu belegen (§ 5 Abs. 1 BBodSchV).
- Die Wirksamkeit von Sicherungsmaßnahmen ist gegenüber der zuständigen Behörde zu belegen und dauerhaft zu überwachen (§ 5 Abs. 3 BBodSchV).
- Die Bodenschutzbehörde kann in den Grenzen ihres Ermessens die Art und Weise der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen regeln sowie Eigenkontrollmaßnahmen (§ 4 Abs. 3 i.V.m. §§ 10, 16 und § 15 Abs. 2 BBodSchG) anordnen.

## 2. Planung

Grundlage für die Planung ebenso wie für die später betrachtete Kontrolle des Sanierungserfolges ist, dass die Sanierungsziele möglichst konkret durch Sanierungszielwerte untersetzt werden. Dabei ist neben dem eigentlichen Wert (den Werten) auch der Ort und die Art der Bestimmung des Sanierungszielwertes zu benennen. Diese Aussage gilt sowohl für Dekontaminations- als auch für Sicherungsmaßnahmen. Bei Dekontaminationsmaßnahmen werden dabei in der Regel Schadstoffkonzentrationen als Sanierungszielwert vorgegeben, bei Sicherungsmaßnahmen Grenzwerte für zulässige Potenzialströme.

Nachfolgend werden ausgewählte Hinweise zur Planung gegeben, die sich aus dem Forschungsvorhaben ableiten. Es ist nicht Gegenstand der vorliegenden Ausarbeitung, einen umfassenden Abriss zur Planung von Sanierungsmaßnahmen zu geben, insoweit wird auf die einschlägige Literatur verwiesen.

Die wesentlichen Kriterien, die die Effizienz, den Verlauf und erreichbare Restkonzentrationen einer hydraulischen Sanierungsmaßnahme von LHKW-Schäden bestimmen, wurden innerhalb des Forschungsvorhabens erarbeitet und in ihren Wirkungszusammenhängen analysiert.

Im ersten Schritt der Planung kann mit der Hilfe des vorliegenden Prognoseinstrumentes die zum Planungsbeginn vorliegende Datenlage als Ausgangspunkt der Prüfung von Szenarien dienen. Weiterhin kann im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse die Unschärfe der Prognose bei Variation der Eingangsparameter dargestellt werden. Daraus ergeben sich Hinweise auf die im Rahmen der weiteren Detailplanung zu schließenden und zu präzisierenden Datenlücken bzw. zu schaffenden Datengenauigkeiten.

Für die Maßnahmeoptimierung sind die Zielparameter „Förderrate“, „Austragskonzentration“ und „Betriebsdauer“ mit Kostenfaktoren zu untersetzen. Auf dieser Grundlage kann im Weiteren auch betriebswirtschaftlich optimiert werden.

Das Prognoseinstrument stellt ein Hilfsmittel für die grundsätzliche Verfahrensfindung dar. Es beantwortet zunächst vor allem die Frage, ob der vorgegebene Sanierungszielwert überhaupt mit einer hydraulischen Sanierung erreicht werden kann. Ist das nicht der Fall, müssen andere Maßnahmen oder Maßnahmekombinationen untersucht werden bzw. das Sanierungsziel muss überprüft werden.



Wurde die grundsätzliche Eignung der hydraulischen Sanierung für die Erreichung des Sanierungszielwertes ermittelt, muss im Weiteren die Detailplanung erfolgen. Es ist außerordentlich wichtig, dass dieser Schritt umfassend und nachvollziehbar gestaltet wird. Es sind alle Annahmen und Randbedingungen, die der Planung zugrunde gelegt werden, zu benennen. Dabei sind bereits im Rahmen der Planung die Haupteinflussparameter zu bestimmen, die den Verlauf der Sanierungsmaßnahme beeinflussen können. Diese Parameter sind im weiteren Sanierungsverlauf kontinuierlich zu überwachen. Eine wesentliche Schwäche vieler vorliegender Sanierungsdokumentationen ist, dass zumeist nur der Verlauf des Sanierungszieles kontrolliert wird, nicht aber der Verlauf der wesentlichen Randbedingungen. Die systematische Grundlage für eine solche Kontrolle muss bereits während der Planungsphase geschaffen werden.

