

Einwohnergemeinde MuttENZ / BL

S C + P

**Deponie Rothausstrasse
MuttENZ / BL**

**Altlastenvoruntersuchung
Technische Untersuchung, 2. Etappe**

Bern

Wollerau

Zürich

Olten: Jurastrasse 6, CH-4600 Olten
Telefon: 062 205 54 00
Telefax: 062 205 54 09
e-mail: scpolten@scpag.ch

Inhalt

1. Einleitung und Auftrag	12
2. Hydrogeologische Übersicht	14
2.1. Historische und geografische Übersicht	14
2.2. Geologie	15
2.3. Hydrogeologie	15
3. Hydrogeologische Felduntersuchungen	17
3.1. Angetroffene Untergrundverhältnisse (Bohrungen)	17
3.2. Grundwasserverhältnisse	20
3.2.1. Grundwasservorkommen und Fließverhältnisse	20
3.2.2. Jahreszeitliche Schwankungen	21
3.3. Pumpversuche	24
3.3.1. Kurzpumpversuche	24
3.3.2. Belastungspumpversuche	24
3.4. Zusammenfassende Folgerungen	26
4. Deponieinhalt	27
4.1. Überblick der Felduntersuchungen	27
4.2. MIP-Sondierungen	28
4.3. Bodengasmessungen	32
4.4. Kernbohrungen	34
4.5. Ergebnisse Laboruntersuchungen (chemische Analysen)	37
4.5.1. Materialproben und Untersuchungsprogramm	37
4.5.2. Resultate der Einzelstoffanalytik	38
4.5.3. Screenig-Resultate	41
4.5.4. Eluatteste nach AltIV	42
4.6. Zusammenfassende Folgerungen	43
4.6.1. Schlussfolgerungen der Feld- und Laboruntersuchungen	43
4.6.2. Schadstoffpotential (Deponieinhalt)	43
5. Chemische Analysen des Grundwassers	46
5.1. Untersuchungsprogramm	46
5.1.1. Durchgeführte Probenahmen	46
5.1.2. Analysenprogramm	48
5.2. Zusammenfassender Überblick	49
5.3. Allgemeine Beschaffenheit des Grundwassers	51
5.4. Gesamtmineralisation und Redoxverhältnisse	52

5.5. Anorganische Schadstoffe	54
5.6. Organische Schadstoffe	57
5.7. Ergebnisse der Screenings	61
5.8. Analysenergebnisse der Belastungspumpversuche	65
5.9. Zusammenfassende Folgerungen.....	67
6. Beurteilung der Altlastensituation	68
6.1. Repräsentativität der Untersuchungsergebnisse	68
6.2. Beeinflussung des Grundwassers durch die Deponie	69
6.2.1. Ausmass der Schadstoffbelastung im Grundwasser.....	69
6.2.2. Vergleich mit Richt- und Konzentrationswerten AltIV	70
6.3. Emissionsverhalten	72
6.4. Beurteilung nach Altlastenverordnung	73



Tabellen

Tabelle 1: ausgeführte Kernbohrungen (2 Etappe TU)	8
Tabelle 2: Untersuchungsprogramm Deponie Rothausstrasse (gesamte TU)	13
Tabelle 3: massgebende Grundwasserstände (Rothausstrasse)	22
Tabelle 4: Kurzpumpversuche (Bohrungen Deponie Rothausstrasse)	24
Tabelle 5: Versuchsanordnung Belastungspumpversuch R4.1	25
Tabelle 6 : Probenahme Bodenluft (Rothausstrasse)	33
Tabelle 7 : Zusammenstellung Untersuchungsergebnisse Bodenluft	33
Tabelle 8 : Materialtypen Deponiematerial (Rothausstrasse)	36
Tabelle 9 : Untersuchungsprogramm (Einzelstoffanalytik und Screenings)	38
Tabelle 10 : Untersuchungsergebnisse Feststoffproben	40
Tabelle 11 : Schadstoffpotential Deponie Rothausstrasse (Deponiemodell)	44
Tabelle 12 : durchgeführte Probenahmekampagnen (Rothausstrasse)	46
Tabelle 13: Massgebende Grundwasserstände (Deponie Rothausstrasse)	47
Tabelle 14 : Analysenprogramm (2. Etappe TU)	48
Tabelle 15: Anorganische Schadstoffbelastung des Grundwassers	50
Tabelle 16: Organische Schadstoffbelastung des Grundwassers	50
Tabelle 17: Schwermetallgehalte und Borgehalt im Grundwasser	55

Tabelle 18: Zusammenstellung der Screening-Ergebnisse	63
Tabelle 19: Vergleich mit Indikatorwerten und AltIV-Konzentrationswerte	71



Abbildungen

Abbildung 1: Ganglinien des Grundwasserspiegels 2005 – 2006	22
Abbildung 2: Ganglinien Unteres Stockwerk (16.1. – 30.3.06).....	23
Abbildung 3: Schematische Darstellung der MIP-Sondierung	29
Abbildung 4: Beispiel einer MIP-Sondierung	30
Abbildung 5: Screening-Resultate Feststoffproben (nur Kernbohrungen)	42
Abbildung 6: box-plot-Diagramm Hauptbestandteile Anionen.....	52
Abbildung 7: box-plot-Diagramm Hauptbestandteile Kationen.....	52
Abbildung 8: Veränderung der Redoxverhältnisse in Fliessrichtung des Grundwassers	54
Abbildung 9: box-plot-Diagramm Redoxverhältnisse	54
Abbildung 10: box-plot-Diagramm Schwermetalle	56
Abbildung 11: box-plot-Diagramm Schwermetalle und Bor.....	56
Abbildung 12: box-plot-Diagramm DOC, AOX und Σ CKW.....	57
Abbildung 13: box-plot-Diagramm CKW-Belastung	58
Abbildung 14: box-plot-Diagramm Pestizide	59
Abbildung 15: box-plot-Diagramm Aniline	60
Abbildung 16: Screening-Methode	62
Abbildung 17: Belastungspumpversuch R4.1, Ganglinien ausgewählter Parameter.....	66

Anhänge

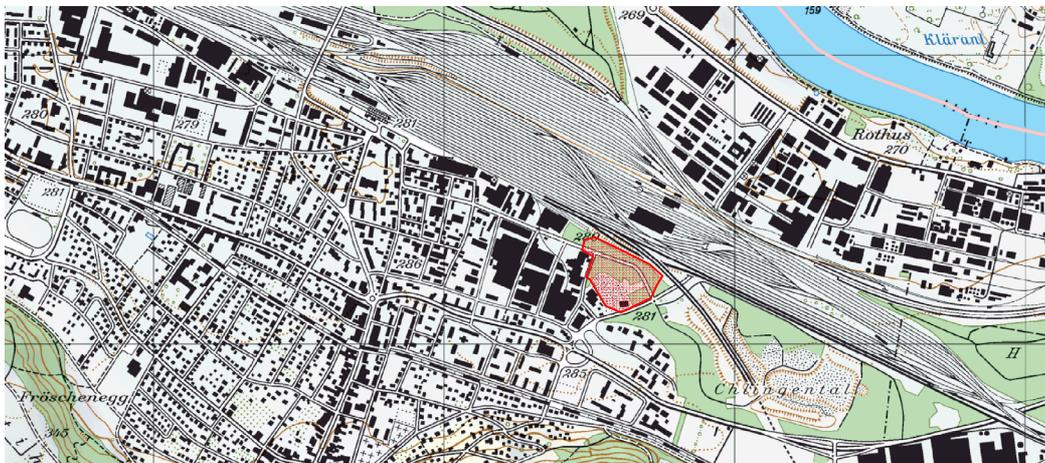
- A1 Situation 1:10'000, Überblick, Deponien und Lage der Bohrungen und Messstellen
- A2 Darstellung der Grundwasserverhältnisse
 - a) Situation 1:10'000 mit Lage des Grundwasserspiegels am 18.12.2006
 - b) Darstellung des oberen Grundwasserstockwerks (GWSP am 18.12.2006)
- A3 Hydrogeologische Profile 1:2'500 / 500 (5-fach überhöht)
 - a) Längsprofil SSW – NNE
 - b) Längsprofil SE - NW
- A4 Darstellung der geologischen Verhältnisse
 - a) Situation 1:2'500, mit Lage der Felsoberfläche
 - b) Situation 1:1'500, Deponiemächtigkeit und Schadstoffgehalt
- A5 Ergebnisse der MIP-Sondierungen
 - a) Situation 1: 2'500 mit Darstellung der PID-Summenwerte
 - b) Situation 1: 2'500 mit Darstellung der FID-Summenwerte
 - c) Situation 1: 2'500 mit Darstellung der DELCD-Summenwerte
- A6 Auswertung der Grundwasseranalysen, Situation 1:2'500
 - a) mit Darstellung der allgemeinen Leitparameter
 - b) mit Darstellung der Gesamtmineralisation (Anionen)
 - c) mit Darstellung der organischen Belastung
- A7 Auswertung Belastungspumpversuch, Gangliniendarstellungen

Beilagenbände (separat)

- B1 Dokumentation Kernbohrungen
 - a) Sondierprotokolle 1:100
 - b) Fotodokumentation
 - c) Probenahmeprotokoll
- B2 Laborresultate
 - a) Gemeinde Muttenz. Grundwasseruntersuchung Deponien Muttenz. Untersuchungsetappe II. Rothausstrasse. Einzelstoffanalytik und Screenings. Messkampagne März, Juni und Juli 2006. Prüfberichte RWB laboratoire SA vom September 2007
 - b) Prüfberichte Prof. Dr. M. Oehme
 - c) Untersuchungsbericht Bodenluft. Labor DVGW, Karlsruhe

Projektangaben

Auftraggeber:	Einwohnergemeinde Muttenz Kirchplatz 3 4132 Muttenz
Projektleitung:	Laube & Klein AG Allmendweg 35 4450 Sissach
Involvierte Gremien:	Projektteam und Lenkungs-gremium: (Vertreter/innen der IG DRB, Projektleitung, Geotechni- sches Institut, Basel, der Grundeigentümer und der Ge- meinde Muttenz)
Koordinaten // Höhe	616'590 / 264'250 // ca. 280 m ü.M.
Auftrag:	Zusammenstellung und Beurteilung aller Untersuchungs- resultate gemäss Pflichtenheft vom 9.9.2005 (Schlussbe- richte 2. Etappe technische Untersuchung)



Filename / Version	Korreferat		Schlusskontrolle	Versand an	Datum	
SO 966G_Schlussbericht Rothausstrasse_v1	20.8.07	Da	21.8.07	Hm	3 (mail)	22.8.07
SO 966G_Schlussbericht Rothausstrasse_v2	13.9.07	Da	17.9.07	Hm	2, 3 (mail)	18.9.07
SO 966G_Schlussbericht Rothausstrasse_def	21.9.07	3	26.9.07	Hm	4, 1	27.9.07

Empfänger (Firma / Name)

- 1 Bauverwaltung Muttenz
- 2 Lenkungs-gremium (A. Meyer)
- 3 Projektteam
- 4 Externe Experten

Ausgeführte Arbeiten

Als Beurteilungsgrundlage für die Ausarbeitung des vorliegenden Berichtes wurden folgende Arbeiten ausgeführt:

- Abteufen von 4 Kernbohrungen (Grundwassermessstellen: R6 bis R9) mit Tiefen zwischen 22 bis 26.0 m. November/Dezember 2005 (Ausführung durch StumpForatec AG, Mellingen)
- Durchführung eines Dauerpumpversuches bei der Bohrung R4.1 vom 6. bis 21.6.2006 (Ausführung durch Glanzmann AG, Pratteln; Probenahme durch RWB laboratoire SA, Porrentruy)
- Entnahme und Analyse von 31 Grundwasserproben zur chemischen Analyse im Rahmen der 2. Etappe TU vom September 2005, März, Mai und Juni 2006 (Durchführung durch RWB laboratoire SA, Porrentruy)
- Durchführen von 82 MIP-Sondierungen mit Tiefen zwischen rund 1.3 bis 23.7 m im Mai/Juni 2006 (Ausführung durch geo-log GmbH, Braunschweig)
- Entnahme von 12 Bodengasproben und 16 Linerproben (Ausführung durch geo-log GmbH, Braunschweig)
- Analyse von 12 Bodengasproben (Labor DVGW, Karlsruhe)
- Abteufen von 6 Kernbohrungen (Deponieinhalt: KB-R-06/01 bis KB-R-06/06) mit Tiefen zwischen 22.0 bis 27.0 m. Juni 2006 (Ausführung durch StumpForatec AG, Mellingen)
- Durchführung einer umfassenden Stichtagsmessung am 18.12.2006 in allen zur Verfügung stehenden Beobachtungsrohren
- Geologische Aufnahme und Fotodokumentation der Sondierbohrungen
- Fachliche Begleitung aller Felduntersuchungen (MIP-Sondierungen, Belastungspumpversuche)
- Auswertung aller Untersuchungsergebnisse im Rahmen der 2. Untersuchungsetappe, grafische Darstellung, Beurteilung und Interpretation aller Untersuchungsergebnisse
- Verfassen des vorliegenden Berichtes

Tabelle 1: ausgeführte Kernbohrungen (2 Etappe TU)

Bohrung		Koordinaten	OKT	Tiefe	Ausbau		Grundwasserspiegel		
Feldbez.	Kant.-Nr.		[m ü.M.]	[m]	Verrohrung	Filterstrecke (m u.T.)	Datum	m u.T.	m ü.M.

