

Ingenieurbüro für Verfahrenstechnik Dr. Born - Dr. Ermel GmbH	
VORABZUG	
PROJEKT	
STAND	28.7.98

Altlastensicherungsgesellschaft mbH

Wiedensahl

Sicherung der Altlast Münchehagen

Konzeption

eines

Überwachungssystems



Altlastensicherungsgesellschaft mbH

Wiedensahl

Sicherung der Altlast Münnehagen

Konzeption

eines

Überwachungssystems



Veranlassung

Aufgrund des in der Altlast Münnehagen vorhandenen hohen Schadstoffpotentials besteht die Gefahr einer Beeinträchtigung des Grundwassers sowie der Umgebungsluft. Mit Datum vom 17.06.1997 ist von der niedersächsischen Landesregierung daher eine Kombination verschiedener Maßnahmen zur Sicherung der Altlast Münnehagen beschlossen worden. Grundlage dieses Beschlusses war der Vorschlag einer Arbeitsgruppe bestehend aus Vertretern der Bezirksregierung Hannover, der niedersächsischen Staatskanzlei, des niedersächsischen Finanzministeriums sowie des niedersächsischen Umweltministeriums vom 13.06.1997.

Von dieser Arbeitsgruppe sind folgende prioritär durchzuführende Sicherungsmaßnahmen empfohlen worden:

1. Oberflächenabdichtung/-abdeckung
2. Vollständige seitliche Umschließung mit einer Arbeitstiefe von 30 m
3. Implementierung eines Überwachungssystems (Monitoring)

Auf der Basis dieses Beschlusses der niedersächsischen Landesregierung ist vom Ingenieurbüro IBE Dr. Born – Dr. Ermel GmbH die Entwurfs- [8] und Genehmigungsplanung für die unter 1. und 2. genannten Sicherungsmaßnahmen erarbeitet worden.

Nach Vorlage dieser Planung ist das Ingenieurbüro IBE Dr. Born – Dr. Ermel GmbH nunmehr aufgefordert worden, die Konzeption eines Überwachungssystems zu erarbeiten.

Die vorliegende Unterlage gliedert sich in zwei Bearbeitungsabschnitte:

- A. Grundwassermonitoring**
- B. Oberflächenwasser- und Deponiegasmonitoring**

Der Bearbeitungsabschnitt A „Grundwassermonitoring“ wurde vom Büro Geowissenschaften und Umwelt, Bad Nenndorf im Unterauftrag der IBE Dr. Born – Dr. Ermel GmbH erarbeitet.

Der Bearbeitungsabschnitt B „Oberflächenwasser- und Deponiegasmonitoring“ wurde direkt vom Büro IBE Dr. Born – Dr. Ermel GmbH erarbeitet.

Eine allgemeine Beschreibung der Altlast Münnehagen findet sich im **Kapitel 2** des Bearbeitungsabschnittes A.



A.

Konzept Grundwassermonitoring



Büro Geowissenschaften und Umwelt
Joachim Maier, Dipl.- Geologe

Riepener Straße 17
31542 Bad Nenndorf
E-mail: geoum@t-online.de
Telefon: 05725/913061
Telefax: 05725/913062

Sicherung der Altlast Münnehagen

**Ergebnisbericht: Grundlagen und
Verfahrensvorschläge
für das Grundwassermonitoring**

Vorbey

Durchgeführt im Auftrag der IBE Dr. Born – Dr. Ermel GmbH
Finienweg 7
28817 Achim-Baden

Bad Nenndorf, Juli 1998



Inhaltsverzeichnis

Anlagenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	7
1 Einleitung	8
1.1 Veranlassung	8
1.2 Zielsetzung	9
1.2 Umfang der Bearbeitung	9
2 Standortsituation und Kenntnisstand	11
2.1 Angaben zur Deponie	11
2.1.1 Allgemeine Standortsituation	11
2.1.2 Deponieinhaltsstoffe	11
2.1.3 Stand der Sicherung	13
2.2 Geologisch-hydrogeologische Situation	15
2.2.1 Geologische Verhältnisse	15
2.2.2 Hydraulische Gebirgseigenschaften	16
2.2.3 Besonderheiten des Stofftransports im klüftigen Tonstein	18
2.2.4 Besonderheiten der Mobilität gelöster organischer Stoffe	20
2.3 Wasserhaushaltssituation im Altlastbereich	22
2.4 Ergebnisse der Grundwasserüberwachung vor 1995	25
3 Natürliche Grundwasserbeschaffenheit	26
3.1 Natürliche anorganische Grundwasserbeschaffenheit	26
3.2 Natürliche organische Grundwasserbeschaffenheit	29
4 Ergebnisse der Grundwasserüberwachung im Abstrom 1995-1997	31
4.1 Übersicht der Grundwasserüberwachung	31
4.2 Kennzeichnung der aktuellen Kontaminationssituation	33
4.2.1 Anorganische Parameter	34
4.2.2 Organische Parameter	39
4.3 Tiefenabhängigkeit der Stoffausbreitung	44



4.4	Zeitliche Entwicklung des Stoffaustrages.....	47
4.5	Zusammenfassende Bewertung der Grundwasserbeschaffenheitsdaten..	50
5	Stofftransportbetrachtungen	52
5.1	Einführung und Vorgehensweise	52
5.2	Modelleingangsdaten	54
5.2.1	Geometrie und Durchlässigkeiten des Kluftsystems.....	54
5.2.2	Diffusions- und Verteilungskoeffizienten ausgewählter Stoffe.....	56
5.2.3	Anfangskonzentrationen.....	57
5.3	Ergebnisse der Simulation des Sulfataustrages	57
5.4	Simulation des Stoffaustrags unter Berücksichtigung der geplanten Sicherung.....	60
6	Verfahrensvorschläge für das Grundwassermonitoring.....	64
6.1	Ausgangssituation	64
6.2	Überwachungsziele und Kriterien	67
6.3	Grundwasserüberwachungszonen.....	70
6.4	Meßstellennetz.....	71
6.5	Parameterumfang und Meßzyklen.....	77
6.6	Verfahrensgrundsätze zur Durchführung des Grundwassermonitorings	79
6.6.1	Grundwasserprobenahme.....	79
6.6.2	Probenbehandlung und Analytik.....	82
6.6.3	Hydraulische Überwachung	82
6.6.4	Dokumentation, Auswertung, Darstellung und Bewertung der Ergebnisse	84
7	Literatur.....	86



Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Überwachungsbrunnen 1995-97: Lageplan (Ist-Zustand)
- Anlage 2 Überwachungszonen: Lageplan (Planungszustand) mit Grundwassergleichen
- Anlage 3 Überwachungsbrunnen: Lageplan (Planungszustand)
- Anlage 4 Grundwasseranalysen 1995-1997: Anorganische Parameter
- Anlage 5 Grundwasseranalysen 1995-1997: Organische Parameter



Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Gebirgsdurchlässigkeit (geometrisches Mittel und Standardabweichung) aufgetragen gegen die Tiefe unter Gelände.....	16
Abb. 2.2: Häufigkeitsverteilungen, Mittelwerte und Standardabweichungen der Durchlässigkeit. Gruppierung der Daten zu Tiefenintervallen von 5-15 m, 16-45 m und einem Bereich >45 m.....	17
Abb. 2.3: Darstellung der wirksamen Prozesse beim Transport gelöster Stoffe in einem geklüfteten Gestein mit einer porösen Matrix.	19
Abb. 2.4: Zusammenhang zwischen K_{ow} und K_{oc} zur Abschätzung der Mobilität organischer Stoffe im Grundwasser nach einer empirischen Beziehung von KENAGA & GORING (1980) ergänzt durch Literaturdaten ausgewählter Substanzen. Doppellogarithmische Darstellung.	21
Abb. 2.5: Schematische Darstellung der Wasserhaushaltssituationen im Ist-Zustand und im Planungszustand (mit Dichtwand und Oberflächenabdichtung). Die Zahlenangaben entsprechen den Ergebnissen der Grundwassermodellierung (GEO-INFOMETRIC 1997).	24
Abb. 3.1: Vertikalschnitte zur Kennzeichnung der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit anhand von Isoliniendarstellungen der Parameter Leitfähigkeit, Salinitätsverhältnis ($HCO_3^-/Cl+SO_4$) und Erdalkali-Alkaliverhältnis.	27
Abb. 4.1: Sulfatausbreitung im Grundwasserabstrom der Altlast MÜNCHENHAGEN anhand der Maximalwerte aus den Jahren 1995-1997...	35
Abb. 4.2: Vertikalschnitte zur Kennzeichnung des Altlasteinflusses auf die Grundwasserbeschaffenheit anhand von Isoliniendarstellungen des Salinitätsverhältnisses.	36
Abb. 4.3: PIPER-Diagramm zur Darstellung der Grundwasserbeschaffenheit anhand der Ionenverhältnisse (Analysen von 1996).	38
Abb. 4.4: Ausbreitung der organischen Kontamination im Abstrom der Altlast MÜNCHENHAGEN anhand der Parameter DOC und Phenol. Darstellung der Linien gleicher Konzentration für die Maximalwerte von 1995-1997.....	41
Abb. 4.5: Gegenüberstellung der ermittelten Stoffkonzentrationen in benachbarten Multilevelfilterbrunnen und Einfachbrunnen am Beispiel der Brunnen 26 und 39.	43



Abb.4.6a: Tiefenabhängigkeit des Stoffaustrages in Multilevelfilterbrunnen westlich der Altlast Münchenhagen, dargestellt anhand ausgewählter Parameter der Probenahme und Analyse von 1996.....	45
Abb.4.6b: Tiefenabhängigkeit des Stoffaustrages in Multilevelfilterbrunnen südlich der Altlast Münchenhagen, dargestellt anhand ausgewählter Parameter der Probenahme und Analyse von 1996.....	46
Abb. 4.7: Gegenüberstellung der zeitlichen Entwicklung der Wasserhaltung (dargestellt als mittlere tägliche Entnahmen für das Sommer- und Winterhalbjahr) und der Konzentrations-Zeitreihen ausgewählter Parameter aus Brunnen 7.	48
Abb. 4.8: Konzentrations-Zeitreihen ausgewählter Parameter der Brunnen 81B und 34.....	49
Abb. 5.1: Darstellung der Sulfatkonzentration gegen die Fließstrecke anhand der 1987 und 1992 im Grundwasserabstrom der GSM-Deponie gemessenen Sulfatkonzentrationen und der simulierten Konzentrationen für eine 1-2 Jahre bzw. 6-7 Jahre dauernde Sulfatausbreitung.....	58
Abb. 5.2: Ergebnisse der Simulation der Sulfatausbreitung im Untergrund der Altlast Münchenhagen nach Durchführung der Sicherungsmaßnahmen. Konzentrations-Weg-Diagramme für 2, 5, 10 und 20 Jahre Fließzeit. Logarithmische Konzentrationskala.....	61
Abb. 5.3: Ergebnisse der Simulation der Toluol- und Phenol- ausbreitung im Untergrund der Altlast Münchenhagen nach Durchführung der Sicherungsmaßnahmen. Konzentrations-Weg-Diagramme für 2, 5, 10 und 20 Jahre Fließzeit. Logarithmische Konzentrationskala.....	62
Abb. 6.1 Vertikalschnitte durch den Altlastbereich mit vergleichenden schematischen Darstellungen des gegenwärtigen (Ist-Zustand oben) und des angenommenen, zukünftigen Zustands nach der Sicherung (Planungszustand unten). Die Pfeile markieren die Grundwasserfließrichtung.....	65



Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Stoffliche Eigenschaften des anstehenden Gesteins im Abstrombereich der Altlast anhand von 1991 gewonnenen Proben (Bohrungen 80/81, 5-10 m Tiefe). Im Vergleich dazu die Spanne der Meßwerte der insgesamt vom Standort Mönchehagen untersuchten Unterkreide-Ton-/Schluffsteine.....	15
Tab. 3.1: Statistische Parameter zum anorganischen, geogenen Hintergrund	29
Tab. 3.2: Statistische Parameter zum organischen, geogenen Hintergrund	30
Tab. 4.1: Übersicht der Überwachungsbrunnen	32
Tab. 4.2: Übersicht zum Überwachungsumfang.....	33
Tab. 5.1: Kennwerte der hydraulischen Eigenschaften für ein parallelgeklüftetes Gestein.....	55
Tab. 5.2: Diffusions- und Verteilungskoeffizienten der Modellstoffe.....	56
Tab. 6.1: Basismeßnetz, Ausbaudaten	74
Tab. 6.2: Erweitertes Meßstellennetz, Ausbaudaten.....	75
Tab. 6.3: Chemisch-analytisches Untersuchungsprogramm.....	77
Tab. 6.4: Parameterumfang.....	78

1 Einleitung

1.1 Veranlassung

Die Altlast „EHEMALIGE SONDERABFALLDEPONIE MÜNCHEHAGEN“ ist in flächenhaft vorkommenden, geklüfteten und grundwasserführenden tonigen Festgesteinen der Unterkreide angelegt. Die Altlast besteht aus zwei unmittelbar benachbarten, ehemals eigenständigen Deponien, der von 1968-73 betriebenen Altdeponie und der von 1977-83 betriebenen GSM-Deponie. Bis zur Stilllegung 1983 wurden insgesamt ca. 400000 m³ Sonderabfälle in 6 m bzw. 25 m tiefen Poldern ohne technische Barrieren eingelagert. Insbesondere die Altdeponie beinhaltet mit einem hohen Anteil flüssiger und pastöser organisch-chemischer Produktionsrückstände ein hohes Schadstoffpotential. Es wurde ein fortschreitender Austrag von Deponieinhaltsstoffen mit dem Grundwasser festgestellt, der derzeit bis ca. 200 m in Abstromrichtung nachweisbar ist. Auf der Grundlage der seit Mitte der achtziger Jahre laufenden umfangreichen Standorterkundung, umfassenden Studien und Vorplanungen sowie einer intensiven öffentlichen Diskussion unter Einbeziehung der Gebietskörperschaften, Fachbehörden und beteiligten Bürger wurde 1997 im Niedersächsischen Landtag die Sicherung des Standortes mit Landesmitteln beschlossen.

Der Beschluß zur Sicherung der Altlast Münchehagen sieht eine Kombination von Sicherungsbauwerken und Überwachungsmaßnahmen vor:

- Bau einer Oberflächenabdichtung unter Einbeziehung der vorhandenen Abdichtung der Altdeponie.
- Vollständige seitliche Umschließung beider Deponien mit einer 2-Phasen-Dichtwand, die bis 30 m tief in den Untergrund eingebracht wird.
- Ergänzung durch eine systematische Altlastüberwachung (Monitoring).

Das Ziel der Sicherung ist es, mit angemessenem Aufwand eine dauerhafte Unterbrechung der Schadstoffausbreitungspfade zu erreichen. Darüberhinaus sind die Möglichkeiten zur Errichtung weitergehender Sicherungsmaßnahmen planerisch zu berücksichtigen (Aufwärtskompatibilität), deren eventuelles Erfordernis sich aus den Erkenntnissen der künftigen Überwachung ergeben könnte.

Die geplanten Sicherungsmaßnahmen sollen bis zum Jahre 2001 ausgeführt werden. Träger der Maßnahmen ist die eigens dafür gegründete Altlastensicherungsgesellschaft mbH (ASG). Die IBE DR. BORN & DR. ERMEL GmbH führt die ingenieurtechnische Bearbeitung der Sicherungsmaßnahmen durch. Das BÜRO GEOWISSENSCHAFTEN & UMWELT wurde im Rahmen der Planungen von IBE mit Schreiben vom 4.6.98 beauftragt, das vorliegende Konzept für das



Grundwassermonitoring (Grundlagen und Verfahrensvorschläge) zu erarbeiten. Das Konzept ist die Grundlage für die Erstellung des ÜBERWACHUNGSPLANES WASSER als wesentlichen Bestandteil der Planungen für die künftige systematische Überwachung der Altlast Münchenhagen.

1.2 Zielsetzung

Die Aufgaben des künftigen Grundwassermonitorings sind hauptsächlich:

- Fortschreibung der Dokumentation der Grundwasserbeschaffenheit bzw. der Kontaminationssituation sowie der dynamischen und wasserhaushaltlichen Grundwassersituation im Umfeld der Altlast Münchenhagen, Bereitstellung einer repräsentativen Datengrundlage.
- Feststellung und Bewertung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung der Stoffausbreitung anhand ausgewählter, geeigneter Parameter.
- Beschreibung der Auswirkungen der Sicherungsmaßnahmen auf die Grundwasserverhältnisse und Bewertung der Wirksamkeit der geplanten Sicherungsmaßnahmen im Hinblick auf eine Unterbrechung des Stoffaustrags über den Grundwasserpfad.

Die Zielsetzung des vorliegenden Konzeptes ist es, die (geo)wissenschaftlichen Grundlagen darzulegen und darauf aufbauend konkrete Verfahrensvorschläge zur Durchführung des Grundwassermonitorings im Sinne der oben beschriebenen Aufgaben abzuleiten. Die vorliegenden umfangreichen Kenntnisse zum Standort, insbesondere die Kenntnisse der spezifischen hydrogeologischen und hydrochemischen Zusammenhänge in den tonigen Festgesteinen des Standortes, wurden zugrunde gelegt.

Für die Bearbeitung waren die bisherigen Festlegungen der Landesfachbehörden NLFb und NLO bzw. die diesen Festlegungen zugrundeliegenden Daten und Auswertungen und die inzwischen vorliegenden neueren Daten und Erkenntnisse sowie die veränderten Gegebenheiten im Zusammenhang mit den Auswirkungen der geplanten Sicherungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Das Konzept zum Grundwassermonitoring behandelt ausschließlich die Zusammenhänge, die den Grundwasserpfad betreffen. Die Überwachung von Oberflächengewässern und Sedimenten, Boden und Luft sind nicht Gegenstand der Bearbeitung.

1.2 Umfang der Bearbeitung

Die Bearbeitung umfaßte im einzelnen die folgenden, inhaltlich aufeinander aufbauenden Teilschritte:

- Sichtung und Zusammenstellung der relevanten Daten und Unterlagen. Dies betrifft insbesondere die seit 1995 erhobenen neueren Grundwasserdaten

sowie neuere Unterlagen, Studien und Gutachten, die im Zusammenhang mit der Testdichtwand und der Grundwassermodellierung (GEO-INFOMETRIC 1997) sowie der Sicherungsplanung (IBE 1998) erstellt wurden.

- Auswertung der Grundwasseranalysen der Grundwasserüberwachung von 1995 bis heute. Darstellung der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit. Darstellung und Bewertung der Ergebnisse im Zusammenhang mit den bisherigen Ergebnissen, die im Sachstandsbericht Grundwasserüberwachung des NLFB (1996) und den Berichten zur Risikoabschätzung vom Büro PANGEO (1996) beschrieben sind. Bestimmung der Charakteristika und Darstellung der Zusammenhänge der Grundwasserbeschaffenheit anhand exemplarischer punktueller und flächenhafter Betrachtungen mit Hilfe statistischer und geostatistischer Methoden. Vereinfachende Darstellung der räumlichen und zeitlichen Trends der Stoffausbreitung mit dem Grundwasser.
- Durchführung quantitativer Stofftransportbetrachtungen mittels eindimensionaler analytischer Transportmodelle. Die Stofftransportbetrachtungen sind als Parameterstudie zur Abschätzung der Größenordnung räumlicher und zeitlicher Veränderungen der Kontaminationssituation konzipiert.
- Kennzeichnung der Ausgangssituation vor der Umsetzung der Sicherungsmaßnahmen auf der Grundlage der vorliegenden Daten und Gutachten mit einer zusammenfassenden Beschreibung der Standortsituation und der wesentlichen Wirkungszusammenhänge bezüglich des Grundwasserhaushalts und Stoffaustrags. Ableitung der voraussichtlichen Austragsszenarien. Vereinfachende Beschreibung der zu erwartenden Auswirkungen der Sicherungsmaßnahmen auf die hydrogeologische Situation und die künftige Kontaminationssituation.
- Verfahrensvorschläge zum Grundwassermonitoring. Ableitung der Kriterien für das Grundwassermonitoring und Konkretisierung der Überwachungsziele. Bemessung der Grundwasserüberwachungszonen und des Meßstellennetzes. Ableitung des Parameterumfangs und der Meßzyklen. Verfahrensvorschläge zur Durchführung des Grundwassermonitorings: Allgemeine Grundlagen für die Durchführung des Grundwassermonitorings, Grundwasserprobenahme und Analytik, Hydraulische Überwachung, Qualitätssicherung, Dokumentation, Berichtswesen, Auswertung der Daten und Ergebnisdarstellung.

Die erforderlichen Unterlagen wurden von IBE zur Verfügung gestellt. Die Grundwasserdaten wurden dem Datenerfassungs- und Auswerteprogramm SADNESS (Version 3.0, Leseversion) entnommen, das von der ASG zur Verfügung gestellt wurde. Darüberhinaus standen für ergänzende Angaben zur Grundwasserüberwachung von 1995-97 die Probenahme- und Analysenprotokolle zur Verfügung.



2 Standortsituation und Kenntnisstand

2.1 Angaben zur Deponie

2.1.1 Allgemeine Standortsituation

Die Altlast EHEMALIGE SONDERABFALLDEPONIE MÜNCHEHAGEN liegt auf dem Gelände einer ehemaligen Ziegeltongrube etwa 5 km südwestlich der Ortschaft Münchehagen, die verwaltungsmäßig zur Stadt Rehburg-Loccum, Landkreis Nienburg, Regierungsbezirk Hannover, Land Niedersachsen gehört. Der Standort befindet sich in unmittelbarer Nähe zur Landesgrenze Nordrhein-Westfalen mit der westlich angrenzenden Stadt Petershagen und dem Landkreis Minden-Lübbecke sowie dem südlich angrenzenden Landkreis Schaumburg.

Das Gelände im Bereich der Altlast ist flachwellig und fällt nach Westen ab. Die umliegenden Flächen sind teils bewaldet, teils landwirtschaftlich genutzt. Die topographischen Höhen in der weiteren Umgebung reichen von maximal 161 mNN (Brunnenberg) am ca. 6 km entfernten Kamm der Rehburger Berge bis zu ca. 35 mNN in der Weserniederung. Die Geländehöhen am Altlaststandort betragen ca. 55-58 mNN. Der lokale Verfluter ist die Ils, die über das Fließchen Gehle nach Westen in die Weser entwässert.

Die Altlast Münchehagen besteht aus zwei unmittelbar benachbarten, ehemals eigenständigen Sonderabfalldeponien, die sich in Bezug auf Größe, Einlagerungstiefe, Betriebszeitraum und Gefährdungspotential unterscheiden (s.a. Anl. 1). Die westliche, sogenannte Altdeponie wurde von 1968-73 betrieben. Auf einer Fläche von ca. 2,5 ha wurden die Abfälle in 25 durch Dämme voneinander getrennten und bis zu 6 m tiefen Poldern eingelagert. Ein großer Teil wurde in flüssiger und pastöser Form oder auch in Fässern eingelagert. Daraus resultiert die besondere Instabilität des Deponiekörpers der Altdeponie. Die östlich anschließende, sogenannte GSM-Deponie nimmt eine Fläche von ca. 5,2 ha ein. Hier wurden von 1977-83 in drei bis zu 25 m tiefen Poldern überwiegend feste Sonderabfälle in Lagen und Rastern geordnet eingebracht. Die nach Einstellung des Deponiebetriebes nicht mehr mit Abfällen beschickten Polder IV und IVb wurden mit dem zwischenzeitlich auf dem Deponiegelände aufgehaldeten Tonsteinabraum wieder verfüllt.

2.1.2 Deponieinhaltsstoffe

In der ehemaligen Sonderabfalldeponie Münchehagen sind eine Vielzahl von flüssigen und schlammigen (vorwiegend in der Altdeponie) sowie festen (vorwiegend in der GSM-Deponie) Chemieabfällen eingelagert worden.

In den überwiegend Farb-, Lack- und Galvanikschlämmen, Säureteeren und -harzen sowie Gummi- und sonstigen Chemieabfällen der Altdeponie stellen die aliphatischen Kohlenwasserstoffe (LCKW und MKW) und einkernigen aromatischen Kohlenwasserstoffe mengenmäßig und hinsichtlich ihrer Mobilität die wesentlichen schädlichen Inhaltsstoffe dar. Darüberhinaus ist die gesamte Palette der Schadstoffe wie polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe, Phthalate, Schwermetalle sowie polare Alkoxy-Verbindungen enthalten. Die durchgeführten Sickerwasser- und Abfallanalysen bestätigen dieses Schadstoffinventar.

In der GSM-Deponie sind in erster Linie MVA-Flugaschen, Gichtgasstäube, Kokereiabfälle, Lack-/Farbschlämme und verunreinigte Böden eingelagert worden. Nach den Abfallarten und -mengen sowie den Sickerwasseranalysen ist davon auszugehen, daß Salze, ein breites Spektrum an (chlorierten) Kohlenwasserstoffen (insbesondere BTEX, PAK, Phenole und Chlorphenole, LCKW) und mit Einschränkung auch Schwermetalle die bedeutsamen Abfallinhaltsstoffe darstellen.

Dioxine ?

Bei der GSM-Deponie ist eine deutliche vertikale Differenzierung der Sickerwasserbeschaffenheit auffallend. Das sog. tiefere Deponiesickerwasser spiegelt die Abfallzusammensetzung wider und ist durch eine sehr hohe Salzbelastung (vorwiegend Natrium, Kalium, Chlorid) und eine hohe Belastung mit den genannten organischen Inhaltsstoffen gekennzeichnet. Das oberflächennahe Sickerwasser ist demgegenüber deutlich geringer belastet und zeigt eine andere Zusammensetzung der anorganischen Salze (vorwiegend Calcium, Magnesium, Hydrogencarbonat und vor allem Sulfat, s.u.). Das Sickerwasser der Altdeponie, das ebenfalls im tieferen Bereich eine höhere Belastung als im oberflächennahen Bereich zeigt, weist insgesamt eine hochgradige Belastung mit den beschriebenen organischen Verbindungen entsprechend ihrem Löslichkeitsverhalten auf. Bezüglich der anorganischen Komponenten dominieren Calcium und Chlorid.

Umfangreiche, zusammenfassende Darstellungen zum Abfallinventar und zur Sickerwasserbeschaffenheit sind in NLF (1996) und PANGEO (1996) enthalten.

Eine besondere Situation ergibt sich insbesondere für die GSM-Deponie dadurch, daß große Mengen Tonsteinabraum in Polder IV und IVb (geschätzte Volumina ca. 85.000 m³ bzw. 50.000 m³) eingebracht wurden. Darüberhinaus wurde für die Abdeckung der Abfallpolder toniges Abraummaterial mit bis zu 5 Metern Mächtigkeit verwendet. Das Tongestein wurde beim Aushub der Polder entnommen und am Standort bis zur weiteren Verwendung aufgehaldet. Reste dieser Halde existieren noch auf einer Fläche östlich der GSM-Deponie. Unter den Bedingungen der Atmosphäre oxidiert das primär mit ca.



1 Gewichts-% im Gestein enthaltene Pyrit, wobei das im Pyrit gebundene Sulfid spontan zu Sulfat oxidiert. Der Oxidationsvorgang ist sehr komplex, läuft über mehrere mögliche Stufen ab und kann vereinfacht mit folgender summarischer Reaktionsgleichung beschrieben werden:



Dabei werden große Mengen des löslichen Sulfats freigesetzt. Es entsteht ein Sickerwassertyp, der durch Sulfat und Calcium als Hauptkomponenten gekennzeichnet ist (s.a. NLF 1996). Die Sulfatkonzentration im Sickerwasser wird in der Regel durch das Löslichkeitsprodukt von Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) bestimmt. Die Gleichgewichtskonzentration beträgt maximal ca. 1,5 g/l Sulfat. Im Sickerwasser wurden teilweise auch weit höhere Sulfatkonzentrationen gemessen, die lokal auf eine deutliche Übersättigung bezogen auf Gips hinweisen.

Die beschriebene geochemische Reaktion erzeugte einen zusätzlichen Sulfataustrag, der mit den eingelagerten Abfällen primär nichts zu tun hat und auch in Bezug auf die Gefährdungssituation keine Relevanz hat. Die Bedeutung liegt hier darin, daß Sulfat gut löslich und sehr mobil ist und daher als Leitparameter geeignet ist, die maximale mögliche Ausbreitung der von der Deponie ausgehenden Kontaminationsfahne anzuzeigen bzw. der eigentlichen Kontaminationsfahne voranzugehen. Das Sulfat kann im Grundwasserabstrom in anaeroben Bereichen jedoch durch mikrobielle Sulfatreduktion teilweise wieder abgebaut werden.

2.1.3 Stand der Sicherung

Beginnend mit der Einstellung des Deponiebetriebes wurden bisher bereits eine Reihe von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr und Sicherung durchgeführt. Dazu gehören:

- Deponieüberwachung (Grundwasser und Oberflächenwasser),
- Bau eines Tonriegels mit darin eingetieftem Randgraben zwischen der Altdeponie und dem westlich anschließenden Waldstück,
- Sicherung von Polder IV/IVb (Entleerung, Verfüllung mit nicht kontaminiertem Abraum),
- Anlage eines äußeren Randgrabens zur Abführung des oberflächlich abfließenden Niederschlages,
- Getrennte Erfassung, Behandlung und Ableitung der Deponiewässer,
- Bau eines Drängrabens unmittelbar südlich der Altdeponie, Erfassung und Behandlung von kontaminiertem Grundwasser,

- Ständige Wasserhaltung in den Deponiewasserschächten der GSM-Deponie, Ableitung und Behandlung der Deponiewässer,
- Oberflächenabdichtung der Altdeponie mit PEHD-Dichtungsbahn und mineralischer Schutzschicht, Gasdränage.

Zwischenzeitlich durchgeführte umfangreiche Erkundungsmaßnahmen und Studien lieferten die Grundlagen und begründeten das Erfordernis für eine weitergehende, langfristige Sicherung der Altlast Münchehagen. Es besteht weiterhin die Gefahr einer Beeinträchtigung des Grundwassers und der Umgebungsluft durch das in der Altlast vorhandene Schadstoffpotential. Der Beschluß zur Sicherung der Altlast Münchehagen sieht eine Kombination von Sicherungsbauwerken und Überwachungsmaßnahmen vor:

- Oberflächenabdichtung der GSM-Deponie: Kombinationsdichtung mit mineralischer Dichtungsschicht und Kunststoffdichtungsbahn. Rekultivierung der Oberfläche. Anbindung an die vorhandene Abdichtung der Altdeponie. Anbindung an die Dichtwand. Gasfassung und -behandlung.
- Dichtwand: Vollständige seitliche Umschließung der Altlast mit einer 2-Phasen-Dichtwand, die 30 m tief in den Untergrund einbindet. Der Abstand der Dichtwandtrasse zum Deponiekörper der Alt- und GSM-Deponie beträgt 15-30 m.
- Ergänzung durch eine systematische Altlastüberwachung (Monitoring): Nachsorge und Kontrolle der Oberflächenabdichtung anhand von Kontrolldränagen, -schächten und Sammelleitungen. Überwachung von Gas- und Geruchsemissionen. Erfassung der oberflächlich anfallenden Wassermengen und Bilanzierung des Wasserhaushalts. Überwachung der Oberflächengewässer und -sedimente. Grundwassermonitoring.
- Berücksichtigung der Möglichkeiten zur Durchführung ergänzender Sicherungsmaßnahmen (aufwärtskompatibles System).

Die Sicherung wird ohne das in einem früheren Sicherungskonzept erwogene hydraulische System umgesetzt. Durch das hydraulische System sollte mit gezielter Wasserhaltung innerhalb der Umschließung eine zusätzliche Sicherung durch einen allseits nach innen gerichteten hydraulischen Gradienten erzeugt werden. Aufwärtskompatibilität bedeutet in diesem Fall, daß Vorkehrungen für eine mögliche nachträgliche Installation des hydraulischen Systems getroffen werden, wenn zukünftige Umstände dies erfordern. Aufgrund der Bedeutung des Grundwassers als Transportmedium auch für mögliche künftige Schadstoffausträge kommt dem Grundwassermonitoring eine besondere Rolle bei der Beurteilung des Erfordernisses weitergehender Sicherungsmaßnahmen zu.

2.2 Geologisch-hydrogeologische Situation

2.2.1 Geologische Verhältnisse

In der Umgebung der ehemaligen Sonderabfalldeponie stehen oberflächennah dunkelgraue, tonige Schluffsteine der Unterkreide an, die von geringmächtigen, lückenhaft verbreiteten, quartären Sedimenten, überwiegend Geschiebelehm, bedeckt werden. Der Geschiebelehm bildet zusammen mit dem oberflächlich verwitterten Unterkreidestein eine wenige Meter mächtige, tonige Lockergesteinsauflage. Die Festgesteine darunter sind intensiv geklüftet. In Oberflächennähe werden in der Regel mehr als 5 Klüfte pro Bohrkernmeter angetroffen, zur Tiefe nimmt die Anzahl tendenziell ab. Die unverwitterten Ton- und Schluffsteine sind hochgradig diagenetisch verfestigt, unter anderem bedingt durch sekundär gebildete, karbonatische Porenzemente. Die hohe Verfestigung in diesem Bereich geht einher mit erhöhten Inkohlungsstadien der im Gestein enthaltenen kohligen Partikel. Die vorliegenden Daten zur Gesteinsbeschaffenheit sind in der Tabelle 2.1 zusammengestellt.

Tab. 2.1: Stoffliche Eigenschaften des anstehenden Gesteins im Abstrombereich der Altlast anhand von 1991 gewonnenen Proben (Bohrungen 80/81, 5-10 m Tiefe). Im Vergleich dazu die Spanne der Meßwerte der insgesamt vom Standort Mönchehagen untersuchten Unterkreide-Ton-/Schluffsteine.

	Einheit	Probe 1991 ¹⁾	Unterkreide ²⁾ (Mönchehagen gesamt)
Korngrößen ¹⁾			
Ton (< 2 µm)	Gew-%	44,5	32 - 59
Schluff (2 - 63 µm)	"	55,1	43 - 64
Sand (> 63 µm)	"	0,4	0 - 4
Mineralogie ²⁾			
Quarz	Gew-%	ca. 27	15 - 51
Muscowit/Illit	"	ca. 28	20 - 41
Kaolinit/Chlorit	"	ca. 26	21 - 40
Kalzit	"	ca. 10	0 - 19
Ankerit/Dolomit/Siderit	"	ca. 3	0 - 8
Plagioklas	"	ca. 2	0 - 4
Pyrit	"	ca. 1	0 - 6
Gesamt-Karbonat	Gew-%	12,5	0 - 24
Organ. C-Gehalt	Gew-%	0,97	0.4 - 3.6
Spez. Oberfläche	m ² /g	22,5	14 - 28
KAK	mmol(eq)/100 g	14,1	6 - 18
Trockendichte	g/cm ³	2,36 ± 1%	2.0 - 2.6
Porosität	-	0,139 ± 3%	0,05 - 0,24

1) Daten aus MAIER & DÖRHÖFER (1995)

2) Zusammenstellung der Daten aus PGC (1990) und MATTIAT & BERNHARD (1994)

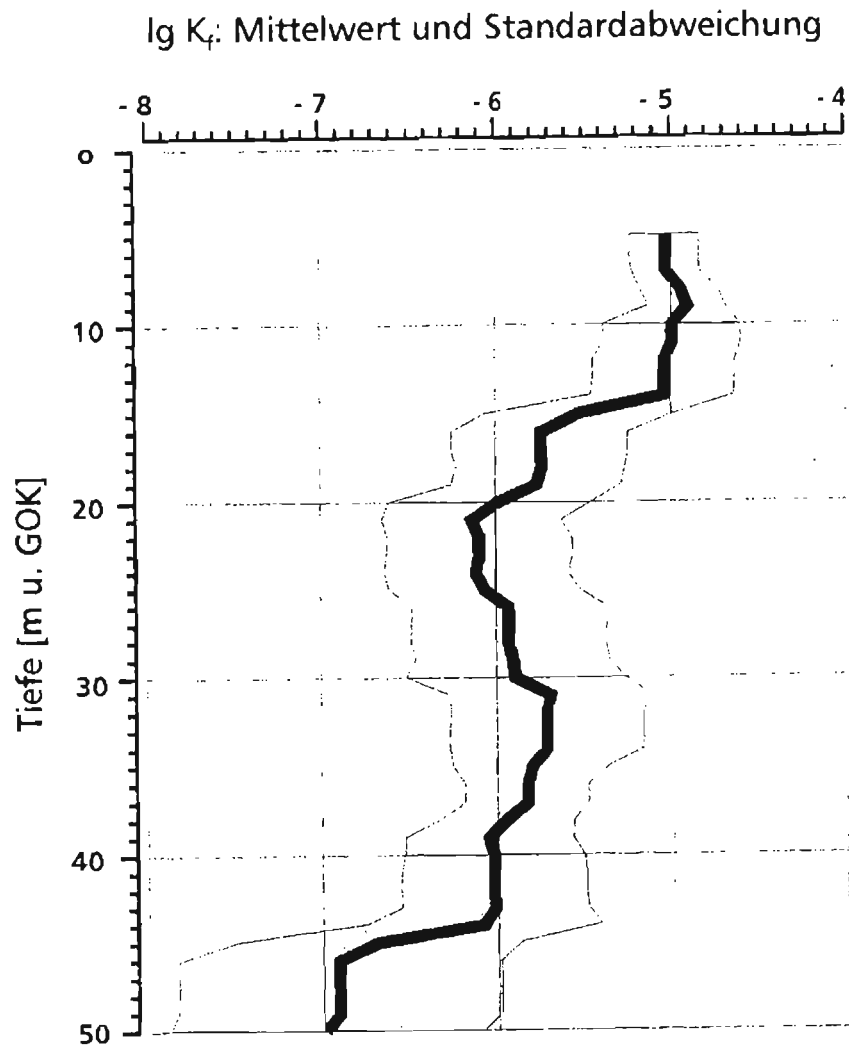


Abb. 2.1: Gebirgsdurchlässigkeit (geometrisches Mittel und Standardabweichung) aufgetragen gegen die Tiefe unter Gelände. Die Werte wurden anhand von 115 hydraulischen Packertesten aus 17 Bohrungen aus dem Grundwasserabstrombereich der Deponie bestimmt (Daten aus PGC 1990).

2.2.2 Hydraulische Gebirgseigenschaften

In den geklüfteten, tonigen Festgesteinen ist ein zusammenhängendes Grundwasservorkommen ausgebildet. Das Grundwasser ist (halb-)gespannt. Der Grundwasserflurabstand beträgt 1 bis maximal 3 m. Der hydraulische Gradient beträgt im Deponieumfeld im Mittel ca. 0,01 und ist entsprechend dem Geländere relief nach Südwesten auf den lokalen Vorfluter Ils gerichtet.