Moderne Modellierungswerkzeuge erlauben beim Vorliegen eines qualifizierten Strukturmodells und der qualifizierten Kenntnis des Schadensbildes im Vergleich zu den Sanierungsaufwendungen kostengünstige Optimierungs- und Anpassungsleistungen.

### 3. Begleitende Erfolgskontrolle

Wie bereits zur Planung ausgeführt, bedarf es konkret überwachbarer Sanierungszielwerte. Das Überwachungsprogramm ist als Teil der Sanierungsmaßnahme frühzeitig und konkret mit der zuständigen Behörde abzustimmen. Dabei sollte ebenso frühzeitig mit der Behörde abgestimmt werden, welcher Verlauf des Sanierungszieles erwartet wird und wie verfahren wird, wenn sich der erwartete Verlauf nicht einstellt.

Die begleitende Erfolgskontrolle darf sich nicht auf das Sanierungsziel beschränken, sondern muss alle Parameter umfassen, die den Sanierungsverlauf erheblich beeinflussen können. Es ist zu gewährleisten, dass der zu überwachende Parametersatz eine Nachvollziehbarkeit des Sanierungsverlaufes sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht ermöglicht.

Während der Maßnahmedurchführung kann mit dem Vorliegen von qualifiziert zu erhebenden Daten zum Sanierungsverlauf (Schadstoffaustrag und Konzentrationsentwicklung im Schadensherd sowie Förderregime) anhand des Kurvenverlaufs mittels des Prognoseinstrumentes geprüft werden, inwieweit getroffene Annahmen sich abbilden. Die Datendichte im Rahmen dieser begleitenden Erfolgskontrolle kann hinsichtlich der Zeitabstände der Datenerfassung vom Maßnahmebeginn (oder von gravierenden Maßnahmeänderungen) in sich jeweils verdoppelnden Zeitabständen erfolgen. Dabei kommt dem ersten Quartal der Maßnahme besondere Bedeutung zu, da die hier festzustellenden Gradienten im Austrags- und Konzentrationsverlauf eine frühe Erfolgskontrolle ermöglichen.

Ein wesentlicher Bestandteil der Erfolgskontrolle ist die systematische Auswertung der erhobenen Daten. Viele Sanierungsmaßnahmen sind dadurch gekennzeichnet, dass zwar Daten erhoben werden, diese aber keiner systematischen Auswertung zugeführt werden. Nur über eine systematische Auswertung können Abweichungen vom geplanten Sanierungsablauf frühzeitig erkannt und ggf. Gegenmaßnahmen eingeleitet werden.

## **VII. Entscheidung über eine Anpassung oder den Abbruch laufender Maßnahmen**

### **1. Rechtliche Maßstäbe**

Wie die Entscheidung über die Sanierung, steht auch die Entscheidung über die Anpassung oder den Abbruch von eingeleiteten Sanierungsmaßnahmen im Ermessen der zuständigen Behörde.

Der erste Schritt hierzu ist die Überprüfung der ursprünglichen Sanierungsentscheidung. Ein Anlass hierfür besteht, wenn im Zeitverlauf Erkenntnisse gewonnen werden, aus denen sich Zweifel ergeben, ob eine unveränderte Fortsetzung der Maßnahme noch sachgerecht ist. Dies können beispielsweise Erkenntnisse sein, wonach eine eingeleitete Dekontaminationsmaßnahme in der noch verbleibenden, ursprünglich vorgesehenen Restlaufzeit keine relevante Schadstoffentfrachtung mehr bringt oder wenn sich herausstellt, dass die Maßnahme erheblich aufwendiger ist, als ursprünglich angenommen. Es stellt sich dann die Frage, ob die ursprüngliche Sanierungsentscheidung auch für den verbleibenden Zeitraum der „Restlaufzeit“ noch unverändert aufrechterhalten werden soll.

Die Überprüfung der Sanierungsentscheidung für die Zukunft erfolgt nach denselben Kriterien, die für die ursprüngliche Sanierungsentscheidung auch gelten: Die Behörde prüft, ob die unveränderte Weiterführung der Sanierungsmaßnahme geeignet, erforderlich und angemessen zur Erreichung des Sanierungsziels ist.