Grundwassermessstellen

R6	21.P.059	616'549 / 264'438	277.33	26.0	PE Ø 4½"	20 – 25	18.12.06	23.97	253.21
R7	21.P.060	616'496 / 264'392	280.80	22.0	PE Ø 4½"	17 – 21	kein Gr.wasser angetroffen		
R8	21.P.061	616'736 / 264'145	281.48	23.3	PE Ø 4½"	15 – 22	18.12.06	19.67	261.64
R9	21.P.062	616'789 / 264'344	278.82	22.0	PE Ø 4½"	15 - 21	18.12.06	19.48	259.23

Deponieinhalt

KB06-01	21.P.075	616'535 / 264'346	284.44	27.0	--	--	kein Gr.wasser angetroffen		
KB06-02	21.P.076	616'598 / 264'263	280.64	22.0	PE Ø 4½"	19 - 22	18.12.06	20.07	260.38
KB06-03	21.P.077	616'656 / 264'162	281.56	24.0	--	--	kein Gr.wasser angetroffen		
KB06-04	21.P.078	616'586 / 264'196	280.80	25.3	--	--	24.11.06	22.0	258.8
KB06-05	21.P.079	616'626 / 264'286	280.69	24.0	PE Ø 4½"	20 - 24	18.12.06	20.53	260.05
KB06-06	21.P.080	616'705 / 264'218	281.93	24.8	PE Ø 4½"	22 – 25	18.12.06	20.96	260.77



Zusammenfassung

Bei der Deponie Rothausstrasse handelt sich um eine zwischen ca. 1936 und 1965 aufgefüllte, rund 300 x 200 m grosse Kiesgrube, in welcher gemäss der historischen Untersuchung in erster Linie Aushub- und Bauschutt und nur untergeordnet auch Abfälle der chemischen Industrie eingelagert wurden. Die durchschnittliche Mächtigkeit der Deponie beträgt rund 20 m und das Gesamtvolumen schätzungsweise ca. 1.35 Mio m³.

Deponie Rothausstrasse

Im Rahmen der 2. Etappe TU waren im Wesentlichen die hydrogeologischen Verhältnisse im nahen Umfeld der Deponie noch besser abzuklären, um das Fließverhalten und die Ausdehnung des oberen Grundwasserstockwerkes genauer erfassen zu können (insb. Zu- und Abstrombereich der Deponie).

2. Etappe TU

Der vorliegende Bericht fasst alle Untersuchungsergebnisse zusammen und kommt zum Schluss, dass im heutigen Kenntnisstand die Deponie Rothausstrasse auf Stufe Voruntersuchung als überwachungsbedürftiger Standort gemäss Art. 9 der Altlastenverordnung zu beurteilen ist, dies aufgrund der nachgewiesenen anorganischen und organischen Deponiebeeinflussung im Abstrombereich. Eine abschliessende Beurteilung ist allerdings im Rahmen der Gefährdungsabschätzung noch durchzuführen.

überwachungsbedürftiger Standort

Interpretation der Untersuchungsergebnisse

Hydrogeologie

Der Felsuntergrund besteht im südöstlichen Deponieteil aus Mergel des Gipskeupers und bildet eine Felsmulde, welche im untersten Bereich mit Grundwasser gefüllt ist. Im nordwestlichen Deponieteil steht hingegen Lettenkohle an, welche als unterirdische Felsrippe ein Abströmen des Grundwassers nach Norden verhindert.

Felsuntergrund

Bedingt durch die geologischen Verhältnisse sind zwei Grundwasserstockwerke vorhanden: Das obere, wenig ergiebige Grundwasservorkommen im Niederterrassenschotter beschränkt sich vor allem auf den südöstlichen Deponiebereich. Das untere, ergiebigere Stockwerk liegt im Hauptmuschelkalk (HMK) und wird durch eine rund 5 -10 m mächtige Schicht aus Gipskeuper und/oder Keupermergel vom oberen Stockwerk getrennt. Dadurch ist der Grundwasserspiegel subartesisch gespannt. Die Grundwasserspiegellage wird durch den Pumpbetrieb der Brauchwasserfassungen Schweizerhalle beeinflusst und verursacht regelmässige Schwankungen mit einer wöchentlichen Amplitude von rund ½ m. Der Abstrombereich der Deponie Rothausstrasse befindet sich im nordöstlichen Bereich der Deponie, wo das obere Stockwerk nach Norden abfließt. Von dort entwässert das Grundwasser dif-

zwei Grundwasserstockwerke



fus sowie vermutlich auch über subvertikale Störungszonen schliesslich ins untere Stockwerk.

Deponieinhalt

Die Deponiesohle liegt rund 20 – 21 m unter der Terrainoberfläche, wobei der südöstliche zentrale Deponieteil rund ½ bis 1 m im Grundwasser eingestaut ist. Das am stärksten belastete Material weist vor allem hohe Gesamt-KW- und PAK-Gehalte auf. Signifikant erhöht sind auch die Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte. Demgegenüber weist das Deponiematerial nur eine sehr geringe Schadstoffkonzentration an leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe (CKW und BTEX) auf.

Deponiesohle

Gesamthaft betrachtet ist davon auszugehen, dass höchstens 1/5 des Deponiematerials (schätzungsweise maximal rund 200' bis 250'000 m³) stark mit Schadstoffen belastet sind. Rund 4/5 des Deponiematerials sind nur schwach belastet. Generell ist der nördliche Teil etwas stärker schadstoffbelastet als der südliche Teil.

Deponiematerial

Die im Deponiematerial vorhandenen „reinen“ Schadstoffmengen betragen schätzungsweise rund 2'000 – 3'000 Tonnen¹. Rund ein Drittel davon sind organische Schadstoffe, namentlich Kohlenwasserstoffe (KW) und PAK. Leichtflüchtige KW (CKW, BTEX) sind nur untergeordnet vorhanden. Rund 2/3 der vorhandenen Schadstoffmengen werden durch Schwermetalle (Blei, Zink, Nickel, Kupfer) verursacht.

Schadstoffmengen

Beeinflussung des Grundwassers durch die Deponie Rothausstrasse

Generell ist im unteren (HMK-Grundwasser-)Stockwerk nur ein marginale Deponiebeeinflussung festzustellen. Indizien dafür sind vor allem ein leicht erhöhter DOC- und AOX-Gehalt sowie Spuren von Dichloranilinen und Schwefelaromaten mit Konzentrationen deutlich unter 0.5 µg/l. Demgegenüber ist im oberen Grundwasserstockwerk eine deutliche Grundwasserbeeinflussung im Abstrombereich der Deponie Rothausstrasse zu erkennen, welche hauptsächlich zu einer Aufmineralisierung des (Lockergesteins)Grundwassers führt.

unteres Stockwerk

Das Grundwasser im oberen Stockwerk weist darüber hinaus im Deponiebereich deutlich reduzierende bzw. sogar sauerstofffreie (anaerobe) Verhältnisse auf. Dadurch sind stellenweise auch deutlich erhöhte Ammonium- und Nitritgehalte festzustellen. Neben der Aufmineralisierung ist das Grundwasser im oberen Stockwerk auch durch eine deutliche organische Schadstoffbelastung gekennzeichnet. Es handelt sich dabei nachgewiesenermassen um verschiedene „pharma- und chemietypische“ Substanzen, wie Dichloraniline, aromati-

oberes Stockwerk

¹ Diese Abschätzung basiert auf den quantitativen Angaben der Einzelstoffanalytik ohne Berücksichtigung der Screening-Resultate





sche Amine (Benzamine), Schwefelaromate und z.T. Arzneimittelrückstände (Barbiturate), welche als Einzelsubstanzen meist in Konzentrationen von weniger als 1 – 5 µg/l vorkommen (z.T. auch nur in geringen Spuren von weniger als 0.3 µg/l). Deutlich höhere Konzentrationen bis rund 50 - 100 µg/l konnten hingegen bei verschiedenen aromatischen Sulfonaten gemessen werden. Demgegenüber sind leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe praktisch nicht (BTEX) oder nur in Spuren (CKW) vorhanden, wobei das Schadstoffbild beim CKW höchstens untergeordnet auf eine Deponiebeeinflussung hindeutet.

Beurteilung nach Altlastenverordnung

Aus den chemischen Untersuchungen (Einzelstoffanalytik, Screening-Resultate) ergeben sich aus den im Abstrombereich der Deponie festgestellten organischen Substanzen klare Indizien für Sickerwasseranteile, welche aus Abfällen der chemischen Industrie stammen. Quantitativ betrachtet, handelt es sich dabei aber aufgrund der meist geringen Konzentrationen im Spurenbereich sowie der Beschränkung auf das obere Grundwasserstockwerk allerdings um keinen gravierenden Einfluss, aus welchem sich im heutigen Kenntnisstand Hinweise auf eine Gefährdung des Schutzgutes Grundwasser ergeben würde. Dies bekräftigt der günstige und weitgehend unbeeinflusste Zustand im unteren (genutzten) Grundwasserstockwerk.

*Sickerwasser-
anteile aus
Abfällen der
chemischen
Industrie*

Die Emissionen der Deponie Rothausstrasse manifestieren sich also in erster Linie in einer Aufmineralisierung des Grundwassers im oberen Stockwerk, hervorgerufen durch eine Auswaschung von bauschutthaltigem Deponiematerial. Darüber hinaus lässt sich aber auch eine organische Grundbelastung feststellen, die sowohl auf Abbauprozesse von „unproblematischem“ organischem Material in der Deponie als auch auf Abfälle der chemischen Industrie zurückzuführen ist.

Emissionen

Aufgrund des oben dargelegten Befundes kommen wir im vorliegenden Fall zum Schluss, dass die Deponie Rothausstrasse im heutigen Kenntnisstand gemäss Art. 9 der AltIV aufgrund der nachgewiesenen, jedoch nicht gravierenden Grundwasserbeeinflussung als überwachungsbedürftiger belasteter Standort einzustufen ist. Ein Überwachungsbedarf besteht vor allem noch deshalb, weil das Langzeitverhalten der von der Deponie ausgehenden Emissionen nicht genau bekannt ist.

*überwa-
chungsbedür-
ftiger belasteter
Standort*

Diese Beurteilung ist allerdings durch die parallel laufende Gefährdungsabschätzung noch zu verifizieren und abschliessend zu beurteilen.

*Gefährdungs-
abschätzung*

1. Einleitung und Auftrag

Die Deponie Rothausstrasse ist eine der drei „Muttenzer Deponien“, welche im Rahmen einer umfassenden Altlastenvoruntersuchung seit 2001 in mehreren Teilschritten intensiv untersucht wurde (vgl. Grundlagen, S. 75). Die einzelnen Phasen der Untersuchung richten sich dabei streng nach dem Altlastenkonzept des BAFU (ehemals BUWAL). Die historischen Untersuchungen (HU) wurden im 2001 ausgeführt und dokumentieren den heutigen Wissensstand aus der umfangreichen Aktenlage [3]. Basierend auf dieser Grundlage wurde ein Pflichtenheft für die technische Untersuchung (TU) ausgearbeitet [5]. Die Ergebnisse sind als 1. Etappe TU im Bericht vom 31.1.2005 zusammengefasst [7] und zeigen, dass im Wesentlichen eine generelle Aufmineralisierung des Grundwassers und untergeordnet ein Austrag von organischen Schadstoffen ins obere Grundwasserstockwerk stattfindet. Ein quantitativ relevanter Eintrag von organischen Schadstoffen aus Abfällen der chemischen Industrie aus der Deponie Rothausstrasse ins tiefere HMK-Grundwasser konnte nicht festgestellt werden.

Frühere Untersuchungen

S C + P

Für eine abschliessende Beurteilung waren im Rahmen einer 2. Etappe die restlichen Vorgaben aus dem Gesamtkonzept [5] zu erfüllen, was im Wesentlichen eine Einbindung der gewonnenen Daten in einen regionalen Zusammenhang und Angaben zum Deponieinhalt (Schadstoffpotential) beinhaltete. Darüber hinaus waren aber auch noch offene Fragen aus der 1. Etappe zu klären. Insbesondere sollten die hydrogeologischen Verhältnisse im nahen Umfeld der Deponie noch besser abgeklärt werden, um das Fliessverhalten und die Ausdehnung des oberen Grundwasserstockwerkes (z.B. Zu- und Abstrombereich der Deponie) genauer erfassen zu können.

*Untersuchungsumfang
2. Etappe TU*

In der Stellungnahme des AUE zum Untersuchungsbericht der 1. Etappe [10] wurde ausserdem von Seiten der kantonalen Behörde gefordert, dass der Abstrombereich der Deponie nahezu vollständig durch Grundwassermessstellen erfasst sein sollte, und daher für eine abschliessende Beurteilung ein Ausbau des Messstellennetzes zwingend erforderlich sei. Der genaue Umfang der 2. Etappe TU ist in zwei Pflichtenheften festgehalten ([8], Bohrungen, Grundwasser-Untersuchungen sowie [9], Deponieinhalt).

Ausbau Messstellennetz

Gestützt auf unsere Offerte vom 31.1.2006 wurden wir von der Gemeinde Muttenz mit Vertrag vom 27.3.2006 mit der Durchführung der offerierten Leistungen beauftragt. Im Wesentlichen waren dabei die neuen Bohrungen für die 2. Etappe TU und die Belastungspumpversuche fachlich zu begleiten sowie die vorhandenen Pegelmessungen mit einzubeziehen. Für die Ausarbeitung des vorliegenden Schlussberichtes wurde schliesslich noch ein separates Pflichtenheft ausgearbeitet [11], in welchem die zu erörternden Gesichtspunk-

*Auftrag und Zielsetzung
Schlussbericht*



te und Bearbeitungstiefe näher umschrieben sind. Ziel des vorliegenden Berichtes ist es, alle vorhandenen Untersuchungsergebnisse (inkl. 1. Etappe TU) gemäss den Vorgaben der Altlastenverordnung (Art. 9 – 12) zu interpretieren. Der Bericht soll schliesslich als Grundlage für die nachfolgende Gefährdungsabschätzung dienen. Für die Ausarbeitung dieses Schlussberichtes wurden wir gestützt auf unsere Offerte vom 9.1.2007 vom Projektleiter mit E-Mail vom 22.1.2007 beauftragt.

Um den Umfang des vorliegenden Berichtes auf ein vernünftiges Mass reduzieren zu können, wird vorausgesetzt, dass die wesentlichen Erkenntnisse aus den früheren Untersuchungen weitgehend bekannt sind. Der Bericht geht in erster Linie auf die neuen Erkenntnisse der aktuell durchgeführten Grundwasserüberwachung ein. Frühere Untersuchungsergebnisse oder Schlussfolgerungen werden nur soweit explizit erwähnt, als dass sie aufgrund der neuen Ergebnisse revidiert werden müssen oder für das Verständnis von Bedeutung sind. Bei der Datenzusammenstellung und der abschliessenden Beurteilung werden aber alle vorhandenen Resultate einbezogen, also auch diejenigen der 1. Etappe TU sowie Erkenntnisse aus der fortlaufenden Grundwasserüberwachung. Der Bericht befasst sich ausschliesslich mit den Untersuchungsergebnissen der Deponie Rothausstrasse, welche gemäss den oben erwähnten Pflichtenheften zu beurteilen waren.