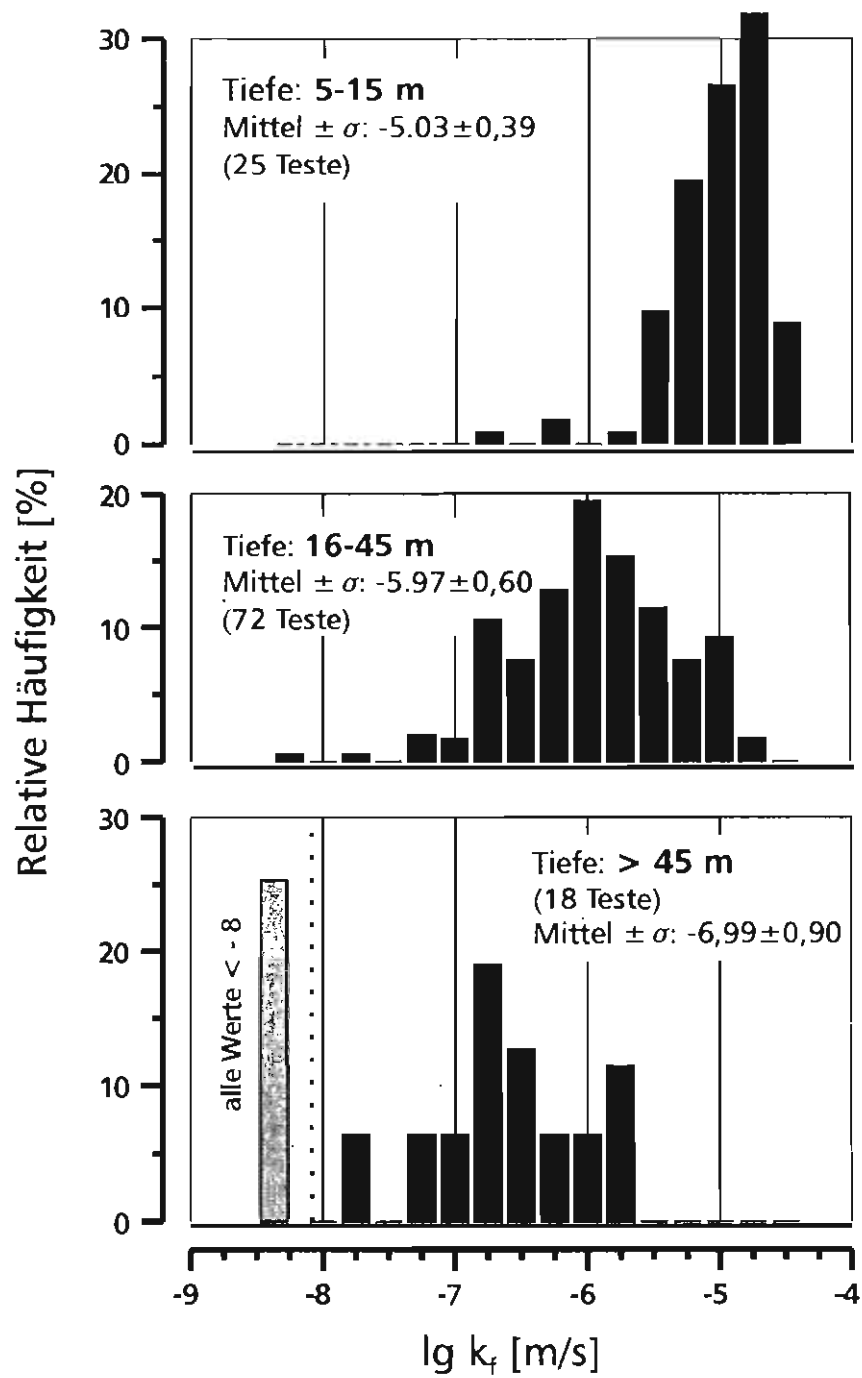


Abb. 2.2: Häufigkeitsverteilungen, Mittelwerte und Standardabweichungen der Durchlässigkeit. Gruppierung der Daten zu Tiefenintervallen von 5-15 m, 16-45 m und einem Bereich >45 m. Die Zusammenfassung der hydraulischen Daten zu einem oberflächennahen, mittleren und tieferen Gebirgsbereich orientiert sich an der festgestellten Tiefenverteilung der Durchlässigkeit (s. Abb. 2.1).

Am Standort wurden mehrere Pumpversuche und zahlreiche hydraulische Tests durchgeführt; dabei sind insbesondere zahlreiche tiefendifferenzierte Pakkerteste in offenen Bohrlöchern zu nennen (PGC 1990). Die Gebirgsdurchlässigkeiten nehmen entsprechend der generellen Abnahme der Klufthäufigkeit zur Tiefe hin ab (Abb. 2.1). Die höchsten Durchlässigkeiten wurden in Oberflächennähe in ca. 5 bis 15 m unter Gelände gemessen. Der Mittelwert der Durchlässigkeiten (geometrisches Mittel) beträgt $k_t = \text{ca. } 10^{-5} \text{ m/s}$; innerhalb der Tiefenintervalle von 5-15 m und 16-45 m sind die Werte annähernd lognormal verteilt (Abb. 2.2). Die Klüfte bilden ein engständiges, räumlich vernetztes System hydraulisch wirksamer Trennfugen. Das Klufthohlraumvolumen bestimmt praktisch ausschließlich die Grundwasserwegsamkeit des Gebirges. Der Beitrag der porösen Gesteinsmatrix kann diesbezüglich aufgrund der sehr geringen Gesteinsdurchlässigkeit ($k_f = \text{ca. } 10^{-10} \text{ m/s}$) trotz einer Primärporosität von ca. 15 % vernachlässigt werden.

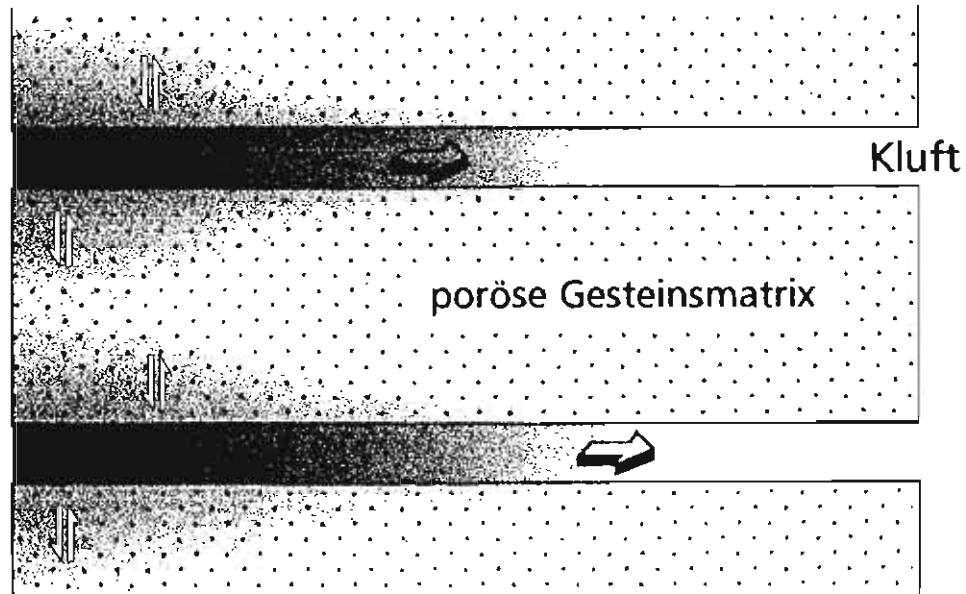
Das geklüftete Gebirge verhält sich bei Betrachtung von Stömungsvorgängen und Grundwasserhaushaltsbilanzen annähernd wie ein statistisch homogenes Kontinuum und kann daher für viele praxisbezogene hydrogeologische Fragestellungen vereinfachend als ein quasi-poröses Medium unter Anwendung der gängigen, für Porengrundwasserleiter entwickelten Modellvorstellungen und Methoden behandelt werden.

2.2.3 Besonderheiten des Stofftransports im klüftigen Tonstein

Der Analogieschluß auf poröse Medien ist auf die Beschreibung von Stofftransportvorgängen im geklüfteten Tongestein unter den gegebenen Bedingungen nicht möglich. Die im Grundwasserabstrom der Deponie erfaßte Ausbreitung organischer Schadstoffe steht im scheinbaren Widerspruch zu den festgestellten hohen Grundwasserwegsamkeiten. Die poröse Gesteinsmatrix spielt dabei eine maßgebende Rolle.

Der Transport durch Advektion und hydrodynamische Dispersion in den Klüften ist gekoppelt an die sogenannte Matrixdiffusion (Abb. 2.3). Dadurch werden auch konservative (nicht sorbierende) Stoffe gegenüber der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers retardiert. In Verbindung mit der Sorption resultiert daraus für reaktive Stoffe ein wirksamer Rückhaltemechanismus, der wesentlich mehr von den physikalisch-chemischen Wechselwirkungen zwischen dem Gestein und den betrachteten Stoffen abhängt als von den hydraulischen Eigenschaften des geklüfteten Gebirges.

Matrixdiffusion und Sorption



Advektion und Dispersion

Abb. 2.3: Darstellung der wirksamen Prozesse beim Transport gelöster Stoffe in einem geklüfteten Gestein mit einer porösen Matrix.

Die Diffusion führt unabhängig von der Wasserbewegung zu einer gerichteten Stoffverlagerung zwischen Kluft- und Matrixporenraum entsprechend dem Konzentrationsgradienten für den einzelnen Stoff. Die sich überlagernden Transportvorgänge Advektion und Matrixdiffusion wirken in unterschiedlichen Zeitmaßstäben. Die Matrixdiffusion als der langsamere Prozeß wird bei längeren Verweilzeiten des transportierten Stoffes im Untergrund begünstigt. Die Matrixdiffusion ist umso wirkungsvoller, je größer das Verhältnis des durch Diffusion mit der Zeit zugänglichen Porenvolumens der Gesteinsmatrix zum Hohlraumvolumen der Klüfte ist. Daher ist bei Grundwasserentnahmen zu beachten, daß große Absenkungsbeträge und hohe Gradienten vermieden werden, da einerseits die Fließgeschwindigkeiten in den Klüften sehr groß werden und im gleichen Zuge der durch die langsameren Prozesse kontrollierte Rückhaltemechanismus für Schadstoffe weit weniger wirksam ist.

Der Prozeß der Matrixdiffusion ist reversibel. Von dem Augenblick an, in dem das Konzentrationsmaximum in den Klüften erreicht ist, kehrt sich der Konzentrationsgradient an der Grenzfläche Kluft/Matrix um und die Rückdiffusion

aus der Matrix in das strömende Grundwasser beginnt. Die Rückdiffusion ist jedoch in der Regel langsamer, da zum einen die Gradienten geringer sind und zum anderen die Diffusion im größeren Abstand von der Grenzfläche Kluft/Matrix noch nach innen gerichtet ist, während randlich bereits die Diffusion zurück in die Kluft erfolgt.

2.2.4 Besonderheiten der Mobilität gelöster organischer Stoffe

Hydrophobe Substanzen wie z.B. unpolare Kohlenwasserstoffverbindungen sind nur wenig in Wasser löslich. Einmal in wässriger Lösung tendieren sie dazu, sich hydrophoben Oberflächen bzw. Sorbenten anzulagern. Die Sorption unpolarer organischer Substanzen an natürlichen Sorbenten wird dabei wesentlich durch deren Gehalt an organischer Materie bestimmt. Die Verteilungsgleichgewichte gehorchen in der Regel über einen weiten Konzentrationsbereich einer linearen Sorptionsisotherme. Eine organischer Stoff ist umso weniger mobil, je größer der Verteilungskoeffizient K_{oc} (Verteilungskoeffizient bezogen auf den organischen Kohlenstoffgehalt des Gesteins) ist.

Die vergleichende Bewertung der Mobilität organischer Stoffe, für die keine unter den spezifischen Standortbedingungen experimentell ermittelten Verteilungskoeffizienten vorliegen, kann anhand empirischer Zusammenhänge erfolgen. Als Maß für die Abschätzung des Sorptionsverhaltens unpolarer organischer Substanzen an natürlichen Sorbenten, die einen Mindestanteil organischer Materie von 0,1 % haben, dient z.B. der in Stoffdatenbanken verfügbare n-Oktanol/Wasser-Verteilungskoeffizient K_{ow} der betreffenden Substanz nach folgender empirischer Beziehung von KENAGA & GORING (1980) :

$$\log K_{oc} = 0,544 \log K_{ow} + 1,377$$

Dieser Zusammenhang ist nochmals graphisch in Abb. 2.4 dargestellt, wobei für ausgewählte Stoffe experimentelle Daten aus der Literatur und aus den Sorptionsversuchen an Gesteinsmaterial aus Münchehagen (MAIER & DÖRHÖFER 1995) aufgetragen wurden.

Die für die Altlast Münchehagen relevanten Stoffe Phenol, BTEX und LCKW sind vergleichsweise mobil und eignen sich demzufolge als Leitparameter für die Überwachung der Ausbreitung organischer Stoffe im Grundwasserabstrom. Sind diese Substanzen nicht oder in nur geringen Konzentrationen nachweisbar, kann darauf verzichtet werden, die Analytik auf Stoffe und Stoffgruppen mit wesentlich kleineren K_{oc} -Werten auszudehnen.

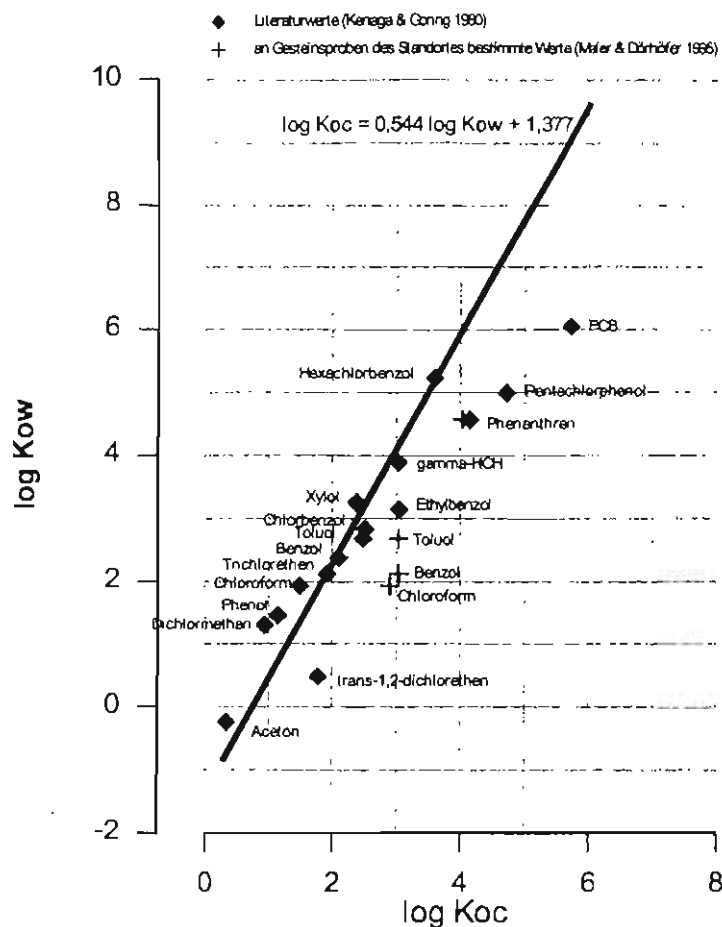


Abb. 2.4: Zusammenhang zwischen K_{ow} und K_{oc} zur Abschätzung der Mobilität organischer Stoffe im Grundwasser nach einer empirischen Beziehung von KENAGA & GORING (1980) ergänzt durch Literaturdaten ausgewählter Substanzen. Doppell logarithmische Darstellung.

Die experimentell an Gesteinsproben vom Standort ermittelten K_{oc} -Werte (MAIER & DÖRHÖFER 1995) sind im Mittel deutlich größer als die Vergleichswerte aus der Literatur. Die stärkere Sorptionsneigung der organischer Stoffe am vorliegenden Tongestein ist auf die Beschaffenheit der organischen Fraktion im Gestein zurückzuführen, die am Standort nachweislich während der geologischen Geschichte eine thermische Reifung durchlaufen hat. Das Gestein hat dadurch in Bezug auf die Sorption organischer Substanzen günstigere Eigenschaften als z.B. die Humusfraktion in Böden oder quartären Lockergesteinen, an denen die Mehrzahl der K_{oc} -Werte aus der Literatur bestimmt wurden. Bei der experimentellen Bestimmung der Stofftransportparameter wurde außerdem festgestellt, daß das Desorptionsverhalten aller untersuchter organischer Substanzen in auffälliger Weise von der Sorption abweichen. Bei vollständig reversibler Sorption müßten der Sorptions- und Desorptionsverlauf

in der Tongesteinsmatrix deckungsgleich ablaufen. Tatsächlich ist die Sorption nur bedingt reversibel bzw. die Desorption erfordert einen wesentlich größeren Zeitraum bis zur Einstellung eines Verteilungsgleichgewichtes. Ungleichgewichtsbedingungen bei der Sorption/Desorption bestimmen in hohem Maße das Transportverhalten, wenn die Gleichgewichtseinstellung langsam im Vergleich zur Grundwasserströmung ist. Die bedingt reversible Sorption und die verlangsamte Rückdiffusion in das strömende Grundwasser nehmen eine wesentlich längere Zeit in Anspruch als die umgekehrten Vorgänge während des fortschreitenden Stofftransports. Dies bedingt eine Depotwirkung, die dazu führen kann, daß einmal in den Untergrund eingebrachte Kontaminationen zwar mit stark verringerten und in der Zeit abnehmenden Konzentrationen, aber über sehr lange Zeiträume im Grundwasser nachweisbar sein können.

2.3 Wasserhaushaltssituation im Altlastbereich

Die Wasserhaushaltssituation der Altlast Münchehagen im derzeitigen Zustand ist wesentlich gekennzeichnet durch

- eine hohe Neubildungsrate durch Infiltration von Niederschlag in den unversiegelten und unbewachsenen Bereichen der GSM-Deponie,
- die fehlende Neubildung im Bereich der abgedichteten Altdeponie,
- die Wasserhaltung mit laufender Entnahme von Sickerwasser und Grundwasser aus den Sickerschächten der GSM-Deponie und dem Drängraben südlich der Altdeponie.

Die Infiltration von Niederschlag ist saisonalen Schwankungen unterworfen. Als mittlere jährliche Neubildung wird für den Bereich der GSM-Deponie von 345 mm/a ausgegangen (GEO-INFOMETRIC 1997). Die Wasserhaltung wurde in unterschiedlichem Umfang betrieben. Als langjährige Mittelwerte für die Deponiewasserhaltung wird für die Sickerschächte ca. 27 m³/Tag und den Drängraben ca. 7 m³/Tag angegeben (IBE 1998). Im Zeitraum von 1993-95 wurde die Wasserhaltung nochmals intensiviert und gegenüber den vorangegangenen Jahren die jährlich entnommene Wassermenge annähernd verdoppelt. Die Größe der Neubildung und der Entnahmen durch die Wasserhaltung sind maßgebend für den Wasserumsatz im Deponiekörper und steuern wesentlich den Stoffaustrag in das Grundwasser. Die grundsätzliche Bedeutung der Wasserhaltungsmaßnahmen für den Stoffaustrag wurde bereits im Sachstandsbericht des NLFb (1996) herausgestellt. Änderungen der Deponiewasserhaltung wirken sich unmittelbar auf die Stoffausbreitung im Grundwasserabstrom aus (s.a. Abschnitt 4.4).



Die Wasserhaushaltssituationen der Altlast Mönchehagen für den Ist- und den Planungszustand sind schematisch in Abb. 2.5 dargestellt. Die Bilanzgrößen wurden den Ergebnissen der Grundwassermodellierung (GEO-INFOMETRIC 1997) entnommen. Die Fläche, über die bilanziert wurde, entspricht dem Bereich innerhalb der geplanten Dichtwandtrasse. Für den Ist-Zustand sind die Bilanzwerte für die obersten 10 m des Grundwasserleiters dargestellt. Der Bilanzraum für die Darstellung des Planungszustandes entspricht dem insgesamt umschlossenen Volumen bis zur Tiefe der Dichtwandsohle.

Im Ist-Zustand beträgt der Wasserumsatz im Altlastbereich ca. $72 \text{ m}^3/\text{d}$, die zu ca. 70 % der Neubildung zuzuschreiben sind. Der Grundwasseranteil ist mit ca. 30 % vergleichsweise gering. Unter der Annahme, daß durch die Wasserhaltung hauptsächlich Deponiesickerwasser entnommen wird und weniger das anströmende Grundwasser, kann davon ausgegangen werden, daß wiederum ca. 70 % der oberflächlich infiltrierenden Wassermengen durch die Wasserhaltung erfaßt werden. Der Überschuß von ca. $15 \text{ m}^3/\text{d}$ fällt demnach im Grundwasserabstrom als kontaminierter Sickerwasseraustrag an, der hauptsächlich zum lateralen Austrag und zu einem kleineren Teil zum Basisaustrag beiträgt. Es kann anhand der Bilanz nicht abgeschätzt werden, zu welchem Anteil und Umfang das den Altlastbereich durchströmende Grundwasser mit Abfallinhaltsstoffen befrachtet ist.

Die Wasserhaltungssituation der Altlast im Planungszustand ist dadurch gekennzeichnet, daß die Infiltration von Niederschlag und der seitliche Zustrom von Grundwasser durch die Sicherungselemente mengenmäßig unbedeutend geworden sind. Eine besondere Situation ergibt sich durch vertikale Strömungskomponenten, die ausgehend vom Tiefenbereich der Dichtwandsohle nach den Modellergebnissen auch weiterhin eine Durchströmung des Altlastbereiches innerhalb der Dichtwand in der Größenordnung von ca. $15 \text{ m}^3/\text{d}$ ermöglichen. Dabei kann nicht angegeben werden, wie groß der Anteil der am abstromigen Dichtwandfuß austretenden Wassermenge ist, die mit den Abfällen oder bereits kontaminierten Bereichen Berührung hatte.

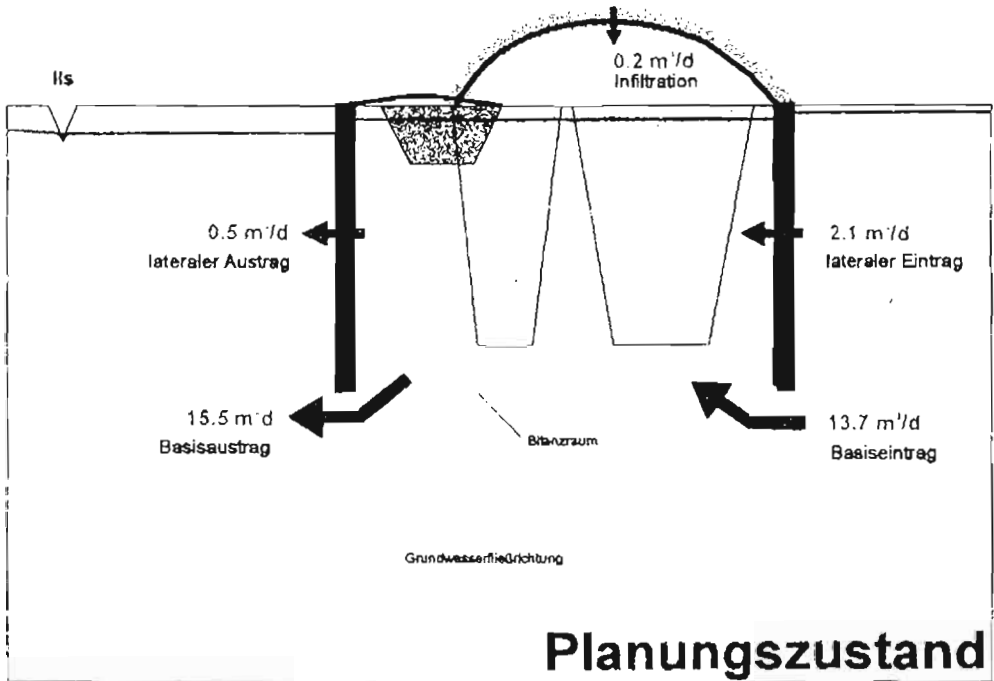
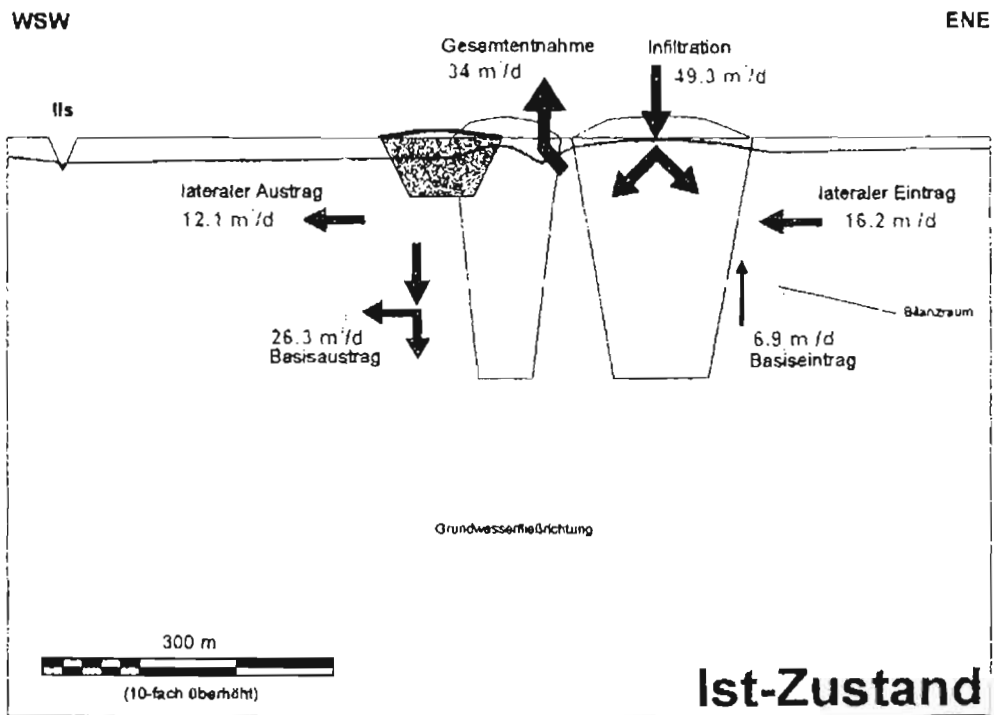


Abb. 2.5: Schematische Darstellung der Wasserhaushaltssituationen im Ist-Zustand und im Planungszustand (mit Dichtwand und Oberflächenabdichtung). Die Zahlenangaben entsprechen den Ergebnissen der Grundwassermodellierung (GEO-INFOMETRIC 1997).

2.4 Ergebnisse der Grundwasserüberwachung vor 1995

Seit Ende der 70-er Jahre und regelmäßig seit 1984 wurde in wechselnden zeitlichen Intervallen mit unterschiedlichem Proben- und Parameterumfang und einer zunehmenden Anzahl von Brunnen (heute insgesamt ca. 150 Brunnen im näheren und weiteren Deponieumfeld) eine Grundwasserüberwachung betrieben. Die nach Probenanzahl und Parameterumfang umfangreichsten Untersuchungskampagnen fanden 1987 und 1992 statt. Ausführliche Darstellungen zur bisherigen Grundwasserüberwachung geben IBE (1993) und NLFB (1996).

Aus den inzwischen umfangreichen Daten der Grundwasserüberwachung sowie den Ergebnissen von Untersuchungen der Abfälle der Altdeponie und Deponiesickerwässer der GSM-Deponie ist das Spektrum der potentiellen Schadstoffe und tatsächlichen im Grundwasserabstrom nachweisbaren Stoffe sowie deren Ausbreitungsverhalten ausreichend bekannt. Danach hat die Ausbreitung der anorganischen Stofffahne, hervorgerufen durch die anorganischen Hauptkomponenten, in Abstromrichtung bis in ca. 200 m Entfernung zur Deponie stattgefunden. Die anorganischen Leitparameter Chlorid und Sulfat der Alt- und GSM-Deponie zeigen aufgrund ihres konservativen Transportverhaltens und ihrer Mengenrelevanz die maximale Ausdehnung der Deponiefahne an. Die organische Grundwasserkontamination konzentriert sich demgegenüber auf den unmittelbaren westlichen und südwestlichen Rand der Deponie bis in maximal 50 m Entfernung. Sie ist hauptsächlich durch leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe (LCKW), aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX), Phenol, Alkylsulfide sowie in geringem Maße Chlorphenole und polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) gekennzeichnet. Die schwerflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffe (CKW), polychlorierten Biphenyle (PCB), Pestizide und Phthalate sowie Schwermetalle sind an diesem Standort für die Grundwasserüberwachung aufgrund ihrer geringen Mobilität nachweislich von untergeordneter Bedeutung.

Die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung zeigen eine sehr große Variabilität und Bandbreite der ermittelten Werte. Sie sind u. a. Ausdruck der kleinräumigen, lateralen und vertikalen Differenzierung der Grundwasserbeschaffenheit im Nahbereich der Altlast, die sowohl natürlichen Ursprungs als auch austragsbedingt sein können und durch die Wasserhaltung in Zusammenhang mit dem Deponiebetrieb beeinflusst werden.

Zusammenfassende Darstellungen und Bewertungen der Kontaminationssituation und Grundwasserbeschaffenheit im Umfeld der Altlast Münchehagen sind im Rahmen der Risikoabschätzung (PANGEO 1996) sowie der Gutachten von NLFB (1996) und PANGEO/IFUA (1997) durchgeführt worden.



3 Natürliche Grundwasserbeschaffenheit

Die lokalen Hintergrundgehalte, die geogene Grundwasserinhaltsstoffe sowie allgemeine, nicht spezifisch durch die Deponie verursachte Belastungen beinhalten, sind ein Maßstab zur Beurteilung von Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit durch einen Stoffaustrag aus der Altlast Mönchehagen. Im Gegensatz zu den organischen Abfallinhaltsstoffen, die natürlicherweise nicht oder für wenige Stoffgruppen nur in sehr geringen Konzentrationen im Grundwasser auftreten, sind insbesondere die Konzentrationserhöhungen durch anorganische Komponenten von den am Standort vorliegenden variablen Hintergrundwerten abzugrenzen.

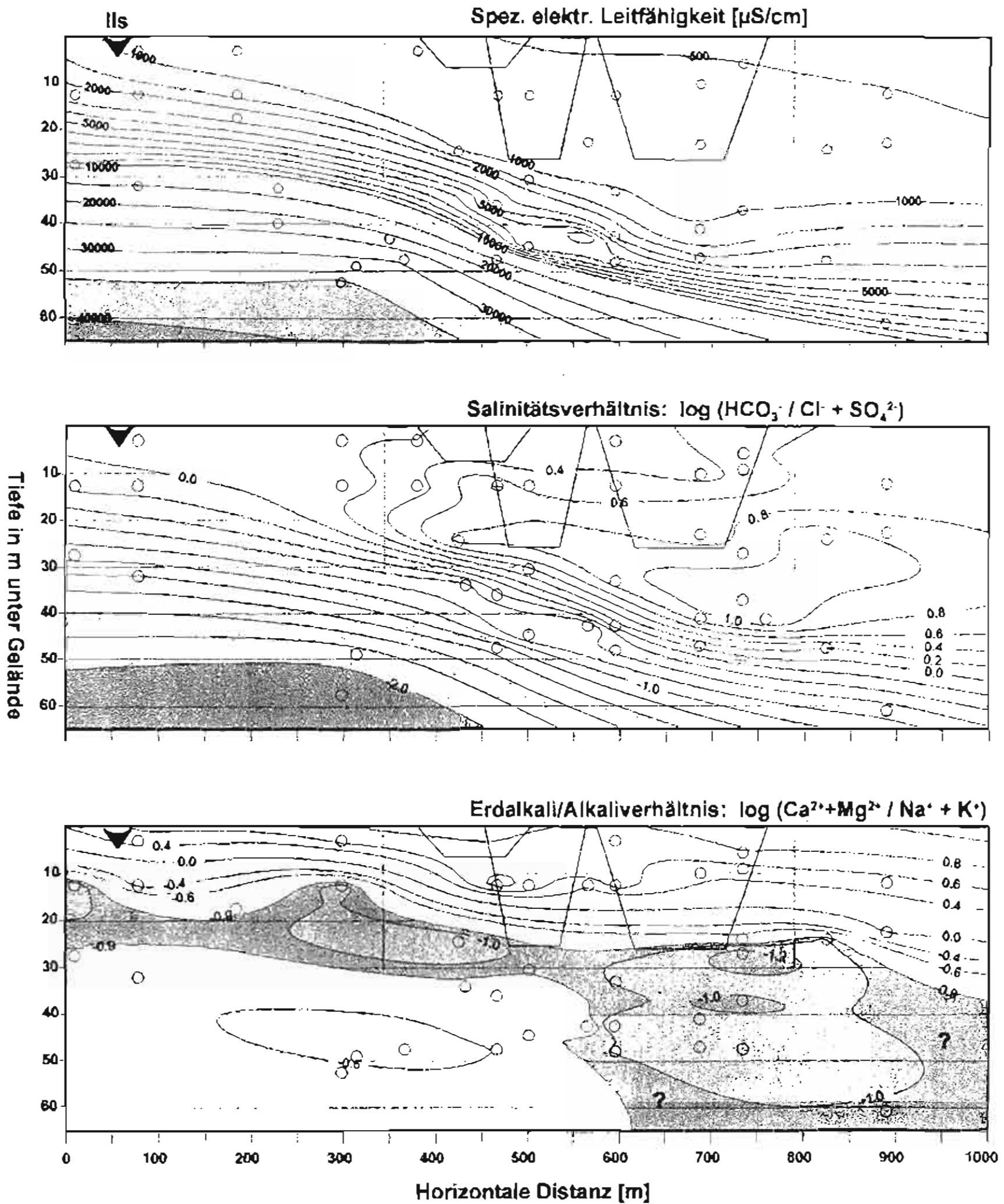
3.1 Natürliche anorganische Grundwasserbeschaffenheit

Die natürliche, anorganische Grundwasserbeschaffenheit am Standort Mönchehagen ist durch eine ausgeprägte hydrochemische Tiefenzonierung gekennzeichnet. Das oberflächennahe, niedrig mineralisierte Grundwasser vom CaHCO_3 -Typ wird mit der Tiefe abgelöst durch versalztes Tiefenwasser vom NaCl -Typ. Gegenüber dem nur langsam fließenden Tiefenwasser nimmt das oberflächennahe Süßwasser stärker an der Grundwasserzirkulation teil. Die dazwischen liegende Übergangszone zeichnet sich durch ein NaHCO_3 -Austauschwasser aus. Der Grundwasseraufstieg im Bereich des Vorfluters IIs führt dazu, daß die hydrochemischen Zonen im Abstrom der Altlast in deutlich geringerer Tiefe und Mächtigkeit aufeinander folgen als im Anstrombereich

Die Auswertung der Grundwasseranalysen aus der hydrogeologischen Erkundung von 1988/89 (PGC 1990) mit tiefendifferenzierter Entnahme von Grundwasserproben ermöglicht die detaillierte Darstellung der natürlichen Zusammenhänge. Anhand der Parameter Leitfähigkeit sowie der Ionenverhältnisse der Anionen (Salinitätsverhältnis $\text{HCO}_3/\text{Cl}+\text{SO}_4$) und Kationen (Erdalkali-Alkaliverhältnis $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{Na}+\text{K}$) ist die engständige natürliche hydrochemische Tiefenzonierung darstellbar. Abbildung 3.1 zeigt vertikale Profilschnitte (1000 m Länge; 65 m Tiefe, 5-fach überhöht) mit Isoliniendarstellungen (Regionalisierung mittels Kriging) der drei gewählten Parameter. Der Schnitt verläuft ungefähr parallel zur Grundwasserfließrichtung durch das Gelände der Altlast Mönchehagen. Es wurden nur Grundwasserdaten außerhalb der bekannten Kontaminationsfahne herangezogen und entsprechend der Lage und Probenahmetiefe senkrecht auf die Schnittfläche projiziert.

WSW

ENE



Grundwassermonitoring Altlast Munchehagen

Abb. 3.1: Vertikalschnitte zur Kennzeichnung der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit anhand von Isoliniendarstellungen der Parameter Leitfähigkeit ($\mu\text{S/cm}$), Salinitätsverhältnis (als Logarithmus von $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$, Konzentrationen der Anionen in $\text{mmol}(\text{eq})/\text{l}$) und Erdalkali- Alkaliverhältnis (als Logarithmus von $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} / \text{Na}^+ + \text{K}^+$, Konzentrationen der Kationen in $\text{mmol}(\text{eq})/\text{l}$). Die Kreise markieren die Datenpunkte (Daten aus PGC 1990). Die Lage der Deponiepfänder und der geplanten Dichtwand sind als rote Linien angedeutet.





Das Leitfähigkeitsprofil zeigt die Zunahme der Mineralisation mit der Tiefe und den Übergang vom oberflächennahen Süßwasser zum salinar geprägten Tiefengrundwasser. Die 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – Isolinie der Leitfähigkeit fällt ungefähr mit der 0-Linie des logarithmierten Salinarverhältnisses zusammen und markiert damit den Tiefenbereich, in dem das Hydrogenkarbonat aus dem oberflächennahen und das Chlorid aus dem tiefen Grundwasser in gleichen Anteilen vorliegen. Unterhalb dieser Tiefe, die sich im Bereich der IIs bei ca. 10 m und nordwestlich der Deponie bei ca. 40 m unter Gelände befindet, nehmen die Leitfähigkeiten deutlich zu, so daß von einer Sprungschicht gesprochen werden kann. Der Leitfähigkeit von 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entspricht ungefähr die -0,6 - Linie des Salinitätsverhältnisses, entsprechend einem Verhältnis von $\text{HCO}_3/\text{Cl} = 1:4$. Darunter folgt das überwiegend salinar geprägte Tiefenwasser, das am oberflächennahen Grundwasserumsatz vermutlich keinen wesentlichen Anteil hat.

Anhand der Leitfähigkeit und des Salinarverhältnisses wird der durch den Vorfluteffekt (aufsteigende Gradienten) bedingte Anstieg der hydrochemischen Grenzflächen deutlich. Der Bereich des oberflächennahen Süßwassers (hier mit Leitfähigkeiten $<2000 \mu\text{S}/\text{cm}$) wird bei Annäherung an die IIs auf einen nur 10 m mächtigen Ausschnitt des Grundwasserleiters eingeeengt.