Wie die Behörde ggf. die ursprüngliche Sanierungsentscheidung modifiziert oder ob sie die Maßnahme ganz abbricht, steht wiederum in ihrem Ermessen, für dessen Ausübung ebenfalls dieselben Kriterien gelten, wie für die ursprüngliche Sanierungsentscheidung (siehe oben, IV. und V.). Bricht die Behörde beispielsweise die Sanierungsmaßnahme trotz bestehender Restbelastungen ab, so übt sie in der Sache ihr Entschließungsermessen dergestalt aus, dass sie eine Sanierung – des Restschadens – unterlässt.

Die Behörde ist nicht bei jeder geringfügigen Änderung der Entscheidungsgrundlagen verpflichtet, die ursprünglich getroffene Entscheidung zu ändern. Vielmehr kann sie in den Grenzen ihres Ermessens die ursprüngliche Entscheidung auch dann aufrechterhalten und die Sanierung unverändert fortsetzen, wenn sich nachträglich herausstellt, dass die Maßnahme nicht ganz die prognostizierte Wirkung erreicht oder mit Belastungen verbunden ist, mit denen ursprünglich nicht gerechnet worden war.

Die verfahrensrechtliche Umsetzung einer Aufhebung oder Änderung der ursprünglichen Sanierungsentscheidung hängt von deren rechtsförmlicher Ausgestaltung ab. Sofern eine Sanierungsanordnung getroffen würde, die bestandskräftig geworden ist, richten sich Aufhebung und Widerruf nach den §§ 48 ff. der Verwaltungsverfahrensgesetze der Länder. Sofern zur Durchführung der Maßnahme ein Sanierungsvertrag geschlossen wurde, muss dieser Vertrag angepasst oder geändert werden. Durch flexible Ausgestaltung von Sanierungsanordnungen und -verträgen können jedoch Änderungen der Sanierungsstrategie in gewissem Um-

fang herbeigeführt werden, ohne dass es notwendig zur Aufhebung oder Änderung der Sanierungsanordnung bzw. des -vertrags kommen muss.

## 2. Bearbeitungshinweise

Eine Entscheidung über eine Anpassung oder den Abbruch einer Sanierungsmaßnahme setzt zum einen eindeutig kontrollierbare Sanierungsziele und andererseits eine belastbare Dokumentation der entscheidungserheblichen Sachverhalte voraus. Auf beide Punkte wurde bereits oben eingegangen.

Speziell für die hydraulische Sanierung von LHKW-Schäden werden die nachfolgenden Bearbeitungshinweise gegeben.

Zur Überprüfung des Verlaufs einer hydraulischen LHKW-Sanierung und der weiteren Maßnahmeprognose sind zunächst Austragsverlauf und Konzentrationsverlauf im Schadensherd darzustellen und die jeweiligen Regressionskurven des exponentiellen Rückganges zu vergleichen.

Bereits dieser charakteristische Verlauf der Kurven gibt Hinweise für die möglichen Kausalbeziehungen.

Mit Hilfe des Prognoseinstrumentes können unter Berücksichtigung der wesentlichen Randbedingungen des Falles die realen Kurven „nachmodelliert“ und so der weitere Sanierungsverlauf ohne Maßnahmemodifikation eingeschätzt werden.

Handelt es sich bei den Ergebnissen der Analyse nur um rein strömungshydraulische Problematiken, kann durch Veränderungen an den Entnahmesystemen, an den Entnahmehorizonten und am Förderregime eine Optimierung erreicht werden. Ergeben sich in der Analyse der Kurven jedoch Hinweise auf Restkontaminationen des Bodens oder vergleichsweise hohe Hintergrundbelastungen, sind die aus dem Sanierungsziel abgeleiteten Sanierungszielwerte oder aber das Sanierungsziel zu überdenken. Dies sollte im Zusammenhang mit einer aktualisierten Gefahrenbewertung erfolgen.

Da meistens unzureichende Kenntnisse zum Schadensbild zu nicht optimalen Maßnahmeverläufen führen, sind ohne Nacherkundungen kaum endgültige und belastbare Klärungen des Sachverhalts zu leisten. Der erforderliche Nacherkundungsumfang lässt sich systematisch aus der o.g. Auswertung ermitteln.