Berichtsinhalt

Zur abschliessenden Beurteilung der Deponie Rothausstrasse stehen also zusammenfassend folgende Untersuchungen zur Verfügung:

Tabelle 2: Untersuchungsprogramm Deponie Rothausstrasse (gesamte TU)

Schutzgut	Untersuchungsmethode	1. Etappe TU	2. Etappe TU
		Anzahl (Zeitraum)	Anzahl (Zeitraum)
Oberboden	Chemische Analysen	9 Feststoffproben VBBo (März 2004)	-
Untergrund	Sondierbohrungen im Deponieumfeld	6 Kernbohrungen (Okt. – Dez. 2003)	4 Kernbohrungen (Nov 2005 – Feb. 2006)
Grundwasser	Hydraulische Versuche	4 Pumpversuche (Dauer 1h – 1.5 Tage; Nov 2003, März 2004)	1 Kurzpumpversuch (Dauer 1h) März 2006 1 Belastungspumpversuch (R4.1)
	Chemische Analyse	20 Grundwasserproben (2 Kampagnen) März-April resp. Juli 2004	31 Grundwasserproben (4 Kampagnen) Sept. 05 – Juli 06
	Grundwasserspiegelmessungen	regelmässige Abstichmessungen und kontinuierliche Aufzeichnungen	
	Isotopenuntersuchungen	3 Wasserproben (Juli 2004)	-
Deponieinhalt	MIP-Sondierungen	-	79 MIP-Sondierungen bis max. 23.7 m
	Bodengasmessungen	-	6 Bodenluftproben
	Kernbohrungen	-	6 Kernbohrungen (Nov. 2006)
	Chemische Analysen Deponiematerial	-	43 Materialproben aus Kernbohrungen und Linerproben

Mitunter stellt der vorliegende Bericht bzw. die ausgewerteten Daten eine wichtige Grundlage für die Gefährdungsabschätzung dar, welche parallel dazu erstellt und in einem separaten Bericht abgehandelt wird.

*Gefährdungs-
abschätzung*

S C + P

2. Hydrogeologische Übersicht

2.1. Historische und geografische Übersicht

Bei der Deponie Rothausstrasse handelt sich um eine zwischen ca. 1936 und 1965 aufgefüllte, rund 300 x 200 m grosse Kiesgrube, in welcher gemäss der historischen Untersuchung [3] in erster Linie Aushub- und Bauschutt und nur sehr wenig Abfälle der chemischen Industrie eingelagert wurden. Heute wird das Gelände im südlichen Teil als Kieslagerplatz der Firma Meyer-Spindler AG genutzt und ist ansonsten überwiegend bewaldet.

*Aushub- und
Bauschuttde-
ponie*

Die durchgeführten Bohrungen im Deponiekörper haben gezeigt, dass die Mächtigkeit der Deponie mehr oder weniger konstant ist und rund 20 – 21 m beträgt, so dass gemäss heutigem Kenntnisstand von einem Gesamtvolumen von rund 1'350'000 m³ ausgegangen werden kann (vgl. Kap. 3). Der Deponieperimeter basiert auf den Annahmen der HU [3] und konnte mit den durchgeführten Sondierungen weitgehend bestätigt werden.

*Deponievvolu-
men*

Die Deponie Rothausstrasse liegt im Industriegebiet nordöstlich des Dorfkerns von Muttenz und befindet sich hydrogeologisch betrachtet am östlichen Rand des Grundwassergebietes von Muttenz. Im ganzen Gebiet werden die Grundwasserverhältnisse massgebend durch die intensive Grundwassernutzung beeinflusst (Entnahmen und Anreicherung). Der Betrachtungsperimeter muss daher weit über den eigentlichen Deponierand gelegt werden, dies nicht zuletzt auch im Hinblick auf die Beurteilung einer allfälligen Grundwasserbeeinträchtigung oder -beeinflussung. Auf eine eingehende Beschreibung der Nutzungs- und Grundwasserverhältnisse wird hier aber aus Platzgründen verzichtet, da diese als bekannt vorausgesetzt werden. Das Untersuchungsgebiet selber beschränkt sich auf das nahe Umfeld rund um die Deponie. Es wird zwischen einem oberen Grundwasserstockwerk im Lockergestein und einem unteren Stockwerk im Hauptmuschelkalk unterschieden.

*Betrach-
tungsperimeter*

Zur Verfeinerung des Messstellennetzes wurden in den Lücken des bestehenden Messnetzes insgesamt 4 neue Bohrungen (R6 bis R9, vgl. Anh. A2) abgeteuft. Diese Bohrungen wurden konzeptgemäss nur zur Erfassung des oberen Stockwerkes bis auf die Schotteruntergrenze bzw. Felsoberfläche abgeteuft.

*neue Bohrun-
gen*

2.2. Geologie

Der Schichtaufbau des Felsuntergrundes ist stark durch eine Horst-Graben-Tektonik geprägt. Die Deponie Rothausstrasse liegt einerseits östlich des ungefähr Nord-Süd verlaufenden, über 1000 m tief eingesunkenen Rheintalgrabens, wo der Felsuntergrund entlang der sog. Rheintalflexur mit der ganzen stratigrafischen Schichtabfolge nahezu senkrecht gestellt wurde. Andererseits befindet sich die Deponie Rothausstrasse am Rande des rund 500 m breiten nordost-südwest-gerichteten Wartenberg-Graben, in welchem der Felsuntergrund um mehr als 100 m abgesenkt wurde.

Grabenstruktur

Generell fallen im Gebiet von Muttentz die (tektonisch nicht beanspruchten) Gesteinsschichten mit leichter Neigung nach Süden ein. Entsprechend besteht der oberste Felsuntergrund im Norden aus älteren Gesteinen als im Süden. Der Hauptmuschelkalk (HMK) erstreckt sich vom Rhein ungefähr bis ins Gebiet des Rangierbahnhofs. Von dort bis ungefähr zum Dorfzentrum wird er von Trigonodus-Dolomit überlagert. Südlich und südwestlich davon stehen schliesslich Keupermergel an.

Felsuntergrund

Die Felsoberfläche liegt im südlichen Betrachtungsgebiet bis zum Bereich der Gleisanlagen im Mittel in einer Tiefe von rund 15-20 m u.T., entsprechend einer Kote von rund 260-270 m ü.M. Sie fällt generell in nördliche Richtung ab und befindet sich nördlich der Gleisanlagen bereits rund 30-40 m unter der Terrainoberfläche (ca. 240-250 m ü.M.). Die Felsoberfläche weist aber im Detail eine komplexe Struktur mit zahlreichen „Löchern“ oder „Senken“ auf, welche in engem Zusammenhang mit der Grabenstruktur und vermutlich auch mit alten Karst- und Verwitterungserscheinungen stehen.

Felsoberfläche

Über dem Fels wurde in den Bohrungen oft eine meist geringmächtige, lehmig-kiesige Übergangsschicht erbohrt welche sich zwischen der eigentlichen Felsoberfläche und dem darüber liegenden sandig-kiesigen Niederterrassen-Schotter befindet². Zuerst liegen in der Regel geringmächtige und feinkörnige Deckschichten.

Lockergesteine

2.3. Hydrogeologie

Die Grundwasserverhältnisse im Betrachtungsgebiet sind im Anhang A2 in einer Grundwasserkarte mit Darstellung der Fliessverhältnisse am 18.12.2006 bei hohem Mittelwasserstand veranschaulicht. Dieser Wasserstand kann als repräsentativ für einen normalen Grundwasserzustand betrachtet werden, so

*Fliessverhältnisse am
18.12.2006*

² Im Bereich der Deponie Rothausstrasse kann keine Übergangsschicht festgestellt werden und der Schotter liegt i.d.R. direkt der Felsoberfläche auf. Vereinzelt wurden aber an der Schotterbasis noch Relikte eines alten Bodenhorizontes erbohrt.



wie er bei „Normalbetrieb“ der Grundwasseranreicherung der Hardwasser AG während der überwiegenden Dauer des Jahres vorherrscht [12].

Die natürlichen Fliessverhältnisse in Grundwassergebiet von Muttenz werden durch die intensive Grundwassernutzung bzw. Grundwasseranreicherung und -entnahmen (Hardwasser AG, Industrie Schweizerhalle, vgl. Gebiet Hard) grossräumig derart verändert, dass es zu einer dauerhaften Ausbildung eines „Grundwasserberges“ im Gebiet Hard und zu „Grundwassersenkungen“ sowohl im Gebiet Hard als auch Schweizerhalle kommt. Dieser „Grundwasserberg“ lässt sich im Isohypsenbild in Anhang A2 im Hardwald als markantestes Element im nördlichen Grundwassergebiet deutlich erkennen. Dieser fällt sowohl nach Westen wie nach Osten mehr oder weniger gleichmässig ab. Nach Süden hingegen bildet sich eine Art „Hochzone“, welche mit flachem Gefälle über die Deponie Feldreben verläuft und bei der Deponie Margelacker mit leichtem Gegengefälle wieder ansteigt. Beidseits dieser „Hochzone“ lässt sich jeweils auf einem vergleichsweise schmalen Streifen ein relativ steiles Gefälle des Grundwasserspiegels feststellen. Nach diesen Gefällsstufen liegen wieder ausgesprochen flache Fliessverhältnisse vor, insbesondere auch im Bereich der Deponie Rothausstrasse. Dort ist der Grundwasserspiegel allerdings subartesisch gespannt und wird stark durch die Grundwassernutzung der Brauchwasserfassungen Schweizerhalle beeinflusst, durch welche regelmässige (wöchentliche) Schwankungen der Grundwasserspiegellage verursacht werden.

*genereller
Überblick*

Der Grundwasserleiter (Aquifer) wird im südlichen Grundwassergebiet von Muttenz durch den geklüfteten, rund 50-60 m mächtigen Hauptmuschelkalk (untergeordnet Trigonodusdolomit) gebildet. Das HMK-Grundwasser zirkuliert dabei in verschiedenen Tiefenlagen hauptsächlich innerhalb von meist geringmächtigen stark wasserführenden Horizonten und offenen Klüften (Kluft- und Karstaquifer). Innerhalb des Hauptmuschelkalk-Aquifers besteht sowohl lateral als auch vertikal praktisch überall eine durchgehende hydraulische Verbindung. In nördlicher Richtung (Gebiet Hard) tritt das Grundwasser in den Niederterrassenschotter über.

*Grundwasser-
leiter*

Im Grundwassergebiet sind ausserdem einzelne "Grundwasser-Inseln" vorhanden, nämlich dort, wo die Felsoberfläche hoch liegt und gut durchlässiger Felsuntergrund aus Hauptmuschelkalk oder Trigonodusdolomit gänzlich fehlt. Diese werden vom HMK-Grundwasser weitgehend umströmt, so dass dort praktisch kein oder höchstens wenig Grundwasser zirkuliert. Solche Bereiche befinden sich einerseits unmittelbar westlich und nordöstlich der Deponie Feldreben und andererseits im westlichen Teilbereich der Deponie Margelacker (vgl. Anhang A2).

*"Grundwasser-
Inseln"*



Bei der Deponie Rothausstrasse liegen zwei Grundwasserstockwerke vor, ein geringmächtiges und wenig ergiebiges, oberes Stockwerk im Lockergestein und ein unteres Stockwerk im genutzten HMK-Hauptgrundwasserleiter. Im oberen Stockwerk fliesst das Grundwasser entlang schmaler Vertiefungen und Rinnen in der Felsoberfläche in verschiedenen Richtungen und entwässert generell nach Norden. Demgegenüber fliesst das Grundwasser im unteren HMK-Stockwerk mit ausgesprochen flachem Gefälle von SW nach NE. Demzufolge liegt der Zustrombereich im unteren Stockwerk im SW, während er im oberen Stockwerk entlang des südlichen und südöstlichen Deponierandes zu suchen ist. Demgegenüber ist der Abstrombereich für beide Stockwerke im Norden bis Nordosten der Deponie zu lokalisieren.

*Zu- und
Abstrombe-
reich Rothaus-
strasse*



3. Hydrogeologische Felduntersuchungen

3.1. Angetroffene Untergrundverhältnisse (Bohrungen)

Sondierarbeiten

Die genauen Sondierstandorte waren bereits im Pflichtenheft bestimmt worden³. Zusammen mit den Bohrungen im Deponiekörper wurden im Rahmen der 2. Etappe TU insgesamt 10 Bohrungen abgeteuft (vgl. Tabelle 1).

*neue Bohrun-
gen*

Eine erste Serie von vier Bohrungen (R6 bis R9) wurde im Winter 2005/06 mehr oder weniger rund um die Deponie ausgeführt (3 im Abstrom- und 1 im Zustrombereich) und dienten ausschliesslich zur Erkundung des oberen Stockwerkes. Sie wurden dementsprechend „nur“ gerade bis in den Fels abgeteuft (rund 25 m u.T.). Alle diese Bohrungen wurden anschliessend als neue Grundwasserentnahmestellen für das obere Stockwerk ausgebaut.

*Grundwasser-
messstellen*

Eine zweite Serie Bohrungen wurde zur Erkundung des Deponieinhaltes im Herbst 2006 abgeteuft (KB-R-06/01 bis KB-R-06/06). Diese Bohrungen liegen alle im Deponiebereich und wurden aufgrund der Ergebnisse der MIP-Sondierungen platziert (vgl. Kap. 4.2). Diese Bohrungen reichten wiederum alle bis in den Felsuntergrund und liefern daher für die Interpretation der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse ebenfalls wichtige Erkenntnisse. Nachfolgend wird bei diesen Bohrungen vorerst aber nur auf die (natürli-

*Bohrungen
Deponieinhalt*

³ Die Platzierung erfolgte zur Erfassung der lokalen Fliessverhältnisse in denjenigen Bereichen, in denen noch Datenlücken bestanden, und aufgrund von überschlagsmässigen Abschätzungen des Anstrombereiches [8]

chen) Untergrundsverhältnisse eingegangen; die Beschreibung des erbohrten Deponiematerials erfolgt in Kap. 4.4.