Die Darstellung des Erdalkali-Alkali-Verhältnisses zeigt besonders die Wirkung des Kationenaustausches. Im oberflächennahen Grundwasser überwiegt Calcium (mit Magnesium); der Tiefenbereich oberhalb der 0,6-Linie des logarithmierten Erdalkali-Alkaliverhältnisses kennzeichnet die Kalklösungszone. Zur Tiefe folgt die Kationenaustauschzone, in der Calcium am Tongestein gegen Natrium ausgetauscht wird. Die anteilige Calciumkonzentration erreicht im Bereich des Übergangs von Süß- zu Salzwasser (entsprechend der Leitfähigkeit von ca. 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ihr Minimum.

Für die Ionen, die natürlicherweise nicht der Tiefenzonierung unterliegen, kann ein genereller, lokaler geogener Hintergrundwert ermittelt werden. Das gilt insbesondere für Sulfat, das als Leitparameter für die (GSM-)Deponie und für Stofftransportbetrachtungen herangezogen wird. Dazu wurden 66 Sulfatanalysen von Brunnen aus dem Anstrombereich (Brunnen 15, 19, 202-207, 215-217) ausgewertet. Aus den Daten ergibt sich ein mittlerer geogener Hintergrundgehalt von 14 mg/l (arithmetisches Mittel) mit einer Standardabweichung von 18,5 mg/l (Tab. 3.1). Auf der Basis der statistischen Parameter kann mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, daß bei Sulfatgehalten oberhalb eines Wertes von 50 mg/l, entsprechend dem Mittelwert plus 2mal die Standardabweichung, ein Deponieeinfluß vorhanden ist.



Analoge Daten können z. B. für Eisen und Mangan (Tab. 3.1) sowie Ammonium und Nitrat ermittelt werden.

Tab. 3.1: Statistische Parameter zum anorganischen, geogenen Hintergrund

Parameter [mg/l]	Mittelwert	Standardabweichung vom Mittelwert	Minimum	Maximum	Anzahl Proben	Obergrenze natürlicher Hintergrund
Sulfat	13,87	18,5	0	86*	66	50
Eisen	2,2	1,76	0,1	7,8	27	6
Mangan	0,42	0,31	0	1,2	35	1

* Einzelne Werte >50 mg/l sind als Ausreißer zu betrachten und werden im Anstrombereich nur in Brunnen 19 angetroffen.

Die am Standort anstehenden Tonsteine und damit auch das darin zirkulierende Grundwasser enthalten in geringen Konzentrationen geogene Schwermetalle und weitere Spurenelemente. Da hierzu vom Standort keine Daten vorliegen, kann an dieser Stelle als Orientierung auf die Durchschnittsgehalte toniger Gesteine (HINDEL & FLEIGE 1991) verwiesen werden.

Die Anstrombrunnen 19 und 204 der Beweissicherung, die im NE der Deponie die Süßwasser- und Übergangszone durchteufen und mit ihren langen Filterstrecken von ca. 20 m Mischwasser fördern, sind für eine detaillierte Erfassung der natürlichen, tiefenabhängigen Gehalte der anorganischen Hauptbestandteile nicht geeignet. Das gilt insbesondere für die Hauptkomponenten Hydrogencarbonat, Chlorid, Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium.

3.2 Natürliche organische Grundwasserbeschaffenheit

Grundwässer enthalten in geringen Konzentrationen organische Komponenten geogenen und biogenen Ursprungs, die in erster Linie in den organischen Summenparametern zum Ausdruck kommen. Untersuchungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe zeigen, daß in allen Einheiten der Unterkreide im Raum Hannover Kohlenwasserstoffe geogenen Ursprungs nachgewiesen werden. Bei lagerstättenkundlichen Fragestellungen wurden vorwiegend schwerflüchtige Kohlenwasserstoffe untersucht (WEHNER 1982). Bei Untersuchungen zur geochemischen Charakterisierung der organischen Gesteinsfraktion hinsichtlich des Sorptionspotentials von organischen Schadstoffen am Standort Münchehagen wurden Tonsteinproben auf ihren natürlichen Kohlenwasserstoffgehalt hin analysiert (MAIER & DÖRHÖFER 1995). Das Gestein enthält einen hohen organischen Anteil, der bis zu 5 %, bezogen auf organischen Kohlenstoff, beträgt. Darin enthalten sind auch extrahierbare Anteile von (polyzyklischen und einkernigen) aromatischen Kohlenwasserstoff-

fen, insbesondere Benzol, Toluol und Xylol, sowie gesättigte Kohlenwasserstoffe mit überwiegend n-Alkanen. Diese Stoffe sind daher in geringen Konzentration auch im Grundwasser zu erwarten.

Zur Bestimmung der organischen, natürlichen Hintergrundgehalte wurden alle vorhandenen Grundwasseranalysen der deponieunbeeinflussten Anstrombrunnen (Brunnen 15, 19, 202-207, 215-217) bezüglich der Parameter DOC und BTEX_{gesamt} sowie der relevanten Einzelstoffe Toluol, Xylol, Benzol, Ethylbenzol und Phenol ausgewertet. Für den zur Beurteilung von Kontaminationen von leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen verwendeten Parameter AOX wurde ebenfalls der Hintergrundwert in der gleichen Weise ermittelt. Wegen möglicher Störungen durch Chlorid wurden Proben mit Leitfähigkeitswerten >1000 µS/cm hierbei ausgeschlossen. Die statistischen Parameter, die die Hintergrundgehalte kennzeichnen, sind in Tab. 3.2 zusammengestellt.

Tab. 3.2: Statistische Parameter zum organischen, geogenen Hintergrund

Parameter	Mittelwert	Standardabweichung vom Mittelwert	Minimum	Maximum	Anzahl Proben	Obergrenze natürlicher Hintergrund
DOC [mg/l]	3,32	3,63	0,3	18,0	50	10
AOX [µg/l]	10,78	16,16	0	55,0	66	43
BTEX [µg/l]	1,76	4,6	0	20,1	56	11
Toluol [µg/l]	0,1	0,12	0	0,3	7	0,35
Xylol [µg/l]	2,1	3,26	0	7,1	6	9
Benzol [µg/l]	0,01	0,04	0	0,1	7	0,1
Ethylbenzol [µg/l]	0,13	0,23	0	0,6	8	0,6
Phenol [µg/l]	0,27	0,37	0	0,9	10	1

Organische Stoffkonzentrationen größer als die Obergrenze (Mittelwert + 2mal Standardabweichung) können als Deponieeinflüsse angesehen werden. Bei organischen Einzelstoffen, die ausschließlich anthropogenen Ursprungs sind (insbesondere CKW), ist bereits der Nachweis im Abstrom gleichzusetzen mit einem Deponieeinfluß.



4. Ergebnisse der Grundwasserüberwachung im Abstrom 1995-1997

Eine weitere wesentliche Grundlage für die Erarbeitung von Empfehlungen für das zukünftige Grundwassermonitoring der Altlast Mönchehagen stellen die aktuellen Ergebnisse der Grundwasserüberwachung (1995-1997) dar, aus denen in Zusammenhang mit den früheren Ergebnissen die standortspezifische Stoffaustragsituation abgeleitet wird.

4.1 Übersicht der Grundwasserüberwachung

1995 und 1996 wurde die hydrochemische (und hydraulische) Grundwasserüberwachung im gleichen Umfang fortgesetzt wie in den beiden vorangegangenen Jahren. Für 1997 wurde auf Empfehlung des NLFb und in Abstimmung mit dem NLÖ die Anzahl der Überwachungsbrunnen deutlich reduziert.

Eine Übersicht der Überwachungsbrunnen und des Untersuchungsumfanges der Jahre 1995 bis 1997 geben die folgenden Tabellen 4.1 und 4.2. Die Lage der Überwachungsbrunnen ist in Anlage 1 dargestellt.

Mit Ausnahme der Anstrombrunnen 19 und 204 und der entfernteren Brunnen 15 und 219 liegt die Mehrzahl der beprobten Brunnen im näheren Grundwasserabstrom der Deponie mit der bekannten Kontaminationsfahne. Neben 6 Multilevelbrunnen (Brunnen 26, 28, 30, 32, 34, 38 und 40) und 3 Dreifachmeßstellen (Brunnen 84, 85 und 86), die eine tiefenorientierte Probenahme in Tiefen von 2 bis 30 m unter GOK ermöglichen, und wenigen oberflächennah verfilterten Brunnen (Brunnen 33, 37 und 108) verfügen die meisten Brunnen über Filterstrecken, die größer als 10 m sind und meist 20 m und mehr betragen. Die Schrägbrunnen 35, 84, 85 und 86, von denen die letzten drei als Dreifachbrunnen ausgebaut sind, erlauben eine Untersuchung der Grundwasserbeschaffenheit im unmittelbaren Nahbereich der Abfallkörper bzw. unterhalb der Deponiesohle. In Anlehnung an das bekannte Spektrum der potentiellen und festgestellten Grundwasserkontaminanten umfaßt die Parameterliste anorganische und organische Summenparameter, anorganische Salze und ausgewählte organische Einzelstoffe. 1997 wurde bei den deponienahen und Anstrombrunnen eine größere Palette an organischen Einzelstoffen bestimmt.

Tab. 4.1: Übersicht der Überwachungsbrunnen

Brunnen	Filterstrecke(n) [m unter GOK]	Beprobung	
		1995-1996	1997
Anstrom			
19	4,5 - 25	x	x
204	15 - 38 17 / 24 / 35	x	x
Abstrom			
Schrägbrunnen			
35	4 - 11	x	
84	11,7 - 14,5 / 22,3 - 25,8 / 32,5 - 35,3	x	x
85	11 - 14 / 22 - 25 / 32 - 35	x	
86	11 - 14 / 22 - 25 / 32 - 35	x	
7	4,5 - 25	x	
33	3 - 5	x	
37	0 - 4	x	
10A	4,5 - 25	x	x
10B	2-4,5		x
11	4,5 - 25	x	x
12	4,5 - 25		x
13	4,5 - 25	x	
14	4,5 - 25	x	x
15	4,5 - 25	x	x
22	5 - 25	x	
23	25 - 50	x	
24	25 - 50	x	
27	5 - 36	x	x
29	6 - 36	x	x
39	0 - 15 (offenes Bohrloch)	x	x
80A	15 - 25	x	
80B	5 - 15	x	
81A	15 - 25	x	
81B	5 - 15	x	
25	25 - 50	x5	
219	25 - 31		x
Multilevelbrunnen			
26	1 - 3 / 5 - 7 / 9 - 11 / 13 - 15 / 17 - 18 / 22 - 25	x	x
28	2 - 3 / 5 - 7 / 9 - 11 / 13 - 15 / 17 - 19 / 21 - 25	x	
30	7 / 14 / 18		x
32	1 - 3 / 5 - 7 / 9 - 11 / 13 - 15 / 17 - 18 / 22 - 25	x	
34	1 - 3 / 5 - 7 / 9 - 11 / 13 - 15 / 17 - 18 / 21 - 23 / 25 - 27 / 29 - 39	x	
38	2 - 5 / 7 - 8 / 9 - 11 / 13 - 15	x	
40	1 - 4 / 5 - 7 / 9 - 11 / 13 - 15 / 17 - 19	x	x

Tab. 4.2: Übersicht zum Überwachungsumfang

Beprobungszeitpunkt	Brunnen	Parameterumfang
Juli 1995 Nov./Dez. 1995 Juni 1996	19, 204, 35, 84, 85, 86, 7A, 33, 37, 10A, 11A, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 39, 80A, 80B, 81A, 81B, 26, 28, 32, 34, 38, 40, 15	Leitfähigkeit NH ₄ , Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cl, SO ₄ , NO ₃ , AOX, DOC, TOC, CSB Einzelstoffe: BTEX, LHKW, Phenol, Chlorphenole, Alkylsulfide
Nov. 1997	19, 204, 84, 10A, 10B, 11A, 14, 12, 27, 29, 39, 30, 26, 40, 15, 219	Leitfähigkeit NH ₄ , Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cl, SO ₄ , NO ₃ , AOX, DOC, TOC Einzelstoffe: BTEX, LHKW, Phenol, Chlorphenole, Chlorbenzol, Tridecan, Tetrahydrofuran, Alkylsulfide, Schwefelkohlenstoff

4.2 Kennzeichnung der aktuellen Kontaminationssituation

Die aktuellen Grundwasseranalysen der Jahre 1995-1997 bestätigen insgesamt das Ausmaß der bisherig festgestellten Kontaminationssituation. Entsprechend der Grundwasserbeschaffenheit im Abstrom der Altlast Münchehagen können die beprobten Brunnen folgenden Bereichen zugeordnet werden:

		Brunnen
Deponienaher Abstrombereich	deponienahe Abstrombrunnen, die die höchsten und sowohl anorganische als auch nachweisbare organische Kontaminationen aufweisen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ innerhalb des Deponiegeländes: ▪ westlich der Deponie: ▪ Südlich der Deponie: 	85, 86 37, 40, 34, 35, 11A, 26, 39 33, 7A, 84, 28, 30, 32, 38
Mittlerer Abstrombereich	die den deponienahen Bereich anschließenden Abstrombrunnen, die nachweislich oder vermutlich anorganische Beeinflussungen aufweisen.	10A, 10B, 12, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 80A, 80B, 81A, 81B
Deponieferner Abstrombereich	Entfernterer, nicht oder nur wenig beeinflusster Abstrombereich bis zur IIs.	15, 219
Anstrombereich		19, 204

4.2.1 Anorganische Parameter

Die Ergebnisse der Grundwasseranalysen von 1995-1997 auf anorganische Parameter sind in der Anlage 4 in den Blättern 1-4 entsprechend der Einteilung in die oben beschriebenen Bereiche zusammengestellt. Die auch mit früheren Ergebnissen vergleichbare große Bandbreite der Werte ist sowohl Ausdruck der natürlichen Zonierung der Grundwasserbeschaffenheit, die im Abstrombereich der Deponie durch den Grundwasseraufstieg zur IIs besonders hervortritt, als auch des Schadstoffaustrages aus der Deponie. Anhand des mobilen, nicht sorbierenden Leitparameters Sulfat, der natürlicherweise nicht der Zonierung unterliegt und eine geogene Hintergrundkonzentration kleiner 50 mg/l aufweist, kann der Schadstoffaustrag aufgezeigt werden. Die in den Tabellen markierten Sulfatbelastungen (Anlage 4) finden sich durchgängig im deponienahen Abstrombereich südlich der Deponie sowie häufig im westlichen deponienahen und mittleren Abstrombereich. Die Höchstwerte liegen im deponienahen Abstrombereich südlich der Deponie bei Werten bis zu 3000 mg/l (Brunnen 84/1). Sie sind vorwiegend Ausdruck der hohen Sulfatbelastung im Bereich der GSM-Polder (s. Abschnitt 2.1.2). Abb. 4.1 zeigt die aktuelle Sulfatausbreitung auf der Grundlage der Maximalwerte aus den Jahren 1995 bis 1997 mit dem Schwerpunkt der Stofffahne südwestlich der GSM-Deponie und einer Ausbreitung von ca. 200 bis 300 m in Abstromrichtung. Die in der Abbildung mit Fragezeichen gekennzeichneten Bereiche beruhen auf einzelnen hohen Sulfatwerten der Brunnen 219 (297 mg/l in 1997) bzw. 40 (720 mg/l in 1995), die jeweils nur bei einer Probenahme festgestellt wurden und bisher in dieser Höhe nicht durch weitere Analysen bestätigt werden konnten. Die Sulfatfahne umfaßt gleichzeitig die maximale mögliche Ausdehnung der Kontaminationsfahne, da Sulfat (neben Chlorid) den mobilsten Parameter darstellt.

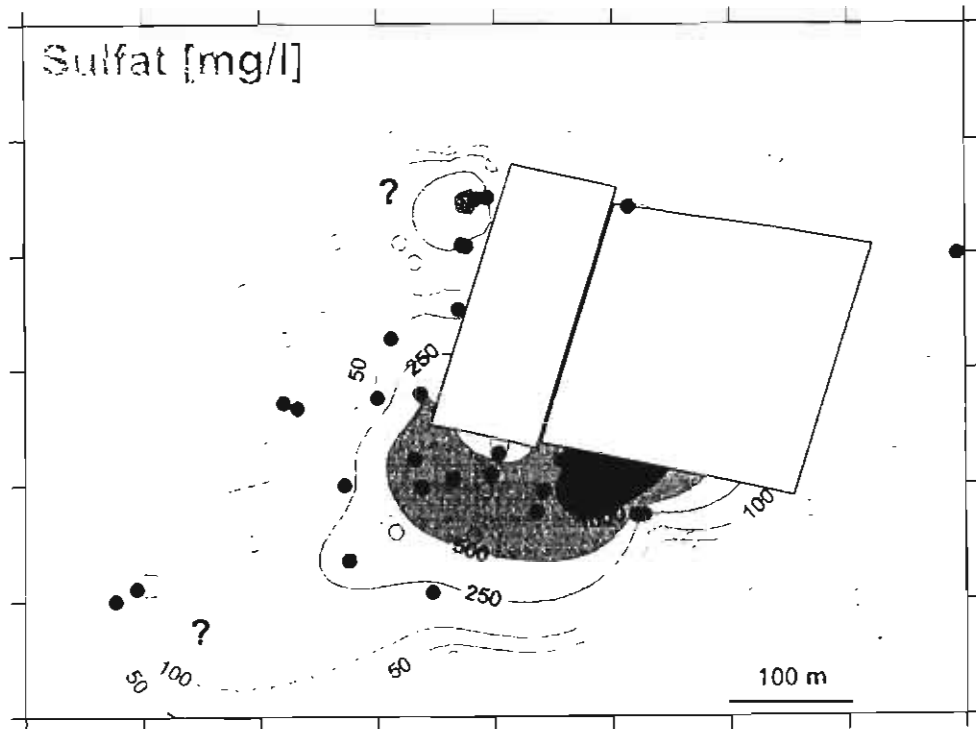


Abb. 4.1: Sulfatausbreitung im Grundwasserabstrom der Altlast Münnehagen anhand der Maximalwerte aus den Jahren 1995-1997. Die schwarzen Punkte markieren die beprobten Brunnen.

Die weiteren anorganischen Parameter, die einen Stoffaustrag anzeigen können, sind von dem Hintergrund der natürlichen hydrochemischen Zonierung schwerer abgrenzbar. Mit Hilfe der Leitfähigkeit und insbesondere auch des Anionen-(Salinitäts)-Verhältnisses kann das Ausmaß der Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit durch den Einfluß der Altlast sowie deren horizontale und vertikale Ausdehnung vor dem Hintergrund der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit aufgezeigt werden. Abb. 4.2 zeigt einen vertikalen Profilschnitt mit vergleichenden Isoliniendarstellungen des Salinitätsverhältnisses (als Logarithmus von $\text{HCO}_3/\text{Cl}+\text{SO}_4$) für einen natürlichen Zustand (s. Abschnitt 3.1) und für die aktuelle Situation im Untergrund der Altlast. Die beiden Situationen können anhand der regionalisierten Daten (Anwendung des Kriging-Verfahrens) voneinander subtrahiert werden. Die berechnete Differenz ergibt den "Nettoaustrag" aus der Altlast.

WSW

ENE

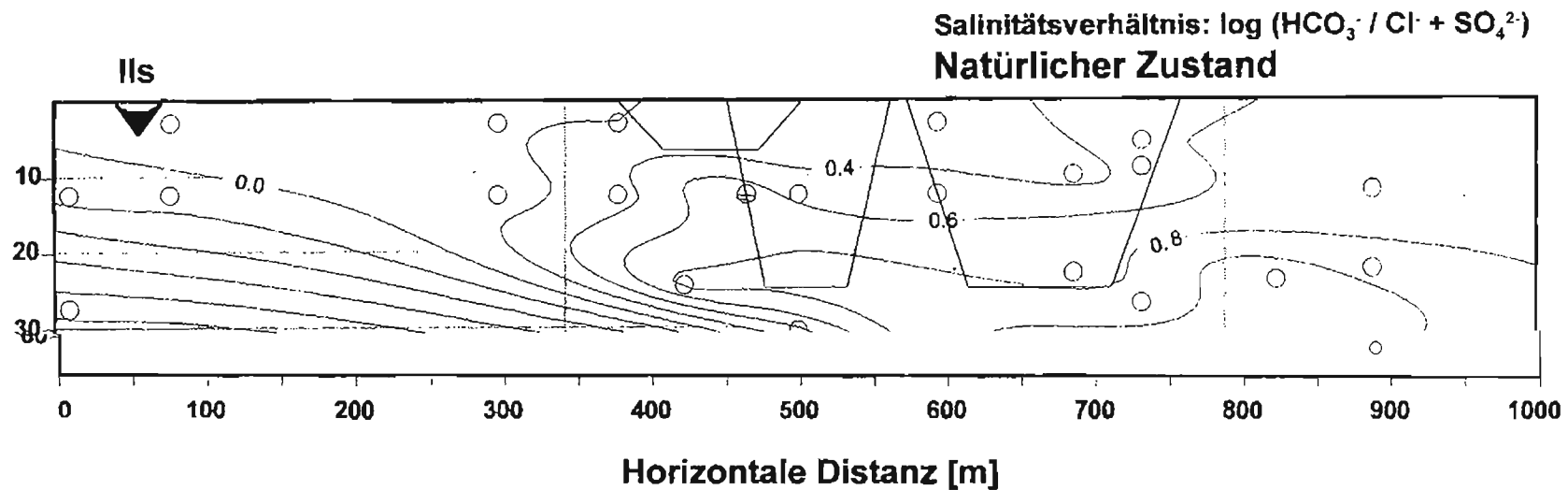


Abb. 4.2: Vertikalschnitte zur Kennzeichnung des Altlasteinflusses auf die Grundwasserbeschaffenheit anhand von Isoliniendarstellungen des Salinitätsverhältnisses (Logarithmus des Salinitätsverhältnisses $\text{HCO}_3^- / \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$, Konzentrationen in $\text{mmol}(\text{eq})/\text{l}$). Die obere Darstellung entspricht dem natürlichen, unbeeinflussten Zustand aus Abb. 3.1. Die mittlere Darstellung kennzeichnet die Situation im Nahbereich der Altlast Münnehagen, es wurden die jüngsten Daten der Grundwasserüberwachung mit herangezogen. Die untere Darstellung entspricht der berechneten Differenz aus den regionalisierten Datensätzen der beiden oberen Darstellungen. Kreise markieren die Datenpunkte.





Weitere Erkenntnisse zur anorganischen Grundwasserbelastung ergibt die grafische Darstellung der Ionenverhältnisse nach PIPER am Beispiel der Grundwasseranalysen von 1996 (Abb. 4.3). In den Diagrammen zeichnen sich die deponiebeeinflussten Grundwasserproben durch ihre veränderte Lage gegenüber den natürlichen Verhältnissen aus. Die Grundwasserdaten der Anstrombrunnen 19 und 214 sowie des entfernteren Abstrombrunnens 15 zeigen in den Einzeldiagrammen die Eckpunkte des durch die Tiefenzonierung verursachten natürlichen Trends von dem CaHCO_3 -Wasser der oberflächennahen Zone (Brunnen 19) über das NaHCO_3 -Austauschwasser des Übergangsbereiches (Brunnen 204) zum NaCl -Tiefenwasser (Brunnen 15). Die jenseits dieser Punkte bzw. einer durch die Punkte gezogenen Linie liegenden Grundwasserproben können eindeutig auf einen Deponieeinfluß zurückgeführt werden. Die sulfatbelasteten Wässer sind deutlich im Anionendreieck durch ihre Höhenverschiebung ausgewiesen und finden sich hauptsächlich im deponienahen südlichen sowie mittleren Abstrombereich. Chloridbelastete Grundwasserproben überlagern sich mit dem Trend der natürlichen Tiefenzonierung, sind aber unter Berücksichtigung ihrer Lage innerhalb der natürlichen Grundwasserzonierung im Anionendreieck zu erkennen. Dies ist überwiegend der Fall bei den Wässern des deponienahen westlichen Abstrombereiches sowie bei den Schrägbrunnen innerhalb des Deponiegeländes. Aufgrund der bereits unter natürlichen Bedingungen großen Spannweite der Kationengehalte sind im Kationendreieck die austragsbedingten Kationenbelastungen weniger deutlich erkennbar. Gegenüber dem natürlichen Trend abweichende Kationenzusammensetzungen lassen sich hier z. T. bei den deponienahen westlichen Brunnen feststellen.

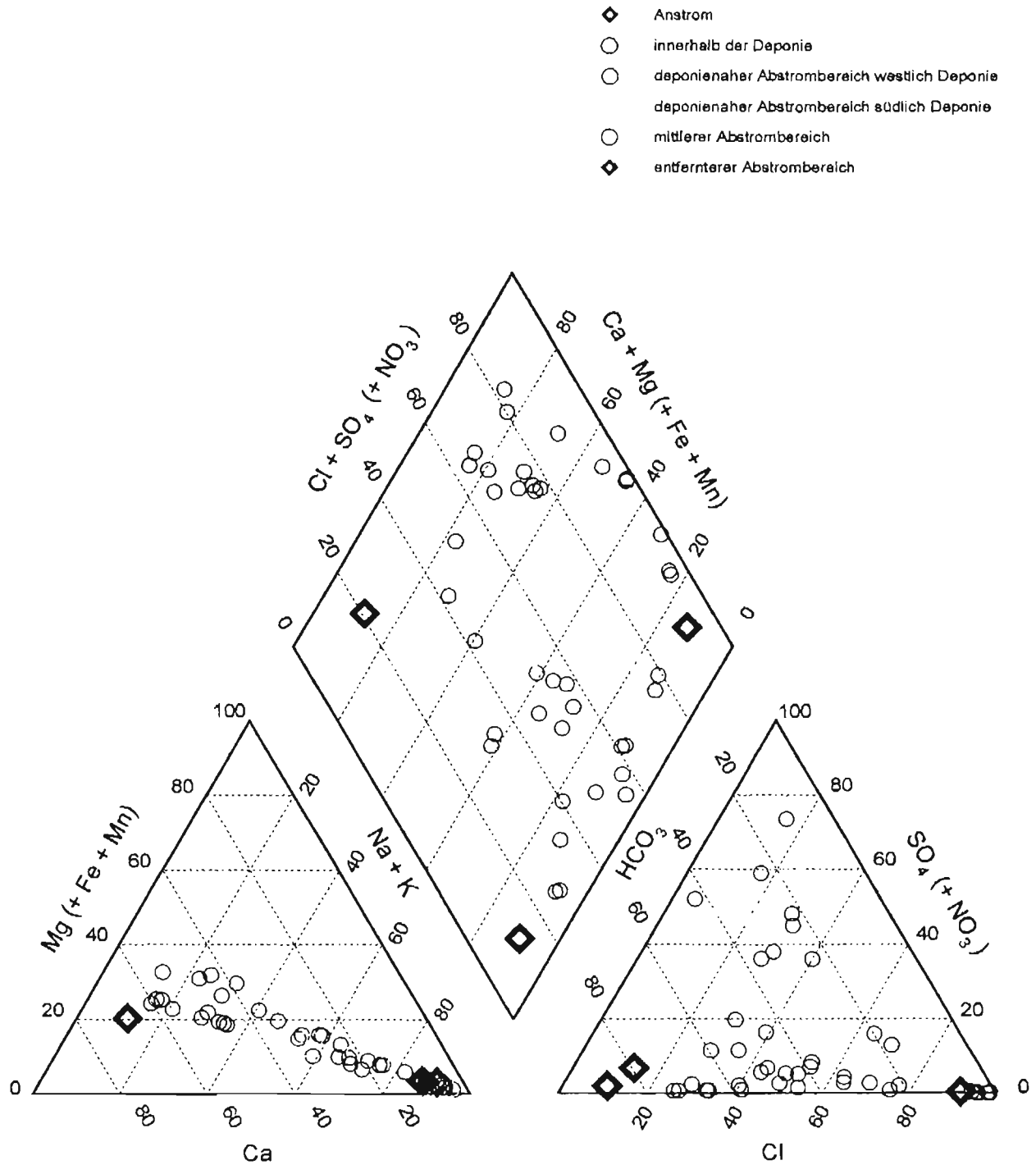
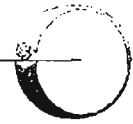


Abb. 4.3: PIPER-Diagramm zur Darstellung der Grundwasserbeschaffenheit anhand der Ionenverhältnisse (Analysen von 1996).



4.2.2 Organische Parameter

Die im Rahmen der Grundwasserüberwachung der letzten Jahre (1995-1997) ermittelten Werte der organischen Parameter sind in der Anlage 5 tabellarisch zusammengestellt. Darin sind diejenigen Stoffgehalte hervorgehoben, die Konzentrationen oberhalb der lokalen Hintergrundwerte (DOC, AOX, BTEX) bzw. oberhalb der zweifachen Nachweisgrenze (anthropogene Einzelstoffe) aufweisen. Diese Werte stellen die aktuelle organische Grundwasserbelastung im Abstrom der Deponie dar, die sich im wesentlichen, wie bereits aus früheren Ergebnissen bekannt, auf den deponienahen Abstrombereich westlich und südwestlich des Deponiegeländes beschränkt. Hohe organische Kontaminationen weisen wie bisher hauptsächlich die Brunnen 7 und 33 unmittelbar südlich des Deponiegeländes sowie die Brunnen 35, 37 und 39 am westlichen Randbereich der Altdeponie auf. Neben dem stark belasteten Schrägbrunnen 35, der durch seine Lage unmittelbar am Polderrand der Altdeponie auf dessen Schadstoffpotential hinweist, zeigen die Dreifachschrägmeßstellen 84, 85 und 86, die entlang der GSM-Polder bis unter deren Sohle reichen, organische Belastungen im geringen Ausmaß an. Die in den Brunnen 10A, 25, 80, 81 und 15 des mittleren und weiteren Abstrombereiches in dem betrachteten Zeitraum zum Teil auftretenden, geringen organischen Belastungen durch BTEX, Phenol und DOC (Dez. 1995) könnten Hinweise auf eine fortschreitende Ausbreitung der mobilsten organischen Komponenten sein.

Innerhalb des kontaminierten Bereiches zeigen die verschiedenen Parameter eine große Variabilität und ein starkes Konzentrationsgefälle in Abstromrichtung. Stoffspezifische Reichweiten sind nicht ableitbar.

Entsprechend der zu erwartenden Mobilitätsunterschiede wird die organische Belastung des Grundwassers innerhalb des bekannten Parameterspektrums hauptsächlich durch mobile Einzelstoffe aus den Stoffgruppen der aromatischen Kohlenwasserstoffe (BTEX, insbesondere Toluol und Xylol), Phenol, Dimethylsulfide und leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffe (insbesondere Vinylchlorid, Dichlormethan, Dichlorethen) hervorgerufen. Mit den Summenparametern DOC und CSB werden eine Vielzahl weiterer Verbindungen, vermutlich vorwiegend Alkoxyverbindungen erfaßt, die überwiegend nicht toxisch sowie abbaubar sind.

Die aktuelle Ausbreitung der organischen Kontamination zeigen die Isolinien-darstellungen der Konzentrationen der Parameter DOC und Phenol (Abb. 4.4), wobei die höchsten gemessenen Werte der Jahre 1995-1997 zugrundegelegt wurden. Phenol stellt unter den gemessenen Einzelstoffen die mobilste Komponente dar, während mit DOC die Summe aller organischen Belastungen einschließlich der nicht im einzelnen bekannten, mobilen Alkoxyverbindungen

erfaßt wird, so daß mit diesen beiden Parametern die maximale Ausbreitung angenommen werden kann. Das Fragezeichen in der Darstellung der Phenol-ausbreitung kennzeichnet einen nicht abgesicherten Bereich erhöhter Konzentration, der durch einen einzelnen Wert in Brunnen 39 hervorgerufen wird.

Die gegenüber den konservativen anorganischen Stoffen Sulfat und Chlorid vergleichsweise geringe Ausbreitung der organischen Komponenten ist auf die bekannten Rückhalte-mechanismen (Matrixdiffusion in Verbindung mit Sorption) zurückzuführen. Innerhalb der Gruppe der organischen Schadstoffe zeigt das Rückhaltepotential eine zunehmende Tendenz von Phenol über LHKW und BTEX zu Alkylsulfiden und Chlorphenolen, die durch die gemessenen Daten gestützt wird. Die organischen Kontaminanten unterliegen zudem in derzeit nicht genau bekannten Ausmaß dem konzentrationsmindernden biochemischen Abbau.

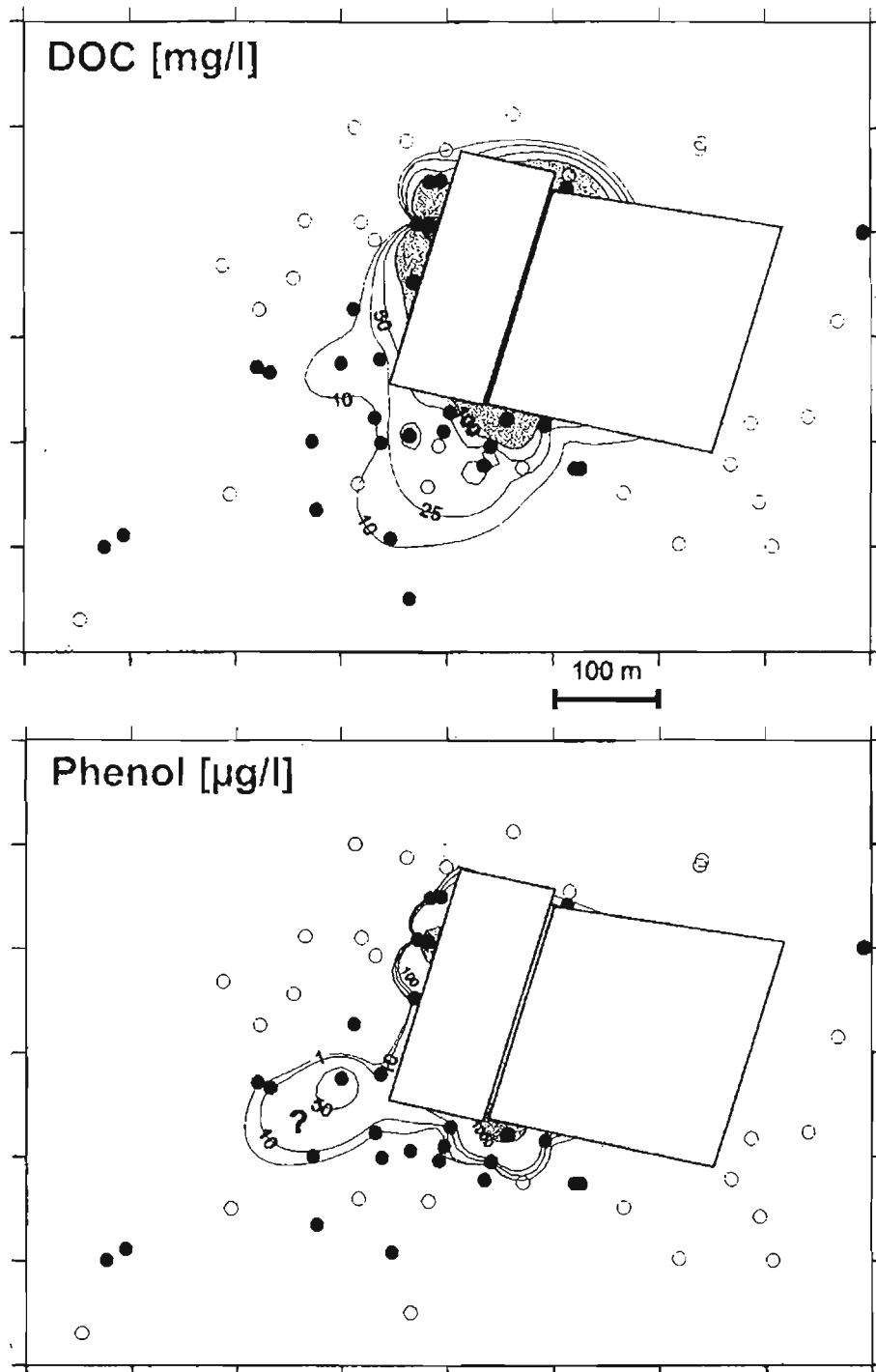


Abb. 4.4: Ausbreitung der organischen Kontamination im Abstrom der Altlast Münchehagen anhand der Parameter DOC und Phenol. Darstellung der Linien gleicher Konzentration für die Maximalwerte von 1995-1997. Die schwarzen Punkte markieren die Datenpunkte bzw. die beprobten Brunnen.

Die untersuchten Parameter weisen eine zeitliche und räumliche Variabilität auf, die zum Teil Ausdruck der den Schadstoffaustrag beeinflussenden Wasserhaltung ist (s. Kap. 4.4), daneben auch mit der Lage einzelner Schadstoffquellen innerhalb der Deponie zusammenhängt. Eine generelle Ab- oder Zunahme der organischen Belastung kann nicht abgeleitet werden.

Auffällig ist, daß die Multilevelbrunnen 26, 34, 38 und 40, die in direkter Nachbarschaft der am stärksten belasteten Brunnen 33, 35, 37 und 39 positioniert sind, nur geringe organische Belastungen aufweisen. Diese gravierenden Unterschiede können durch die Art der Probenahme und die Ausbaucharakteristik der Multilevelfilterbrunnen erklärt werden. Während bei den Einfachfilterbrunnen vor der Probenahme ein vielfaches des Meßstellenvolumens abgepumpt wurde, wurde bei den Multilevelbrunnen nach einem minimalen Vorpumpen vorwiegend Standwasser aus dem Kiesfilterbereich beprobt, was zu deutlichen Minderbefunden für die organischen Komponenten führt. In der Abb. 4.5 sind die gemessenen Stoffkonzentrationen exemplarisch für den Multilevelbrunnen 26 und den benachbarten, etwas weiter im Abstrom gelegenen Brunnen 39 gegenübergestellt. Die organischen Parameter zeigen Konzentrationsunterschiede, die bei den Einzelstoffen 1 – 2 Zehnerpotenzen betragen. Bei den anorganischen Parametern, die zum Vergleich mit aufgeführt sind, sind die Unterschiede weniger ausgeprägt. Daraus ist zu schließen, daß auch im Bereich der Multilevelmeßstellen bei vergleichbaren Probenahmebedingungen eventuell höhere organische Belastungen ähnlich wie in den benachbarten Brunnen erwartet werden können.

Bei einzelnen in unmittelbarer Nähe der Deponie gelegenen Brunnen ist zu vermuten, daß bedingt durch große Fördermengen (z. T. >500 l) bei der Probenahme teilweise Sickerwasser gefördert und beprobt wurde.