Die detaillierten Sondierprotokolle inkl. einer Fotodokumentation sind in Beilage B1 enthalten. Gestützt auf die Sondierergebnisse (inkl. Bohrungen der 1. Etappe) können die Untergrundsverhältnisse wie folgt beschrieben werden (vgl. auch hydrogeologische Profile im Anhang A3):

Sondierprotokolle

S C + P

Tektonik

Die Deponie Rothausstrasse liegt unmittelbar nordwestlich des Wartenberg-grabens, welcher einen vertikalen Versatz von rund 120 m aufweist (vgl. Anhang A1). Ungefähr parallel zum Wartenberg-Graben verläuft mindestens eine weitere tektonische Teil-Störung in nordöstlich-südwestlicher Richtung, bei welcher die nördliche Scholle tektonisch höher liegt. Anhand der zahlreichen Bohrung konnte der mutmassliche Verlauf einigermaßen genau festgelegt werden (vgl. Situationsplan in Anh. A4a). Der Versatz beträgt rund 5 - 10 m und nimmt vermutlich sukzessive nach SW bis auf Null ab, so dass höchstwahrscheinlich im SE der Deponie wieder tektonisch ungestörte Verhältnisse vorliegen (vgl. Profile in Anh. A3).

nordöstlich-südwestlich verlaufende tektonische Teil-Störung

Durch diese Grabenstrukturen und der generellen Neigung der Felsschichten nach SE steht im südöstlichen Deponieteil hauptsächlich Keupermergel (Gipskeuper) an der Felsoberfläche an, während im nordwestlichen Deponieteil stratigrafisch tiefere Schichten aus Lettenkohle anstehen (vgl. Anh. A4a). Weiter nordwestlich der Deponie, d.h. ausserhalb der Störungzone besteht der Felsuntergrund aus Trigonodusdolomit. Diese unterschiedliche Felsbeschaffenheit dürfte vermutlich auch massgeblich für die Morphologie der Felsoberfläche verantwortlich sein, indem dadurch härtere Gesteine verwitterungsresistenter sind und dadurch unterirdische Felsriegel gebildet werden (vgl. unten).

wechselnde Felsbeschaffenheit

Lockergesteine

Ausser von den bewusst in den Deponiekörper abgeteuften Bohrungen wurde mit der Bohrung R7 gerade noch knapp der Deponierand erbohrt (Deponiemächtigkeit rund 15 m, vgl. dazu auch Kap. 3.1). In den übrigen Bohrungen ausserhalb des Deponiekörpers wurden überall geringmächtige, d.h. maximal rund ½ bis 1 m mächtige künstliche Auffüllungen aus überwiegend siltigem Kies angetroffen.

künstliche Auffüllungen

Unter den künstlichen Auffüllungen steht bis in eine Tiefe von rund 20–25 m u.T. sandig-kiesiger Niederterrassenschotter an. Da feinkörnige Deckschichten fehlen, beträgt die Mächtigkeit ausserhalb der Deponie ebenfalls rund 20–25 m. In der Regel handelt es sich um einen homogenen, meist schwach siltigen bis sauberen Kies mit reichlich Sand. Dazwischen sind z.T.

Niederterrassenschotter

einzelne bis mehrere rund 1 m mächtige kiesarme Sandschichten oder -linsen eingeschaltet.

Unter dem Niederterrassen-Schotter wurde vereinzelt ein alter Bodenhorizont angetroffen (R8, R9), welcher aus braunem, siltigem Kies besteht. Ansonsten folgte in allen Sondierungen unter dem Schotter direkt die Felsoberfläche.

Alter Bodenhorizont

Felsoberfläche

Der Verlauf der Felsobergrenze (i.d.R. = Schotteruntergrenze) ist in Anhang A4a als Isolinien-darstellung veranschaulicht. Daraus wird ersichtlich, dass sich ungefähr im mittleren Deponiebereich bzw. leicht nördlich davon, ein ca. SW-NE-verlaufender und leicht abfallender Felsrücken befindet (ca. Kote 259 – 260 m ü.M. Dieser Felsrücken besteht lithologisch aus Lettenkohle, welcher hier meist als kompakter kalkiger und dolomitscher Mergel auftritt. Vermutlich handelt es sich dabei um die oben erwähnte Teilverwerfung.

Felsrücken im zentralen Deponiebereich

Südlich dieses Felsrückens liegt die Felsoberfläche rund 3 – 4 m tiefer und bildet eine im Gipskeuper liegende Felsmulde oder -rinne, welche bis auf eine Kote von rund 256 m ü.M. reicht. Diese erstreckt sich sowohl in südwestliche, südöstliche als auch nordöstliche Richtung fort. Ob es sich dabei tatsächlich um eine vollständig zusammenhängende Felsmulde handelt, oder ob es mehrere kleinere Mulden sind, ist unklar. Ebenso ist die nördliche Fortsetzung nicht eindeutig bestimmt. Auf jeden Fall liegt der tiefste Muldenbereich unter dem Grundwasserspiegel, so dass dort die Grundwassermächtigkeit entsprechend dem Felsverlauf am grössten ist (vgl. unten).

Im nordwestlichsten Teil der Deponie liegt die Felsoberfläche relativ flach auf einer mittleren Kote von rund 258 m ü.M. Unmittelbar nördlich davon, fällt die sie allerdings relativ steil bis auf eine Kote von rund 253-254 m ü.M. ab.

Felsgesteine

Im Rahmen der 2. Etappe TU wurden der Felsuntergrund mit den Bohrungen nur unwesentlich aufgeschlossen. Dadurch ist eine eindeutige stratigrafische Zuordnung der erbohrten Felsschichten nicht immer gegeben. Es handelt sich bei allen neuen Bohrungen meist um Mergelgesteine, welche entweder dem Gipskeuper oder der Lettenkohle zuzuordnen sind. Es wird hier auf eine eingehende Beschreibung verzichtet und auf den Bericht der 1. Etappe verwiesen.



3.2. Grundwasserverhältnisse

3.2.1. Grundwasservorkommen und Fliessverhältnisse

Entsprechend den oben dargestellten geologisch-tektonischen Untergrundverhältnisse sind im Deponiebereich zwei verschiedene Grundwasserstockwerke vorhanden, ein oberes im Lockergestein und ein unteres im Hauptmuschelkalk.

Hauptgrundwasserleiter

Oberes Grundwasserstockwerk im Lockergestein

Das obere, wenig ergiebige Stockwerk ist durch eine rund 5 - 10 m mächtige schlecht durchlässige Schicht (meist Keuper und/oder Lettenkohle) vom unteren getrennt und liegt vollständig im Niederterrassen-Schotter. Der Grundwasserspiegel liegt i.d.R. nur wenig über der Felsoberfläche und zeigt im Jahresverlauf praktisch keine Schwankungen. Es handelt sich deshalb um ein relativ isoliertes Grundwasservorkommen. Die randliche Abgrenzung wird durch den Verlauf der Felsoberfläche (Vertiefungen) bestimmt. Unter Berücksichtigung früherer Sondierergebnisse und den durchgeführten Grundwasserspiegelmessungen kann der Felsverlauf und damit die mutmassliche Ausdehnung des oberen Stockwerkes ungefähr abgeschätzt werden (vgl. Beilage A3d). Dabei zeigt sich, dass hervorgerufen durch die SW-NE-verlaufende Felsrippe im mittleren Bereich der Deponie Rothausstrasse ein "isoliertes" Grundwasserbecken zustande kommt, welches mehrheitlich den südöstlichen Deponiebereich vollständig umfasst und sich nach Nordwesten mindestens bis zur Entnahmestelle R5 erstreckt.

oberes Grundwasserstockwerk

Der Zufluss und damit auch der Zustrombereich zur Deponie Rothausstrasse erfolgt vermutlich aus zwei verschiedenen Seiten, und zwar sowohl aus dem südöstlichen als auch aus dem südwestlichen Randbereich. Während der südwestliche Zufluss durch genügend Messstellen belegt ist, besteht beim südöstlichen Zufluss mangels Bohrungen eine etwas grössere Unsicherheit. Es handelt sich dabei aber mengenmässig nur um einen bescheidenen Zufluss, welcher in erster Linie durch die Niederschlagsversickerung alimentiert wird.

Zustrombereich

Das lokale Vorkommen wird durch die unterirdische Felsrippe gestaut und entwässert dadurch hauptsächlich nach Nordosten. Es fliesst daher im nordöstlichen Deponiebereich aus dem Deponieperimeter heraus, so dass sich dort der eigentliche Abstrombereich der Deponie im oberen Stockwerk befindet (R4.2, R5, R9). Allerdings ist es auch möglich, dass ein gewisser Anteil des Grundwassers über die Schwelle abfliesst und so den nordwestlichen Deponiebereich erreicht. Die abgeteuften Bohrungen zeigen aber, dass dies höchstens in untergeordnetem Mass der Fall sein kann, und im nordwestlichen Deponiebereich (sowie auch nördlich davon) praktisch kein Grundwasser im oberen Stockwerk vorhanden ist. Lokal kann sich zwar wenig Wasser ansammeln (z.B. R2, R3), überwiegend ist der Schotter aber bis zur Felsober-

Abstrombereich



fläche trocken (z.B. R7, KB-R-06/01) bzw. liegt der Grundwasserspiegel unter der Felsoberfläche (z.B. R6).

Wohin das Grundwasser ausserhalb der Deponie weiter fliesst, kann nicht genau prognostiziert werden, grundsätzlich ist aufgrund der Felstopografie sowohl ein Abfliessen in nordöstliche wie auch nordwestliche Richtung denkbar. Aufgrund der tektonischen Situation keilt das obere Stockwerk dort in beide Richtungen aus, da die Felsoberfläche wieder durch den Hauptgrundwasserleiter gebildet wird. Das Grundwasser entwässert schliesslich vermutlich diffus vom oberen ins untere Stockwerk, wobei dies höchstwahrscheinlich zusätzlich auch über subvertikale Störungszonen möglich ist.

*weiterer
Abstrombe-
reich*

S C + P

Unteres Grundwasserstockwerk im Hauptmuschelkalk

Das tiefere, ergiebigeres Stockwerk zirkuliert im Trigonodusdolomit und Hauptmuschelkalk (HMK-Grundwasser). Diese Gesteinsschichten werden im östlichen Bereich der Deponie durch den als Stauer wirkenden Wartenberg-Graben begrenzt (vgl. geologisches Profil in Anh. A3b). Nach Norden und Westen setzen sich sie allerdings mehr oder weniger ungestört fort, wo sie den Grundwasserleiter (Aquifer) des Hauptgrundwasservorkommens von Muttenz darstellen⁴. Die nächstgelegenen Fassungen sind die Brauchwasserfassungen der Industrie Schweizerhalle. Ein Abströmen zu den Trinkwasserfassungen der Hardwasser AG und/oder der Gemeinde Muttenz ist aufgrund der hydrogeologischen Situation nicht gegeben.

*tieferes
Grundwasser-
stockwerk*

Im tieferen Stockwerk betragen die jahreszeitlichen Schwankungen rund 1-2 m [12]. Dadurch, dass der Grundwasserspiegel im südlichen Deponiebereich subartesisch gespannt ist (vgl. hydrogeologisches Profil, Anh. A3), wirken sich deshalb Druckveränderungen sehr rasch und weiträumig aus. Der Zuströmbereich liegt entsprechend dem Isohypsenbild in Anhang A2a im Südwesten der Deponie. Unter normalen Bedingungen ist der Druckunterschied zum nordöstlichen Abstrombereich sehr klein und beträgt weniger als ca. 0.3 m. Daraus resultiert ein ausgesprochen flaches Gefälle des Grundwasser(druck)spiegels von nur gerade 1-2‰.

*Zu-, Abstrom-
bereich*

3.2.2. Jahreszeitliche Schwankungen

In der Tabelle 3 sind die massgebenden Grundwasserstände (Niedrig-, Mittel- und Hochwasserstand) angegeben. Diese wurden vor allem gestützt auf die kontinuierlichen Pegelaufzeichnungen [12] sowie einzelne Stichtagsmessungen hergeleitet.

*Grundwasser-
stände*

⁴ Stellenweise wirkt auch die über dem Trigonodusdolomit liegende Lettenkohle als Grundwasserleiter. Im Bereich der Deponie Rothausstrasse ist dies nur untergeordnet der Fall.



Tabelle 3: massgebende Grundwasserstände (Rothausstrasse)

Bohrung		Datenbasis	NW	MW	HW
Feld	Kant.-Nr.		[m ü.M.]	[m ü.M.]	[m ü.M.]
Unteres Grundwasserstockwerk					
R1	21.P.45	Pegelschreiber	249.8	251.4	252.7
R4.1	21.P.48	Pegelschreiber	249.7	251.4	252.7
	21.J.004	rund 120 Einzelmessungen	249.9	251.4	252.7
Oberes Grundwasserstockwerk					
R2	21.P.46	26 Einzelmessungen	258.6	258.7	258.9
R3	21.P.47	26 Einzelmessungen	255.6	256.4	256.9
R4.2	--	25 Einzelmessungen	256.7	257.0	257.6
R5	21.P.49	26 Einzelmessungen	258.5	258.7	259.2
R6	21.P.60	1 Einzelmessung	(253.2)*		
R7	21.P.59	Kein Grundwasser angetroffen			
R8	21.P.61	4 Einzelmessungen	261.5	261.6	261.7
R9	21.P.62	4 Einzelmessungen	259.0	259.2	259.4

Die jahreszeitlichen Schwankungen sind anhand der Abbildung 1 veranschaulicht, welche einerseits die kontinuierlich aufgezeichneten Grundwasserstände im unteren Stockwerk und andererseits die Handmessungen der Bohrungen im oberen Stockwerk darstellt.

jahreszeitliche Schwankungen

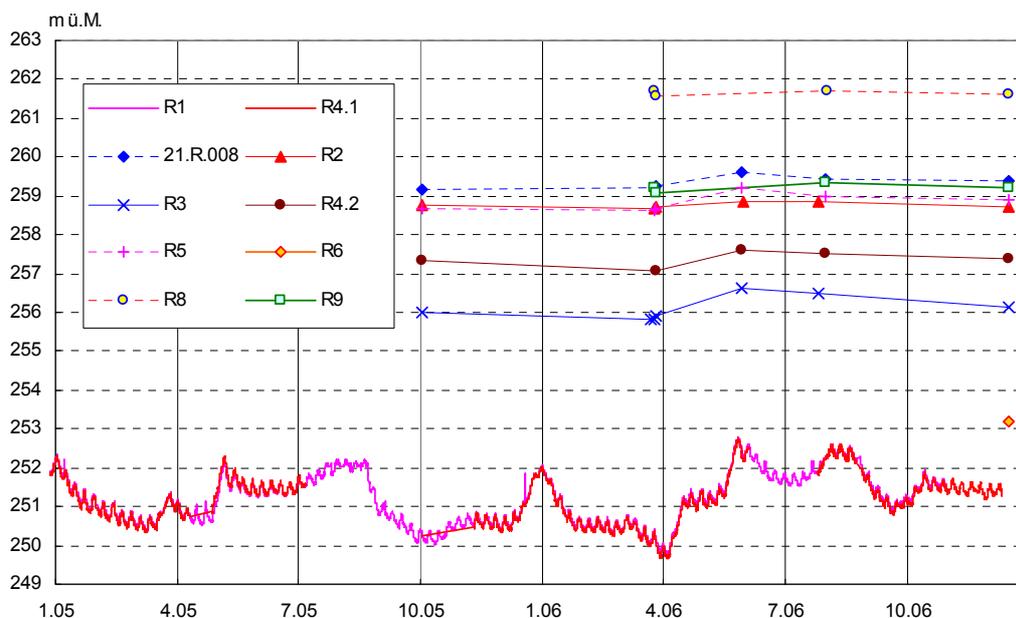


Abbildung 1:
 Ganglinien des Grundwasser-
 spiegels
 2005 – 2006
 (Monat.Jahr)



Der Grundwasserspiegel ist im Umfeld der Deponie Rothausstrasse massgeblich durch die Grundwasserentnahme der Industriebrunnen Schweizerhalle beeinflusst. Dies belegen die Grundwasserspiegeldaten (R1, R4.1), welche eine auffällige, zackige Ganglinie mit einer Frequenz von rund einer Woche aufweisen und auf den (enormen) Pumpbetrieb der Brauchwasserfassungen Schweizerhalle zurückzuführen sind⁵. Die wöchentliche Amplitude des Grundwasserspiegels beträgt rund 0.5 m, während die Differenz der Extremwerte der Ganglinie über die gesamte Messperiode gesehen knapp 3 m beträgt. Wie aus der Abb. 1 hervorgeht sind die Grundwasserstände im Sommerhalbjahr generell rund ½ bis 1½ m höher als im Winterhalbjahr.

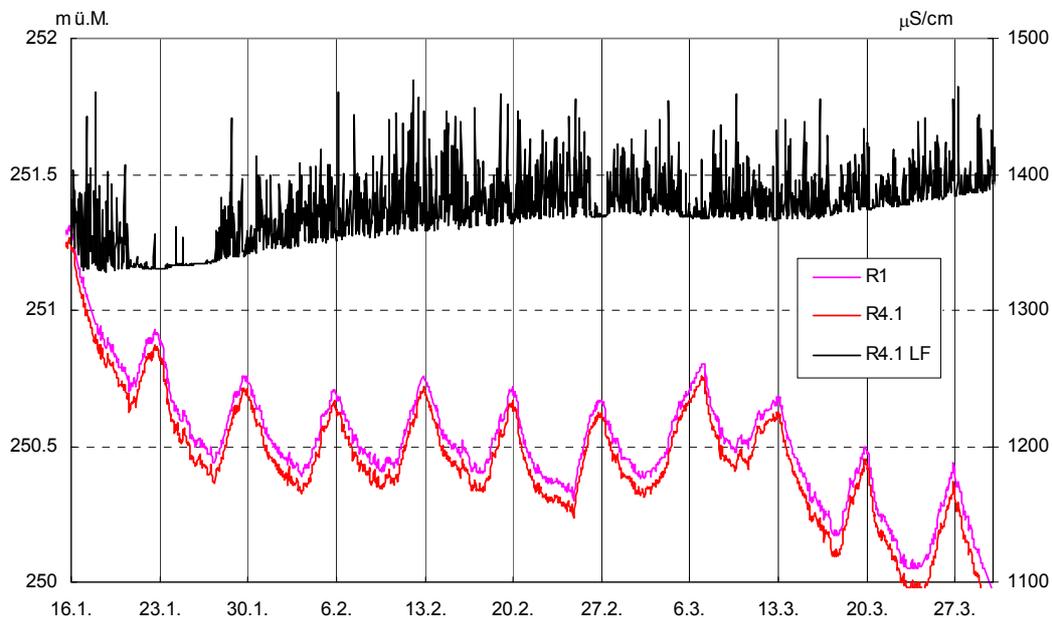


Abbildung 2:
Ganglinien
Unteres
Stockwerk
(16.1. –
30.3.06)

Erwähnenswert ist, dass die elektrische Leitfähigkeit (bei R4.1) im Vergleich zu den anderen Messstellen ein sehr unruhiges Bild zeigt (vgl. Abb. **Abbildung 2**). Innerhalb von sehr kurzer Zeit, d.h. teilweise von Messwert zu Messwert (Zeitintervall von 2 bis 4 Stunden), treten Schwankungen von 10 bis über 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf. Dies deutet auf eine Mischung von zwei unterschiedlich stark mineralisierten Wässern hin, welche vermutlich durch die oben beschriebenen Pumpaktivitäten verursacht wird. Auffallend dabei ist, dass dieser Schwan-

*Elektrische
Leitfähigkeit*

⁵ Bei der 1. Etappe TU [7] wurde noch ein Zusammenhang mit dem Pumpbetrieb des Kieswerkes in Betracht gezogen. Nach näherem Studium der hydrologischen und geologischen Grundlagen (auch weiter entfernter Messstellen) hat sich gezeigt, dass der Pumpbetrieb Schweizerhalle den Grundwasserspiegel weiträumig beeinflusst, so also auch im Bereich der Deponie Rothausstrasse.

kungsbereich einen relativ klaren unteren Grenzverlauf aufweist, auf dem sich die kurzfristigen Schwankungen unregelmässig nach oben überlagern.

Im oberen Stockwerk sind die Schwankungen generell klein und betragen i.d.R. meist weniger als rund ½ m. Bei einzelnen Messstellen wurden bisher sogar noch geringere Schwankungen festgestellt.

Oberes
Grundwasser-
stockwerk



3.3. Pumpversuche

3.3.1. Kurzpumpversuche

Im Anschluss an die Bohrkampagne war vorgesehen, anfangs März 2006 in allen drei neuen Bohrungen Kurzpumpversuche durchzuführen. Da in den beiden Sondierungen R6 und R7 kein Grundwasser angetroffen wurden, konnte nur im Piezometer R8 ein Kurzpumpversuch gemacht werden.

Versuchs-
durchführung

Tabelle 4: Kurzpumpversuche (Bohrungen Deponie Rothausstrasse)

Bohrung		Dauer (min)	Ruhe- Grw.sp.	Pump- menge	Grw. Mächtigg.	Absenkung	k-Wert
Bez.	Datum		[m u.T.]	[l/min]	[m]	[m]	[m/s]
R6	Kein Grundwasser angetroffen						
R7	Kein Grundwasser angetroffen						
R8	08.03.06	30	21.10	25	0.2	0.18	3.2E-02

Bemerkung: Die Berechnung des K-Werts erfolgte unter der vereinfachten Annahme von stationären homogenen Bedingungen. Aufgrund der vollständigen bzw. instationären Absenkung sind die angegebenen Werte deshalb nur als Grössenordnung zu verstehen.

Der ermittelte K-Wert beträgt rund 3×10^{-2} m/s und widerspiegelt die gute Durchlässigkeit des Schotters

K-Wert

3.3.2. Belastungspumpversuche

Versuchsdurchführung

Zur Erweiterung des Entnahmebereiches im HMK-Grundwasser war gemäss Pflichtenheft [8] bei der Bohrung R4.1 ein sog. Leistungs- oder Belastungspumpversuch vorgesehen. Dieser konnte mit einer gleichzeitig laufenden Sanierung eines alten Schadensfalls, bei welchem Öl aus dem SBB-Gelände in den Untergrund gelangte⁶, kombiniert werden. Dadurch konnte ein längerer

Sanierungsfall
bei R4.1

⁶ Es handelt sich dabei um einen früheren Öl-Schadensfall aus dem Jahre 1971 (westlich der Lokremise, nahe bei 21.J.4), welcher zwar seinerzeit teilsaniert wurde, sporadisch aber immer noch zu lokalen Verunreinigungen führt. Aufgrund der erneut festgestellten Verunreinigungen im



dauernder Pumpbetrieb als nur die vorgesehenen 2-3 Tage ermöglicht werden.

Der für den Schadensfall vorgesehene Pumpbetrieb dauerte rund 13 Tage (vom 6. – 19.6.2006) und konnte für den vorgesehenen Belastungspumpversuch noch um 2 Tage (bis 21.6) verlängert werden. Während der insgesamt rund 15 Tage wurde aus dem Entnahmebrunnen R4.1 eine konstante Pumpenleistung von rund 350 l/min abgepumpt. Gesamthaft wurden so rund 7'500 m³ Wasser gefördert, wobei Proben nur zu Beginn und am Ende des Versuches entnommen wurden (vgl. Tabelle 5). Für die Sanierung wurde parallel zum Pumpbetrieb in R4.1 zusätzlich auch aus der Bohrung R4.2 mit einer konstanten Fördermenge von rund 5 l/min gepumpt. Die Feldmessungen für die Weiterführung des Pumpversuches bzw. den „ordentlichen“ Belastungspumpversuch wurden durch die StumpfForatec ausgeführt.

Pumpbetrieb

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Felduntersuchungen zusammengefasst. Die Resultate der Grundwasseranalysen werden in Kap. 5 beschrieben.

Das Versuchsprogramm sowie die durchgeführten Überwachungsmessungen sind in der Tabelle 5 zusammengestellt. Die Aufzeichnungen der gemessenen Grundwasserspiegellagen und Feldparameter (Temperatur, elektrische Leitfähigkeit) während des Sanierungsbetriebes sind im Anh. A2 als Ganglinien-darstellung veranschaulicht. Bei der Verlängerung des Pumpbetriebes für den Belastungspumpversuch wurden jeweils vor Ort beim Entnahmebrunnen in regelmässigen Abständen die Parameter elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, pH-Wert und Sauerstoffgehalt mit Handmessgeräten bestimmt. Diese stimmen gut mit den vorangegangenen Messungen überein, so dass diese nicht mehr explizit dargestellt sind.

Versuchsprogramm

Tabelle 5: Versuchsanordnung Belastungspumpversuch R4.1

Versuchsdauer	6.6 bis 21.6.2006 (total 15 Tage)	
Pumpmenge	R4.1: 350 l/min (15 Tage), R4.2: 5 l/min (13 Tage)	
Feldmessungen	el. Leitfähigkeit, Temperatur (Sanierungsbetrieb) pH, O ₂ -Gehalt (zusätzl. bei Belastungspumpversuch)	
Beobachtungsrohre	R4.1, R4.2 (Handmessungen Grundwasserspiegel)	
Probenahmen	R4.1T1	Bei Versuchsbeginn (6.6.)
	R4.1T2	nach 13 Tagen Pumpdauer (19.6.)
	R4.1T3	nach 15 Tagen Pumpdauer (21.6.)

Mai 2006 wurde in den beiden Entnahmebrunnen R4.1 (unteres Stockwerk) und R4.2 (oberes Stockwerk) während rund 3 Wochen ein Dauerpumpbetrieb zur Abschöpfung des Öls aufrechterhalten. Diese Arbeiten wurden fachlich durch die Holinger AG begleitet. Eine grafische Auswertung der Feldmessungen wurde uns freundlicherweise zur Verfügung gestellt (vgl. Anh. A7) .

Ergebnisse der Feldmessungen

Die Feldmessungen des Belastungspumpversuches (inkl. vorangegangenen Sanierungsbetrieb) zeigen insgesamt keine wesentlichen Veränderungen der Wasserqualität auf. Die elektrische Leitfähigkeit stieg zwar zu Versuchsbeginn um rund 20 – 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ an, was aber angesichts der bereits relativ hohen el. Leitfähigkeit von rund 1320 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nur einer geringen Veränderung entspricht (rund 2%, vgl. Anh. A7). Bereits nach einigen Stunden Pumpbetrieb blieb die elektrische Leitfähigkeit mehr oder weniger bis zum Versuche unverändert (inkl. Belastungspumpversuch). Ebenso zeigten auch der Sauerstoffgehalt und der pH-Wert, welche allerdings nur während den letzten beiden Pumptagen gemessen wurden, keine signifikanten Änderungen.

*Elektrische
Leitfähigkeit*

Die Absenkung des Grundwasserspiegels betrug lediglich wenige cm, was die gute Durchlässigkeit des HMK-Grundwasserleiters bestätigt (vgl. 1. Etappe TU [7]). Die nachfolgende Absenkung um rund 20 cm im Laufe der Woche ist durch den Pumpbetrieb Schweizerhalle verursacht (vgl. Kap. 3.2.2).

*Grundwasser-
spiegel*

Die Entnahmebreite des Absenktrichters betrug aufgrund der guten Durchlässigkeit nur einige wenige Meter. Da aber über eine vergleichsweise grosse Zeitdauer gepumpt wurde, konnte eine repräsentative Probenahme sichergestellt werden. Insbesondere ist damit gewährleistet, dass allfälliges Sickerwasser aus der Deponie Rothausstrasse, erfasst wurde. Allerdings sprechen die geringen Veränderungen in der elektrischen Leitfähigkeit allerhöchstens für eine marginale Zumischung von Deponiesickerwasser.