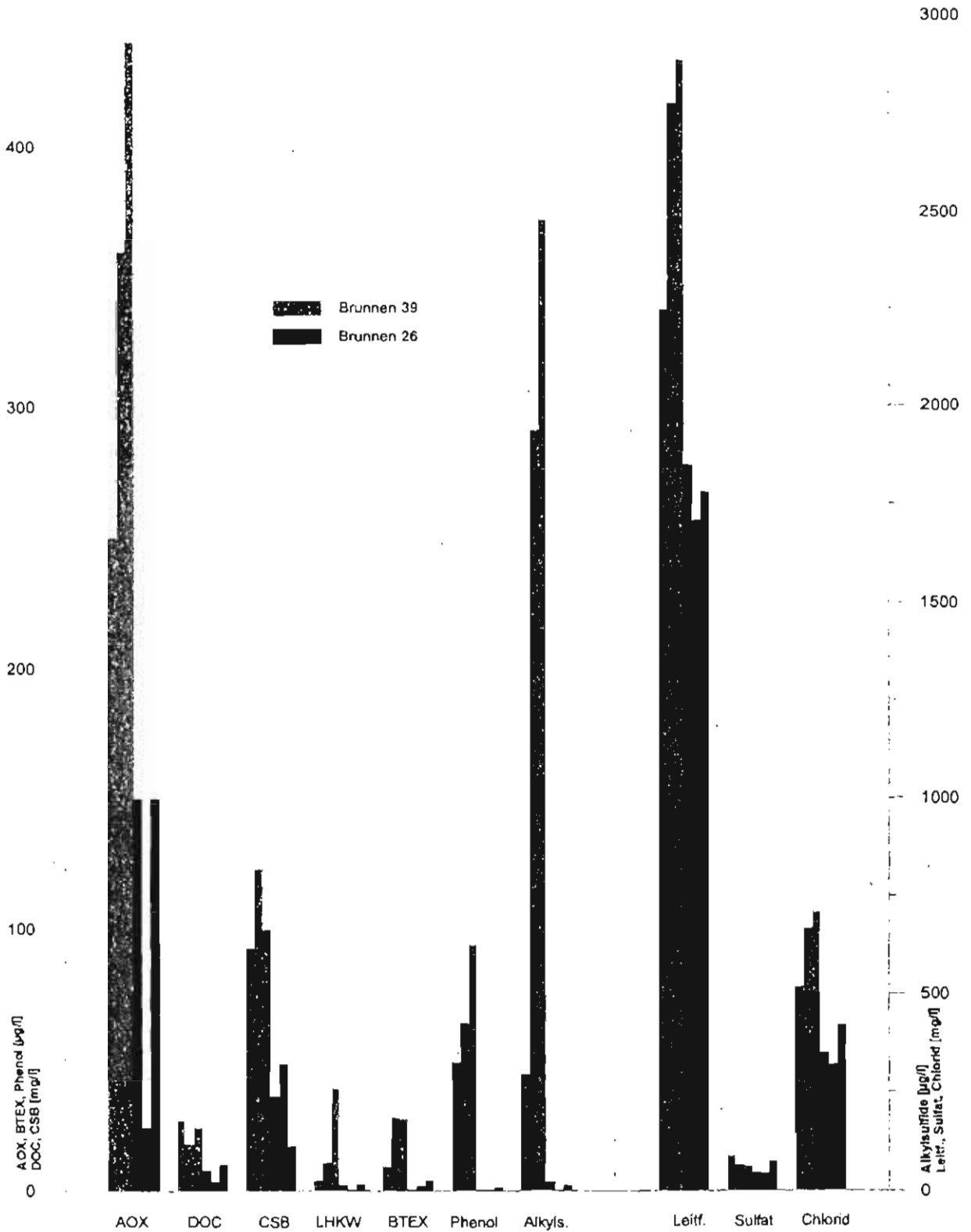


Abb. 4.5: Gegenüberstellung der ermittelten Stoffkonzentrationen in benachbarten Multilevelfilterbrunnen und Einfachbrunnen am Beispiel der Brunnen 26 und 39.



4.3 Tiefenabhängigkeit der Stoffausbreitung

Im Rahmen der Risikoabschätzung (PANGEO 1996) sowie in PANGEO/IFUA 1997 und NLFB 1996 ist eine stoffspezifische Tiefendifferenzierung in Zusammenhang mit der Tiefe der Polder sowie hydraulischen und hydrochemischen Gegebenheiten aufgezeigt worden. Danach liegen die höchsten Austräge im oberflächennahen Grundwasserbereich.

Die Multilevelfilterbrunnen 40, 34 und 26 am Westrand der Altdeponie sowie 28, 32 und 38 südlich der Deponie ermöglichen eine tiefenabhängige Betrachtung des Schadstoffaustrages über den Bereich von 2 bis 30 m. In den Abbildungen 4.6a und b sind exemplarisch die entsprechenden Daten der Parameter Leitfähigkeit, Chlorid und Sulfat sowie DOC, Phenol und Summe BTEX aus den Grundwasseranalysen 1996 dargestellt.

Bei den Brunnen 40 und 34 westlich der Altdeponie (Abb. 4.6a) ist insbesondere für die Parameter Leitfähigkeit und Chlorid (Leitparameter der Altdeponie) ein verstärkter Austrag in den oberen 10-15 m erkennbar. Der höhere Stoffaustrag korreliert mit dem Gebirgsabschnitt, der die höchsten Durchlässigkeiten aufweist (s. Abschnitt 2.2.2). In diesem Tiefenbereich sind darüberhinaus die Polder der Altdeponie, die das höchste Schadstoffpotential aufweisen, angelegt.

Die Brunnen 28, 32 und 38 südlich der Deponie (Abb. 4.6b) zeigen für die anorganischen Komponenten wiederum einen Austragsschwerpunkt im Tiefenbereich von 5-10 (Brunnen 28) bzw. 3-15 m (Brunnen 32 und 38).

Bei dem südwestlich der Deponie liegenden Brunnen 26 ist ein gegenläufiger Trend der Chlorid- und Sulfatkonzentration gegen die Tiefe erkennbar. Das Minimum der Chloridkonzentration korrespondiert mit dem Maximum der Sulfatkonzentration. Das könnte auf den unterschiedlichen Einfluß der stofflich verschiedenen Austräge aus der Alt- und GSM-Deponie zurückgeführt werden. Das Vorherrschen von Sulfat weist auf die GSM-Deponie als Quelle hin, Chlorid als Hauptkomponente ist kennzeichnend für den Austrag aus der Altdeponie. In dem Bereich südwestlich der Altdeponie konkurrieren offenbar die Einflüsse von Alt- und GSM-Deponie.

Die dargestellten organischen Parameter zeigen hinsichtlich der Tiefenverteilung des Stoffaustrages ein uneinheitliches Bild. Die höchsten Konzentrationen werden ebenfalls im Gebirgsabschnitt von ca. 3-15 m (Brunnen 40 und 28) und im unterschiedlichen Ausmaß auch in dem Bereich zwischen 20 und 30 m angetroffen. Die Bewertung insbesondere der organischen Stoffe ist jedoch aufgrund der eingeschränkten Funktionalität der Multilevelfilterbrunnen (s. Abschnitt 4.2) erschwert.

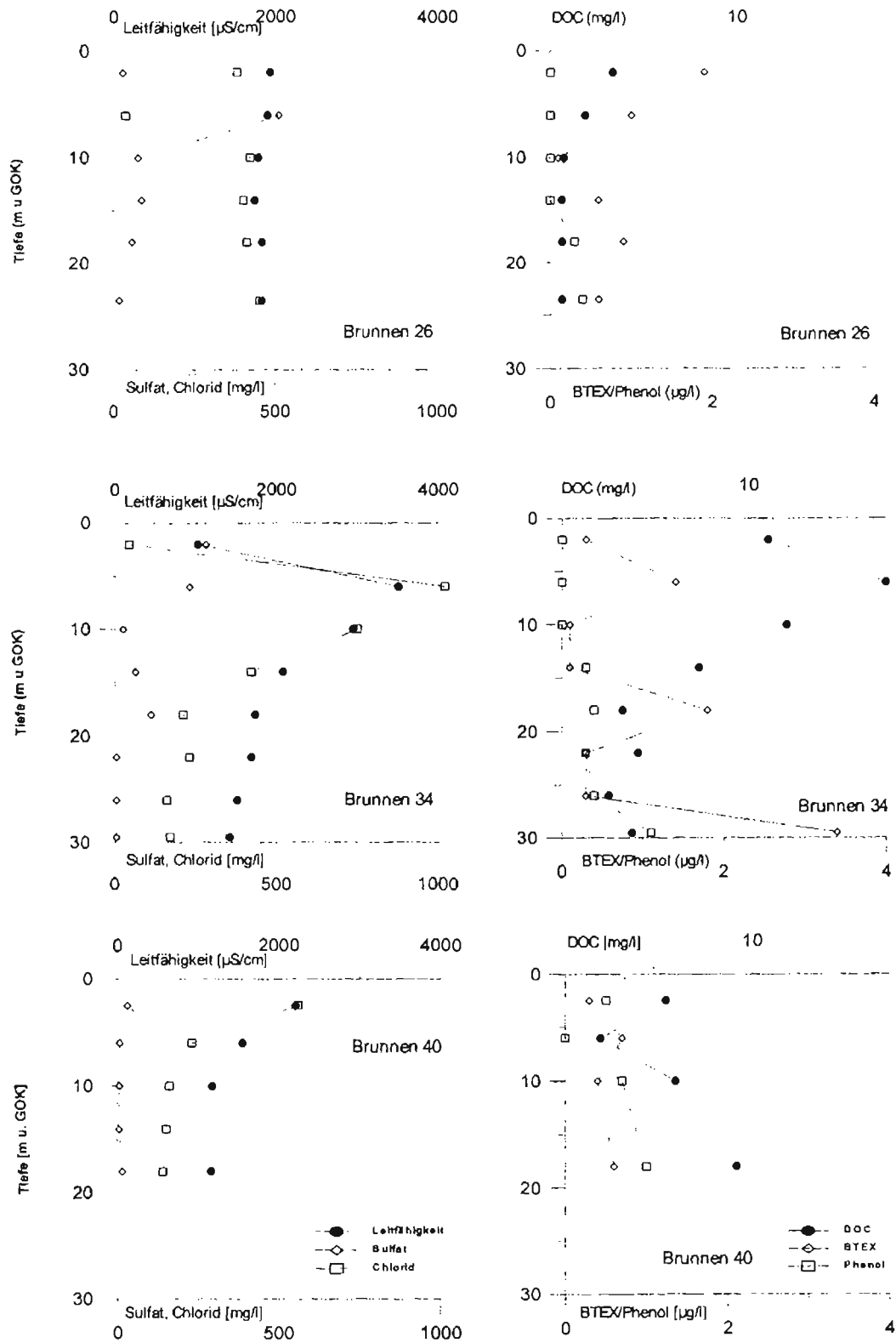


Abb.4.6a: Tiefenabhängigkeit des Stoffaustuges in Multilevelfilterbrunnen westlich der Altlast Münnehagen, dargestellt anhand ausgewählter Parameter der Probenahme und Analyse von 1996.

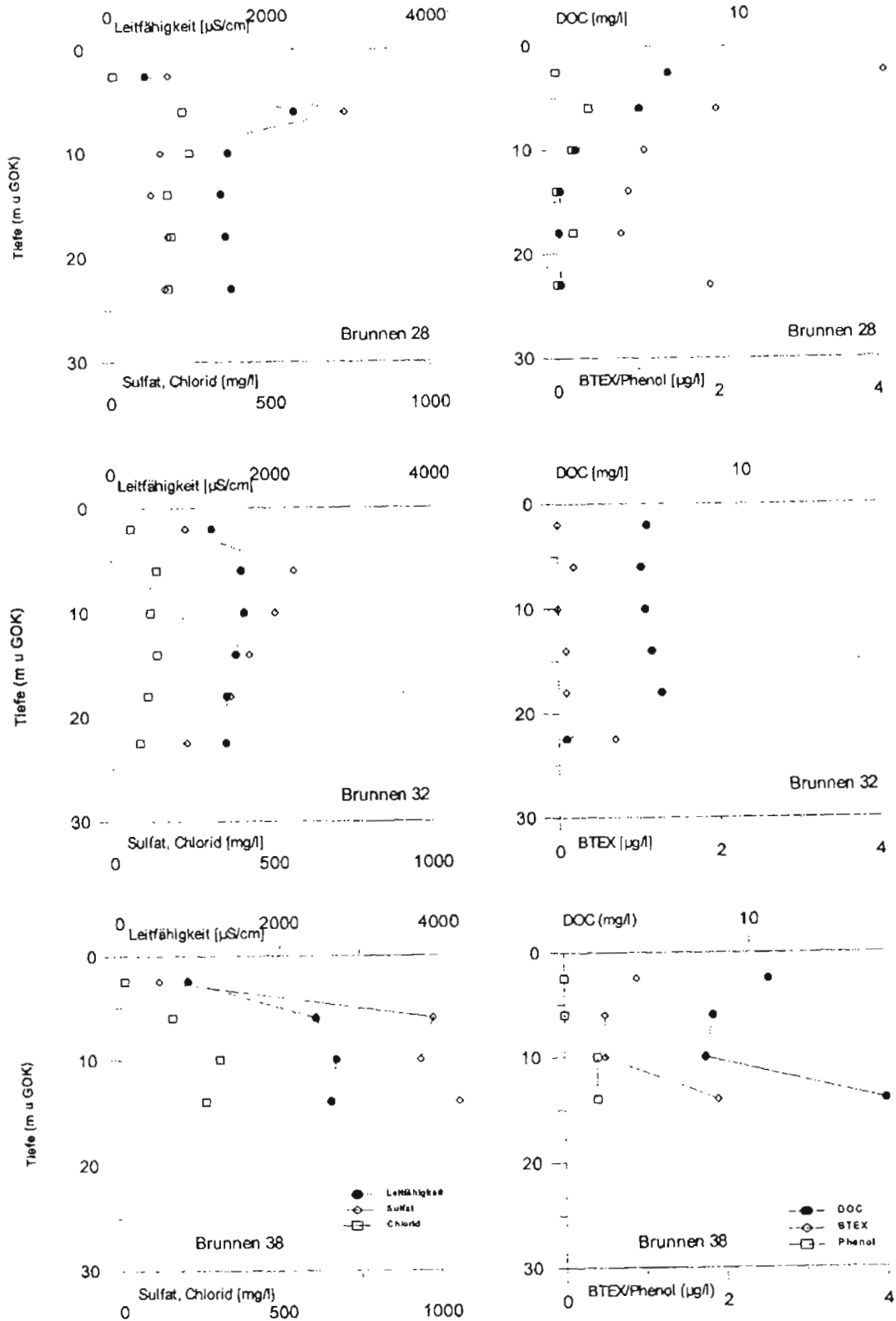


Abb.4.6b: Tiefenabhängigkeit des Stoffaustrages in Multilevelfilterbrunnen südlich der Altlast Münchehagen, dargestellt anhand ausgewählter Parameter der Probenahme und Analyse von 1996.



Zeitreihenauswertungen von 1978-1990 (PANGEO 1996) und 1989-1993 (NLfB 1996) belegen eine insgesamt fortschreitende Ausbreitung der Kontaminationsfahne anhand zunehmender Konzentrationen der Leitparameter Chlorid (Altdeponie) und Sulfat (GSM-Deponie). Bei näherer Betrachtung steht die zeitliche Entwicklung des Stoffaustrages im engen Zusammenhang mit den Wasserhaltungsmaßnahmen, die während des Deponiebetriebes und im Anschluß an die Verfüllung in unterschiedlichem Ausmaß durchgeführt wurden. In NLfB (1999) und PANGEO/IFUA (1997) wurden die Auswirkungen der Wasserhaltung auf den Schadstoffaustrag eingehend erörtert. Der Eingriff in den Wasserhaushalt wirkt sich auch hydraulisch im Nahbereich der Altlast (Absenkungstrichter, Umkehr/Veränderung der Strömungsrichtung) aus und beeinflusst den Stoffaustrag in zeitlich und räumlich unterschiedlich starkem Maße.

In den Abb. 4.7 und Abb. 4.8 sind exemplarisch für ausgewählte Brunnen (7, 81B, 34) und Parameter (Sulfat, Chlorid, Salinitätsverhältnis, DOC) die aktualisierten Zeitreihen der Jahre 1987 bis 1997 dargestellt. Die zeitliche Entwicklung der Wasserhaltung, jeweils zusammengefaßt zu mittleren täglichen Entnahmen für das Sommer- und das Winterhalbjahr, sind den Konzentrations-Zeitreihen in Abb. 4.7 gegenübergestellt. Saisonale Variationen, die z.B. anhand der Unterschiede der Entnahmemengen im Sommer und Winter deutlich werden, können mit den Zeitreihen der Grundwasserbeschaffenheit nicht abgebildet werden. Mehrjährige Veränderungen der Wasserhaltung sind jedoch geeignet, deutlich erkennbare zeitliche Veränderungen der Stoffausbreitung hervorzurufen. In diesem Zusammenhang ist der Zeitraum von 1993-95 hervorzuheben, währenddessen die Wasserhaltung im jährlichen Mittel gegenüber den Vorjahren ungefähr verdoppelt wurde.

In Abhängigkeit von ihrer Lage und Entfernung im Grundwasserabstrom reagieren die einzelnen Brunnen unterschiedlich auf die durch Wasserhaltungsmaßnahmen bedingten Veränderungen der Austragsituation:

- Bei den deponienahen Brunnen, z.B. Brunnen 7 südlich der GSM-Deponie zeigen sich die Auswirkungen auf den Stoffaustrag am unmittelbarsten. Chlorid und DOC nehmen im Zuge der verstärkten Entnahmen der Jahre 1993-95 deutlich ab. Der Sulfataustrag nimmt währenddessen etwas zu und zeigt einen zum Chlorid gegenläufigen Trend. Offensichtlich erfolgt während dieser Zeit ein erhöhter Zustrom aus dem Bereich der GSM-Deponie, der durch einen höheren Sulfatanteil gekennzeichnet ist. Das Salinarverhältnis zeichnet den zeitlichen Verlauf der Wasserhaltung am deutlichsten nach, nimmt während der maximalen Entnahmen von 93-95 deutlich zu und danach wieder deutlich ab. Mit zunehmender Entfernung in Richtung des Grundwasserabstroms treten die von der Wasserhaltung hervorgerufenen Veränderungen des Stoffaustrags zeitlich verzögert ein und sind nicht mehr eindeutig als Trend von Variabilität der einzelnen Werte abgrenzbar.

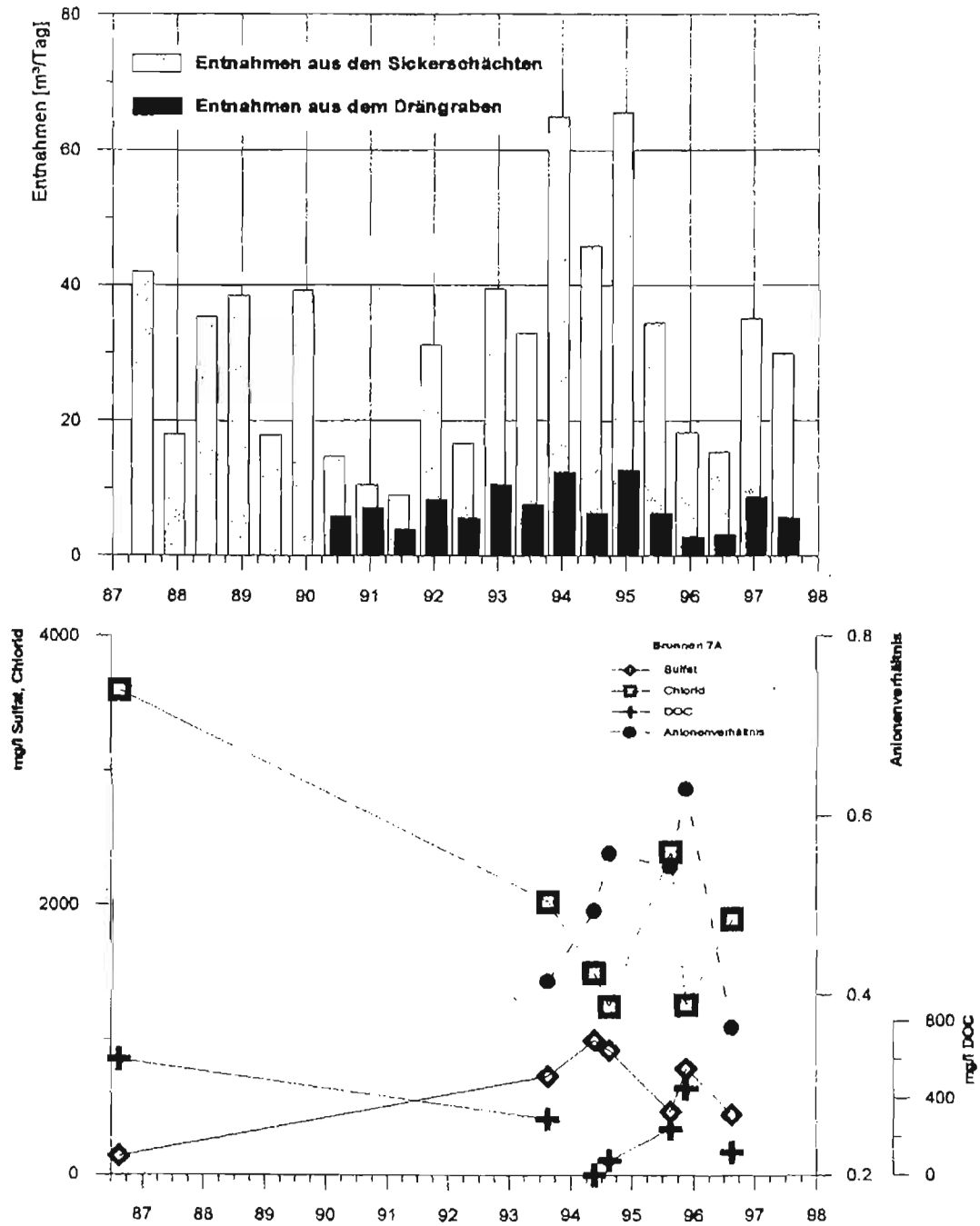


Abb. 4.7: Gegenüberstellung der zeitlichen Entwicklung der Wasserhaltung (dargestellt als mittlere tägliche Entnahmen für das Sommer- und Winterhalbjahr) und der Konzentrations-Zeitreihen ausgewählter Parameter aus Brunnen 7.

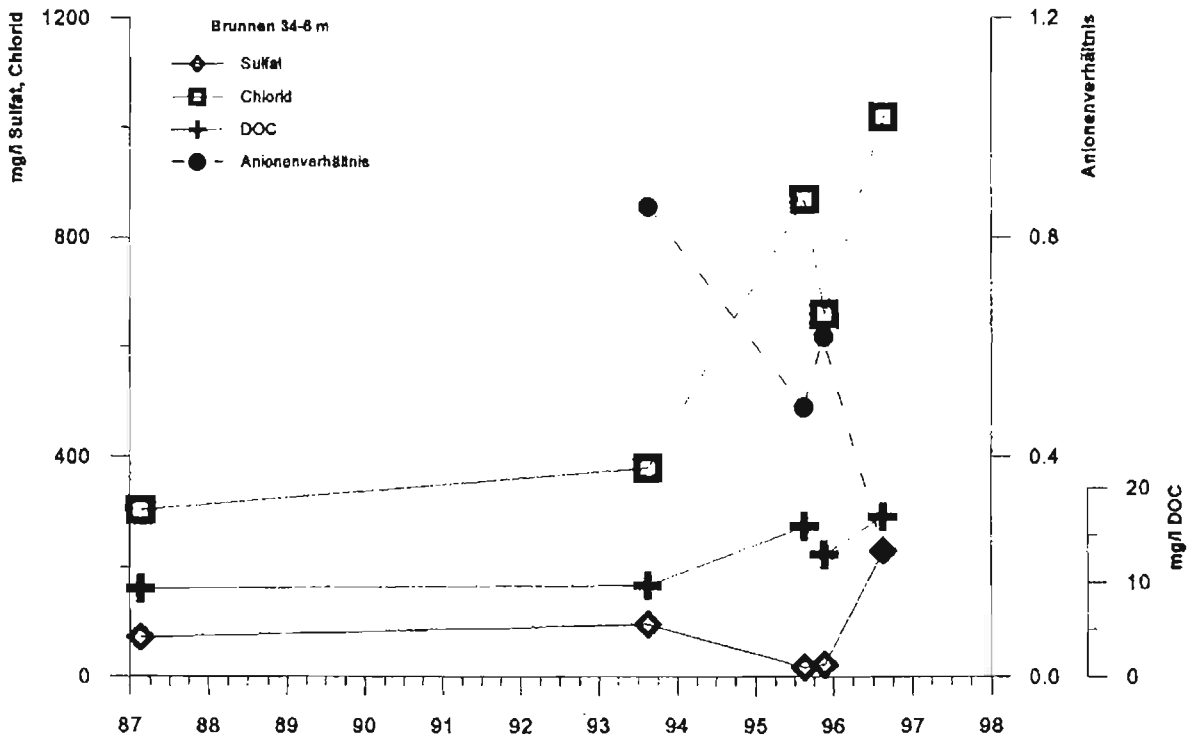
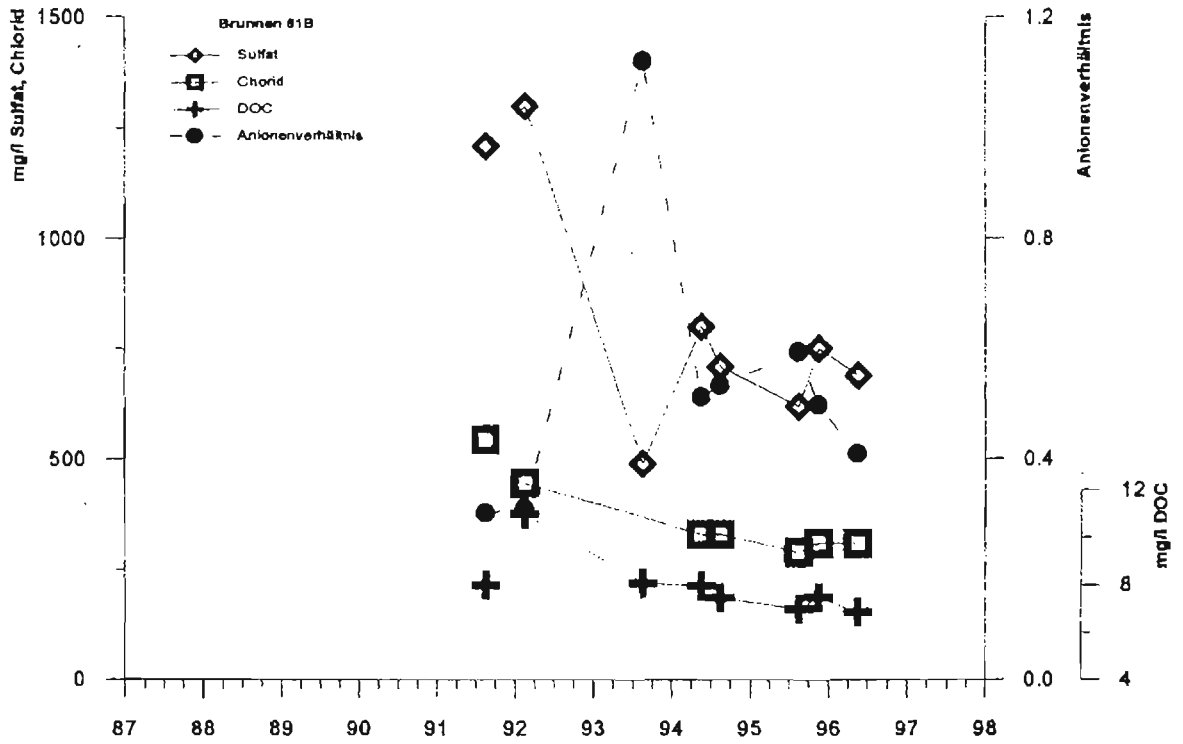


Abb. 4.8: Konzentrations-Zeitreihen ausgewählter Parameter der Brunnen 81B und 34

- Am südöstlichen Rand der Kontaminationsfahne (Brunnen 81B) haben die Konzentrationen, insbesondere von Sulfat, nach 1991 stärker abgenommen als in den Brunnen, die unmittelbar im Abstrom gelegen sind. Offenbar wird durch die Wasserhaltungsmaßnahmen die Fließrichtung im Abstrom und die Achse der Kontaminationsfahne etwas mehr in eine westsüdwestliche Richtung gedreht. Dadurch gerät z.B. Brunnen 81B zunehmend an die Peripherie der Fahne.
- Im Bereich westlich der Altdeponie (Brunnen 34) ist der Stoffaustrag aufgrund der Entfernung zum Drängaben und den Sickerschächten weniger von den Wasserhaltungsmaßnahmen betroffen, die Konzentrationen nehmen auch nach 1993 deutlich zu.

Insgesamt ist festzustellen, daß in den Jahren 1993-95 im Bereich unmittelbar südlich der Deponie der Trend eines abnehmenden Stoffeintrags zu verzeichnen ist. Im entfernteren Grundwasserabstrom macht sich dies tendenziell als Stagnation der Stoffausbreitung in den letzten Jahren bemerkbar. Es ist anzunehmen, daß während der Zeit der gesteigerten Wasserhaltung eine fortschreitende Ausbreitung der Kontaminationsfahne weitgehend unterbunden wurde. Davon ausgenommen ist der Bereich westlich der Altdeponie.

4.5 Zusammenfassende Bewertung der Grundwasserbeschaffenhheitsdaten

Im Umfeld der ehemaligen Sonderabfalldeponie Münchehagen wurden bis heute mehr als 150 Bohrungen mit einer Erkundungstiefe bis maximal 90 m niedergebracht. Diesen Erkundungsbohrungen lagen vielfältige Fragestellungen zugrunde, die sich im Verlauf der Standorterkundung und mit wachsendem Kenntnisstand entwickelten. Ein Großteil der Bohrungen wurde anschließend zu Grundwassermeßstellen ausgebaut und in die Grundwasserüberwachung einbezogen. Das historisch gewachsene Meßstellennetz ist in mehrfacher Hinsicht nicht auf die Anforderungen einer systematischen Grundwasserüberwachung zugeschnitten.

Die erhobenen Grundwasserbeschaffenhheitsdaten für den Standort Altlast Münchehagen weisen große räumliche, zeitliche und brunnenbezogene Variabilitäten auf. Die natürliche, hydrochemische Zonierung des Grundwassers am Standort und die uneinheitliche Beschaffenheit der Deponiesickerwässer tragen nicht alleine zu diesem differenzierten Bild der Grundwasserbeschaffenheit bei. Einen großen Einfluß haben die verschiedenen, in der Vergangenheit durchgeführten Wasserhaltungsmaßnahmen, die sich erheblich, räumlich und zeitlich jedoch unterschiedlich auf den Grundwasserabstrom ausgewirkt haben. Insgesamt haben die Wasserhaltungsmaßnahmen bisher zu einem verminderten Schadstoffaustrag aus den Deponiekörpern geführt.

Eine weitere Ursache für das insbesondere räumlich und brunnenspezifisch variable Datenmaterial sind die verschiedenen Brunnentypen, Filtertiefen, Filterlängen und die hierdurch bedingten sehr unterschiedlichen Probenahmebedingungen. Von einer repräsentativen Probenahme kann vielfach nicht ausgegangen werden. Z. B. waren die Entnahmen aus den Multilevelbrunnen in der Regel zu gering. Häufig wurde nur Standwasser gefördert. Im Vergleich zu den teilweise überpumpten Einfachfilterbrunnen wurden insbesondere für die organischen Parameter sehr deutliche Minderbefunde (s. Abschnitt 4.2.2) erzielt. Aufgrund der standortspezifischen hydrochemischen Zonierung des Grundwassers haben Brunnenausbauart und Probenahmetechnik grundsätzlich einen großen Einfluß auf die Zusammensetzung der Grundwasserprobe. Große Filtertiefen, wie sie am Standort für eine Vielzahl von Brunnen vorliegen, ergeben je nach Entnahmetiefe und abgepumpter Wassermengen Mischwässer ganz unterschiedlicher Qualität und Bereiche. Vertikal differenzierte Beurteilungen des Stofftransportes sind kaum möglich. Große Fördermengen bei der Probenahme führen darüberhinaus dazu, daß aufgrund der großen Reichweiten der Absenkung in Bereichen mit hydrochemisch uneinheitlichen Grundwässern diese in variabler Zusammensetzung gefördert werden und in deponienahen Brunnen sogar Sickerwasser hinzutreten kann. Das häufig angewendete Kriterium der Leitfähigkeitskonstanz ist unter den vorliegenden Untergrundverhältnissen daher nicht zur Ermittlung des geeigneten Probenahmezeitpunktes geeignet.

Eine weitere Einschränkung für die Bewertung des vorliegenden Datenmaterials ergibt sich aus der diskontinuierlich betriebenen Grundwasserüberwachung. Ein häufiger Wechsel der Überwachungsbrunnen, des Parameterumfanges und der Probenahmeabstände erschweren insbesondere die Beurteilung der zeitlichen Entwicklung des Stoffaustrages.

Bei allen Einschränkungen liegen inzwischen sehr umfangreiche und differenzierte Erkenntnisse über die Grundwasserverhältnisse und Wirkungszusammenhänge im Untergrund der Altlast Mönchehagen vor. Dies ist in Bezug auf die Grundwasserbeschaffenheit weniger auf die Qualität des vorliegenden Datenmaterials sondern eher auf dessen Umfang zurückzuführen.



5 Stofftransportbetrachtungen

5.1 Einführung und Vorgehensweise

Die Vorgänge bei der Schadstoffausbreitung in geklüfteten, tonigen Gesteinen wurden im Rahmen eines Forschungsvorhabens am Beispiel der ehemaligen Sonderabfalldeponie Münchehagen untersucht. Wesentliche Bestandteile des Vorhabens waren eine Reihe von Grundwassermarkierungsversuchen, die auf dem Gelände der Altlast Münchehagen durchgeführt wurden, sowie ein begleitendes Laborprogramm mit Diffusions- und Sorptionsversuchen (MAIER & DÖRHÖFER 1995). Die Ergebnisse der Laborversuche lieferten für ausgewählte Substanzen die Kenndaten, die zusammen mit den Feldversuchen eine quantitative Beschreibung des Stofftransports ermöglichen. Im Rahmen des Konzeptes zum Grundwassermonitoring sollte nun versucht werden, diese Erkenntnisse auf einen räumlich und zeitlich größeren Maßstab der Betrachtung, nämlich den Grundwasserabstrom der Altlast Münchehagen, zu übertragen.

In einem ersten Schritt sollte überprüft werden, inwieweit es möglich ist, die in den vergangenen Jahren festgestellte, fortschreitende Ausbreitung der Kontaminationsfahne durch eine Stofftransportbetrachtung quantitativ nachzuvollziehen. Die Situation ist aufgrund der sehr uneinheitlichen Austragsverhältnisse, hervorgerufen durch die veränderlichen Einflüsse der Ausbau- und Betriebszustände der Alt- und GSM-Deponie und der Deponiewasserhaltung, zunächst sehr kompliziert. Es ist praktisch nicht möglich, einen größeren, zusammenhängenden Zeitraum mit annähernd gleichbleibenden, einfach zu bilanzierenden Austragsbedingungen für eine Simulation des Stofftransports zu finden, mit Ausnahme folgender Situation:

Anfang 1981/82 wurden die Polder IV/IVb ausgehoben, die nach der Stilllegung der Deponie nicht mehr genutzt werden konnten und seither offen blieben. Polder IV wurde bis Anfang 1986 mit dem zwischenzeitlich oberflächlich gelagerten, tonigen Aushub wieder verfüllt, Polder IVb ca. 1 Jahr später. Der Verfüllung gingen mehrere Jahre umfangreicher Wasserhaltungsmaßnahmen voraus, währenddessen auch das Grundwasser im Umfeld dauerhaft abgesenkt wurde (dokumentierter Radius des Absenkungsbereiches bis ca. 250 m in Abstromrichtung, s. a. NLFB 1996). Es ist zu konstatieren, daß es im betreffenden Zeitraum keine nennenswerte Stoffausbreitung im Grundwasser gegeben haben kann; dies schließt die GSM-Deponie und vermutlich auch teilweise die Altdeponie mit ein. Nach der Verfüllung und dem Wiederanstieg des Grundwassers setzte der Stoffaustrag in Grundwasserfließrichtung erneut ein, wobei ein nicht unwesentlicher Teil des Sickerwasseraustrags der GSM-Deponie durch die von Ende 1986 an in den Sickerschächten der Polder I-III betriebene Wasserhaltung abgeschirmt wurde (s. a. Abschnitt 2.3 und 4.4).

Der Abstrom aus dem Bereich der Polder IV/IVb ist von dieser Wasserhaltung weniger betroffen und es entwickelte sich seit 1986 ausgehend von diesem Bereich eine „Sulfatfahne“, deren Ursprung hauptsächlich in den eingebrachten tonigen Abraummassen zu sehen ist, wo durch Pyritverwitterung entstandenes Sulfat freigesetzt wird.

Die „Markierung“ des Grundwasserabstroms der GSM-Deponie durch Sulfat eignet sich gut, um die genannten Modellvorstellungen und Methoden zur quantitativen Beschreibung des Stofftransport anzuwenden. Für die rechnerische Simulation des Sulfataustrags kommt der Zeitraum von 1986-1992 in Frage, währenddessen annähernd gleichbleibende Austragsbedingungen (d.h. annähernd gleichbleibende jährliche Entnahmemengen der Wasserhaltung) vorherrschten und ausreichende Analysedaten aus dem Grundwasserabstrom zur Verfügung stehen.

In einem zweiten Schritt werden die anhand des Sulfataustrags verifizierten Stofftransportvorgänge auf ein angenommenes Austragsszenario nach Ausführung der Sicherungsmaßnahmen angewandt, um für ausgewählte Stoffe die mögliche Ausbreitung im Abstrom der Dichtwand zu simulieren. Die Simulation des Stofftransport ist als Parameterstudie konzipiert. Sie beruht auf einer Vielzahl von begründeten, aber stark vereinfachenden Annahmen. Die Aufgabe kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht darin bestehen, eine möglichst exakte Prognose des Schadstoffaustrags zu erstellen. Es sollte stattdessen versucht werden, durch sinnvolle Parameterkombinationen konservative Aussagen über die zeitliche und räumliche Dimension des Stoffaustrags im Grundwasserabstrom und dadurch eine Grundlage zur Bemessung der Grundwasserüberwachungszonen zu erhalten.

Für die Simulation des Stofftransportes wurde das eindimensionale Transportmodell POLLUTE (Version 6, ROWE ET AL. 1994) eingesetzt. Die Stofftransportmodellierung beruht auf der gekoppelten Berechnung des eindimensionalen Stofftransport in Klüften, dem eine stationäre eindimensionale Strömung zugrundeliegt, und der eindimensionalen instationären Diffusion in die Gesteinsmatrix senkrecht dazu. Die Berechnung der Konzentrationen erfolgt in Abhängigkeit von der Zeit und Entfernung mittels analytischer Lösungen der zugrundeliegenden Transportgleichungen für eine parallele Schar äquidistanter Klüfte mit einer angrenzenden, porösen Gesteinsmatrix und unter Annahme einfacher Anfangs- und Randbedingungen.



5.2 Modelleingangsdaten

5.2.1 Geometrie und Durchlässigkeiten des Kluftsystems

Die Klüfte bilden singuläre, diskrete Fließwege in einer ansonsten praktisch undurchlässigen Gesteinsmatrix. Die Wasserwegsamkeit ist von der Geometrie der einzelnen Klüfte (Lage im Raum, Ausdehnung, Kluftöffnungsweiten, Rauigkeit und Morphologie der Kluftwände, eventuelle Kluftbeläge) sowie der Klufthäufigkeit, der räumlichen Konfiguration und Vernetzung des Kluftsystems abhängig. Es ist praktisch unmöglich, die Geometrie und hydraulischen Eigenschaften realer 3-dimensionaler Kluftsysteme in situ hinreichend genau zu bestimmen; dies trifft insbesondere auch für den intensiv geklüfteten Untergrund der Altlast MÜNCHENHAGEN zu. Für praktische Belange ist es daher notwendig, vereinfachende Modellvorstellungen anzuwenden.

Die grundlegende Vereinfachung für die Beschreibung der Grundwasserströmung und des Stofftransports in einem geklüfteten Gebirge ist die Annahme ausgedehnter, gleichförmiger Trennfugen, die ein kommunizierendes System ebener Wasserleiter bilden. Die Berechnung der Wasserwegsamkeit einer unendlich ausgedehnten Kluft mit konstanter Apertur ergibt im Fall einer eindimensionalen, stationären Strömung und hydraulisch glatten Kluftwänden ein zur DARCY-Gleichung analoges Fließgesetz, das sogenannte „Kubische Gesetz“:

$$Q = \frac{\rho \cdot g}{\eta} \cdot \frac{a^3}{12} \cdot \frac{dh}{dx}$$

mit Q = Fließrate pro Kluftlänge senkrecht zur Strömung,
 a = hydraulisch wirksame Apertur (Kluftöffnungsweite),
 dh/dx = hydraulischer Gradient,
 g = Fallbeschleunigung,
 ρ = Dichte und
 η = dynamische Viskosität des Wassers.

Der äquivalente Durchlässigkeitsbeiwert k einer einzelnen Kluft berechnet sich zu:

$$k = \frac{\rho \cdot g}{\eta} \cdot \frac{a^2}{12}$$

Für ein System identischer, paralleler und äquidistanter Klüfte gilt für den Durchlässigkeitsbeiwert entsprechend:

$$k = \frac{\rho \cdot g}{\eta} \cdot \frac{a^3}{12 d}$$

mit d = Kluftabstand.

Die Durchlässigkeit für das parallel geklüftete Medium entspricht der Gebirgsdurchlässigkeit, wenn der hydraulische Gradient parallel zur Klüftung verläuft und die Durchlässigkeit der von Klüften begrenzten Gesteinskörper gegenüber der Trennfugendurchlässigkeit vernachlässigbar ist. Die äquivalente, durchflußwirksame Porosität n des Parallelklüftsystems berechnet sich dann zu:

$$n = \frac{a}{d}$$

Die effektiven, die hydraulischen Eigenschaften bestimmenden, geometrischen Größen (Kluftabstand, -apertur und -porosität) des derart idealisierten Klüftsystems sind anhand der o.g. Äquivalenzbeziehungen indirekt durch Pump- oder Tracerversuchen bestimmbar. Die Zuordnung einer ermittelten Durchlässigkeit zu einer äquivalenten Apertur ist jedoch nur bei einem vorgegebenen Kluftabstand eindeutig, ansonsten gibt es viele mögliche Wertepaare für a und d , die denselben Wert für die Durchlässigkeit ergeben.

In Tabelle 5.1 sind ausgewählte Wertekombinationen von Kluftabstand, -apertur und -porosität zusammengestellt, die zu den am Standort ermittelten Gebirgsdurchlässigkeiten äquivalent sind. Die gewählte Spanne der Durchlässigkeiten entspricht den Mittelwerten für das oberflächennahe (5-15 m) und tiefere (16-45 m) Grundwasser (s. Abschnitt 2.2.2). Bei der Wahl eines Kluftabstand von 0,2 m wird angenommen, daß der größte Teil der insbesondere in oberflächennahen Gebirgsabschnitten angetroffenen Klüfte hydraulisch wirksam ist. Dem Kluftabstand von 1 m liegt die Annahme zugrunde, daß Strömung und Transport nur entlang weniger Klüfte erfolgen.

Tab. 5.1: Kennwerte der hydraulischen Eigenschaften für ein parallelgeklüftetes Gestein

Gebirgsdurchlässigkeit [m/s]	Kluftabstand [m]	Apertur [μ m]	Porosität [%]
$9,3 \times 10^{-6}$ *	0.2	144	0.072
	1	246	0,025
$1,1 \times 10^{-6}$ **	0.2	71	0,035
	1	121	0,012

* Mittelwert für das oberflächennahe Grundwasser

** Mittelwert für das tiefere Grundwasser (s. Abschnitt 2.2.2)



Der mittlere hydraulische Gradient im Grundwasserabstrom wurde mit $i = 0,009$ ermittelt und für die Transportbetrachtungen nicht variiert. Die Dispersionslänge als weitere Versuchsvariable stellte sich als wenig sensitiv heraus. Variationen dieses Parameters innerhalb weiter Grenzen (0,1 – 10 m) haben nur wenig Einfluß auf den Konzentrations-Weg-Verlauf des Stofftransports und wurden daher nicht weiter betrachtet.

5.2.2 Diffusions- und Verteilungskoeffizienten ausgewählter Stoffe

Die stoffspezifischen Kenngrößen, die den diffusiven Transport im Gesteinsporenraum und die Sorption an den festen Phasen der Gesteinsmatrix kontrollieren, sind der effektive Diffusionskoeffizient D_e bzw. der Verteilungskoeffizient K_o .

Die Stofftransportbetrachtungen wurden anhand folgender Einzelstoffe durchgeführt, die geeignet sind, exemplarisch den Stoffaustrags aus der Altlast Münchenhagen anzuzeigen:

- Sulfat: Anorganische, mobile, nicht sorbierende Leitsubstanz für den Stoffaustrag aus dem Bereich der (GSM-)Deponie, die geeignet ist, die maximal mögliche Stoffausbreitung in Grundwasserfließrichtung abzubilden.
- Toluol: Im Abfallinventar mengenmäßig bedeutender organischer Einzelstoff, der im Untergrund bedingt mobil ist und im deponienahen Grundwasserabstrom bereits mehrfach nachgewiesen wurde.
- Phenol: Phenol ist innerhalb der Bandbreite der bisher erfaßten deponietypischen, organischen Schadstoffe diejenige Substanz, die die größte Wasserlöslichkeit und Mobilität im Untergrund aufweist und ist daher geeignet, die maximal mögliche Reichweite der relevanten organischen Kontaminationen im Grundwasserabstrom abzubilden.

In Tabelle 5.2 sind für die genannten Stoffe die Diffusions- und Verteilungskoeffizienten zusammengestellt, die zum Teil direkt in Laborversuchen mit ungestörten Gesteinsproben vom Standort ermittelt wurden (MAIER & DÖRHÖFER 1995) oder in Anlehnung an diese Versuchsergebnisse anhand von Analogieschlüssen abgeschätzt wurden.

Tab. 5.2: Diffusions- und Verteilungskoeffizienten der Modellstoffe

	Eff. Diffusionskoeffizient D_e [m ² /s]	Verteilungskoeffizient K_o [ml/g]
Sulfat	$4,0 \times 10^{-11}$	0
Toluol	$2,9 \times 10^{-11}$	12,2
Phenol	$1,3 \times 10^{-11}$	4,7



Der mögliche mikrobielle Abbau der ausgewählten Substanzen im Grundwasserabstrom der Deponie wurde nicht berücksichtigt. Die Simulation des Stofftransports unter Vernachlässigung von Abbauprozessen ist eine im Sinne der Beurteilung der Reichweite eines möglichen Schadstoffaustrags konservative Betrachtungsweise.

5.2.3 Anfangskonzentrationen

Die Simulation des Stofftransports wurde für Betrachtungszeiträume von maximal 20 Jahren durchgeführt. Dabei wurden vereinfachend gleichbleibende Ausgangskonzentrationen der ausgewählten Stoffe in der Deponie angenommen. Dies entspricht einer unbegrenzten Stoffnachlieferung und stellt somit ebenfalls eine konservative Annahme dar, die bei langfristiger Betrachtung tendenziell zu einer rechnerischen Überschätzung des Stoffaustrages führt.

Folgende Ausgangskonzentrationen wurden angenommen:

- Sulfat = 1500 mg/l. Dies entspricht ungefähr dem Mittelwert der Sulfatkonzentrationen des „oberflächennahen Sickerwassertyps“ der GSM-Deponie (s. hierzu NLF 1996) und gibt gleichzeitig die ungefähre Sättigungskonzentration von Sulfat im Gleichgewicht mit Gips wieder. Höhere Konzentrationen werden im Grundwasser nicht angetroffen.
- Toluol = 10000 µg/l, entsprechend dem Mittelwert der Toluolkonzentrationen im Sickerwasser der Altdeponie (s. NLF 1996).
- Phenol = 2000 µg/l. Dieser Wert orientiert sich an den höchsten Konzentrationen, die in Grundwassermeßstellen im unmittelbaren Nahbereich der Altdeponie bisher gemessen wurden.

Für größere Zeiträume müßte zusätzlich die insgesamt mobilisierbare Stoffmenge abgeschätzt und die Berechnung so durchgeführt werden, daß mit fortschreitendem Austrag die Abnahme der Ausgangsmenge und -konzentration berücksichtigt werden kann.

5.3 Ergebnisse der Simulation des Sulfataustrages

Der seit 1986 von der GSM-Deponie ausgehende Sulfataustrag wurde in Abhängigkeit von der Zeit und der Entfernung zur Deponie simuliert und mit den Sulfatkonzentrationen der Jahre 1987 (ergänzt durch einzelne Werte von 1988) und 1992 (ergänzt durch einzelne Werte aus 1991 und 1993) von Grundwassermeßstellen südwestlich der GSM-Deponie verglichen. Die Anpassung des Transportmodells POLLUTE an die zu den verschiedenen Zeiten im Grundwasserabstrom gemessenen Konzentrationen erfolgte lediglich durch Variation der Kluftparameter Kluftweite und -abstand.

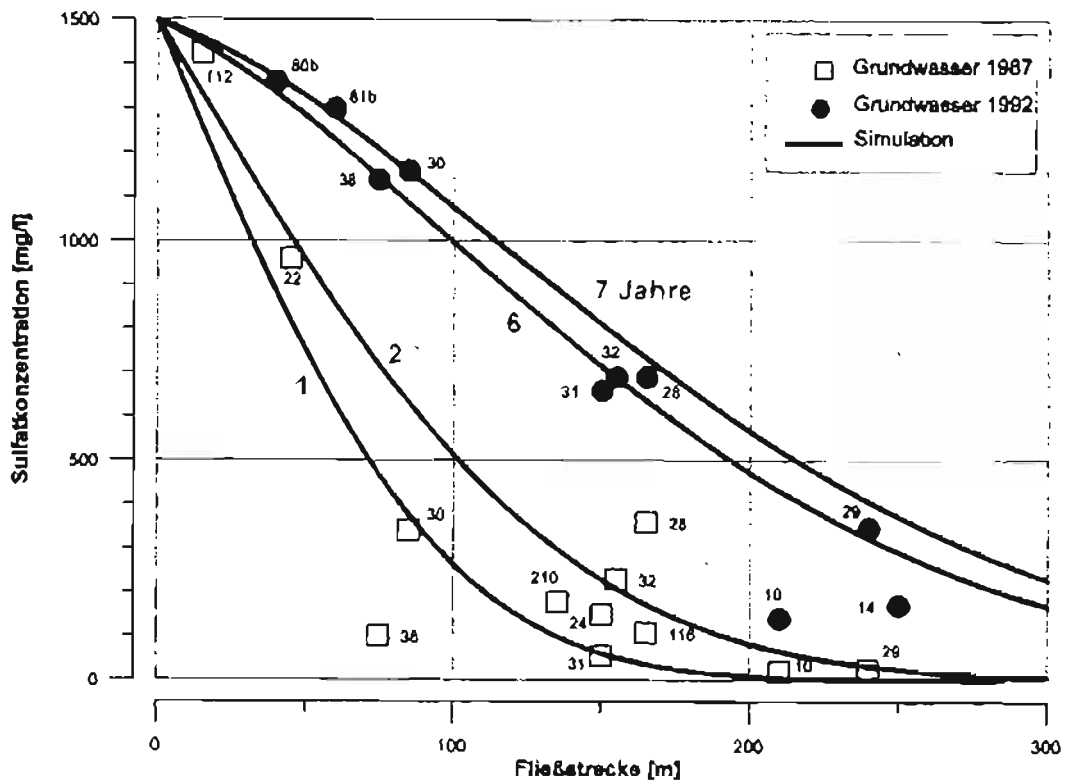


Abb. 5.1: Darstellung der Sulfatkonzentration gegen die Fließstrecke anhand der 1987 und 1992 im Grundwasserabstrom der GSM-Deponie gemessenen Sulfatkonzentrationen (Datenpunkte mit Meßstellenbezeichnung) und der simulierten Konzentrationen für eine 1-2 Jahre bzw. 6-7 Jahre dauernde Sulfatausbreitung (durchgezogene Linien).

Die Kenngrößen für den Stofftransport (Diffusions- und Verteilungskoeffizienten) und die Anfangskonzentration wurden nicht variiert; in die Modellierung gingen die unter 5.2.1 und 5.2.2 aufgeführten Werte ein

In Abb. 5.1 sind die berechneten den gemessenen Sulfatkonzentrationen aus den Jahren 1987 und 1992 in Abhängigkeit von der Fließstrecke gegenübergestellt. Die Fließstrecke entspricht ungefähr der entgegen der Grundwasserfließrichtung abgegriffenen Distanz der Meßstellen zum Südrand der GSM-Deponie. Bei Mehrfachverfilterung wurde jeweils die Probe mit der maximalen Sulfatkonzentration ausgewählt. Da der Beginn der Sulfatfreisetzung nach Verfüllung der Polder IV/IVb nicht genau angegeben werden kann, wurden die 1987 und 1992 gemessenen Werte jeweils den berechneten Werten zweier aufeinander folgender Jahre gegenübergestellt. Hieran ist auch die Größe des



möglichen Schwankungsbereiches erkennbar, innerhalb dem die Werte alleine bedingt durch die zeitliche Unschärfe liegen können. Die in der Abbildung dargestellten Simulationsergebnisse wurden für die Parameterkombination Kluftabstand $d = 0,2 \text{ m}$ und -apertur $a = 144 \mu\text{m}$, entsprechend der mit $k = 9,3 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ bereits bekannten mittleren Gebirgsdurchlässigkeit (Tiefenbereich 5 – 15 m), erzielt.

Die Sulfatbefunde von 1987 liegen überwiegend innerhalb der Spanne des berechneten Sulfataustrags nach 1 bis 2 Jahren, ebenso werden die Werte von 1992 annähernd durch den nach 7-8 Jahren berechneten Sulfataustrag eingerahmt. Einzelne Meßwerte liegen deutlich außerhalb des ermittelten Wertebereichs. Dafür gibt es abgesehen von den unterschiedlichen Probenahmebedingungen und -zeitpunkten folgende mögliche Erklärungen:

- Einige Werte liegen deutlich niedriger. Dies betrifft z.B. die Sulfatwerte der Brunnen 10 und 14 von 1992, die im Vergleich zu Brunnen 29 deutlich niedriger ausfallen, da sie an der südlichen Peripherie der Fahne gelegen sind und der Schwerpunkt der Sulfatausbreitung in westsüdwestlicher Richtung liegt. Die 1-dimensionale Betrachtungsweise erlaubt es nicht, die Konzentrationen an jeder Stelle der in Wirklichkeit 3-dimensionalen Sulfatfahne wiederzugeben.
- Einige Werte von 1987 liegen deutlich höher; dies betrifft insbesondere die am westlichsten im Bereich der Altdeponie gelegenen Brunnen 28 und 32. Hier ist zu vermuten, daß die Quelle für das Sulfat im Sickerwasser der Alt- und nicht der GSM-Deponie zu suchen ist und der Austrag aus der Altdeponie am Rand des Einflußbereiches der Wasserhaltung nach der Verfüllung von Polder IV etwas früher wieder eingesetzt hat.

Das wesentliche Ergebnis dieser Simulation ist die Feststellung, daß es möglich ist, den Sulfataustrag von 1986 bis 1992 aus der GSM-Deponie näherungsweise mit einem vereinfachten Austragsszenario und einer Parameterkombination, die den zuvor ermittelten Kenntnissen der hydraulischen Gebirgseigenschaften und den zugrundegelegten Mechanismen des Stofftransports entspricht, quantitativ zu beschreiben. Die heute im Grundwasserabstrom der Altlast Münchehagen bekannte, zusammenhängende Sulfatfahne ist demnach im wesentlichen das Ergebnis eines ca. 6-7-jährigen Austrags nach Verfüllung der Polder IV/IVb aus einem Bereich der GSM-Deponie, der durch die Wasserhaltung in den Sickerschächten weniger betroffen war. Seit 1992 sind die Sulfatkonzentrationen wieder rückläufig (s. a. Abschnitt 4.4), was mit einer deutlichen Steigerung der Wasserhaltung und demzufolge einer Ausweitung des Einflußbereiches der Wasserhaltung in den Jahren 1993-95 einhergeht.

5.4 Simulation des Stoffaustrags unter Berücksichtigung der geplanten Sicherung

Nachdem zuvor die Richtigkeit der grundlegenden Annahmen zu den vorherrschenden Stofftransportmechanismen und den maßgebenden Kenndaten bestätigt werden konnte, erfolgt nun die Anwendung dieses Ansatzes auf die Simulation des möglichen Stoffaustrages im Abstrom der geplanten seitlichen Umschließung. Dabei wird der Tiefenbereich mit dem Schwerpunkt der heute bekannten, oberflächennahen Kontamination von der Betrachtung ausgenommen, da die Dichtwand den Stoffaustrag durch die Unterbrechung der Fließpfade in dem betreffenden Tiefenbereich wirksam unterbindet. Stattdessen wird die Betrachtung auf den bisher nur geringfügig kontaminierten Bereich des Dichtwandfusses in 30 m Tiefe konzentriert, von wo künftig der Beginn der Ausbreitung einer neuen Kontaminationsfahne zu erwarten ist.

Innerhalb des umschlossenen Altlastbereiches können sich aufgrund der zu erwartenden hydrodynamischen Verhältnisse vertikale Strömungskomponenten bilden, die dazu führen, daß die Abfälle auch nach der Umschließung, wenn auch in einem weit geringeren Umfang als bisher, vom Grundwasser angeströmt und durchströmt werden (s. Abschnitt 2.2.4). Die Simulation wird exemplarisch für das Sulfat und zusätzlich für die der Sorption unterliegenden, organischen Leitsubstanzen Phenol und Toluol durchgeführt. Es werden für die Situation des Stoffaustrags nach Ausführung der Sicherung folgende ungünstige Annahmen getroffen, die zu einer konservativen Einschätzung der künftigen Stoffausbreitung führen sollen:

- Das unmittelbar am Dichtwandfuß abströmende Grundwasser hat auf dem zuvor zurückgelegten Fließweg die Abfälle in vollem Umfang durchströmt und wurde mit den in Abschnitt 5.2.3 genannten Ausgangskonzentrationen der ausgewählten Substanzen befrachtet.
- Die Ausgangskonzentrationen im Inneren der Altlast nehmen im Betrachtungszeitraum nicht ab.
- Die Simulation ist eindimensional, die horizontal und vertikal transversale Dispersion bzw. der Effekt der Verdünnung durch Vermischung mit nicht kontaminiertem Grundwasser auf dem Fließweg werden nicht berücksichtigt.
- Die Gebirgsdurchlässigkeit entspricht mit $k_f = 1,1 \times 10^{-6}$ m/s dem Mittelwert für diese Tiefe. Es wird ein Kluftabstand von $d = 1$ m angenommen, so daß nur ein kleiner Teil der Klüfte in dieser Tiefe hydraulisch wirksam ist. Hieraus resultiert eine geringe durchflußwirksame Porosität und eine hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit der Kontaminationsfront.

Die Simulationsergebnisse für die Ausbreitung von Sulfat, Phenol und Toluol (Konzentration im Grundwasser in Abhängigkeit von Fließstrecke) sind in den nachfolgenden Abbildungen (Abb. 5.2 und 5.3) jeweils für eine 2, 5, 10 und 20 Jahre dauernde Ausbreitung dargestellt.

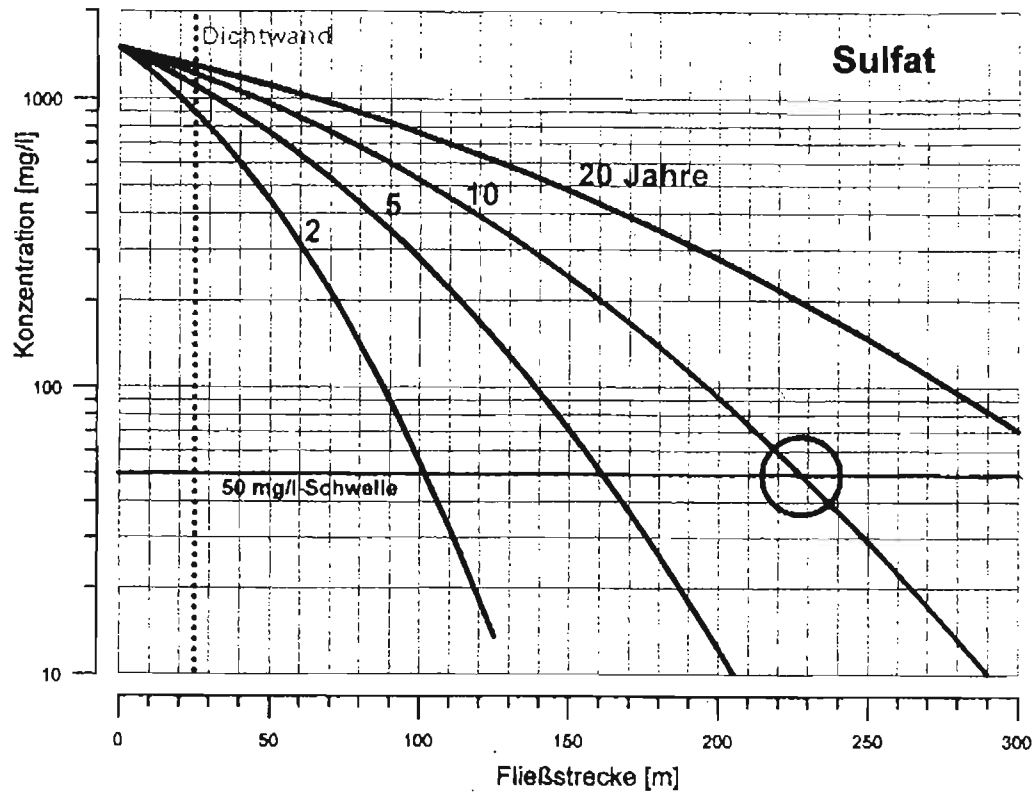


Abb. 5.2: Ergebnisse der Simulation der Sulfatausbreitung im Untergrund der Altlast Münnehagen nach Durchführung der Sicherungsmaßnahmen. Konzentrations-Weg-Diagramme für 2, 5, 10 und 20 Jahre Fließzeit. Logarithmische Konzentrationskala.

Die vertikal gestrichelte Linie kennzeichnet die ungefähre Fließstrecke innerhalb der Umschließung, die Konzentrationen rechts davon beschreiben den Austrag im Abstrom des Dichtwandfusses. Die dicke horizontale Linie bezeichnet einen angenommenen Schwellenwert der Konzentration, über dem ein Austrag für die jeweilige Substanz zweifelsfrei nachweisbar ist. Der Schwellenwert wurde für Sulfat mit ca. 50 mg/l entsprechend der ermittelten Hintergrundkonzentration angenommen. Für Toluol und Phenol wurden 3,5 µg/l bzw. 10 µg/l als Schwellenwerte angesetzt, die jeweils dem 10-fachen der ermittelten Hintergrundkonzentration entsprechen.

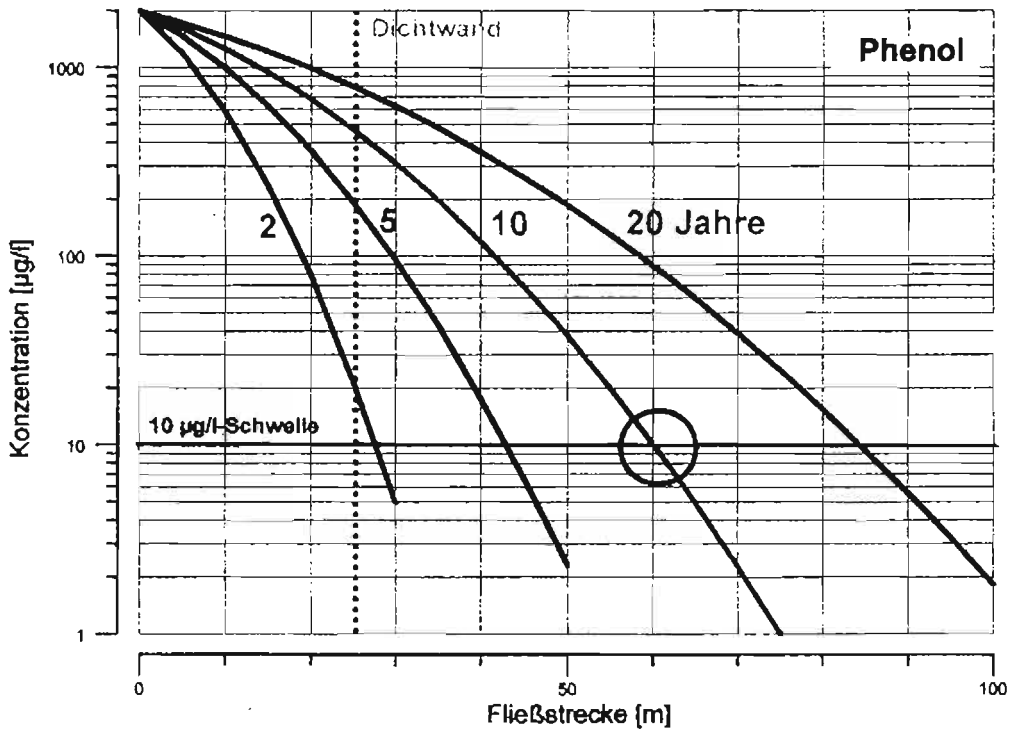
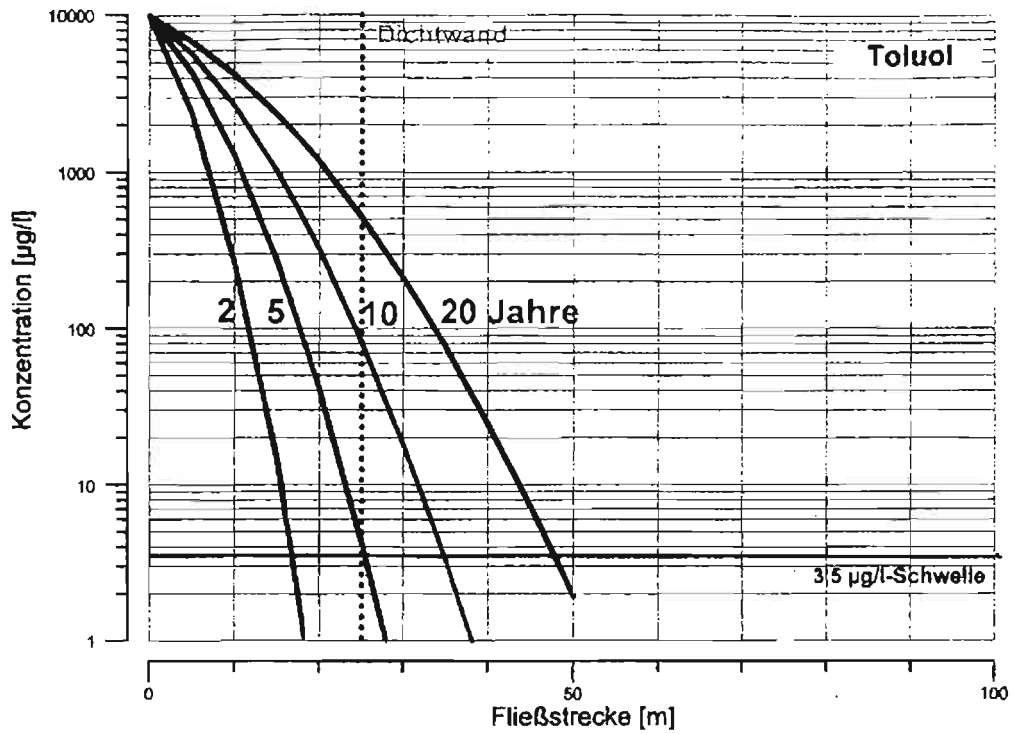
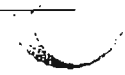


Abb. 5.3: Ergebnisse der Simulation der Toluol- und Phenolausbreitung im Untergrund der Altlast Münchehagen nach Durchführung der Sicherungsmaßnahmen. Konzentrations-Weg-Diagramme für 2, 5, 10 und 20 Jahre Fließzeit. Logarithmische Konzentrationskala.



Das Sulfat (Abb. 5.2), das keiner Sorption unterliegt, kann demnach unter den getroffenen ungünstigen Annahmen bereits innerhalb eines Jahres nach Ausführung der Sicherungsmaßnahmen ins Grundwasser außerhalb des Dichtwandfusses ausgetragen werden. Innerhalb von 10 Jahren ist in dieser Tiefe eine Ausdehnung der Sulfatfahne bis ca. 200 m in Abstromrichtung möglich.

Bei Toluol (Abb. 5.3b) kommen die Rückhalte-mechanismen (Matrixdiffusion + Sorption) voll zum Tragen. Nach den Ergebnissen ist es wenig wahrscheinlich, daß Toluol innerhalb von 5 Jahren im betreffenden Tiefenbereich im Grundwasserabstrom außerhalb der Dichtwand überhaupt mit Konzentrationen oberhalb des Schwellenwertes nachweisbar sein wird.

Phenol (Abb. 5.3a) ist diejenige Leitsubstanz für die organischen Schadstoffe im Altlastbereich, die die größte zu erwartende Mobilität im Untergrund aufweist. Eine Phenol-ausbreitung bis in eine Entfernung von 30 – 40 m im Abstrom der Dichtwand ist innerhalb von 10 Jahren möglich. Dies markiert nach den getroffenen konservativen Annahmen die in diesem Zeitraum maximal mögliche Reichweite der relevanten organischen Kontamination.

6 Verfahrensvorschläge für das Grundwassermonitoring

6.1 Ausgangssituation

Die Konzeption und der Umfang des Grundwassermonitoring wird in erster Linie von den Standortgegebenheiten bestimmt. Die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebene umfassende Standortcharakterisierung mit den wesentlichen Eigenschaften und Wirkungszusammenhängen bilden hierfür das konzeptionelle hydrogeologische und hydrochemische Grundgerüst. Zum Grundwassermonitoring gehört in jedem Fall auch, daß die zugrundeliegenden konzeptionellen Vorstellungen in gewissen Zeitabständen anhand der Überwachungsergebnisse auf ihre weitere Gültigkeit hin überprüft werden.

Der gegenwärtige Zustand kann folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- Die Altlast Münchehagen besteht aus 2 ehemaligen Sonderabfalldeponien (Altdeponie und GSM-Deponie), die sich bezüglich der Größe und Tiefe sowie der stofflichen Zusammensetzung und des Gefährdungspotentials unterscheiden. Die Abfalleinlagerung erfolgte in offenen, ca. 6 bzw 25 m tiefen Poldern, die in ohne technische Barrieren in geklüfteten, grundwasserführenden Tonsteinen angelegt wurden. Der größte Teil der Abfälle liegt in der grundwassergesättigten Zone und ist eine permanente Quelle für den fortschreitenden Schadstoffaustrag im Abstrom der Altlast.
- Die hydraulischen und hydrochemischen Eigenschaften des Untergrunds sowie die Wirkungszusammenhänge sind aufgrund umfangreicher Erkundungen und Studien sehr gut bekannt und können mit Einschränkungen auch quantitativ beschrieben werden. Die hier wirksamen Rückhalte-mechanismen beim Stofftransport im Untergrund haben wesentlich dazu beigetragen, daß sich die Kontamination des Grundwassers, insbesondere durch die hier relevanten organischen Schadstoffe, bisher auf einen maximal ca. 50 m breiten Saum im Abstrom der Altlast beschränkt.
- Anhand der Wasserhaushaltsbetrachtungen wird deutlich, daß zusätzlich zur Grundwasserströmung die hohe Sickerwasserneubildung durch Infiltration von Niederschlag im Bereich der GSM-Deponie ein wesentlicher Motor des Schadstoffaustrags ist. Dies wird teilweise durch die Deponiewasserhaltung wieder kompensiert. Es resultiert im langjährigen Mittel ein Überschuß der Neubildung gegenüber der Entnahme, die am Wasserumsatz der Altlast einen größeren Anteil hat als das anströmende Grundwasser.
- Die von der Altlast ausgehende Kontaminationsfahne kann in ihrer räumlichen Ausdehnung und zeitlichen Entwicklung anhand von Leitparameter beschrieben werden. Der Ausbreitung findet im Einklang mit der hydrogeologischen Standortsituation hauptsächlich im Bereich des oberflächennahen Grundwasser statt und ist entsprechend den hydraulischen Gradienten auf den Vorfluter gerichtet. Die derzeitige maximale Reichweite der Ausbreitung beträgt ca. 300 m in Richtung des Abstroms.
- Die umfangreichen und differenzierten Kenntnisse der Standortverhältnisse sind eine fundierte Basis für die Planung und Einrichtung einer systematischen Grundwasserüberwachung im Rahmen der geplanten Sicherung.

In Abbildung 6.1 sind schematische Profilschnitte parallel zur Grundwasserfließrichtung durch den Altlastbereich dargestellt, die jeweils für den Ist- und den Planungszustand vereinfacht die Ausgangssituation bzw. das zukünftige, angenommene Austragsszenario wiedergeben. Für die zu erwartende Situation nach der Durchführung der Sicherung sind im Hinblick auf das zukünftige Grundwassermonitoring folgende Aspekte von Bedeutung:

- Die Sicherungselemente (Oberflächenabdichtung und Dichtwand) unterbrechen den bisherigen, überwiegend im Bereich des oberflächennahen Grundwassers wirksamen Schadstoffaustrag. Die Sickerwasserneubildung und die horizontale Grundwasserströmung fallen als Motor für den Schadstoffaustrag weg.
- Außerhalb der Dichtwand verbleibt im oberflächennahen Grundwasserabstrom eine residuale Kontaminationsfahne, die nicht mehr durch Nachlieferung aus dem Altlastbereich gespeist wird und sich weiter in Abstromrichtung verlagert. Es ist davon auszugehen, daß dadurch die Stoffkonzentrationen im entfernteren Abstrom noch weiter zunehmen, während sie im näheren Abstrom langsam abnehmen. Es ist derzeit nicht abschätzbar, über welchen Zeitraum dieser Prozeß abläuft und bis wann die Kontaminationen im oberflächennahen Grundwasserabstrom auf Werte nahe der lokalen Hintergrundkonzentrationen bzw. der Nachweisgrenze abgenommen haben.
- Die Dichtwand hat Auswirkungen auf die Grundwasserströmungsverhältnisse. Im Anstrom der Dichtwand ist mit einem Anstau zu rechnen, der anhand der Ergebnisse der Grundwassermodellierung (Geo-Infometric 1997) einen bis zu ca. 0,5 m höheren Grundwasserstand zur Folge haben kann. Im Abstrom unmittelbar außerhalb der südwestlichen Ecke ist mit relativen Absenkungen von ca. 1 m gegenüber dem Ist-Zustand zu rechnen. Innerhalb des umschlossenen Bereiches pegelt sich der Wasserstand zwischen den äußeren Grundwasserständen ein. Bedingt durch resultierende vertikale Strömungskomponenten ist eine Durchströmung des Altlastbereiches innerhalb der Dichtwand möglich. Die hydraulischen Gradienten, die sich entlang der Dichtwand zwischen den äußeren und inneren Wasserständen bilden, sind die treibende Kraft dafür.
- Im Südwesten der Altlast reicht die Dichtwand bei einer geplanten Tiefe von 30 m in den Bereich der Süß-Salzwasser-Grenze hinein, aus dem bisher keine Hinweise auf Stoffausträge vorliegen. Es bildet sich eine neue Kontaminationsfahne, die vom Dichtwandfuß ausgeht und durch einen derzeit nicht prognostizierbaren Anteil von kontaminierten Grundwasser aus dem Bereich innerhalb der Umschließung hervorgerufen wird. Für die Simulation dieses Austragsszenarios (s. Abschnitt 5) und die Bemessung der Überwachungszonen wird hier von der konservativen Annahme ausgegangen, daß das Grundwasser im Abstrom unterhalb der Dichtwand zuvor im vollen Umfang den Abfall durchströmt hat. Für die Kontrolle der Wirksamkeit der Sicherungsmaßnahmen im Rahmen des zukünftigen Grundwassermonitoring ist insbesondere die Überwachung und Beurteilung der am Dichtwandfuß austretenden Kontaminationsfahne maßgebend.