Mit Hilfe der Belastungspumpversuche wurde der Entnahme- bzw. Zustrombereich der Bohrung vergrößert. Dadurch verändert sich ganz leicht die Beschaffenheit des gefördertem Grundwassers, allerdings aber nur zu Versuchsbeginn und nur in sehr bescheidenem Umfang. Daher sind auch gänzlich neue, bisher unerfasste Sickerwasseranteile sehr unwahrscheinlich (dies wird auch durch die chemischen Analysen bestätigt, vgl. Kap. 5).

*Vergrößerung
Entnahmebe-
reich*

3.4. Zusammenfassende Folgerungen

Aufgrund der oben beschriebenen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse können die wesentlichen Untersuchungsergebnisse insgesamt wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Beschaffenheit des Untergrundes unter und im Umfeld der Deponie Rothausstrasse ist nun recht gut bekannt. Es kann sowohl die Lage der Schotter- und Felsuntergrenze, als auch die Beschaffenheit des Felsuntergrundes einigermassen verlässlich angegeben werden (vgl. Anh. A4):
 - Im südöstlichen Deponieteil besteht der Felsuntergrund aus Mergel des Gipskeupers. Dort bildet die Felsoberfläche eine Felsmulde, welche im untersten Bereich mit Grundwasser gefüllt ist.

*Beschaffenheit
des Untergrundes*

*südöstlicher
Deponieteil*



- Im nordwestlichen Deponieteil wird die Felsoberfläche durch Gesteine der Lettenkohle gebildet, wobei eine unterirdische Felsrippe ein Abströmen des Grundwassers nach Norden verhindert. *nordwestlicher Deponieteil*
- Bedingt durch die geologisch-tektonischen Untergrundsverhältnisse sind zwei verschiedene Grundwasserstockwerke vorhanden: *zwei Grundwasserstockwerke*
 - Das obere, wenig ergiebige Grundwasservorkommen liegt im Niederterrassenschotter und beschränkt sich vor allem auf den südöstlichen Deponiebereich. Die jahreszeitlichen Schwankungen sind sehr gering und betragen weniger als ½ m. *Oberes Stockwerk*
 - Das untere, ergiebigere Stockwerk liegt im Hauptmuschelkalk bzw. Trigonusdolomit und wird durch eine rund 5 -10 m mächtige Schicht aus Gipskeuper und/oder Keupermergel vom oberen Stockwerk getrennt. Dadurch ist der Grundwasserspiegel subartesisch gespannt. Die Grundwasserspiegellage wird durch den Pumpbetrieb der Brauchwasserfassungen Schweizerhalle beeinflusst und verursacht regelmässige Schwankungen mit einer wöchentlichen Amplitude von rund ½ m. *Unteres Stockwerk*
- Der Abströmbereich der Deponie Rothausstrasse befindet sich nordöstlichen Bereich der Deponie, wo das obere Stockwerk nach Norden abfließt. Von dort entwässert das Grundwasser diffus und/oder über subvertikale Störungszonen schliesslich ins untere Stockwerk. *Abströmbereich*
- Mit dem bestehenden Grundwasserüberwachungs- und Messnetz (Bohrungen) kann der Abstrombereich der Deponie Rothausstrasse sowohl im unteren als auch oberen Stockwerk repräsentativ erfasst werden. *repräsentatives Überwachungsnetz*



4. Deponieinhalt

4.1. Überblick der Felduntersuchungen

Zur Erkundung des Deponie-Inhaltes wurden zahlreiche Feld- und Laboruntersuchungen durchgeführt (vgl. Tab. 1). Diese wurde gestaffelt und jeweils angepasst an die vorangegangenen Untersuchungsergebnisse aufgeführt. In einem ersten Schritt wurden der Deponieperimeter mittels sog. MIP-Sondierungen (MIP = Membrane-Interface-Probe) rasterförmig untersucht (ca. 30 x 30 m). Anschliessend wurde das Beprobungsnetz an relevanten Stellen verdichtet, um einerseits unterschiedlich belastete Bereiche besser ausscheiden zu können und andererseits die nachfolgenden Probenahmestellen genauer platzieren zu können.

MIP-Sondierungen

In einem zweiten Schritt wurden an den mittels MIP-Sondierungen lokalisierten hot-spots Bodengasproben und sog. Linerproben (Materialproben aus Rammkernbohrung) aus ausgewählten Tiefenlagen entnommen. Die Material- und Bodenluftanalysen wurden entsprechend dem Pflichtenheft auf ihren Schadstoffgehalt hin untersucht.

Linerproben

In einem dritten Schritt wurden schliesslich noch 6 Kernbohrungen an ausgewählten Stellen abgeteuft, um einerseits gezielt weitere Materialproben entnehmen zu können und um andererseits durchgehende vertikale Aufschlüsse durch den Deponiekörper zu erhalten. Ausserdem sollte mit den Kernbohrungen auch Klarheit über die Deponiemächtigkeit bzw. Tiefenlage der Deponiesohle geschaffen werden. Zur Erfassung der Grundwasserspiegellage wurden zwei der sechs Bohrungen als Grundwasserentnahme- und Messtellen ausgebaut (KB-02 und 06).

Kernbohrungen

Die MIP-Sondierungen sowie die Entnahme der Liner- und Bodengasproben erfolgte durch die Firma geo-log GmbH in Braunschweig (DE). Die Feldarbeiten sowie insbesondere die Festlegung der Sondier- und Entnahmestellen erfolgten in enger Zusammenarbeit mit uns. Eine ausführliche Dokumentation der Feldarbeiten sowie deren Untersuchungsergebnisse ist in einem separaten Bericht [14] gegeben⁷. Im Folgenden wird die wesentlichen Erkenntnisse daraus, welche für die altlastenrechtliche Beurteilung von Bedeutung sind, wiedergegeben.

*separater
Bericht geo-log*

4.2. MIP-Sondierungen

Methodik

Die MIP-Sondiertechnik erlaubt eine halbquantitative Bestimmung von Schadstoffen in einem kontinuierlichen Tiefenprofil. Dabei wird ein Rammgestänge, welches an der Spitze mit einer speziellen Sonde ausgerüstet ist, fortdauernd in den Untergrund eingerammt. Die Sonde erhitzt das Umfeld mit einem Heizblock auf maximal 125°C, so dass die im Wasser gelösten oder die an die Bodenmatrix sorbierten, verdampfbaren Verbindungen mobilisiert und anschliessend über eine hydrophobe Polymembran adsorbiert und in das Innere der Sonde überführt werden (vgl. Abb. 5). Nach der Diffusion durch die Membran verteilen sich die Schadstoffe im vorbeiströmenden ultrareinen Trägergas (Stickstoff, Flussrate i.d.R. 40 ml/min).

Sondiertechnik

⁷ Detaillierte Angaben zur Messtechnik, Probenahme und Datenaufbereitung sowie der durchgeführten QS-Massnahmen können daraus entnommen werden.



Das schadstoffbeladene Gas wird online im Feld mittel 3 Detektoren eines Gaschromatographen, welcher im Messwagen neben der Sondierung untergebracht sind, als „Gesamtstoff-Summenparameter“ halbquantitativ gemessen. Zur Messung werden ein Photo-Ionisations-Dedektor (PID), ein Flammen-Ionisation-Detektor (FID) und ein „Dry Electronic Conductivity Dedektor“ (DELCD) eingesetzt (vgl. Beispiel einer aufbereiteten MIP-Sondierung in Abb. Abbildung 3).

Gaschromatograph

S C + P

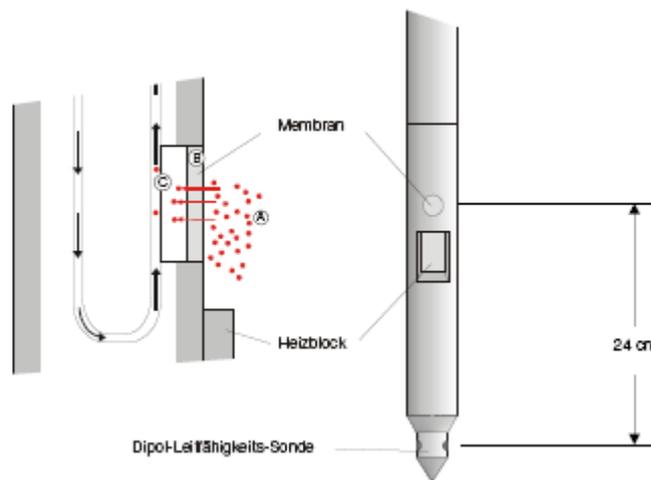


Abbildung 3:
Schematische Darstellung der MIP-Sondierung (aus [14])

Diese drei Detektoren haben unterschiedliche Nachweisempfindlichkeiten für organische (leichtflüchtige) Schadstoffe. Im PID werden die meisten aromatischen Verbindungen (Benzol, Toluol, Xylol, etc.) und zahlreiche andere Verbindungen (H_2S , Hexan, Ethanol, CKW) detektiert. Der FID detektiert Moleküle mit einer C-H Bindung (generell: leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe), jedoch nicht oder nur eingeschränkt Verbindungen wie H_2S , CCl_4 oder NH_3 . Der DELCD detektiert nur halogenierte Verbindungen und erlaubt dadurch eine zuverlässige Interpretation, ob es sich bei Kohlenwasserstoff-Signalen, die durch den FID oder PID identifiziert wurden, um halogenierte Verbindungen wie z.B. CKW handelt oder nicht.

Nachweisempfindlichkeiten

Zusätzlich erfolgt eine Messung der elektrischen Leitfähigkeit über eine Dipol/Dipol-Anordnung, welche Rückschlüsse über die Beschaffenheit des Untergrundes erlaubt (Unterscheidung von Schlämmen, Lehm, Sand oder Kies).

elektrische Leitfähigkeit

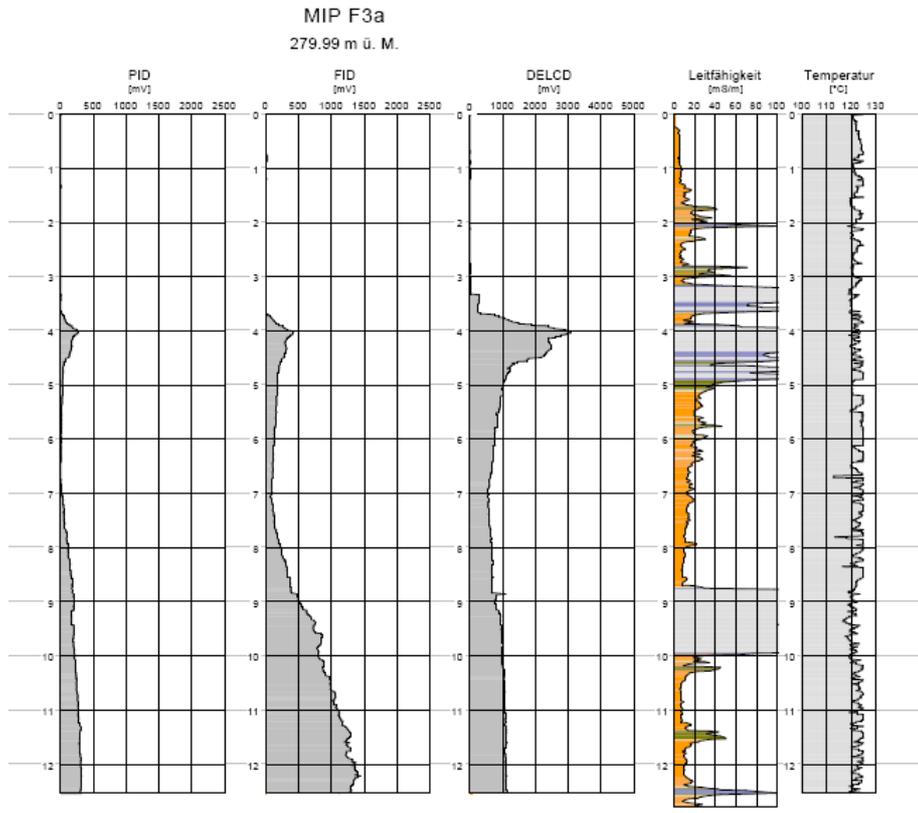


Abbildung 4:
Beispiel einer MIP-
Sondierung
(aus [14])

SC + P

Untersuchungsergebnisse

Die Sondierungsarbeiten wurden im Zeitraum vom 2.5. bis 25.8.06 in mehreren Kampagnen ausgeführt. Insgesamt wurden 79 MIP-Sondierungen mit Tiefen zwischen 1.3 und maximal 23.7 m ausgeführt (vgl. Sondierstellen in Anh. A5, mittlere Sondiertiefe rund 15 - 20 m). Sämtliche MIP-Sondierungen wurden durch die geo-log GmbH eingemessen und nivelliert. Die Untersuchungsergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

92 MIP-
Sondierungen

Mit Hilfe der MIP-Sondierungen kann die Untergrenze der Deponie erkundet werden, und zwar entweder durch das Anstehen der Sonde (im kiesigen Untergrund oder Fels) oder durch einen markanten Wechsel in den aufgezeichneten Signalen (Leitfähigkeit, FID, PID, DELCD). Im vorliegenden Fall stimmt die aus den MIP-Sondierungen ermittelte Deponiesohle nur teilweise mit den Bohraufschlüssen der Deponiebohrungen übereinstimmt. Es ist anzunehmen, dass die Deponiesohle nur mit den tiefer reichenden MIP-Sondierungen erreicht wurde (vgl. Kapitel 4.4 sowie die Darstellung der Deponiemächtigkeit in Anh. A4). Gemäss den MIP-Sondierungen liegt die Deponiesohle mehrheitlich auf einer Kote von meist rund 260 – 265 m ü.M. Die drei im Süden der Depo-

Deponiesohle

nie festgestellten rund 30 x 30 m grossen Hochzonen bis auf eine Kote 272 m ü.M. stellen gemäss Bohrbefund aber eindeutig nicht die Deponiesohle dar, sondern sind durch hartgelagertes Deponiematerial oder Blöcke verursacht.