Die Bewertung der Ergebnisse der Grundwasserüberwachung konnte bisher nur auf der Grundlage einer zusammenhängenden Betrachtung aller verfügbaren Daten erfolgen, da der Aussagewert einzelner Meßwerte eingeschränkt

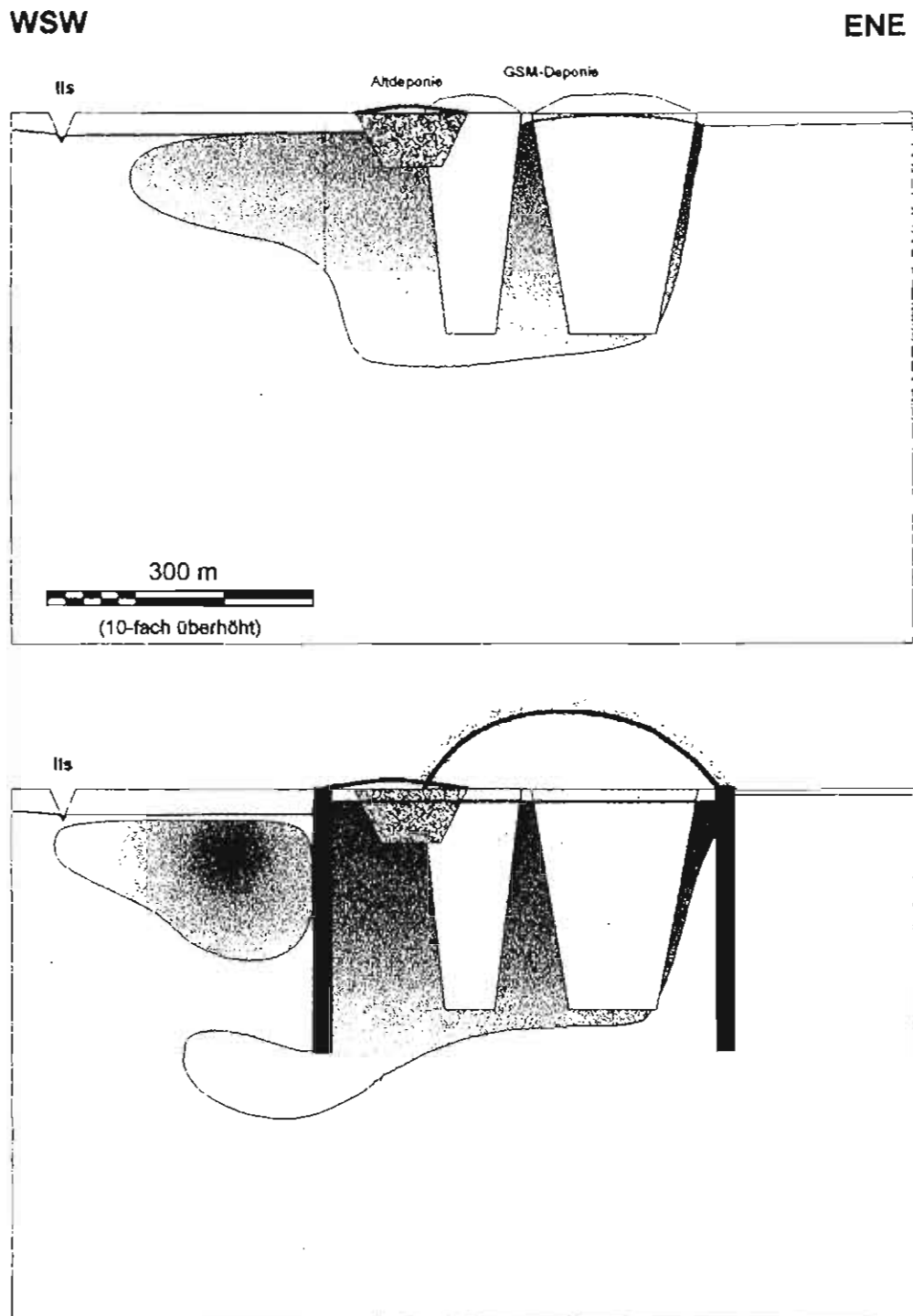


Abb. 6.1 Vertikalschnitte durch den Altlastbereich mit vergleichenden schematischen Darstellungen des gegenwärtigen (Ist-Zustand oben) und des angenommenen, zukünftigen Zustands nach der Sicherung (Planungszustand unten). Die Pfeile markieren die Grundwasserfließrichtung.

ist. Zu dieser Einschränkung tragen die komplexen natürlichen sowie betriebsbedingten (insbesondere Wasserhaltung) Verhältnisse bei, deren vielfältige Auswirkungen nicht immer voneinander unterschieden werden können. Die geringe Signifikanz von Einzelwerten ist auch darauf zurückzuführen, daß das vorhandene, historisch gewachsene Meßstellennetz nicht für eine Grundwasserüberwachung nach dem heutigen Kenntnisstand ausgelegt ist und die Gewinnung repräsentativer Grundwasserproben von vornherein nur bedingt möglich ist.

Eine bessere Anpassung des Meßstellennetzes an die Standortverhältnisse und die Vereinheitlichung der Probenahmebedingungen sind eine wesentliche Voraussetzung, um künftig repräsentativeres bzw. belastbareres Datenmaterial zu erhalten. In welchem Umfang dies gelingt, wird erst die Zukunft zeigen. Unabhängig davon ist es unter den vorliegenden komplexen Standortgegebenheiten nicht angemessen, Schwellenwerte zu definieren, die anhand einzelner Messungen z.B. weitergehende Sicherungsmaßnahmen auslösen. Die Beurteilung der Überwachungsdaten und die Entscheidungen für eventuelle Maßnahmen sollten auf einer in regelmäßigen Intervallen durchzuführenden integralen Auswertung der gesamten Situation erfolgen, zu der beispielsweise flächenhafte Interpretationen räumlicher Zusammenhänge und die Ableitung anhaltender Trends aus Zeitreihen über mehrere Jahre gehören.

6.2 Überwachungsziele und Kriterien

Auf der Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse werden nachfolgend einige wesentliche Zielsetzungen und Kriterien für die zukünftige Grundwasserüberwachung konkretisiert:

Kontinuität

Das zukünftige Monitoring ist auch unter dem Gesichtspunkt der Kontinuität mit dem Ziel einer Fortführung der bisherigen Überwachung zu verstehen. Die Beurteilung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung der Situation im Umfeld der Altlast muß auch zukünftig unter Einbeziehung der bisher vorliegenden, umfangreichen Daten und Erkenntnisse erfolgen. Kontinuität ist z.B. dadurch zu erreichen, daß bei der Wahl der Brunnenstandorte und des Parameterumfangs zumindest teilweise eine Anknüpfung an die bisherige Überwachung erfolgt. Mit Beginn der Neuordnung der Grundwasserüberwachung sollten mindestens zu einem Termin Probenahmen und Messungen durchgeführt werden, die bezüglich der Auswahl der Meßstellen und des Parameter-

umfangs die bisherige und die zukünftige Überwachung umfassen („Nullmessung“).

Meßstellennetz

Die Festlegung der erforderlichen Anzahl, der Lokationen und der Ausbautiefen ist ein ausschlaggebender Faktor für den Aussagewert der später erhobenen Daten. Für die Einrichtung des Meßstellennetzes ist die integrale Bewertung der (hydrogeologischen) Standortsituation Voraussetzung. Das Meßstellennetz muß dafür ausgelegt sein, repräsentative Proben zu gewinnen sowie signifikante Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit und hydraulischen Situation im Einflußbereich der Altlast feststellen zu können und diese von natürlichen Trends unterscheiden zu können. Die Überwachungsbrunnen sind in Abhängigkeit von der Lage und Entfernung zur Altlast in Überwachungszonen zu gruppieren. Die Bemessung der Überwachungszonen im Abstrom orientiert sich an der zu erwartenden räumlichen und zeitlichen Entwicklung der Stoffausbreitung. Darüberhinaus ist eine vertikale Differenzierung der Grundwasserüberwachung durch Brunnengruppen mit unterschiedlichen Filtertiefen erforderlich, die der natürlichen und austragsbedingten vertikalen Stockwerksgliederung der Grundwasserbeschaffenheit gerecht wird. Es ist in jedem Fall zu gewährleisten, daß der Einfluß der im oberflächennahen Grundwasser außerhalb der Dichtwand verbleibenden „residualen Kontaminationsfahne“ von der sich möglicherweise im Bereich des Dichtwandfusses neu entwickelnden Stoffausbreitung unterschieden werden kann. Vertikale hydraulische Kurzschlüsse zwischen diesen unterschiedlichen Tiefenbereichen sind insbesondere im Abstrombereich der Altlast unbedingt zu vermeiden.

Parameterumfang und Probenahmezyklen

Der Parameterumfang stützt sich im wesentlichen auf die vorliegenden Ergebnisse der bisherigen umfangreichen Altlasterkundung und Grundwasserüberwachung. Es ist davon auszugehen, daß die mengenmäßig bedeutenden und bezüglich der Mobilität und des Gefährdungspotentials relevanten Stoffe/Stoffgruppen im Altlastbereich weitgehend bekannt sind. Der Parameterumfang sollte nicht auf ein Maximum an identifizierbaren Stoffen ausgerichtet sein. Die Analytik sollte stattdessen zugunsten eines größeren Probenumfangs auf ausgewählte Leitparameter fokussiert werden, die die mobilen Fraktionen des Stoffinventars der Altlast repräsentieren und geeignet sind, Veränderungen im Grundwasserabstrom eindeutig und zu einem möglichst frühen Zeitpunkt anzuzeigen. Die Wahl der Probenahmezyklen orientiert sich an den zu erwartenden zeitlichen Entwicklungen des Stofftransports innerhalb der Überwachungszonen im Grundwasserabstrom. Die Stoffausbreitung muß durch eine genügend große Anzahl von Messungen belegt sein, die einen

solchen zeitlichen Trend über mehrere Meßintervalle zweifelsfrei wiedergeben können. Die Probenahmeintervalle müssen also deutlich kürzer sein als die Zeit, innerhalb der eine Kontaminationsfront durch eine Grundwasserüberwachungszone hindurch migrieren kann.

Probenahmebedingungen

Neben der Lage und dem Ausbau der Überwachungsbrunnen haben die Verfahren und Bedingungen der Probenahme einen wesentlichen Einfluß auf die Repräsentativität einer Probe und den Aussagewert des Ergebnisses. Durch gestörte, nicht vergleichbare oder häufig wechselnde Probenahmebedingungen wird eine Variabilität der Meßwerte erzeugt, die die natürliche zeitliche Variabilität und räumliche Inhomogenität im Untergrund übersteigen und evtl. tatsächlich vorhandene Veränderungen der Situation im Untergrund verschleiern kann. Es erfordert dann in der Regel einen größeren Untersuchungsumfang und eine größere Anzahl von Meßzyklen um z.B. den Trend einer fortschreitenden Stoffausbreitung zweifelsfrei nachweisen zu können. Die Frage, inwieweit die Probenahme repräsentativ ist, wirkt sich somit auch auf den erforderlichen Umfang des Grundwassermonitorings aus. Das Ziel muß daher mehr als bisher sein, vergleichbare, vereinheitlichte Probenahmebedingungen zu schaffen, die den spezifischen Standortgegebenheiten und dem jeweiligen Brunnenausbau anzupassen sind.

Bewertung

Für die Interpretation, Darstellung und Bewertung der Ergebnisse des Grundwassermonitorings sollten insbesondere auch auf folgende Aspekte und Fragestellungen ausgerichtet werden:

- Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse
- Dokumentation der hydraulischen Verhältnisse, Beschreibung und Bewertung von Veränderungen der hydraulischen Situation im inneren und im Umfeld der Altlast.
- Beschreibung der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit (Anstrombereich) und der natürlichen Variabilität im Vergleich zu den Befunden im Grundwasserabstrom.
- Dokumentation der Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit innerhalb der Umschließung. Ist die vermutete Verlagerung und Zunahme der Kontamination bis in den Tiefenbereich des Dichtwandfusses nachweisbar?
- Beschreibung und Bewertung der räumlichen und zeitlichen Entwicklung der residualen Kontaminationsfahne, die nach der Sicherung außerhalb der Dichtwand verblieben ist.
- Beschreibung und Bewertung der räumlichen und zeitlichen Entwicklung des Stoffaustrages im Abstrom unterhalb des Dichtwandfusses (und deren weitere Entwicklung außerhalb der Dichtwand).



- Beurteilung der Wirksamkeit der Dichtwand anhand des (möglichen) Ausmaßes des Stoffaustrags.
- Beurteilung der Situation im Hinblick auf die zugrundeliegenden Vorstellungen und Annahmen zum Systemverhalten. Erfordert die festgestellte Entwicklung der Standortsituation eine geänderte Vorgehensweise für das Grundwassermonitoring? Ist eine Situation eingetreten, die die Planung weitergehender, präventiver Sicherungsmaßnahmen erforderlich macht?

6.3 Grundwasserüberwachungszonen

Am Standort wird eine Einteilung in Grundwasserüberwachungszonen vorgenommen, deren Geometrie und Ausdehnung sich an der nach der Errichtung der Sicherungsbauwerke zu erwartenden Situation der Grundwasserströmung und des Stofftransports orientieren. Die wesentlichen Grundlagen hierfür sind zum einen der anhand des Grundwasserströmungsmodells (GEO-INFOMETRIC 1997) ermittelte Grundwassergleichenplan (modellierter Planungszustand, Mittelwertvariante) und zum anderen die Ergebnisse der Simulation des Stofftransports im Abstrom der Dichtwand (s. Abschnitt 5). Insgesamt werden fünf Überwachungszonen unterschieden (s. Anl. 2, Lageplan der Überwachungszonen):

Altlastbereich: (kurz: AL)	Der Altlastbereich als innere Überwachungszone entspricht dem dauerhaft kontaminierten Bereich innerhalb der geplanten seitlichen Umschließung.
Anstrombereich: (kurz: AN)	Entspricht dem nördlich und östlich der Dichtwand gelegenen Grundwasseranstrom der Altlast, wobei ein 10 m breiter, außen an die Dichtwand angrenzender Streifen ausgenommen ist. Der Anstrombereich ist in südöstlicher und nordwestlicher Richtung parallel zu den Grundwassergleichen erweitert.
Enger Abstrombereich: (kurz: AE)	Entspricht einem unmittelbar im Grundwasserabstrom der Dichtwand gelegenen Streifen. Die Breite des Streifens beträgt 40 m, die von der Dichtwand ausgehend in Richtung des Grundwassergefälles abgetragen werden.
Weiter Abstrombereich: (kurz: AW)	Entspricht dem Bereich zwischen dem engen Abstrombereich und einer äußeren Begrenzung, die ausgehend von der Dichtwand 200 m in Richtung des Grundwasserabstroms gelegen ist.
Kontrollbereich: (kurz: K)	Der Kontrollbereich befindet sich westlich, südwestlich und südlich außerhalb des weiten Abstrombereichs. Eine äußere Begrenzung wird nicht angegeben.



Die Bemessung des engen **Abstrombereiches** basiert auf der maximalen Reichweite der Ausbreitung mobiler organischer Schadstoffe (berechnet für Phenol), die unter ungünstigen Umständen innerhalb eines Zeitraumes von 10 Jahren im Grundwasserabstrom unterhalb der Dichtwand erreicht werden kann (s. Abschnitt 5.4). Gleichzeitig beinhaltet diese Zone den Bereich mit der derzeit bekannten Ausdehnung der organischen Kontamination im oberflächennahen Grundwasser. Entsprechend erfolgt die Bemessung des **weiten Abstrombereichs** auf der Grundlage einer Abschätzung der maximalen Reichweite der Ausbreitung nicht sorbierender, anorganischer Stoffe (berechnet für Sulfat), die ausgehend vom Dichtwandfuß innerhalb eines Zeitraumes von 10 Jahren eine Strecke von 200 m zurücklegen können (s. Abschnitt 5.4). Der weite Abstrombereich beinhaltet darüberhinaus die derzeit bekannte, anhand der Chlorid- und Sulfatausbreitung im oberflächennahen Grundwasser ermittelte, maximale Ausdehnung des Stoffaustrags aus der Alt- und GSM-Deponie.

Die innere Überwachungszone (Altlastbereich) dient der Überwachung des Schadstoffaustrages aus den Deponiekörpern und dessen Verlagerung innerhalb des umschlossenen Bereiches. Der enge Abstrombereich hat die Aufgabe der Überwachung der Wirksamkeit der Dichtwand bzw. deren Unterströmung sowie der Kontrolle der weiteren Ausbreitung der derzeitigen, oberflächennahen (organischen) Schadstofffahne. Der weite Abstrombereich hat die Funktion zur Überwachung der heutigen sowie zukünftigen (anorganischer) Stofffahnen. Der Kontrollbereich liegt außerhalb der heute bekannten maximalen Ausdehnung der Kontaminationsfahne und enthält eventuell betroffene Schutzgüter wie z.B. den Vorfluter IIs oder landwirtschaftlich genutzte Flächen, die präventiv in das Grundwassermonitoring einzubeziehen sind. Es ist in absehbarer Zeit (<10 Jahre) nicht auszuschließen, daß eine weitere Ausbreitung der oberflächennahen „residualen Fahne“ in diesem Bereich zu einer nachweisbaren Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit führt. Der Anstrombereich dient der Erfassung der natürlichen (zonierten) Grundwasserbeschaffenheit als Bewertungsgrundlage.

6.4 Meßstellennetz

Die natürliche vertikale Zonierung der Grundwasserbeschaffenheit und die in unterschiedlichen Tiefen bestehenden bzw. zu erwartenden Kontaminationsfahnen erfordern ein Meßstellennetz, das eine vertikal differenzierte Probenahme ermöglicht. Der für das Grundwassermonitoring relevante Bereich erstreckt sich von 3 m bis max. ca. 40 m unter Gelände, entsprechend einer



Tiefe bis ca. 10 m unterhalb der geplanten Dichtwandsohle. Innerhalb dieses Bereichs müssen 3 vertikale Überwachungseinheiten unterschieden werden:

- Der oberflächennahe Gebirgsabschnitt von 3-15 m unter GOK umfaßt den hydraulisch wirksamsten Untergrundbereich mit den höchsten Durchlässigkeiten, der hydrochemisch ungefähr mit dem Auftreten des gering mineralisierten „Süßwassers“ zusammenfällt. In diesem Bereich hat sich auch die derzeit bekannte Kontaminationsfahne mit einem geschätzten Schwerpunkt ihrer Verteilung in dem Tiefenabschnitt von ca. 5-10 m entwickelt.
- Der tiefe Gebirgsabschnitt ist gekennzeichnet durch vergleichsweise geringere Durchlässigkeiten und ein hoch mineralisiertes, überwiegend salinar geprägtes Grundwasser. Für das Monitoring ist insbesondere der Tiefenbereich von 25-35 m (entsprechend der Tiefe der Dichtwandsohle \pm 5 m) zur Überwachung eines möglichen künftigen Stoffaustrages aus dem umschlossenen Altlastbereich relevant.
- Der mittlere Bereich zwischen 15 und 25 m stellt in jeder Hinsicht eine Übergangszone dar, die auch hydrochemisch mit einem NaHCO_3 -Austauschwasser als Übergang in Erscheinung tritt.

Unter diesen Gesichtspunkten sind für das Grundwassermonitoring Meßstellengruppen mit 3 unterschiedlichen Filtertiefen und kurzen Filterstrecken (5-10 m) am besten als Überwachungsbrunnen geeignet.

Daraufhin wurden zunächst die am Standort vorhandenen Meßstellen (ohne Berücksichtigung der Meßstellen, die im Zuge des Dichtwandbaus zurückgebaut werden müssen, s. IBE 1998) auf ihre Eignung bezüglich der Filterstellung überprüft. Als ungeeignet wurden Multilevelfilterbrunnen, tiefe Brunnen mit Filteroberkanten unterhalb von 40 m u. GOK sowie Brunnen mit Filterstrecken von mehr als 20 Metern Länge ausgeschlossen. Diese Brunnen sind im Lageplan (Anlage 3) durch Kreuze kenntlich gemacht. Im Altlast- und im deponienahen Abstrombereich sind die Brunnen mit langen Filterstrecken (>20 m), die das oberflächennahe und tiefere Grundwasserstockwerk kurzschließen und Verschleppungen von Kontaminationen zwischen diesen Bereichen begünstigen, nicht tolerierbar. Diese Brunnen müssen kontrolliert zurückgebaut (durch Überbohren und Ziehen der Rohre) und verfüllt bzw. durch einen geeigneten Ausbau ersetzt werden. Dies betrifft die Brunnen 7, 9a, 11, 27, 29, 31, 39 (offenes Bohrloch) und 212.

Nach Anwendung der genannten Abschlußkriterien kann von den zahlreichen vorhandenen Brunnen im Grundwasserabstrom nur eine kleine Anzahl für das Grundwassermonitoring verwendet werden (im Lageplan Anl. 3 mit blauen Punkten markiert). Die meisten der verbleibenden Brunnen sind im Hinblick auf die erforderliche tiefendifferenzierte Probennahme auch nur bedingt geeignet. Es ist daher erforderlich, das Meßstellennetz durch neue Brunnen bzw. Brunnengruppen zu erweitern. Dazu müssen Brunnen an neuen Lokationen errichtet, teilweise vorhandene Brunnen ergänzt oder ein vorhandener unge-

eigneter Ausbau an gleicher Stelle durch eine Meßstellengruppe ersetzt werden.

Das Meßstellennetz ist in ein **Basismeßnetz** und ein **erweitertes Meßnetz** unterteilt (Anl. 3). Das Basismeßnetz sieht einschließlich der Anstrombrunnen 12 Meßstellengruppen und insgesamt 25 einzelnen Probenahmepunkte vor und ist für die regelmäßige Beprobung in kurzen Zeitintervallen konzipiert. Die Meßstellen des Basismeßnetzes decken neben dem Anstrom hauptsächlich den Kernbereich der bekannten und der zu erwartenden Kontaminationsfahne in Richtung des Grundwasserabstroms ab. Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit sind in diesem Bereich am deutlichsten und am schnellsten zu erwarten. Die Meßstellengruppen sind den zuvor definierten Überwachungszonen zugeordnet und tragen Bezeichnungen, die aus dem Kürzel der Überwachungszone und einer laufenden Nummer bestehen. Teilweise beinhalten die neu benannten Meßstellengruppen auch vorhandene Meßstellen, die damit zusätzlich eine neue Bezeichnung erhalten. Die Abstände der Meßstellengruppen betragen im engeren Abstrom ca. 50-100 m und im weiteren Abstrom ca. 100-150 m. Innerhalb der Umschließung gehören die drei Doppelmeßstellen AL1-3 zum Basismeßnetz, wobei hier jeweils nur die tief verfilterten Brunnen für die regelmäßige Grundwasserprobenahme vorgesehen sind. Im engeren, weiteren Abstrombereich und im Kontrollbereich gehören die Meßstellengruppen AE2-AE4, AW2-AW3 bzw. K1 dazu.

Dem erweiterten Meßstellennetz gehören 5 Brunnengruppen (AE1, AE5, AW1, AW4 und K2) sowie die weiteren geeigneten Brunnen (84, 85, 86, 9b, 10b, 81a+b, 1, 2, 55, 209, 213, 218) an. Insgesamt sind dies 34 zusätzliche Probenahmepunkte, die in einem 5-jährigen Meßzyklus zusätzlich zum Basismeßnetz beprobt werden sollen.

Die Meßstellengruppen und einzelnen Brunnen des Basismeßnetzes sind in Tabelle 6.1 und die Meßstellen/Brunnen des erweiterten Meßnetzes in Tabelle 6.2 jeweils mit Angaben zu Ausbaudurchmesser, Filterstrecken und Mindestaustauschvolumen zusammengestellt. Für die vorhandenen Brunnen sind die bekannten Ausbaudaten aufgeführt, den neu konzipierten Meßstellen liegen vorgeschlagene Ausbaudaten zugrunde (s.u.). Die effektive Filterstrecke entspricht der Filterkiesschüttung im Ringraum, die größer als die Filterrohrlänge ist und das Tiefenintervall bezeichnet, aus dem die Grundwasserprobe stammt. Das Mindestaustauschvolumen entspricht dem Hohlraumvolumen der Filterkiesschüttung und des in der jeweiligen Tiefe angrenzenden Rohrvolumens (das gesamte Brunnenvolumen ist nicht damit gemeint).



Tab. 6.1: Basismeßnetz, Ausbaudaten

Überwachungszone	Brunnenbezeichnung		Filter(rohr) [m u. GOK]	effektive Filterstrecke [m u. GOK]	Bohrdurchmesser [mm]	Ausbaudurchmesser [mm]	Mindestaustauschvolumen [l]
	vorgeschlagen	vorhanden					
Anstrombereich	AN 1.1	= 202a	25 – 29	24 – 30,5	DN 250	DN 125	110
	AN 1.2	= 202	3,5 - 4,5	2,5 – 6	DN 250	DN 125	45
	AN 2	= 216	11 – 13	10 – 14,5	DN 250	DN 125	70
	AN 3	= 205	40 – 42	39 – 43,5	DN 250	DN 125	70
Altlastbereich	AL 1.1		5- 8	4 – 9,5	DN 250	DN 65	70
	AL 1.2		24 – 27	23 – 28		DN 65	70
	AL 2.1		5 – 8	4 – 9,5	DN 250	DN 65	70
	AL 2.2		24 – 27	23 – 28		DN 65	70
	AL 3.1		5 – 8	4 – 9,5	DN 250	DN 65	70
	AL 3.2		24 – 27	23 – 28		DN 65	70
enger Abstrombereich	AE 2.1	= 210	5 – 11	4 – 12,5	DN 250	DN 65	110
	AE 2.2		21 – 23	20 – 24,5	DN 250	DN 125	115
	AE 2.3		28 - 34	27 – 35		DN 65	70
	AE 3.1		5 – 10	4 – 11,5	DN 300	DN 65	130
	AE 3.2		17 – 20	16 – 21,5		DN 65	100
	AE 3.3		28 – 34	27 – 35		DN 65	155
	AE 4.1		5 – 10	4 – 11,5	DN 300	DN 65	130
	AE 4.2		17 – 20	16 – 21,5		DN 65	100
	AE 4.3		28 – 34	27 – 35		DN 65	155
weiter Abstrombereich	AW 2.1	= 228	5 – 9	4 – 10,5	DN 250	DN 65	85
	AW 2.2		16 – 20	15 – 21		DN 65	85
	AW 2.3		27,5 – 29,5	26,5 – 31	DN 250	DN 125	70
	AW 3.1		5 - 9	4 – 10,5	DN 300	DN 65	115
	AW 3.2		16 – 19	15 – 20,5		DN 65	100
	AW 3.3		27 - 34	26 – 35		DN 65	175
Kontrollbereich	K 1.1	= 219	5 – 9	4 – 10,5	DN 250	DN 65	85
	K 1.2		16 – 20	15 – 21		DN 65	85
	K 1.3		25,5 – 30,5	24,5 – 32	DN 250	DN 125	130

Tab. 6.2: Erweitertes Meßstellennetz, Ausbaudaten

Überwachungszone	Brunnenbezeichnung		Filter(rohr)	effektive Filterstrecke	Bohrdurchmesser	Ausbau-durchmesser	Mindest-austauschvolumen [l]	
	vorge-schlagen	vorhan-den	[m u. GOK]	[m u. GOK]	[mm]	[mm]		
<i>Altlastbereich</i>		84.1	11,9 – 14,8	10,4 – 16,2	DN 270	DN 62	80	
		84.2	22,7 – 26,3	21,2 – 27,4		DN 62	90	
		84.3	33,2 – 36,1	31,7 – 36,6		DN 62	75	
		85.1	11 – 13,9	8,9 – 15,4	DN 310	DN 50	120	
		85.2	21,1 – 23,4	19,1 – 25,6		DN 50	120	
		85.3	31,4 – 36,5	29,3 – 37,3		DN 50	160	
		86.1	13,0 – 15,9	11,5 – 17,2	DN 270	DN 50	80	
		86.2	22,8 – 26,4	21,2 – 27,7		DN 50	95	
		86.3	33,3 – 36,2	31,7 – 36,7		DN 50	75	
<i>enger Abstrombereich</i>	AE 1.1	= 80b	5 – 15	4 – 16,5	DN 250	DN 125	240	
	AE 1.2	= 80a	15 – 25	14 – 26,5	DN 250	DN 125	240	
	AE 1.3		29 – 35	28 – 36	DN 200	DN 65	80	
	AE 5.1		5 – 10	4 – 11,5	DN 300	DN 65	130	
	AE 5.2		17 – 20	16 – 21,5		DN 65	100	
	AE 5.3		28 – 34	27 – 35		DN 65	155	
<i>weiter Abstrombereich</i>	AW 1.1		5 – 10	4 – 11,5	DN 300	DN 65	130	
	AW 1.2		17 – 20	16 – 21,5		DN 65	100	
	AW 1.3		28 – 34	27 – 35		DN 65	155	
	AW 4.1		5 – 9	4 – 10,5	DN 300	DN 65	115	
	AW 4.2		16 – 19	15 – 20,5		DN 65	100	
	AW 4.3		27 – 34	26 – 35		DN 65	175	
		9b		4 – 8	3 – 9,5	DN 200	DN 50	55
		10b		5 – 9	4 – 10,5	DN 200	DN 50	55
		81a		15 – 25	14 – 26,5	DN 250	DN 125	240
		81b		5 – 15	4 – 16,5	DN 250	DN 125	240
		209		33 – 35	32 – 36,5	DN 250	DN 125	70
		213		23 – 26	22 – 27,5	DN 250	DN 125	90
		218		9 – 13	8 – 14,5	DN 250	DN 125	110
<i>Kontrollbereich</i>	K 2.1	=60	8 – 10	7 – 11,5	DN 200	DN 50	40	
	K 2.2		16 – 20	15 – 21,5	DN 200	DN 65	60	
	K 2.3	=229	28 – 35	27 – 36,5	DN 250	DN 125	175	
		1		2 – 5	1 – 6,5	DN 250	DN 100	80
		2		2 – 5	1 – 6,5	DN 250	DN 100	80
		55		4 – 6	3 – 7,5	DN 250	DN 50	60



Weitere Meßstellengruppen/Brunnen, die nicht im Zusammenhang mit dem Basismeßnetz oder erweiterten Meßnetz genannt wurden, sind lediglich für Grundwasserstandsmessungen und nicht für Grundwasserprobenahmen vorgesehen. Dies betrifft im Altlastbereich die Brunnengruppen AL4-AL6 sowie im Anstrombereich den Brunnen 204.

Weitere Meßstellengruppen/Brunnen, die nicht im Zusammenhang mit dem Basismeßnetz oder erweiterten Meßnetz genannt wurden, sind lediglich für Grundwasserstandsmessungen und nicht für Grundwasserprobenahmen vorgesehen. Dies betrifft im Altlastbereich die Brunnengruppen AL4-AL6 sowie im Anstrombereich den Brunnen 204.

Für die Neuerrichtung von Brunnen bzw. Meßstellengruppen ist folgendes zu beachten:

- **Brunnendurchmesser:** Unter den vorliegenden Untergrundverhältnissen sind die für die Probenahme zu entnehmenden Wassermengen bzw. Mindestaustauschvolumina auf ein Minimum zu begrenzen und daher kleine Brunnendurchmesser zu wählen. Unter dem Gesichtspunkt, daß der Einbau gängiger Probenahmegeräte und Datensammler uneingeschränkt möglich sein muß, ist ein Brunnendurchmesser von DN 65 am besten geeignet.
- **Filterlängen:** Die Filterlängen sollten in Oberflächennähe ca. 5 m und in den tieferen Bereichen ca. 5 m bis maximal 10 m betragen. Kürzere Filterstrecken sind aufgrund der Heterogenität des geklüfteten Gesteins nicht sinnvoll. Größere Filterstrecken verbieten sich aufgrund der engständigen hydrochemischen Zonierung im Grundwasser.
- **Materialien:** Für die Grundwasserüberwachung außerhalb der Dichtwand ist die Verwendung von Hart-PVC-Rohren entsprechend der Mehrzahl der vorhandenen Meßstellen ausreichend. Aufgrund der größeren chemischen Beständigkeit von HDPE gegenüber dem Angriff von organischen Lösemitteln wird für die Errichtung von Meßstellen im Altlastbereich ein Ausbau mit HDPE vorgeschlagen. Die Materialien müssen vor dem Einbau gereinigt bzw. fabrikgereinigt angeliefert und sorgfältig eingebaut werden. Mögliche anhaftende Kontaminationen insbesondere durch organische Substanzen sind zu vermeiden. Dies gilt auch für Bohrarbeiten, die mit entsprechender Sorgfalt durchgeführt werden müssen. Die Bohrungen müssen ohne Spülungszusätze durchgeführt werden.
- **Ausbau:** Die Mehrfachmeßstellen können in einem Bohrloch mit bis zu drei, in unterschiedlich Tiefen verfilterten Brunnenrohren errichtet werden. Für 3-fach-Meßstellen DN 65 ist ein Bohrdurchmesser von ca. 300 mm erforderlich, für einen 2-fachen und 1-fachen Ausbau genügen ca. 250 mm bzw. 200 mm. Mindestens 3 m, besser 5 m mächtige, sorgfältig eingebrachte Tonsperren (Quellon HD) sind zur Abtrennung der benachbarter Filterstrecken und zur Ringraumabdichtung erforderlich. Der Ausbau sollte jeweils mit 1 m Sumpfrohr ausgeführt werden. Die Filterrohrstrecken sollten jeweils mit ca. 1 m Filterkies über- und unterschüttet werden. Für eine 3-fach Meßstelle im Abstrombereich sind Filter(rohr)tiefen von ca. 5-10 m, ca. 17-20 m und ca. 28-34 m angemessen. Innerhalb der Dichtwand genügen 2-fach-Meßstellen mit Filter(rohr)tiefen von ca. 5-8 m und ca. 24-27 m.

6.5 Parameterumfang und Meßzyklen

Das chemisch-analytische Untersuchungsprogramm wird auf der Grundlage der Ergebnisse der bisherigen Grundwasserüberwachung und des stoffspezifischen Transportverhaltens am Standort sowie des Schadstoffpotentials der Deponie (Nlfb 1996) festgelegt. Daraus ergibt sich ein zeitlich und räumlich abgestuftes Untersuchungsprogramm (Tab. 6.3) mit unterschiedlichem Parameterumfang (Tab. 6.4), das insbesondere das stoffgruppenspezifische Ausbreitungsverhalten widerspiegelt. Zur Überprüfung der Wirksamkeit der Sicherungsmaßnahmen und zur Früherkennung von Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit liefert die häufigere Untersuchung von wenigen Leitparametern gegenüber einem größeren Parameterumfang und zeitlich größeren Abständen die aussagekräftigeren Ergebnisse.

Tab. 6.3: Chemisch-analytisches Untersuchungsprogramm

Zone	Untersuchungshäufigkeit		
	<i>2mal jährlich</i> Basismeßnetz	<i>1mal jährlich</i> Basismeßnetz	<i>alle 5 Jahre</i> Basismeßnetz und erweitertes Meßnetz
Astrombereich		Grundmeßprogramm	Grundmeßprogramm Erweitertes Meßprogramm 1 (ohne LCKW, Alkylsulfide)
Altlastbereich	Grundmeßprogramm	Grundmeßprogramm Erweitertes Meßprogramm 1	Grundmeßprogramm Erweitertes Meßprogramm 1+2
enger Astrombereich	Grundmeßprogramm	Grundmeßprogramm Erweitertes Meßprogramm 1	Grundmeßprogramm Erweitertes Meßprogramm 1 (In Abhängigkeit von der Entwicklung im Altlastbereich zusätzlich Erweitertes Meß- programm 2)
weiter Abstrombereich		Grundmeßprogramm Erweitertes Meßprogramm 1	Grundmeßprogramm Erweitertes Meßprogramm 1
Kontrollbereich		Grundmeßprogramm	Grundmeßprogramm (In Anhängigkeit von der Entwicklung im weiten Ab- strom zusätzlich Erweitertes Meßprogramm 1)

Für den Altlastbereich und engeren Abstrombereich als die sensibelsten Überwachungsbereiche, in denen Veränderungen der Situation kurzfristig auftreten können, wird eine halbjährliche Überwachung empfohlen. Das durchzuführende Grundmeßprogramm beinhaltet mit den anorganischen Hauptkomponenten die konservativen Leitparameter, die sich ungehindert ausbreiten und am schnellsten eine Entwicklungen beim Stoffaustrag anzeigen. Die Summenparameter TOC und AOX sollen darüberhinaus Hinweise auf mögliche organische Kontaminationen geben.

Tab. 6.4: Parameterumfang

Grundmeßprogramm	Na, K, Ca, Mg, NH ₄ , Fe, Mn Cl, SO ₄ , HCO ₃ , NO ₃ (Leitparameter: SO ₄ , Cl) TOC, AOX (uneingeschränkt nur bei Cl < 1000mg/l) Vor-Ort-Parameter: pH, Leitfähigkeit, O ₂ , Säurekapazität, Geruch, Aussehen, Trübung, Ausgasung
Erweitertes Meßprogramm 1	Mobile organische Stoffgruppen/Einzelstoffe (Leitparameter in Klammern): BTEX (Toluol) Phenol LCKW (Dichlormethan) Alkylsulfide (Dimethyldisulfid)
Erweitertes Meßprogramm 2	Organische Stoffgruppen geringer Mobilität (Leitparameter in Klammern): Chlorphenole (4-Chlorphenol) PAK (Naphthalin) Chlorbenzole (Chlorbenzol, Hexachlorbenzol)

In einem jährlichen Rhythmus soll dieses Grundmeßprogramm in allen Überwachungszonen zur Kontrolle der Gesamtsituation angewendet werden. Im Altlast- und engen Abstrombereich sollte das Grundprogramm durch ein zusätzliches erweitertes Meßprogramm mit mobileren, organischen Stoffgruppen bzw. Leitparametern ergänzt werden, um auch die Entwicklung der organischen Schadstoffausbreitung in diesen Bereichen frühzeitig zu erkennen.

Aufgrund der geringen zu erwartenden Transportgeschwindigkeiten insbesondere der organischen Komponenten wird ein umfassendes Untersuchungsprogramm mit einer größeren räumlichen Informationsdichte in einem zeitlichen Abstand von 5 Jahren als ausreichend angesehen. Hierzu wird neben dem Basismeßnetz auch das erweiterte Meßnetz einbezogen.

Die Probenahmen sollten in jedem Jahr ungefähr zur gleichen Zeit stattfinden um jahreszeitlich unterschiedliche Probenahmebedingungen zu vermeiden.



Geeignete Zeitpunkte sind jeweils der Beginn und Ende eines hydrologischen Halbjahres, entsprechend Ende März/Anfang April bzw. Ende September/Anfang Oktober. Diese Termine fallen mit den Zeiten der maximalen bzw. minimalen Grundwasserstände zu Beginn und zum Ende der Vegetationsperiode zusammen. Die Probenahmetermine könnten dann auch für die halbjährlich durchzuführenden Grundwasserstandsmessungen genutzt werden.

Die zonare parameterspezifische Abstufung begründet sich auf dem räumlich-zeitlichen Ausbreitungsverhalten der deponierelevanten Stoffgruppen. Die ausgewiesenen Leitparameter innerhalb der jeweiligen Stoffgruppen sind auf der Grundlage der bisherigen Nachweishäufigkeit ausgewählt worden.

Gut wasserlösliche, mobile organische Stoffe aus den Gruppen der Alkohole, Ester, Ether, Aldehyde, Ketone und Carbonsäuren sowie Phthalate werden absehen von der Erfassung durch TOC nicht im Untersuchungskonzept berücksichtigt. Diese Verbindungen stellen wahrscheinlich einen wesentlichen Anteil am Stoffinventar der Altlast, werden aber hinsichtlich ihrer geringen toxikologischen Relevanz und guten Abbaubarkeit sowie schwieriger chemisch-analytischer Bestimmung nicht in die Parameterliste aufgenommen. Ebenso fehlen die Schwermetalle, die unter den Bedingungen des Standortes nahezu immobil sind (stabile, schwerlösliche Verbindungen; Sorption an Tonmineralen).

Der Parameter AOX kann nur in Bereichen mit Chloridgehalten < 1000 mg/l (Störung) sinnvoll angewandt werden. Darüberhinaus ist bei der Bestimmung die Adsorption durch das Säulenverfahren zu bevorzugen, um Matrixeffekte durch standorttypischen Tonminerale zu minimieren.

6.6 *Verfahrensgrundsätze zur Durchführung des Grundwassermonitorings*

6.6.1 *Grundwasserprobenahme*

Zur Gewinnung von repräsentativen, dem hydrochemischen Milieu des zu untersuchenden Grundwasserabschnittes entsprechenden Proben bedarf es gezielter Anforderungen an die Probenahmetechnik und -behandlung, die auf die Standortsituation und die zu untersuchenden Parameter abgestimmt sein müssen. Generelle Handlungsanweisungen können folgenden Richtlinien entnommen werden:

- LAWA (1993): Grundwasser-Richtlinie für die Beobachtung und Auswertung, Teil 3: Grundwasserbeschaffenheit

- LAWA (1996): AQS-Merkblatt für die Qualitätssicherung bei Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen, P8/2: Probenahme von Grundwasser
- DVWK-Regel 128/1992: Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben

Aufgrund der standortspezifischen Gegebenheiten sind die folgenden Gesichtspunkte besonders zu beachten.

- Die geringe Durchlässigkeit, die geringen Speicherkoeffizienten und die in den Klüften sehr geringen durchflußwirksamen Porositäten bewirken, daß die Entnahmen großer Wassermengen vor der Probenahme zu großen und über viele Stunden anhaltenden Absenkungen führen, deren Auswirkungen in einem Radius in der Größenordnung von Zehnermetern bis zu 100 m spürbar sein können. Stark erhöhte Gradienten führen zu großen Fließgeschwindigkeiten, die eine lokal beschleunigte Ausbreitung der Kontaminationsfahne (insbesondere in unmittelbarer Nähe der Altlast) und eine Verfälschung des Befundes an dieser Stelle bewirken können.
- Daher ist es von Vorteil, einen möglichst kleinen Ausbaudurchmesser (hier vorgeschlagen DN 65) und kurze Filterstrecken zu wählen, um das vor der Probenahme auszutauschende Brunnenvolumen zu minimieren.
- Es sollte nicht ein mehrfaches des gesamten Brunnenvolumens ausgetauscht werden. Die vor der Probenahme mindestens auszutauschende Wassermenge ist anhand des Porenvolumens der Filterkiesschüttung und des Volumens der Filterrohrstrecke zu bemessen. Das ca. 1,5-fache dieses Mindestaustauschvolumens (s. Tab. 6.1 und 6.2) ist eine angemessene Größenordnung für die abzupumpende Wassermenge. Eine ausreichender Wasseraustausch im Bereich des Brunnenfilters ist dadurch gewährleistet.
- Die Probenahme muß in diesem Fall aus dem Filterbereich des Brunnens erfolgen. Die Fördermenge muß während der eigentlichen Probenahme deutlich gegenüber dem Vorpumpen reduziert werden. Der Wasserstand im Brunnen sollte während der eigentlichen Probenahme nicht fallen, sondern tendenziell ansteigen. Um sicher zu gehen, kann die Pumpe vor der Probenahme kurz abgestellt werden.
- Um gleichbleibende Probenahmebedingungen zu gewährleisten, sollte für jeden Brunnen das individuelle Austauschvolumen, die Einbautiefe der Pumpe und die geeignete Förderrate und -dauer ermittelt und künftig mittels brunnenpezifischer Probenahmeanweisungen vorgegeben werden. Das Kriterium der Leitfähigkeitskonstanz vor der Probenahme sollte dann nicht mehr angewendet werden. Ggf. könnte die Vorgehensweise bei der Probenahme und die Frage der Repräsentanz der Probe anhand von einigen exemplarisch durchgeführten Gütepumpversuchen und Qualitätsbeprobungen überprüft werden.
- Die maximale Absenkung im Brunnen sollte 5 m nicht überschreiten, und es soll nicht bis in den Filterbereich abgesenkt werden. Die spezifische Ergiebigkeit der Brunnen im Bereich der Altlast liegt bei ca. $0,7 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. Daraus resultiert für das Vorpumpen eine der Ergiebigkeit angepaßte Förderrate von ca. 6 l/min. Die Förderrate während der eigentlichen Probenahme sollte etwa 1/10 dieses Wertes betragen. In den meisten Fällen (kleiner Ausbaudurchmesser und kurze Filterstrecken vorausgesetzt) kann bei den erforderlichen Austauschmengen in der Größenordnung von 50-250 l, die Förderdauer auf einen Zeitraum von ca. 0,5 Stunden begrenzt werden.



Weiterhin sind Vorkehrungen zu treffen, daß die Gefahr von Verschleppungen von Kontaminationen zwischen den Brunnen so weit wie möglich unterbunden wird. Dies betrifft in erster Linie die Probenahme für die Analyse von organischen Spurenstoffen im Altlastbereich und im engeren Abstrombereich:

- Sorgfältige Reinigung der Pumpen- und Probenahmegeräte vor jeder Probenahme.
- Es ist dafür zu sorgen, daß für die Beprobung des Altlastbereiches innerhalb der Dichtwand zusätzliche Gerätschaften vorhanden sind, die nicht außerhalb dieses Bereiches eingesetzt werden dürfen.
- Beprobung in der Reihenfolge zunehmender Belastung.
- Probenahme und Befüllung der Probengefäße sollte nicht von der gleichen Person wahrgenommen werden, die mit der Reinigung, dem Ein-/Ausbau der Pumpen und dem Betrieb des Stromgenerators etc. zu tun hat.
- Abpumpen und Probenahme für die Untersuchung auf organische Spurenstoffe sollte in kontaminierten Bereichen mit getrennten Pumpen erfolgen. Die komplizierte inwendige Reinigungsprozedur für eine Tauchmotorpumpe kann dadurch umgangen werden, daß diese Pumpe nur zum Vorpumpen benutzt wird. Für die eigentliche Probenahme werden andere, leicht zu reinigende Pumpen und Gerätschaften eingesetzt.
- Es ist gleichermaßen denkbar, in kontaminierten Bereichen eine kombinierte Pump- Schöpfprobenahme (Pumpe zum Vorpumpen, Schöpfer für die Probenahme) durchzuführen. Es ist dabei Schöpfgeräten den Verzug zu geben, die gezielt in der entsprechende Tiefe zu öffnen sind und bei denen eine Belüftung der Probe nicht erfolgt.

Die Modalitäten der Probenahme, die verwendeten Gerätschaften, die Reinigungsprozeduren, die Probenbehandlung und -konservierung, die Besonderheiten der Probenahme für die Bestimmung flüchtiger organischer Verbindung, die Maßnahmen der Qualitätssicherung etc. sind vorab im Detail mit den Beteiligten zu klären und festzulegen.

Aus Gründen der Kontrollierbarkeit, Nachvollziehbarkeit und Bewertbarkeit der Ergebnisse ist eine sorgfältige, vollständige und einheitliche Dokumentation der Probenahmebedingungen erforderlich. Hierzu gehören:

- Probennehmende Stelle, Probenehmer, Labor
- Meßstellenbezeichnung
- Probenahmedatum
- Probenahmeart, Probenahmegeräte, Entnahmetiefe
- Abpumpvolumen, -volumenstrom, -dauer
- (Ruhe-)Wasserspiegel, Absenkung
- Organoleptische Angaben (Aussehen, Geruch, Trübung, Ausgasung)
- Vor-Ort-Parameter (Leitfähigkeit, pH, O₂, Säurekapazität)
- Angaben zur Probenvorbehandlung und -konservierung



6.6.2 Probenbehandlung und Analytik

Probenbehandlung

Um die Veränderungen bestimmter Stoffkonzentrationen in den entnommenen Grundwasserproben zu weit wie möglich zu minimieren, müssen parameterspezifisch sowie generell die entsprechenden Richtlinien und Maßnahmen hinsichtlich Probengefäße, Probenabfüllung, Vorbehandlung, Konservierung, Transport und Lagerung beachtet werden (DVWK-Regel 128/1992, DIN EN ISO 5667-3). Hierzu ist eine enge Abstimmung mit dem Labor erforderlich.

Analyseverfahren und Analytische Qualitätssicherung

Aus Gründen der Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse ist es erforderlich, die einheitlichen Analyseverfahren entsprechend den DIN- bzw. DEV-Vorschriften anzuwenden. Bei Parametern, für die keine genormten Verfahren vorliegen, sind Verfahren anzuwenden, die sich in der Grundwasseranalytik bewährt haben. In Abstimmung mit dem Labor ist die Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit des Verfahrens zu gewährleisten. Bei der Durchführung der Analytik sind die entsprechenden Regeln und Maßnahmen zur analytischen Qualitätssicherung zugrunde zu legen. Hierzu wird auf die internen und externen Qualitätssicherungsmaßnahmen nach der GOOD LABORATORY PRACTICE (GLP; DIN 55350 TEIL 11/DIN 58936 TEIL 1) sowie auf die LAWA-GRUNDWASSERRICHTLINIE 3/93 verwiesen.

Es ist insbesondere wichtig, daß die Analysenergebnisse einer fachlichen Prüfung auf Plausibilität unterzogen werden. Bei auffälligen, nicht plausiblen Einzelwerten oder Proben ist eine nochmalige Probenahme und Analyse erforderlich. Zur Durchführung der Plausibilitätsprüfung wird in einzelnen auf die DVWK-REGEL 128/1992 und LAWA-GRUNDWASSERRICHTLINIE 3/1993 hingewiesen. Insbesondere sind Einzelwertüberprüfungen vor dem Hintergrund der wahrscheinlichen und standortspezifischen Konzentrationsspannen sowie Analysenprüfungen zwischen bestimmten Parameter (Ionenbilanz etc.) erforderlich.

6.6.3 Hydraulische Überwachung

Die regelmäßige Messung der Grundwasserstände mit flächenhaften und zeitlichen Auswertungen der hydraulischen Situation innerhalb und im Umfeld der Altlast Münchehagen haben folgende Zielsetzungen:

- Erfassung und Bewertung der Auswirkungen der Sicherungsmaßnahmen auf die Grundwasserstände und die Grundwasserströmungsverhältnisse im Umfeld der Altlast und Vergleich mit den anhand der Grundwassermodellierung

berechneten Auswirkungen. Erstellung von Grundwassergleichenplänen und Ermittlung der Fließrichtung und der Gradienten insbesondere im Grundwasserabstrom der Altlast.

- Erfassung des unbeeinflussten Grundwassergangs, um die saisonalen und mehrjährigen natürlichen Trends von den hydraulischen Auswirkungen der Sicherungsmaßnahmen unterscheiden zu können.
- Erfassung der Wasserstände innerhalb der Umschließung zur Ermittlung der hydraulischen Gradienten, die sich entlang der Dichtwand zwischen den äußeren und inneren Wasserständen entwickeln. Beurteilung der Wirksamkeit der Sicherungselemente.
- Ermittlung der hydraulischen Anbindung der IIs an den Grundwasserleiter, Überprüfung der Vorflutfunktion und Klärung der Frage, ob der Grundwasserabstrom der Altlast Münchehagen vollständig im Vorfluter austritt oder ob eine teilweise Unterströmung zu vermuten ist.

Die hydraulische Überwachung sollte als Kombination aus einer kontinuierlichen Datenerfassung (mit Datensammlern) in wenigen ausgewählten Meßstellen und aus Stichtagsmessungen (manuelle Messungen mit Kabellichtloten) durchgeführt werden. Für die Stichtagsmessungen ist ein halbjährlicher Turnus im Zusammenhang mit den Grundwasserprobenahmen sinnvoll. Als Meßtermine kommen insbesondere der Beginn und das Ende Vegetationsperiode mit den Grundwasserhöchst- und Tiefstständen in Frage. Ergänzend zu den Meßstellen des Basis- und des erweiterten Meßnetzes sollten mindestens einmal im Jahr die weiteren Brunnen (mit Ausnahme der als ungeeignet gekennzeichneten Brunnen) auch außerhalb des Geländes in die Messungen einbezogen werden.

Eine kontinuierliche Aufzeichnung ist vorrangig auf die Zeit vor und nach der Errichtung der Sicherungsbauwerke auszurichten, währenddessen größere und rasch wechselnde Veränderung der hydraulischen Verhältnisse zu erwarten sind. Dies trifft insbesondere für die nordöstliche (Anstrom) und südwestliche (Abstrom) Ecke des Altlastbereiches zu, wo in den jeweils gegenüberliegenden Meßstellen zu beiden Seiten der Dichtwand (Brunnen 204, AL5, AL2, AE3, s. Anlage 3) eine kontinuierliche Erfassung der Wasserstände auch in Abhängigkeit von der Tiefe erfolgen sollte. Die Messungen sollten mit einem ausreichend großen zeitlicher Vorlauf (1 Jahr) vor der Umsetzung der Sicherungsmaßnahmen beginnen. Die kontinuierliche Erfassung kann nach einiger Zeit entfallen, wenn sich die Situation stabilisiert hat und unvorgesehene Veränderungen nicht mehr zu erwarten sind.

Im Bereich des Vorfluters sollten ebenfalls über einen Zeitraum von 1-2 Jahren kontinuierliche Messungen des Grundwasserstandes in unterschiedlichen Tiefen zu beiden Seiten der IIs (Meßstellengruppen K1 und K2) durchgeführt und den Wasserständen der IIs gegenübergestellt werden.

6.6.4 Dokumentation, Auswertung, Darstellung und Bewertung der Ergebnisse

Die halbjährlich bzw. jährlich zu ermittelnden Wasserstandsdaten dienen der Erstellung von Grundwassergleichenkarten, aus denen die Grundwasserfließrichtung und das Grundwassergefälle abgeleitet werden kann. Insbesondere können hiermit die durch den Bau der seitlichen Umschließung stattfindenden hydraulischen Veränderungen im Nahbereich der Deponie dokumentiert werden.

Die Ergebnisse chemisch-analytischen Überwachung sind einschließlich der Probenahmedaten in einheitlicher, übersichtlicher und EDV-gerechter Form zu dokumentieren. Auf der Grundlage des halbjährlichen bzw. jährlichen Meßprogrammes ist eine kurze Darstellung, Plausibilitätsprüfung und einfache Auswertung der Daten vorgesehen. Nach einem Zeitraum von jeweils 5 Jahren ist im Zusammenhang mit der erweiterten Überwachung eine umfassende Auswertung und Darstellung der Standortsituation nach folgenden Gesichtspunkten durchzuführen:

- Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der vorangegangenen 5 Jahre. Bewertung der Stoffausträge vor dem geogenen Hintergrund und den bisherigen Ergebnissen (Differenzdarstellung der Leitfähigkeit, Anionen- und Kationenverhältnis; Ionenverhältnisse nach Piper)
- Beziehungen zwischen einzelnen Parametern, Parametergruppen und Proben
- Statistische Auswertungen, Variabilität, Korrelationen, Zeitreihen, Bewertung der Repräsentativität.
- Beschreibung der räumlichen (laterale und vertikale) Zusammenhänge anhand aussagekräftiger Parameter, flächenhafte Darstellung (Regionalisierung) der Ergebnisse
- Darstellung der zeitlichen Veränderungen des Stoffausbreitung.
- Ggf. Überprüfung und Bewertung mit Hilfe von quantitativen Stofftransport- und Mobilitätsbetrachtungen
- Bewertung der Wirksamkeit der Sicherungsmaßnahmen

Liefern die Ergebnisse der im jährlichen bzw. halbjährlichen Turnus durchgeführten Probenahmen Ergebnisse, die darauf hinweisen, daß

- die Unterströmung der Dichtwand bzw. der Stoffaustrag aus der Umschließung zeitlich und mengenmäßig in einem weit stärkeren Maße als angenommen erfolgt,
- die Ausbreitung organischer Substanzen (bezogen auf die Indikatorsubstanzen Phenol, Toluol, Xylol und Dichlormethan) bis in den mittleren Abstrombereich und mit deutlichen Konzentrationen und anhaltendem Trend in Richtung auf den Kontrollbereich stattfindet und
- altlasttypische anorganische Stoffe im Kontrollbereich mit deutlichen erhöhten Konzentrationen und anhaltendem Trend nachweisbar sind,



sollte zunächst eine Probenahme mit erweitertem Umfang entsprechend dem 5-jährigen Turnus durchgeführt werden. Erst auf Grundlage einer differenzierten Auswertung ist eine Überprüfung des Grundwasserüberwachungskonzeptes, die Bewertung der Wirksamkeit der Sicherungsmaßnahmen sowie die Beurteilung des Erfordernisses weitergehender Maßnahmen vorzunehmen.

BÜRO GEOWISSENSCHAFTEN & UMWELT

Bad Nenndorf, 17.7.98

(J. Maier, Dipl.-Geol.)

(Dr. H. Wilken, Dipl.-Chem.)

7 Literatur

- GEO-INFOMETRIC (1997): 1. Testfeld seitliche Umschließung: Dokumentation und Auswertung hydraulischer Tests, Absenkversuche in den Testfeld-Meßstellen zur Prüfung der Systemdurchlässigkeit der Dichtwandvarianten (Mai 1997). 2. Ergänzende hydraulische Berechnungen zur Entwurfs- und Genehmigungsplanung der seitlichen Umschließung und Oberflächenabdichtung: Relative Grundwasserspiegeländerungen durch die Dichtwand (Dez. 1997). Unveröff., Hildesheim. (Auftraggeber: STAWA Sulingen).
- HINDEL, R. & FLEIGE, H. (1991): Schwermetalle in Böden der Bundesrepublik Deutschland – geogene und anthropogene Anteile. Texte 10/91, Umweltbundesamt, Berlin.
- IBE (1993): Ingenieurbüro für Verfahrenstechnik Dr. Born & Dr. Ermel GmbH: SAD Münchehagen – Dokumentation der bestehenden Grundwasserüberwachungsmaßnahmen im Rahmen der "Deponieüberwachung Wasser". unveröff., Achim-Baden.
- IBE (1998): Ingenieurbüro für Verfahrenstechnik Dr. Born & Dr. Ermel GmbH: Sicherung der Altlast Münchehagen – Entwurf. unveröff., Achim-Baden. (Auftraggeber: Bezirksregierung Hannover).
- KENAGA, E. E. & GÖRING, C. A. I. (1980): Relationship between water solubility, soil sorption, octanol-water partitioning and concentration of chemicals in biota. In: Eaton, J. G., Parrish, P. R. & Hendricks, A. C. (Hrsg.): Aquatic toxicology. ASTM Spec. Techn. Publ., 707:78-115. Philadelphia, PA, USA.
- MAIER, J. & DÖRHÖFER, G. (1995): Feld- und Laboruntersuchungen zum Stofftransport in grundwasserführenden, geklüfteten Tongesteinen. Abschlußbericht im Rahmen des BMFT-Forschungsverbundvorhabens "Methoden zur Erkundung und Beschreibung des Untergrundes von Deponien und Altlasten", unveröff., Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover.
- MATTIAT, B. & BERNHARD, J. (1994): Modelluntersuchungen zur Wirkung organischer und metallorganischer Schadstoffe auf das Mikrogefüge und die Rückhaltungswirkung von Tonsteinen. Abschlußbericht im Rahmen des BMFT-Forschungsverbundvorhabens "Methoden zur Erkundung und Beschreibung des Untergrundes von Deponien und Altlasten", unveröff., Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover.
- NLFb (1996): Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (Hrsg.). Überwachung von Grundwasserkontaminationen im Nahbereich von Deponien und Altlasten - ehemalige Sonderabfalldeponie Münchehagen-. Arbeitshefte Deponien, Heft 1/1996, Hannover.
- PANGEO (1996): PanGeo-Geowissenschaftliches Büro. Altlast Münchehagen Risikoabschätzung, Phase 2 der Risikoabschätzung. unveröff., Hannover. (Auftraggeber: STAWA Sulingen).
- PANGEO/IFUA. (1997): PanGeo-Geowissenschaftliches Büro/Institut für Umweltanalyse. Altlast Münchehagen – Erwiderung auf die gemeinsame Stellungnahme von NLO und NLFb von Februar 1997 zur Risikoabschätzung Altlast Münchehagen. Hannover/Bielefeld.
- PGC (1990): Dr. Pielas & Dr. Gronemeier Consulting GmbH. Hydrogeologische Erkundung zur Sicherung der SAD Münchehagen. Ergebnisbericht, unveröff., Kiel. (Gutachten im Auftrag des Lk Nienburg/Weser).



ROWE, R. K., BOOKER, J. R. & FRASER, M. J. (1994): POLLUTE (Version 6) and POLLUTE-GUI (Graphical User Interface). Im Vertrieb der GAEA ENVIRONMENTAL ENGINEERING Ltd., Windsor, Ontario, Canada.

WEHNER, H. (1982): Die organische Geochemie der dunklen Tonsteine des nordwestdeutschen Ober-Apt und Unter-Alb. Geol. J., A65, S. 139-146, Hannover.



B.

**Konzept Oberflächenwasser-
und Deponiegasmonitoring**



Inhaltsverzeichnis

Seite

B.	Konzept Oberflächenwasser- und Deponiegasmonitoring.....	1
1.	Oberflächenwassermonitoring.....	1
1.1.	Zielsetzung	1
1.2.	Darstellung der vorhandenen Fließ- und Ableitungswege.....	1
1.2.1.	Graben 1 – 7	1
1.2.2.	Kontrolldränage Oberflächenabdichtung/-abdeckung	2
1.2.3.	Graben Nord/Ost.....	4
1.2.4.	Erschließungsbereich.....	4
1.2.5.	Fahrzeugwaschanlage	4
1.2.6.	Lusekamp	5
1.3.	Vorhandene Regelungen zur Überwachung des Oberflächenwassers	5
1.3.1.	Allgemeine Regelungen	5
1.3.2.	Vorhandene Genehmigungen	6
1.3.3.	Bestehender Deponieüberwachungsplan.....	7
1.4.	Auswertung vorliegender Analysedaten zur Niederschlagswasserbewirtschaftung	8
1.5.	Umfang der Beprobung und Analytik des Oberflächenwassers nach Abschluß der Sicherungsmaßnahmen	10
1.5.1.	Probenahme.....	10
1.5.2.	Analytik.....	12
1.6.	Mengenerfassung Niederschlags- und Oberflächenwasser	14
1.7.	Probenahme und Analytik Sedimente nach Abschluß der Sicherungsmaßnahmen	15
1.8.	Auswertung der Oberflächenwasserüberwachung.....	18
2.	Deponiegasmonitoring	19
2.1.	Zielsetzung	19
2.2.	Darstellung der vorhandenen Deponiegaserfassungssysteme	19
2.3.	Vorhandene Regelungen zur Überwachung der Gasemissionen.....	21
2.3.1.	Allgemeine Regelungen	21



	Seite
2.4. Umfang der Beprobung und Analytik des Deponiegases nach Abschluß der Sicherungsmaßnahmen	22
2.4.1. Funktionskontrolle der Gasdränschicht	22
2.4.2. Überwachung der Deponiegaszusammensetzung	22
2.5. Auswertung der Deponiegasüberwachung	24
3. Setzungsmessungen.....	25
4. Literatur	26

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 1 Lageplan Sedimentprobenahmepunkte.....	17
Abb. 2 Lageplan Deponiegaserfassungssystem.....	20

Tabellenverzeichnis	Seite
Tab. 1 Überwachungswerte der genehmigten Niederschlagswassereinleitung.....	7
Tab. 2 Probenahmeprogramm Oberflächenwasser.....	11
Tab. 3 Parameterumfang der Oberflächenwasseruntersuchungen	13
Tab. 4 Probenahmepunkte Sedimente	15

Anlagenverzeichnis

Anlage 6 - Zeichnungen

<u>Zeichnung-Nr.</u>	<u>Bezeichnung</u>	<u>Maßstab</u>
512.041-3-01	Lageplan Oberflächenwassererfassungssystem	1 : 1.000
512.041-3-02	Detallageplan Oberflächenwassererfassungssystem und Setzungspiegel	1 : 500



B. Konzept Oberflächenwasser- und Deponiegasmonitoring

1. Oberflächenwassermonitoring

1.1. Zielsetzung

Die vorgesehenen Sicherungsmaßnahmen dienen dazu, daß die Qualität des von der Altlast Münchehagen abfließenden Niederschlagswassers in den lokalen Vorfluter, die Ils, nicht beeinträchtigt wird. Ziel der Überwachung muß es daher sein, die von der Altlast über die Gräben Nord und Ost in die Ils abfließenden Niederschlagswasser hinsichtlich ihrer Qualität zu überprüfen.

1.2. Darstellung der vorhandenen Fließ- und Ableitungswege

Nach Abschluß der Sicherungsmaßnahmen bestehen folgende Erfassungssysteme/-bereiche für Niederschlagswasser [8]:

- Graben 1 – 7 (Oberflächenabdichtung/-abdeckung)
- Kontrolldränage (Oberflächenabdichtung/-abdeckung)
- Graben Nord/Ost (außerhalb Oberflächenabdichtung/-abdeckung)
- Erschließungsbereich Weiß/Schwarz
- Fahrzeugwaschanlage
- Lusekamp

Die jeweiligen Erfassungssysteme werden im Folgenden einzeln erläutert.

1.2.1. Graben 1 – 7

Die Gräben 1 bis 7 verlaufen ringförmig um die Oberflächenabdichtung der GSM-Deponie (Graben 1 – 3 und 7) bzw. nördlich, westlich und südlich um die Oberflächenabdeckung der Altdeponie (Graben 4 – 6) und fassen das oberflächlich auf der Oberflächenabdichtung/-abdeckung abfließende Niederschlagswasser (siehe **Zeichnung Nr. 512.041-3-01**). Darüber hinaus erfassen die Gräben das außerhalb der Oberflächenabdichtung/-abdeckung aber innerhalb und auf der Ringstraße anfallende Niederschlagswasser.



Aus der Dränschicht unterhalb der Schutz- bzw. Rekultivierungsschicht aber oberhalb der Abdeckung bzw. Abdichtung münden zusätzliche Entwässerungsstichleitungen in die Gräben. Diese Stichleitungen entwässern die zugehörige, parallel zu den Gräben 1 – 7 verlaufende, ringförmige Dränleitung. Diese Dränleitung nimmt das Niederschlagswasser auf, welches durch die Rekultivierungsschicht in die oberhalb des Dichtungssystems befindliche Flächenfilter gelangt. Die Dränleitung ist über entsprechende Revisionsschächte R1 bis R8 für eine Beprobung zugänglich.

Die Gräben 1 – 7 sind nicht baulich voneinander getrennt, sondern lediglich unterschiedlich benannte Grabenabschnitte eines ringförmigen Grabensystems. Der Tiefpunkt dieses Grabensystems, zu dem das gesamte Niederschlagswasser abgeleitet wird, liegt in der Südwestecke der Altlast. Hier mündet das Niederschlagswasser in einen Einlaufschacht.

Von diesem Einlaufschacht aus wird das Niederschlagswasser über je eine Rohrleitung zum Niederschlagswasserrückhaltebecken und zum Niederschlagswasserspeicherbecken abgeleitet.

Die Aufgabe beider Becken besteht darin, Abflußspitzen abzupuffern und eine definierte Menge an Niederschlagswasser in die Ils abzuführen.

Die gesamte Niederschlagswasserableitung geschieht im freien Gefälle.

1.2.2. Kontrolldränage Oberflächenabdichtung/-abdeckung

Die Kontrolldränage der Oberflächenabdichtung/-abdeckung befindet sich am Tiefpunkt der Gasdränage, die unterhalb der Oberflächenabdichtung flächig angeordnet wird.

Über diese Dränageleitungen können grundsätzlich folgende Wasserqualitäten erfaßt werden:

- Niederschlagswasser, das durch Fehlstellen die Oberflächenabdichtung bzw. -abdeckung durchdringt und oberhalb des verdichteten Planums abläuft.
- Kondensat aus den horizontalen Gaserfassungsleitungen, das oberhalb des verdichteten Planums abläuft.

Die gesamte für die Altlast zu erwartende Gaskondensatmenge beträgt 0,24 m³/d. Hiervon fällt nur ein Teil (< 0,1 m³/d) im horizontalen Gaserfassungssystem an. Da diese Mengen durch die potentielle Feuchtigkeitsaufnahme des darunter liegenden Planums noch erheblich



reduziert werden, ist nicht zu erwarten, daß Gaskondensat die Kontrolldränagen in nachweisbaren Umfang erreicht.

- Grundwasser, das im Bereich der Dichtwand innerhalb der seitlichen Umschließung aufgestaut wird.

Die gering durchlässigen Dichtwände bewirken auf der Grundwasserabstromseite der Altlast einen Grundwasseraufstau. Jahreszeitlich bedingt ist nicht auszuschließen, daß zeitweise ein Eintritt von Grundwasser in die ringförmige Kontrolldränage stattfindet. Hier kann dieses Grundwasser gezielt erfaßt und abgeführt werden. Eine hydraulische Beanspruchung der Anbindung der Oberflächenabdichtung/-abdeckung an den Dichtwandkopf wird dadurch vermieden.

Die Oberflächenabdichtung/-abdeckung der beiden Altlagerungen sind in 11 Kontrollabschnitte geteilt. Jeder Kontrollabschnitt entwässert in eine Kontrolldränageleitung. Die 11 Kontrolldränageleitungen entwässern in neun Kontrollschächte (K1 – K9) (siehe **Zeichnung Nr. 512.041-3-01**).

Die Schächte K1 – K7 ermöglichen die Kontrolle der 8 Abschnitte der Oberflächenabdichtung der GSM-Deponie (je zwei Kontrolldränagen in K1 und K7, keine Kontrolldränage in K5).

Die Kontrollschächte K8 und K9 ermöglichen die Kontrolle der 3 Abschnitte der Oberflächenabdeckung der Altdeponie (zwei Kontrolldränagen in K9).

Alle Kontrollschächte ermöglichen die separate Beprobung des in den jeweils angeschlossenen Kontrolldränagen anfallenden Wassers. Somit können alle 11 Kontrollabschnitte separat kontrolliert werden.

Alle 9 Kontrollschächte entwässern in eine ringförmig um die Altlast geführte Sammelleitung, über die das ggf. anfallende Wasser in freiem Gefälle zum Kontrollschacht K9 in der Südwestecke der Altlast geführt wird. Bei Wasseranfall wird das Wasser hier abgepumpt und je nach Qualität einer geeigneten Entsorgung zugeführt.

Ein weiterer Kontrollschacht K10 ist weder an die Sammelleitung noch an Kontrolldränage angeschlossen. In diesen Schacht (ehem. PW B) mündet der Drängraben Altdeponie. Dieser Schacht ermöglicht die direkte Kontrolle des Grundwasserstandes in der SW-Ecke der Altdeponie.



1.2.3. Graben Nord/Ost

Die Gräben Nord und Ost erfassen, mit Ausnahme des Erschließungsbereiches, der Fahrzeugwaschanlage und des Lusekamps, den größten Teil des Niederschlagswasser, welches im Bereich der Altlast außerhalb der Ringstraße anfällt.

Graben Nord

Der Graben Nord verläuft von der Nord-Ost-Ecke der GSM-Deponie in Richtung Westen bis zum Lusekamp und entwässert den nördlich der Altlast gelegenen Bereich (siehe **Zeichnung Nr. 512.041-3-01**). An der Ostgrenze des Lusekamps mündet der offene Graben in eine geschlossene Rohrleitung, die den Lusekamp Richtung Westen durchquert. Aus dem Lusekamp findet keine Entwässerung in den Graben Nord statt. Westlich des Lusekamps mündet die Rohrleitung in den Straßenseitengraben der Kreisstraße von Loccum nach Wiedensahl. Dieser führt nach Süden und mündet in die Ils.

Graben Ost

Der Graben Ost verläuft von der Nord-Ost-Ecke der GSM-Deponie in Richtung Süden. Nach Passieren des Waldgebietes südlich der Altlast mündet der Graben an der Südgrenze des Altlastgrundstückes direkt in die Ils (siehe **Zeichnung Nr. 512.041-3-01**). Der Graben entwässert das Gelände östlich und südlich der Altlast.

1.2.4. Erschließungsbereich

Der Erschließungsbereich Weiß wird an die Rohrleitung zum Niederschlagswasserrückhaltebecken angeschlossen. Der Erschließungsbereich Schwarz entwässert zum Niederschlagswasserspeicherbecken. Somit erfolgt eine gemeinsame Ableitung mit dem Niederschlagswasser, welches in den Gräben 1 – 7 erfaßt wird (siehe **Kapitel 1.1.1**).

1.2.5. Fahrzeugwaschanlage

Nach Abschluß der Sicherungsmaßnahmen wird die Fahrzeugwaschanlage vor Ort verbleiben, um ggf. zur Durchführung von Reparaturarbeiten an den Sicherungssystemen oder anderen Tätigkeiten, bei denen eine Verschmutzung der Baufahrzeuge mit kontaminiertem Material nicht ausgeschlossen ist, genutzt werden zu können.



Eine separate Erfassung des dort anfallenden Niederschlagswassers ist möglich. Dies geschieht über den vorhandenen Leichtflüssigkeitsabscheider. Ob eine separate Entsorgung des dort anfallenden Niederschlagswassers erfolgt, ist abhängig von der Qualität des Wasser. Bei möglichen Verunreinigungen werden die erfaßten Wässer fachgerecht entsorgt bzw. in die Speicherbehälter übergepumpt. Andernfalls kann eine Ableitung zum Niederschlagswasserrückhaltebecken durchgeführt werden.

1.2.6. Lusekamp

Die Bodenoberfläche im Lusekamp ist durch das Überpumpen von Deponiewasser in der Betriebszeit der Deponie mit Schadstoffen verunreinigt worden. Daher wird auch zukünftig eine separate Erfassung des dort anfallenden Niederschlagswassers erforderlich sein.

Der Oberflächenabfluß vom Lusekamp in den westlich gelegenen Straßenseitengraben wird durch Aufwallungen verhindert. Südlich und östlich ist ein Abfluß aufgrund der morphologischen Verhältnisse nicht möglich. Daher befinden sich im Lusekamp zwei Pumpen (siehe **Zeichnung Nr. 512.041-3-01**) über die anfallendes Niederschlagswasser in die Speicherbehälter gepumpt werden kann.

1.3. Vorhandene Regelungen zur Überwachung des Oberflächenwassers

1.3.1. Allgemeine Regelungen

TA Abfall

In Teil 1 der zweiten allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall) vom 12.03.1991 [4] sind in Anhang G Regelungen zur Eigenkontrolle von oberirdischen Deponien enthalten. Diese Regelungen sind für die Altlast Münnehagen nicht bindend und werden hier daher nur zum Vergleich herangezogen.

Hinsichtlich der Oberflächenwasserüberwachung wird in der TA Abfall folgendes gefordert:

- Tägliche Erfassung der Oberflächenwassermengen von den abgedeckten Flächen
- Monatliche Analytik der Oberflächenwasserzusammensetzung (bzw. 3-monatlich bei Konstanz der Werte)



Darüber hinaus wird eine jährliche statistische Auswertung der Oberflächenwasserabflußmengen gefordert.

LAGA-Richtlinie Wü/77

Diese Richtlinie [9] gibt Empfehlungen für den Umfang der Überwachung von Grund-, Oberflächen- und Sickerwasser im Bereich von Abfallbeseitigungsanlagen. Für Sonderabfalldeponien sind danach Umfang und Häufigkeit der Analytik in jedem Einzelfall getrennt festzulegen.

Deponieüberwachungsplan Wasser für Deponien in Niedersachsen (Entwurf)

Im Entwurf für einen landesweit anzuwendenden Deponieüberwachungsplan [10] wird eine Überwachung aller oberirdischen Gewässer gefordert, die in der Nähe einer Deponie vorhanden sind. Darüber hinaus wird eine Erfassung der Vorfluterabflußmenge vor und hinter der Einleitung des Deponiewassers sowie die Erfassung der eingeleiteten Deponiewasser- und Betriebsflächenwassermenge gefordert.

Für die durchzuführenden analytischen Untersuchungsprogramme enthält der Entwurf eine entsprechende Tabelle mit einem Regelumfang, der für Deponien mit speziellen Inhaltsstoffen um deponiespezifische Parameter zu erweitern ist.

Anforderungen an Siedlungsabfalldeponien in Niedersachsen - Deponiehandbuch

Das Deponiehandbuch enthält Anforderungen an die Oberflächenwasserüberwachung von Siedlungsabfalldeponien und kann somit nur vergleichsweise herangezogen werden. Der Umfang der Überwachung orientiert sich im wesentlichen an der o. g. LAGA-Richtlinie Wü/77. Hinsichtlich des Kompartimentes Oberflächenwasser enthält das Deponiehandbuch ein grundsätzlich anzuwendendes Untersuchungsprogramm. Die Regeluntersuchung ist zweimal jährlich durchzuführen.

1.3.2. Vorhandene Genehmigungen

Mit Datum vom 05.09.1996 wurde dem Land Niedersachsen von der Bezirksregierung Hannover eine befristete wasserrechtliche Erlaubnis bis zum Abschluß der Sanierung für die Einleitung von 65 l Niederschlagswasser/Sekunde in die Ils erteilt [1]. Die Einleitung des Wassers in die Ils darf nur unter Einhaltung der in **Tabelle 1** genannten Überwachungswerte erfolgen.