Die ermittelten Leitfähigkeitsdaten lassen sich in drei Gruppen einteilen:

- Leitfähigkeitswerte > 100 mS/cm deuten auf Auffüllmaterial mit hohem Mineralisierungsgrad hin (z.B. Aschen, Elektrolytschlämme). Solche Bereiche wurden nur bei vereinzelt MIP-Sondierungen ermittelt, ohne dass sich ein zusammenhängender Bereich ausscheiden lässt.
- Leitfähigkeitswerte zwischen 35 – 100 mS/cm lassen vor allem auf feinkörniges, d.h. tonig-siltiges (bindiges) Material schliessen. Solche Werte können aber auch durch hausmüllähnliche Ablagerungen hervorgerufen werden. Generell wurde dies bei den meisten Sondierungen im unteren (tiefern) Deponieteil ab einer Tiefe von rund 10 m u.T festgestellt.
- Geringe Leitfähigkeiten unter 35 mS/cm weisen auf nicht bindiges, eher grobkörniges (sandig-kiesiges) Material hin. Solche Bereiche wurden bei den meisten MIP-Sondierungen überwiegend im oberen Deponiekörper bis rund 10 m u.T. lokalisiert.

*Leitfähigkeits-
daten*

Gemäss den Leitfähigkeitsmessungen wäre also der obere Deponieteil bis rund 10 m u.T. überwiegend grobkörnig (sandig-kiesig) und der untere Teil eher feinkörnig (tonig-siltig) zusammengesetzt. Dies konnte allerdings mit den Kernbohrungen im Deponiekörper nicht bestätigt werden (vgl. Kap. 4.4). Die festgestellten Leitfähigkeitsunterschiede könnten demnach vermutlich auch „nur“ durch einen unterschiedlichen Wassergehalt verursacht worden sein.

*Deponieunter-
teilung*

Die detektierten Messsignalen (PID, FID und DELCD) sind in Anhang A5 in einem Situationsplan als Summenwerte pro Sondierung grafisch dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass bei allen drei gemessenen Parameter bei den meisten Sondierungen mehrheitlich geringe, d.h. „unkritische“ Werte unter oder im Bereich der Detektionsgrenze gemessen wurden. Es konnten nur bei vereinzelt Sondierungen deutlich erhöhte Werte ermittelt werden, so dass es sich dabei in allen Fällen um kleinere isolierte „hot-spots“ handelt.

*gleiches Belas-
tungsmuster
bei PID, FID
und DELCD*

Bei den PID-Messungen lassen sich insgesamt vier solcher Bereiche lokalisieren (vgl. Anh. A5-a), die sich einigermassen mit denjenigen der FID-Messungen decken. Demgegenüber beschränken sich die (leicht) erhöhten Messwerte bei den DELCD-Messungen auf einen einzigen Bereich im nördlichen Deponierand (vgl. Anh A5c).

*erhöhte Signa-
le*

Demzufolge ist das Auftreten an *relevanten* Mengen an leichtflüchtigen Verbindungen (u.a. BTEX, CKW) oder chlorierten, halogenierte Kohlenwasserstoffen (CKW) mehr oder weniger auszuschliessen und sind höchstens als kleine Hotspots vorhanden.

*höchstens
kleine Hotspots*



Eine Aussage zur Belastungssituation durch nicht chlorierte Schadstoffe, wie z.B. Mineralöle und PAK ist anhand der MIP-Untersuchungen nicht möglich. Diese Stoffgruppen werden aufgrund der geringen Flüchtigkeit vom Messsystem nicht bzw. nur in sehr geringem Umfang erfasst. Ebenso ist eine Kalibrierung der Messsignale mit Analysendaten der chemischen Untersuchungen aufgrund zahlreicher Störfaktoren (z.B. Methangas, Mischung verschiedener leichtflüchtiger Substanzen, etc.) gemäss Bericht geo-log [14] nicht möglich.

Einschränkungen



4.3. Bodengasmessungen

Methodik

Im Anschluss an die MIP-Sondierungen wurden an ausgewählten Ansatzpunkten tiefenorientiert Bodenluftproben entnommen. Dazu wurde eine Verrohrung (Aussendurchmesser 1,5 Zoll bzw. 38 mm) bis auf die gewünschte Endtiefe des Beprobungsbereiches niedergebracht. Anschliessend wurde durch das Ziehen dieser Verrohrung ein vertikaler Tiefenbereich von rund 1m freigelegt, aus welchem die Entnahme der Bodenluftprobe mittels PE-Schlauch erfolgte. Das so geförderte Bodengas wurde mittels einer Bypass-Vorrichtung über ein Aktivkohleröhrchen geführt (Probenahme). Zur Abdichtung gegen den Zutritt atmosphärischer Luft ist das System am Ende der Verrohrung mit einer Schlauchdichtung (Packer) ausgestattet.

Probenahme

Vor den Probenahmen wurde jeweils das 3-fache innerhalb des Probenahmesystems vorhandenen Luftvolumens abgesaugt, um den vollständigen Austausch allenfalls vorhandener atmosphärischer Luft in der Verrohrung zu gewährleisten. Des Weiteren kam bei jeder Probenahme neues Schlauchmaterial zum Einsatz. Bei der Beprobungen mehrerer Tiefenbereiche erfolgte die Probenahme zunächst in den oberen und nachfolgend in den darunter liegenden Intervallen.

Luftentnahme

Untersuchungsergebnisse

Insgesamt wurden bei zwei Beprobungskampagnen an 7 Ansatzpunkten insgesamt 12 Bodenluft-Proben entnommen (vgl. Tab. 7). Dabei erfolgte die Anreicherung der Bodenluftproben im Rahmen der 1. Beprobungskampagne sowohl auf Adsorptionsröhrchen Dräger Typ G als auch Anasorb CSC. Während der Nach- und Ergänzungsbeprobung im August 2006 kamen nur noch Adsorptionsröhrchen Anasorb CSC zum Einsatz.

Beprobungskampagnen



Tabelle 6 : Probenahme Bodenluft (Rothausstrasse)

Probenahme- kampagne	Entnahmestellen (vgl. Anh. A1)				Analysenpro- gramm
	Lage	Tiefe (m u.T.)			
12./13.7.2006	D3	5.5 – 6.5		-	BTEX, FCKW, CWK, Restkoh- lenwasserstoffe
	G9d	8.5 – 9.5	11.0 – 12.0		
	D6b	6.0 – 7.0	12.0 – 13.0	18.0 – 19.0	
22.8.2006	E4b	5.5 – 6.5	10.0 – 11.0	-	BTEX, FCKW, CWK, Restkoh- lenwasserstoffe
	G2b	7.0 – 6.0	10.0 – 11.0	-	
	I2	9.5 – 10.5		-	
	J2	-		17.5 – 18.5	

Die Probenahmestellen sind mehr oder weniger gleichmässig über den ganzen Deponiebereich platziert (vgl. Lage der Sondierstellen in Anh. A1). Die ausführlichen Untersuchungsergebnisse (Laborbericht) sind in Beilage B2 beigefügt. In der Tabelle 7 sind die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst.

*Probenah-
mestellen*

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der MIP-Sondierungen (einzelner Hotspot) wurde nur im östlichen Deponieteil bei einer einzigen Entnahmestelle (G9d) nennenswerte Konzentrationen an CKW und BTEX festgestellt. Die ermittelten Konzentrationen sind mit maximalen Gehaltwerten von höchstens rund 8 - 12 ml/m³ aber allesamt gering. Bei den CKW sind es vorwiegend die Einzelsubstanzen Per- und Trichlorethen, untergeordnet 1,2-cis-Dichlor-ethan und Chloroform und bei den BTEX vor allem Toluol und Xylole.

*Untersu-
chungsergeb-
nisse*

Tabelle 7 : Zusammenstellung Untersuchungsergebnisse Bodenluft

Parameter	Anzahl Proben	Nachweis- grenze	Minimalwert		Mittelwert		Maximalwert	
			mg/m ³	ml/m ³	mg/m ³	ml/m ³	mg/m ³	ml/m ³
Benzol	12	<0.1	<0.1	<0.03	0.17	0.05	0.4	0.12
Toluol	12	<0.1	<0.1	<0.03	1.62	0.42	4.1	1.07
Ethylbenzol	12	<0.1	<0.1	<0.02	1.48	0.34	1.7	0.39
m-.p-Xylole	12	<0.1	<0.1	<0.02	4.42	1.00	5	1.14
Summe BTEX	12	ber.	<0.1	--	4.5	--	11.2	--
Summe FCKW	12		<i>alle Einzelmesswerte unter Bestimmungsgrenze</i>					
Chloroform	12	<0.002	<0.002	<0.0004	0.18	0.04	0.282	0.06
Tetrachlormethan	12	<0.001	<0.001	--	<0.001	--	<0.001	--
Vinylchlorid	12	<0.1	<0.1	<0.04	0.05	0.02	0.513	0.19
1.2-cis- Dichlorethen	12	<0.05	<0.05	<0.013	0.63	0.16	6.966	1.74
1.2-trans- Dichlorethen	12	<0.05	<0.05	<0.013	<0.05	<0.013	<0.05	<0.013
Trichlorethen	12	<0.002	<0.002	<0.0004	0.22	0.04	1.646	0.30
Perchlorethen	12	<0.001	<0.001	<0.0002	0.48	0.07	0.893	0.13
Summe CKW	12	ber.	<0.1	--	2.1	--	8.5	--

Alle übrigen Untersuchungsergebnisse der Einzelproben zeigen entweder gar keine oder allerhöchstens eine sehr schwache Schadstoffbelastung auf. Desweiteren konnten bei keiner der analysierten Proben FCKW's über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden.

keine Schadstoffbelastung

Die untersuchten Bodenluftproben bestätigen also insgesamt das unauffällige Bild der MIP-Sondierungen bezüglich der Schadstoffbelastung durch leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe, in dem höchstens punktuelle Belastungen (hotspots) zu erwarten sind.

höchstens punktuelle Belastungen

S C + P

4.4. Kernbohrungen

Zur Erkundung des Deponiekörpers wurden insgesamt 6 Kernbohrungen abgeteuft (KB-R-06/01 bis KB-R-06/06, vgl. Tab. 1). Die Bohrstandorte wurden gestützt auf die Ergebnisse der MIP-Sondierungen festgelegt, und zwar einerseits um die festgestellten Schadstoffherde mit Bohraufschlüssen erkunden zu können und andererseits auch eine Stichprobe der übrigen (gemäss MIP-Sondierungen) schwächer belasteten Bereiche zu erhalten. Desweiteren wurde mit den Bohrungen das Ziel verfolgt, die Deponiesohle an einigen Punkten, welche über den ganzen Deponiekörper verteilt sind, genau zu erfassen.

Sondierstandorte

Die Bohrarbeiten wurden im November 2006 durch die Firma StumpfForatec ausgeführt. Die genaue Lage der Bohrungen ist aus Anh. A1 zu entnehmen, die detaillierten Sondierprotokolle und eine Fotodokumentation sind in Beilage B1 enthalten.

Bohrarbeiten

Deponiesohle und –mächtigkeit

In der Historischen Untersuchung [3] wurden zur Lage der Deponiesohle keine quantitativen Aussagen gemacht. Es ist aber erwähnt, dass einerseits im zentralen Grubenbereich die Felsoberfläche freigelegt war und andererseits der Kiesabbau stellenweise bis unter den Grundwasserspiegel stattfand.

Deponiesohle

Der Bohrbefund stimmt in nordwestlichen Deponieteil (KB 01, 02, 05) recht gut mit den Ergebnissen der MIP-Sondierungen überein, indem der Bohrbefund und die aus den MIP-Sondierungen konstruierte Deponiesohle meist weniger als 2-3 m differieren. Dagegen zeigten die Sondierbohrungen im übrigen Bereich, dass Deponiesohle um rund 5–10 m tiefer liegt, als aufgrund der MIP-Sondierungen vermutet wurde.

Bohrbefund

Im Anhang A2 ist eine Isohypsendarstellung der Deponiesohle abgebildet. Daraus ist zu entnehmen, dass die Deponiesohle im zentralen Bereich überall unter einer Kote von 260 m ü.M. liegt und nach Nordwesten leicht ansteigt (ca. bis Kote 262.5 m ü.M.). Dies entspricht ergibt einer Deponiemächtigkeit von ca. 18–22 m. Im Südwesten lassen die MIP-Sondierungen auf ein „Hoch“

Deponiemächtigkeit

von bis rund 275 m ü.M. schliessen (allerdings liegen dort keine Bohraufschlüsse vor).

Angesichts des engen Rasters der MIP-Sondierungen und der günstigen räumlichen Verteilung der Kernbohrungen darf die ermittelte Deponiesohle im Allgemeinen als zuverlässig beurteilt werden, wobei allerdings Abweichungen bis zu rund 1 - 2 m immer noch vorkommen können. Einzig bezüglich des erwähnten „Hochs“ im Südwesten bestehen noch Fragezeichen.

*Zuverlässigkeit
der Angaben*

Damit konnten die in der Historischen Untersuchung [3] getroffenen Annahmen bestätigt werden, dass die Deponiesohle stellenweise tiefer liegt als der Grundwasserspiegel des oberen Grundwasserstockwerks. Der Einstau dürfte lokal bis maximal rund 1 m betragen.

Beschaffenheit des Deponiematerials

Nahezu alles Material aus den 6 Kernbohrungen bestand überwiegend aus gesteinsähnlichem Material, d.h. dass insbesondere keine eigentlichen Chemieabfälle, Schlämme oder chemisch stark verändertes Material erbohrt wurden. Mehrheitlich handelt sich um feinkörnige Ablagerung aus tonigem Silt mit Sand und Kies. Untergeordnet sind auch grobkörnige, d.h. sandig-kiesige Abschnitte zu verzeichnen. Das Deponiematerial enthält oftmals einen unterschiedlich hohen Anteil an „inerten“ Fremdkomponenten, wie z.B. Ziegel- und Betonbruchstücken, Glas-, Plastik und Eisenreste, etc. sowie auch organische Materialien wie Holz- oder Textilreste.

*gesteinsähnliches
Material*

Darüber hinaus war das Deponiematerial stellenweise organoleptisch stark auffällig, indem ein deutlicher bis „stechender“ Geruch (z.B. nach Teeröl) wahrgenommen werden konnte und das Material meist deutlich dunkelgrau bis schwarz verfärbt war.