	Parameter	Überwachungswert
1.	Leitfähigkeit	2.000 $\mu\text{S/cm}$
2.	abfiltrierbare Stoffe	10 mg/l
3.	AOX	100 $\mu\text{g/l}$
4.	DOC	30 mg/l
5.	Chlorid	200 mg/l

Tab. 1: Überwachungswerte der genehmigten Niederschlagswassereinleitung

Der Wert für jeden einzelnen Überwachungswert gilt auch als eingehalten, wenn die Ergebnisse aus den letzten 5 im Rahmen der staatlichen Gewässeraufsicht durchgeführten Untersuchungen in 4 Fällen diesen Wert nicht überschreiten und kein Ergebnis den Wert um mehr als 100 v. H. übersteigt. Eine Verdünnung oder Vermischung ist unzulässig.

Weitere Erlaubnisse betreffen die Einleitung von Sanitärwasser [2] sowie von Bauwasser aus der Maßnahme „Testfeld seitliche Umschließung“ [3]. Diese Erlaubnisse sind für die Niederschlagswassereinleitung nicht unmittelbar von Bedeutung und werden daher hier nicht näher erläutert.

1.3.3. Bestehender Deponieüberwachungsplan

Die Oberflächenwasserüberwachung der Altlast Münnehagen erfolgt derzeit gemäß dem bestehenden Deponieüberwachungsplan Wasser [7], der wiederum auf Vorschlägen des NLÖ [12] basiert.

Oberflächenwasser

Die Beprobung der Oberflächengewässer erfolgt in einem wöchentlichen, einem monatlichen und einem jährlichen Zyklus mit einem jeweils differenzierten Untersuchungsprogramm.

Für die Oberflächenwasserbeprobung wurden 10 Probenahmepunkte festgelegt, von denen 6 Punkte für die regelmäßige Deponieüberwachung ausgewählt wurden. Auf dem Gelände der Altlast werden die vier Probenahmepunkte P0 (Nullwerte), P3, P4 und P5 untersucht. Dieses Programm wird durch die direkte Wasserprobenentnahme aus dem Vorfluter Ils oberhalb und



unterhalb der Einmündung des Randgrabens an der Südgrenze der Altlast ergänzt. Diese Probenahmepunkte sind mit P8 (Ils oberhalb) und P9 (Ils unterhalb) bezeichnet.

Die Proben der Entnahmepunkte P0, P3, P4, P5, P8, und P9 werden in den drei genannten Zyklen mit einem abgestuften Parameterumfang untersucht.

Sedimente

Neben der Kontrolle der verschiedenen Wasserarten werden in den benachbarten Fließgewässern die frisch abgelagerten Sedimente feiner und feinsten Kornfraktion kontrolliert.

Für die Gewinnung der Proben werden Sedimentfallen verwendet, die ständig im Fließgewässer verbleiben und in denen bei entsprechender Wasserführung die Sedimentpartikel als Schwebstoffe eingetragen werden und sich ablagern.

Die Sedimentfallen sind an 9 Standorten aufgestellt worden (Sed 1 bis 9, vgl. Tabelle 4, S. 15) und werden jährlich beprobt. Sieben Sedimentfallen befinden sich im Nahbereich der Altlast. Außerdem werden in der weiteren Umgebung zwei weitere Sedimententnahmestellen beprobt, die sich im Ober- bzw. Unterlauf der Ils befinden.

Zusätzlich zu den genannten Sedimentprobenahmepunkten werden auch Sedimentproben vom StUA Minden entnommen und untersucht. Diese Probenahmepunkte werden mit Sed 10 und 11 bezeichnet.

1.4. Auswertung vorliegender Analysedaten zur Niederschlagswasserbewirtschaftung

Aus den vorliegenden Daten zur Oberflächenwasseranalytik gehen keine Hinweise auf wesentliche Veränderungen der Oberflächenwasserbeschaffenheit im Bereich der Altlast Münnehagen hervor.

Beispielhaft seien hier die Parameter „Leitfähigkeit“ und „Adsorbierbare organische Halogenide (AOX)“ genannt.



Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit wird im Bereich der Altlast stark schwankend mit Werten zwischen 200 und 1.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen. Signifikante Unterschiede zwischen Oberflächenwasserzulauf an der Nord-Ost-Ecke der Altlast und Oberflächenwasserablauf (Auffangbecken und Graben Nord und Süd), die auf einen Altlasteinfluß hindeuten, sind nicht feststellbar. In der Anstrommeßstelle P0 sind im Durchschnitt eher höhere Leitfähigkeiten als in den übrigen Meßstellen zu verzeichnen. Dies ist möglicherweise auf die stärkere Wasserführung und somit höhere Verdünnung durch Niederschlagsereignisse in den übrigen Meßstellen zurückzuführen.

AOX

Der AOX wird im Bereich der Altlast mit Werten zwischen 30 und 150 $\mu\text{g}/\text{l}$ gemessen, wobei sich das Gros der Werte zwischen 30 und 80 $\mu\text{g}/\text{l}$ befindet. Eine Ausnahme bildet die Meßstelle P6 im Ringgraben westlich der Altdeponie. Das hier beprobte Oberflächenwasser läuft oberhalb der Oberflächenabdeckung der Altdeponie ab. Die AOX-Werte liegen hier i. w. bei 5 bis 25 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Es kann davon ausgegangen werden, das die Oberflächenabdichtung/-abdeckung zur weiteren Verbesserung der Wasserqualität des abfließenden Oberflächenwassers beitragen wird, da aufgrund der Abdichtungssysteme weitere Beeinflussungsmöglichkeiten des Niederschlagswassers durch anstehende Böden ausgegrenzt werden.



1.5. Umfang der Beprobung und Analytik des Oberflächenwassers nach Abschluß der Sicherungsmaßnahmen

1.5.1. Probenahme

Zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit der Oberflächensicherungssysteme sowie zum Nachweis der Wasserqualität vor Einleitung in die Vorflut ist eine regelmäßige Probenahme erforderlich.

Grundsätzlich sind folgende Niederschlagswassererfassungssysteme zu unterscheiden:

- Innen:
Das in den Gräben 1 – 7 erfaßte Niederschlagswasser wird über Niederschlagswasserspeicherbecken und Niederschlagswasserrückhaltebecken sowie das Einleitungsbauwerk der Ils zugeführt. Zusätzlich wird das im Erschließungsbereich anfallende Niederschlagswasser über das Niederschlagswasserspeicherbecken der Ils zugeführt.
- Außen:
Das in den Gräben Nord und Ost erfaßte Niederschlagswasser wird direkt der Ils bzw. dem Straßenseitengraben zugeführt.

Dementsprechend werden die Probenahmestellen mit unterschiedlichen Bezeichnungen benannt:

- OWI: Probenahmestellen im inneren Erfassungssystem
- OWA: Probenahmestellen im äußeren Erfassungssystem
- OWILS: Probenahmestellen in der Ils

Im eigentlichen Altlastbereich besteht eine höhere Beeinflussungswahrscheinlichkeit des erfaßten Niederschlagswassers als im umgebenden Bereich. Daher ist dort eine entsprechend intensivere Beprobung durchzuführen.

Insgesamt kann die Beprobungsintensität aufgrund der erfolgten Sicherung der Altlast gegenüber der derzeit im Deponieüberwachungsplan [7] festgelegten Intensität reduziert werden. Das hieraus abgeleitete Beprobungsprogramm ist der **Tabelle 2** zu entnehmen.



Bezeichnung	Lage der Entnahmestelle	Beprobung	Zyklus
OWA 0	Zulaufgraben nordöstlich der Altlast *	Ja	Monat + Jahr
OWA 1	Graben Ost südlich der Altlast	Nein**	-
OWA 2	Graben Ost vor Einmündung in die Ils	Ja	Quartal + Jahr
OWA 3	Graben Nord vor Einmündung in Straßenseitengraben	Nein**	-
OWA 4	Straßenseitengraben vor Einmündung in die Ils	Ja	Quartal + Jahr
OWI 1	Einlaufschacht Graben 1 – 7	Ja	Monat + Jahr
OWI 2	Auslauf Niederschlagswasserspeicherbecken ***	Ja	Monat + Jahr
OWI 3	Ablauf Hochwasserpumpwerk zur Ils	Ja	Monat + Jahr
OWILS 1	Ils oberhalb der Einmündung des Graben Süd	Ja	Monat + Jahr
OWILS 2	Ils unterhalb der Einmündung des Straßenseitengrabens	Ja	Monat + Jahr

- * Die Werte der Proben von Punkt OWA 0 werden als weitgehend unbelastet angesehen und dienen als Vergleichsdaten (Nullwerte).
- ** Beprobung nur bei Befund in abstromiger Meßstelle OWA 2 bzw. OWA4.
- *** Gegenüber OWI 1 kommt Niederschlagswasser aus dem schwarzen Erschließungsbereich hinzu.

Tab. 2: Probenahmeprogramm Oberflächenwasser

Im Bedarfsfall, d. h., im Fall von negativen Beeinträchtigungen der Oberflächenwasserqualität, können, in Abstimmung mit den Fachbehörden, zusätzliche Probenahmen an folgenden Punkten erfolgen, um einen potentiellen Austragspunkt von Schadstoffen näher einzugrenzen:



Innen:

- Offene Grabenprofile 1 bis 7
- Revisionschächte R1 bis R8
- Revisionschächte RW1 bis RW25

Außen:

- Offene Grabenprofile Nord und Ost
- Straßenseitengraben

Kontrolldränage innerhalb der Dichtwand:

Der Grundwasserstand innerhalb und außerhalb der seitlichen Umschließung wird mit mehreren Grundwassermeßstellen überwacht (siehe **Kapitel 6.6.3 des Grundwassermonitorings**).

Darüber hinaus erfolgt im Kontrollschacht K9 in der unmittelbaren Südwestecke der Umschließung (siehe **Zeichnung Nr. 512.041-3-01**) eine elektronische Wasserstandsüberwachung, um einen Wasseraustritt zu verhindern. Wird innerhalb des Kontrollschachtes K9 bzw. in einem der anderen der Kontrollschächte K1 bis K10 eine Wasserführung festgestellt, so kann hier im Bedarfsfall eine entsprechende Beprobung erfolgen.

1.5.2. Analytik

Regelanalytik

Das vorhandene Analytikprogramm des bestehenden Deponieüberwachungsplanes Wasser wird beibehalten [7]. Dieses Programm enthält alle Parameter des Untersuchungsprogrammes aus dem Deponiehandbuch für Siedlungsabfalldéponien in Niedersachsen [11] (siehe **Kap. 1.3.1**) und wird durch die Parameter AOX und Kohlenwasserstoffe als Indikatoren für mögliche organische Belastungen ergänzt. Zusätzlich werden die Grenzwerte der bestehenden Einleitungsgenehmigung für Niederschlagswasser aufgenommen. Die Details sind der **Tabelle 3** zu entnehmen.



Parameter		Monat/ Quartal	Jahr	Bestehende Grenzwerte [1,3]
Geruch/Aussehen		x	x	-
Leitfähigkeit	LF	x	x	2 mS/cm
Chlorid	Cl ⁻	x	x	200 mg/l
Sulfat	SO ₄ ²⁻	x	x	-
Abfiltrierbare Stoffe		x	x	10 mg/l
Adsorbierb. Org. geb. Halogene**	AOX	x	x	100 µg/l
Gelöster org. geb. Kohlenstoff**	DOC	x	x	30 mg/l
Temperatur	T		x	-
pH-Wert	pH		x	-
Sauerstoff	O ₂		x	-
Säurekapazität	Ks		x	-
Basekapazität	Kb		x	-
Biologischer Sauerstoffbedarf	BSB ₅		x	-
Phenolindex			x	-
Kohlenwasserstoffe	KW		x	-
Kalzium	Ca		x	-
Kalium	K		x	-
Magnesium	Mg		x	-
Natrium	Na		x	-
Eisen	Fe		x	-
Mangan	Mn		x	-
Ammonium	NH ₄ ⁺		x	-
Nitrat	NO ₃ ⁻		x	-
Nitrit	NO ₂ ⁻		x	-
Hydrogenkarbonat	HCO ₃ ⁻		x	-
Cyanid ges.	CN _{ges.}		x	-
Sulfid *	S ²⁻		x	-

* Nur bei organoleptisch positivem Befund

** Bei den Probenahmepunkten OWILS 1 (Ils oberhalb) und OWILS 2 (Ils unterhalb) sind die Differenzen zwischen Ober- und Unterstrom zu kontrollieren. Bei Unterschieden von 20 µg/l für den AOX und 5 mg/l für den DOC sind weitere Untersuchungen in Abstimmung mit den Fachbehörden vorzunehmen

Tab. 3: Parameterumfang der Oberflächenwasseruntersuchungen



Analytik bei Auffälligkeiten außerhalb der Beprobungszyklen

Bei außerhalb der Beprobungszyklen festgestellten Auffälligkeiten des Oberflächenwassers ist die Leitfähigkeit zu prüfen. Wird eine Erhöhung der Leitfähigkeit festgestellt, ist eine Überprüfung des AOX und des DOC vorzunehmen. Wird bei AOX-Bestimmung der Wert von 100 µg/l überschritten bzw. ein DOC > 30 mg/l festgestellt, ist die Analytik um eine Gaschromatographie-Untersuchung zu erweitern.

1.6. Mengenerfassung Niederschlags- und Oberflächenwasser

Die Erfassung der Niederschlags- und Oberflächenwassermengen soll eine Wasserbilanzierung für die Altlast ermöglichen.

Meteorologische Daten

Mittels einer Wetterstation sind folgende Daten täglich zu erfassen:

- Niederschlagsmenge
- Temperatur
- Windrichtung und -stärke
- Luftfeuchtigkeit (14.00 Uhr MEZ)

Oberflächenwasser

Eine Erfassung der Niederschlagsmengen, die im eigentlichen Altlastbereich oberflächlich abfließen, erfolgt über zwei IDM-Schächte ([6] sowie **Zeichnung Nr. 512.041-3-01**). Der IDM-Schacht 1 liegt zwischen RW 8 und RW9 in der Zuleitung vom Einlaufschacht der Gräben 1 – 7 zum Niederschlagswasserrückhaltebecken. Der IDM-Schacht 2 liegt hinter dem Auslauf des Niederschlagswasserspeicherbeckens. Eine Erfassung der Niederschlagsmengen, die in den Gräben Nord und Ost bzw. im weißen Erschließungsbereich anfallen, ist aus folgenden Gründen nicht erforderlich:

- Dieses Niederschlagswasser wird nicht unmittelbar durch die Altlast beeinflusst
- Die Mengenerfassung soll eine Wasserhaushaltsbilanzierung ermöglichen und muß sich daher auf ein räumlich klar definiertes Einzugsgebiet beziehen.



1.7. Probenahme und Analytik Sedimente nach Abschluß der Sicherungsmaßnahmen

Probenahmestellen

Die bisherigen Probenahmestellen zur Sedimentbeprobung sowie der zugehörige Überwachungsumfang werden beibehalten. Zusätzlich werden zwei weitere Sedimentfallen im Graben 5 und 6 unmittelbar vor dem Einlaufbauwerk eingerichtet. Diese dienen zur Überwachung der von der Oberflächenabdichtung/-abdeckung abgeschwemmten Sedimente.

Für die Gewinnung der Proben werden Sedimentfallen verwendet, die ständig im Fließgewässer verbleiben und in denen bei entsprechender Wasserführung die Sedimentpartikel als Schwebstoffe eingetragen werden und sich ablagern. Dadurch wird analog zu den Ablagerungsvorgängen an der Sohle der Fließgewässer ein Sedimentationsmilieu simuliert. Bei den Sedimentfallen handelt es sich um GFK-Kästen mit seitlich angeordneten Ein- und Ausströmöffnungen bzw. um im Gewässer eingelassene, nach oben offene Glasgefäße. In den Sedimentfallen sammeln sich die für eine Analyse notwendigen 300 - 500 ml Probenmaterial an.

Die Sedimentfallen werden jährlich beprobt. In der nachfolgenden **Tabelle 4** sind die Sedimentfallen übersichtlich zusammengestellt.

Bezeichnung	Lage der Entnahmestelle
Sed 1	Graben Ost, ca. 80 m vor Einmündung in die Ils
Sed 2	Straßenseitengraben, ca. 15 m nördl. der Einmündung in die Ils
Sed 3	Ils, ca. 1,25 km oberhalb Einbindung Randgraben Süd
Sed 4	Ils, unterhalb der Einbindung vom Randgraben Ost
Sed 5	Ils, an der Westseite der Kreisstraßenbrücke
Sed 6	Ils, ca. 2,5 km flußabwärts der Kreisstraßenbrücke
Sed 7	Straßenseitengraben westlich des Lusekamp
Sed 8	Graben Ost hinter der Einmündung des Zulaufgrabens an der Nordost-Ecke der Altlast
Sed 9	Graben Ost, ca. 85 m vor Einmündung in die Ils
Sed 12	Graben 5, ca. 5 m vor Einmündung in den Einleitschacht
Sed 13	Graben 6, ca. 5 m vor Einmündung in den Einleitschacht

Tab. 4: Probenahmepunkte Sedimente



Die Lage der Sedimentprobenahmepunkte Sed 1, 2, 4, 5 sowie 7 - 9 und 12 und 13 ist in der **Zeichnung 512.41-3-01** dargestellt. Die Sedimententnahmestellen Sed 3 und Sed 6 befinden sich im Lauf der Ils (siehe **Abbildung 1**, Kartenausschnitt 1 : 10.000). Mit den Proben von Sed 3 (stromoberhalb) werden die "Nullwerte" für die Betrachtung der weiteren Sedimentproben festgestellt. Mit Probe Sed 6 werden die Feststoffe im Fließgewässer stromunterhalb der Deponie auf den Gehalt an Schadstoffen überprüft.

Parallele Untersuchungen durch das StUA Minden

Zusätzlich zu den genannten Sedimentprobenahmepunkten werden auch Sedimentproben vom StUA Minden entnommen und untersucht. Diese Probenahmepunkte werden hier zur Vervollständigung genannt:

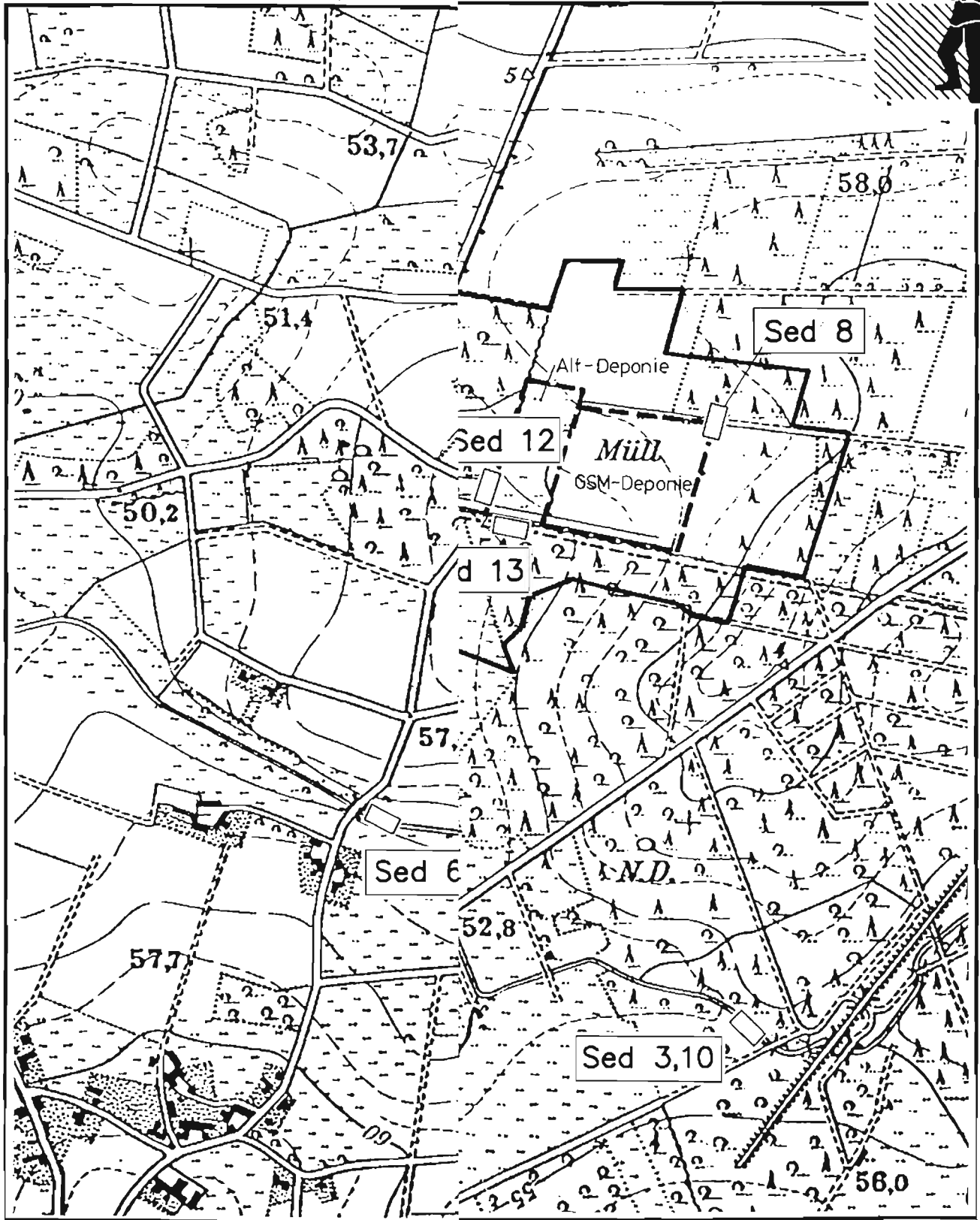
Sed 10 im Lauf der Ils ca. 1,25 km stromoberhalb der Altlast; befindet sich 15 m westlich des Probenahmepunktes Sed 3

Sed 11 im Lauf der Ils ca. 2,5 km stromunterhalb der Altlast; befindet sich 10 m westlich des Probenahmepunktes Sed 6 und damit ca. 20 m östlich der Straßenbrücke über die Ils nördlich von Rosenhagen

Parameterumfang Sedimentuntersuchungen

Die Regelanalyse nach den Vorschlägen des NLÖ [12] umfaßt folgenden Parameterumfang:

- Korngrößenbestimmung (Anteile: < 20 µm, 20 - 63 µm, 63 - 200 µm, > 200 µm in %)
- Trockenmasse %
- TOC (gesamter organisch gebundener Kohlenstoff)
- PCDD/F (polychlorierte Dioxine und Dibenzofurane)



IBE
Dr.Born-Dr.Ermel GmbH

M 1:10.000

Abb.1



1.8. Auswertung der Oberflächenwasserüberwachung

Die im Rahmen der Überwachung gewonnenen Daten sind monatlich und jährlich in einheitlicher und übersichtlicher Form auszuwerten:

Monatlich sind die Wochensummenwerte der gemessenen Niederschläge und Oberflächenwasserabflussmengen EDV-gerecht zu erfassen. Sämtliche Analysedaten sind in die vorhandene Datenbank einzugeben.

Jährlich erfolgt eine Plausibilitätsprüfung und zusammenfassende Darstellung der erfaßten Mengen- und Analysedaten. Die Daten werden hinsichtlich der Entwicklung der Oberflächenwasserqualität sowie hinsichtlich einer Bilanzierung des Wasserhaushaltes der Altlast ausgewertet.



2. Deponiegasmonitoring

2.1. Zielsetzung

Die Altlast wird mit einer Oberflächenabdeckung/-abdichtung sowie mit mehreren, getrennten Gaserfassungssystemen versehen. Dadurch wird der Austritt von gasförmigen Emissionen verhindert. Die Funktionalität dieser Maßnahmen ist durch ein geeignetes Überwachungssystem zu dokumentieren.

2.2. Darstellung der vorhandenen Deponiegaserfassungssysteme

Nach Abschluß der Sicherungsmaßnahmen werden die im Bereich der GSM-Deponie und der Altdeponie entstehenden Gase über ein Gaserfassungssystem mit folgenden Komponenten erfaßt (siehe [8] und **Abbildung 2**):

1. horizontales Gaserfassungssystem als Flächenfilter
2. Gasbrunnen parallel zur Dichtwandtrasse
3. Absaugung der GSM-Schächte

Mit diesem System sollen die lateral über dem Untergrund migrierenden Gase sowie die vertikal sich bewegenden Deponiegase erfaßt und einer Behandlungsanlage zugeführt werden.

Die Gasbehandlungsanlage wird südlich der Altdeponie innerhalb der Dichtwandumschließung positioniert. Die erfaßten Gase werden über Aktivkohleabsorber sowie einem anschließenden Biofilter geleitet und abgereinigt. Die Aktivkohlefiltereinheiten bestehen aus 2 doppelreihigen Aktivkohlefiltern, die mit unterschiedlichen Aktivkohlen befüllt sind. In der ersten Stufe werden die Chlorkohlenwasserstoffe und in der zweiten Adsorptionsstufe die Schwefelverbindungen adsorbiert.



2.3. Vorhandene Regelungen zur Überwachung der Gasemissionen

2.3.1. Allgemeine Regelungen

TA Abfall

In Teil 1 der zweiten allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall) vom 12.03.1991 [4] sind in Anhang G Regelungen zur Eigenkontrolle von oberirdischen Deponien enthalten. Diese Regelungen sind für die Altlast Münchehagen nicht bindend und werden hier daher nur zum Vergleich herangezogen.

Hinsichtlich der Überwachung von Gasemissionen wird in der TA Abfall für die Nachsorgephase oberirdischer Deponien keine Durchführung von regelmäßigen Deponiegasmessungen gefordert.

Anforderungen an Siedlungsabfalldeponien in Niedersachsen - Deponiehandbuch

Das Deponiehandbuch enthält Anforderungen an die Emissionsüberwachung von Siedlungsabfalldeponien und kann somit nur vergleichsweise herangezogen werden.

Die Wirksamkeit der aktiven Entgasung ist auf der Deponieoberfläche und im Deponierandbereich mittels jährlicher Messung durch Flammenionisationsdetektor (FID) zu überwachen.

Die Deponiegasfreiheit in der Vegetationsschicht der Oberflächenabdeckung und im Deponieumfeld ist in Gaspegeln zu überprüfen.

Unabhängig von Emissionsmessungen an den Gasbehandlungsanlagen ist jeder erfaßte Deponiegasteilstrom mindestens einmal jährlich einem Mindestuntersuchungsprogramm zu unterziehen, das wesentliche Komponenten der Gaszusammensetzung enthält. Diese Untersuchungen dienen dazu, Angaben über Qualität und Quantität der erfaßten Gase zu erhalten.



2.4. Umfang der Beprobung und Analytik des Deponiegases nach Abschluß der Sicherungsmaßnahmen

2.4.1. Funktionskontrolle der Gasdränschicht

In der Vergangenheit hat sich gezeigt, daß ein Austritt von Deponiegasen organoleptisch erheblich deutlicher und schneller wahrnehmbar ist als meßtechnisch. Daher wird die Luftüberwachung bzw. die Überprüfung der Wirksamkeit der aktiven Entgasung auf die Durchführung von regelmäßigen Begehungen beschränkt. In diesem Rahmen werden die technischen Anlagen auch auf Beschädigungen hin begutachtet.

Bei positiven organoleptischen Befunden wird vor Ort eine gaschromatographische Untersuchung mittels mobilem Massenspektrometer durchgeführt.

2.4.2. Überwachung der Deponiegaszusammensetzung

Zur Überwachung der Qualität und Quantität der erfaßten Gase sind Messungen der Gaszusammensetzung innerhalb des Gaserfassungs- und -behandlungssystems durchzuführen.

Optimierung Gasbehandlungsanlage

Um eine Anlagenoptimierung entsprechend der Gaszusammensetzung und Gasmenge zu erreichen und einen ordnungsgemäßen Betrieb der Gasbehandlungsanlage zu ermöglichen, werden Mengen- und Qualitätsmessungen innerhalb der Gasbehandlungsanlage durchgeführt [8]. Im Rahmen einer Optimierungsphase werden das Input-Gas, das teilgereinigte Gas nach den Aktivkohlefiltern, das verdünnte Gas vor dem Biofilter und das Output-Gas beprobt, um die optimale Wirkungsweise der Filter einzustellen. Die Parameter dazu sind im einzelnen noch festzulegen. Die Gaszusammensetzung wird zunächst monatlich überprüft. Hierfür sind folgende Probenahmemöglichkeiten vorhanden [8]:

Aufschweißstutzen

- an jeder ankommenden Gassammelleitung vor dem Kondensatabscheider an der Sammelstation (Input)
- vor dem Gasförderaggregat
- jeweils vor und nach den Aktivkohleadsorbentien
- an der Sammelleitung nach Aktivkohlefilter
- nach dem Biofilter



Nach der Optimierungsphase erfolgt eine jährliche Überwachung der Gaszusammensetzung entsprechend dem nachfolgend beschriebenen Untersuchungsprogramm für das Gaserfassungssystem.

Gaserfassungssystem

Die Gasqualität wird, für jeden der insgesamt 10 getrennten Teilströme (siehe **Abbildung 2**) einzeln, jährlich untersucht. Im einzelnen werden an folgenden Punkten Proben gewonnen:

- Aus jeder der 3 Gassammelleitungen von den Sickerwasserschächten der GSM-Deponie (S1 - S3, S4 - S5 und S6 - S11)
- Aus jeder der 4 Gassammelleitungen von den horizontalen Dränsträngen der GSM-Deponie
- Aus der Gassammelleitung von den vertikalen Gaspegeln der GSM-Deponie
- Aus der Gassammelleitung von den vertikalen Gaspegeln der Altdeponie
- Aus der Gassammelleitung von den horizontalen Dränsträngen der Altdeponie

Darüber hinaus werden am Output der Aktivkohlefilter und am Output des Biofilters der Gasbehandlungsanlage Proben gewonnen. Folgendes Untersuchungsprogramm wird der Analytik der Deponiegase zugrunde gelegt:

- Volumenstrom, Temperatur und Feuchte
- Methan
- Kohlendioxid
- Stickstoff
- Sauerstoff
- Gesamt-Chlor
- Gesamt-Schwefel
- Gesamt-Kohlenstoff
- BTXE
- LCKW und Vinylchlorid
- Mercaptane
- Arsen
- Aldehyde und Ketone
- Phenole
- Chlorbenzole

Das Programm enthält alle im Deponiehandbuch [11] geforderten Parameter zzgl. einiger altlastspezifischer Parameter.



2.5. Auswertung der Deponiegasüberwachung

Die im Rahmen der Überwachung gewonnenen Daten sind jährlich in einheitlicher und übersichtlicher Form auszuwerten.

Dabei erfolgt eine zusammenfassende Darstellung der erfaßten Mengen- und Analysedaten. Die Daten werden hinsichtlich der Funktionstüchtigkeit des Gesamtsystems, d. h., sowohl des Erfassungs- als auch Behandlungssystems, beurteilt.



3. Setzungsmessungen

Die Funktionalität der Oberflächenabdichtung der GSM-Deponie kann durch Setzungen in Folge der erhöhten Auflast gefährdet werden. Daher ist neben der Überwachung ggf. austretender Schadstoffe ein Meßstellennetz zur Durchführung von Setzungsmessungen zu installieren.

Dazu werden auf der GSM-Deponie fünf sowie auf der Altdeponie zwei Betonpegel mit herausragendem Stahlrohr positioniert (siehe **Zeichnung Nr. 512.041-3-02**).

Die markierten Stahlrohre werden jährlich, ausgehend von geeigneten Festpunkten außerhalb der Altlast, eingemessen.

Aufgestellt: Achim, den 27.07.1998 SCHN/ke

Geprüft: Achim, den 27.07.1998 RE



4. Literatur

- [1] BEZIRKSREGIERUNG HANNOVER (1996):
Wasserrechtliche Erlaubnis vom 05.09.1996 gemäß § 10 NWG für die Einleitung von Niederschlagswasser in die IIs, Hannover.

- [2] BEZIRKSREGIERUNG HANNOVER (1996):
Wasserrechtliche Erlaubnis vom 05.09.1996 gemäß § 10 NWG für die Einleitung von gereinigtem Sanitärabwasser in die IIs, Hannover.

- [3] BEZIRKSREGIERUNG HANNOVER (1998):
Wasserrechtliche Erlaubnis vom 18.02.1998 gemäß § 10 NWG für die Gewässernutzungen im Zusammenhang mit der Erstellung des „Testfeldes seitliche Umschließung“ auf der Altlast Münnehagen, Hannover.

- [4] BUNDESUMWELTMINISTERIUM (1991):
Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen vom 12. 03.1991 (TA Abfall), Bonn.

- [5] IBE DR. BORN - DR. ERMEL GMBH (1994):
Altlast Münnehagen, Vorläufiger Bewirtschaftungsplan GSM-Schächte mit dem Ziel der provisorischen Wasserhaltung bis zum Abschluß der Sicherungsmaßnahmen, Achim-Baden.

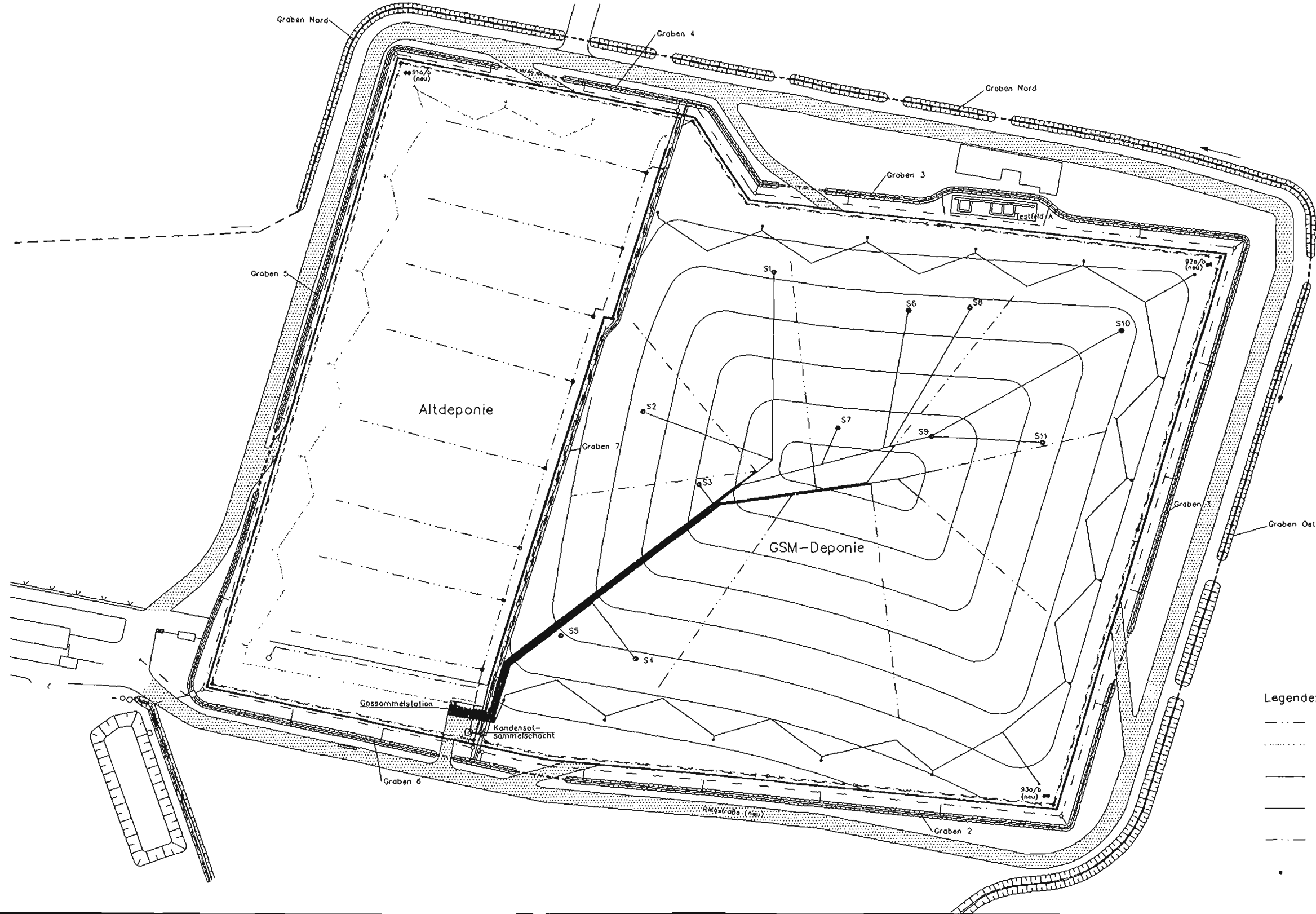
- [6] IBE DR. BORN - DR. ERMEL GMBH (1995):
Altlast Münnehagen, Neuordnung Oberflächenwasserhaltung, Wasserrechtlicher Erlaubnis Antrag gemäß § 10 NWG und Antrag auf bauaufsichtliche Zustimmung gemäß § 82 NBauO, Achim-Baden.

- [7] IBE DR. BORN - DR. ERMEL GMBH (1997):
Altlast Münnehagen, Deponieüberwachungsplan Wasser, Achim-Baden.

- [8] IBE DR. BORN - DR. ERMEL GMBH (1998):
Altlast Münnehagen, Entwurfsplanung, Achim-Baden.



- [9] LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL (1977):
Richtlinie WÜ/77 – Umfang der Überwachung von Grund-, Oberflächen- und Sickerwasser im Bereich von Abfallbeseitigungsanlagen
- [10] NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG
NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1989):
Deponieüberwachungsplan Wasser – Beweissicherung an Deponien in Niedersachsen, ENTWURF, Hannover, Hildesheim.
- [11] NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (1994):
Anforderungen an Siedlungsabfalldeponien in Niedersachsen - Deponiehandbuch, Hildesheim.
- [12] NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (1996):
Schreiben vom 05.02.1996 an die Bezirksregierung Hannover zum Umfang der Oberflächenwasserbeweissicherung für die Altlast Münchehagen, Hildesheim.



- Legende:**
- vorh. horiz. Gaserfassungssystem Altdeponie
 - Gaserfassungssystem Altdeponie
PE-HD 110x6.3, PN6
 - Gaserfassungssystem GSM-Schächte
PE-HD 110x6.3, PN6
 - vertikales Gaserfassungssystem, GSM-Deponie
PE-HD 110x6.3, PN6
 - horizontales Gaserfassungssystem, GSM-Deponie
PE-HD 110x6.3, PN6
 - Gasbrunnen

Altlast Münnehagen

Lageplan
Deponiegaserfassungssystem

IBE
Dr.Born-Dr.Ermel GmbH

Abb.2