*organoleptisch
stark auffällig*

Insgesamt konnten in den Bohrungen gut unterscheidbare bzw. unterschiedlich schadstoffbelastete Tiefenabschnitte erkannt werden. Dies reicht von unbedenklichem und optisch unverschmutztem Material mit keinem oder höchstens sehr geringem Fremdkomponenten-Anteil (U- bzw. T-Material gemäss Aushubrichtlinie BAFU, [24]) zu überwiegend bauschutthaltigem Material mit viel Fremdkomponenten (Inertstoffe im weiteren Sinne) bis hin zum organoleptisch stark belastetes Material (Sonderabfall gemäss TVA). Generell wechseln solche Abschnitte sowohl horizontal als auch vertikal rasch ab, so dass keine Korrelation einzelner Schichten zwischen den Bohrungen möglich war.

*unterschiedliche
Schadstoffbelastung*



Im Hinblick auf die Quantifizierung des Schadstoffpotentials der Deponie wurde versucht, das erbohrte Material in 6 verschiedene „Materialtypen“ mit unterschiedlichem Verschmutzungsgrad einzuteilen⁸. In der Tabelle 8 ist eine Übersicht dieser Materialtypen gegeben, diese sind auch in den Bohrprofilen in Beilage B1 entsprechend markiert.

Materialtypen



Tabelle 8 : Materialtypen Deponiematerial (Rothausstrasse)

Typ	Organoleptische Beurteilung	Grob geschätzter Anteil in den Kernbohrungen					
		01	02	03	04	05	06
A	Dunkel verfärbtes tonig-siltiges (z.T. kiesiges) Material mit geringen Anteile an Fremdkomponenten (Bauschutt, Holz, Glas, Metall), meist deutlicher - stechender Geruch	60%	5%	-	-	5%	35%
B1	meist wenig - stark verfärbtes eher kiesiges Material, meist mit Fremdkomponenten (i.d.R. Bauschutt), oft geruchlich auffällig	20%	20%	5%	10%	40%	25%
B2	Weisser -beiger Silt, stellenweise schwarz verfärbt, wenige Fremdkomponenten	-	-	40%	-	10%	
C	bauscutthaltiges Material (v.a. Beton- und Ziegelreste), nur lokal verfärbt und geruchlich meist unauffällig	5%	70%	25%	65%	45%	20%
D	organoleptisch unauffälliges Deponiematerial, einz. Fremdkomponenten (Beton- und Ziegelreste)	15%	5%	30%	25%	-	20%
E	Natürlicher Untergrund, teilweise leicht organoleptisch auffällig (verfärbt, Geruch)						

Der am stärksten belastete Materialtyp „A“, welcher sowohl geruchlich als auch visuell stark auffällig ist, konnte vor allem in den Bohrungen KB-R-06/01 und 06 beobachtet werden. Der Typ „B1“ weist ähnliche Merkmale wie der Typ „A“ auf (u.a. mit Brandschutt), ist aber tendenziell organoleptisch weniger stark belastet, und wurde vor allem in den Bohrungen 02 und 05 angetroffen. Um einen „Spezialfall“ handelt es sich beim Materialtyp „B2“. Dieser ist organoleptisch oft nur schwach belastet (weisser – beiger Silt mit stellenweisen Verfärbungen) und wurde vor allem in der Sondierung 03 (untergeordnet auch in 05) vorgefunden. Bei Typ „C“ handelt es sich im Wesentlichen um Bauschutt, während der Typ „D“ nahezu unverschmutztes Material darstellt.

Beschrieb

⁸ Die Unterteilung in verschiedene Materialtypen beruht auf einer organoleptischen Beurteilung, um das Deponiematerial in verschiedene „Belastungsklassen“ einteilen zu können. Da bei der parallel untersuchten Deponie Feldreben eine analoge Unterteilung vorgenommen wurde, sind die Materialtypen A bis D der beiden Deponien Feldreben und Rothausstrasse zwar ähnlich jedoch nicht identisch, da es sich um einen relativen Vergleich innerhalb der jeweiligen Deponie handelt.

Bei der Bohrungen 02 und 05 deckt sich der Bohrbefund in etwa mit dem Befund aus den MIP-Sondierungen. Dies trifft auch für den gegenteiligen Fall für die Bohrung 04 zu, wo wie erwartet keine gravierende Untergrundsbelastung angetroffen wurde. Die restlichen drei Bohrungen (01, 03 und 06) zeigen einen vom Schadstoffbild der MIP-Sondierungen abweichenden Verschmutzungsgrad auf, was vermutlich durch mit den MIP nicht erfasste Schadstoffkomponenten (z.B. Mineralöl oder PAK) zu begründen ist.

Verschmutzungsgrad

Eine eigentliche tiefengestufte Verteilung dieser Materialtypen konnte nicht ermittelt werden. Vor allem das stärker belastete Material der beiden Typen „A“ und „B“ tritt in den einzelnen Bohrungen in unterschiedlicher Tiefenlage auf.

keine tiefengestufte Verteilung



4.5. Ergebnisse Laboruntersuchungen (chemische Analysen)

4.5.1. Materialproben und Untersuchungsprogramm

Entnommene Materialproben

Die Untersuchung der Schadstoffbelastung des Deponiematerials erfolgte anhand folgender unterschiedlich entnommenen Probenahmen:

- „Linerproben“ aus Rammkernbohrungen (Probenahme durch geo-log). Dabei wurde eine Schneckenbohrung (Ø 38 mm) bis zur vorgesehenen Entnahmetiefe vorgebohrt und anschliessend ein Kunststoff-Liner in einem geschlossenen Rammkernrohr hydraulisch eingepresst. Die Liner wurden vor Ort geöffnet und in die bereitgestellten Probenahmegefässe abgefüllt (insgesamt wurden an 7 Ansatzpunkten 13 Liner-Proben entnommen) *„Linerproben“*
- Material, welches aus den Schneckenbohrungen an die Oberfläche gefördert wurde. Es handelt sich dabei um eine Mischprobe aus einem längeren Tiefenabschnitt. *Schneckenbohrungen*
- Materialproben aus den Kernbohrungen, welches jeweils nach Abschluss der Bohrung (oder bei starkem Geruch auch während der Bohrung) entnommen wurde. Dabei konnte im Gegensatz zu den Linerproben gezielt das organoleptisch am stärksten verunreinigte Deponiematerial beprobt werden (total 58 Proben aus 6 Kernbohrungen, inkl. Rückstellproben). *Kernbohrungen*

Eine detaillierte Beschreibung der Materialproben ist für die Linerproben aus [14] und für die Materialproben aus den Kernbohrungen aus Beilage B1 zu entnehmen. Insgesamt wurden total 75 Materialproben entnommen. Ein vollständiges Probenahmeverzeichnis ist in Beilage B1 beigefügt (inkl. Rückstellproben).

Probenahmeverzeichnis

Untersuchungsprogramm

Von den 75 entnommenen Materialproben wurden 43 ausgewählte Proben chemisch untersucht. Dabei wurden von den organoleptisch stärker belasteten Materialtypen vergleichsweise mehr Analysen durchgeführt, um das Schadstoffspektrum besser erfassen zu können. Das Untersuchungsprogramm war bereits im Pflichtenheft definiert [9] und umfasste im Wesentlichen das in Tabelle 9 zusammengefasste Analytikprogramm

*entnommene
 Materialproben*



Tabelle 9 : Untersuchungsprogramm (Einzelstoffanalytik und Screenings)

Materialklassen	A	B1	B2	C	D	E
Anzahl analysierte Proben	13	10	3	8	5	4
Ammonium, Nitrit, Cyanid, Fluorid	X	X	X	X	X	X
Gesamtkohlenwasserstoffe, C5-C10	X	X	X	X	X	X
Halogenierte Kohlenwasserstoffe (CKW)	X	X	X	X	X	X
Leichtflüchtige KW (u.a. BTEX)	X	X	X	X	X	X
Elemente und Schwermetalle	X	X	X	X	X	X
Aromatische Kohlenwasserstoffe	X	X	X	X	X	X
Screenings (Anzahl Proben)	5	4	1	1	-	1

4.5.2. Resultate der Einzelstoffanalytik

Die anhand der Kernbohrungen durchgeführte Materialklassierung („Materialtypen“) bestätigte sich weitgehend auch in den Analysenergebnissen, indem die meisten Proben des gleichen Typs ungefähr ein ähnliches Schadstoffspektrum und –konzentrationen aufweisen. Die ausführlichen Analysenergebnisse sind im Laborbericht in Anh. 0 beigelegt. In der Tabelle 10 sind die wichtigsten Untersuchungsergebnisse zusammengefasst. Die Untersuchungsergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

*ähnliches
 Schadstoff-
 spektrum*

Übereinstimmend mit dem organoleptischen Befund weist der Materialtyp A („stark schadstoffbelastetes Deponiematerial“) die höchsten Schadstoffkonzentrationen auf. Das Material zeichnet sich durch einen hohen KW-Gehalt mit einem Durchschnittswert von rund 1'100 mg/kg aus (Extremwerte bis rund 4.5 g/kg). Ebenfalls sind sehr hohe PAK-Gehalte festzustellen mit einem mittleren Gehalt von rund 125 mg/kg (Extremwerte von rund 800 mg/kg). Die Belastung durch leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe ist demgegenüber gering. Dies gilt sowohl für halogenierte und chlorierte Kohlenwasserstoffe LCKW (Mittelwert > 1 mg/kg⁹), als auch für BTEX (im Mittel rund 0.05 mg/kg, Extremwerte bis 1 mg/kg). Bezüglich der Schwermetallbelastung sind vor allem

Materialtyp A

⁹ Es wurde nur bei einer der 13 Proben eine extrem hohe Perchlorethen-Belastung von 31 mg/kg nachgewiesen. Dies ist ein einzelner (nicht repräsentativer) Extremwert, zumal es dabei nur um eine 30 cm mächtige Schicht handelt.



Nickel, Kupfer, Blei und Zink mit mittleren Gehalten von rund 300 bis 800 mg/kg in deutlich erhöhten Konzentrationen vorhanden (Extremwert Cu bis 12 g/kg). Die restlichen Schwermetalle (insbesondere Cadmium, Chrom, Quecksilber und Arsen) sind nur ausnahmsweise als einzelne Extremwerte leicht erhöht und liegen sonst im Bereich der geogenen Hintergrundbelastung (vgl. Richtwerte U in Tabelle 10).

Beim Materialtyp B1 („mittelmässig schadstoffbelastetes Deponiematerial“) kann grundsätzlich ein ähnliches Bild der Schadstoffbelastung wie beim Materialtyp A festgestellt werden, allerdings mit deutlich geringeren Gehaltswerten (sowohl Mittel- als auch Extremwerte). Die Gehalte an KW und PAK sind rund einen Faktor 4 - 5 niedriger (Ø: KW-Gehalt rund 260 mg/kg, PAK rund 30 mg/kg). Leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe (LKW inkl. BTEX) sind nur noch in vereinzelt Proben in geringen Konzentrationen nachweisbar (vor allem Per- und Trichlorethen sowie 1,3,5-Trimethylbenzol). Die Schwermetallbelastung ist ebenfalls deutlich geringer. Signifikant erhöht sind vor allem noch Blei und Zink mit mittleren Gehaltswerten von rund 80 – 180 mg/kg und Maximalwerten von rund 500 mg/kg.

Materialtyp B1

Beim Materialtyp B2 („weisser Silt“) ist die mittlere KW- (rund 400 mg/kg) und PAK-Belastung (rund 100 mg/kg) sowie auch die Blei- (rund 3'300 mg/kg) und Zink-Belastung (rund 1'200 mg/kg) im Vergleich zum Typ B1 deutlich erhöht. Aufgrund der wenigen Analysenresultate sollten allerdings die hohen Mittelwerte nicht allzu gross gewichtet werden. Desweiteren sind keine leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe in relevanten Konzentrationen enthalten, so dass bezüglich der Schadstoffbelastung der Typ B2 insgesamt vermutlich dem Typ B1 ähnlich sein dürfte (vgl. dazu auch Screening-Resultate in Kap. 4.5.3).

Materialtyp B2

Der Materialtyp C („schwach schadstoffbelastetes Deponiematerial“) unterscheidet sich in den Analysenresultaten überraschenderweise nur wenig von Typ B. Der mittlere KW-Gehalt (rund 135 mg/kg) ist zwar niedriger, dafür ist aber der mittlere PAK-Gehalt tendenziell grösser (rund 50 mg/kg). Leichtflüchtige KW (CKW, BTEX) lassen sich nur in vereinzelt Proben nachweisen und auch die Schwermetallkonzentration ist mit leicht erhöhten Gehalten an Kupfer, Blei und Zink ähnlich wie beim Typ B1.

Materialtyp C

Beim Materialtyp D („unbelastetes Deponiematerial“) resultiert immer noch eine leichte KW-Belastung welche ungefähr den Typen B/C entspricht (Ø: KW-Gehalt rund 165 mg/kg). Dafür ist die PAK-Belastung signifikant geringer (Ø: PAK rund 9 mg/kg). Leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe (CKW) sind praktisch nur noch in Spuren vorhanden (Per- und Trichlorethen). Erhöhte Schwermetallgehalte (vor allem Kupfer, Blei und Zink) konnten nur bei vereinzelt Proben in leicht erhöhten Konzentrationen nachgewiesen werden (z.B. Zink mit 320 mg/kg).

Materialtyp D

Tabelle 10 : Untersuchungsresultate Feststoffproben

Materialtyp	A			B1			B2			C			D			E		
	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø
Anzahl Analysen	13			10			3			8			5			4		
Alkane (C5-C10) µg/kg	<120	20	<120	<120	20	<120	<120	<120	<120	<120	20	<120	20	20	<120	<120	<120	<120
Gesamt KW mg/kg	90	4'500	###	53	610	260	280	520	402	<20	260	134	56	209	165	38	68	61
Perchlorethylen µg/kg	<2	31'000	8.5	<2	20	5.5	<2	55	11.9	<2	98	25	<2	4	1.1	<2	10	4.4
Trichlorethylen µg/kg	<2	600	56.8	<2	15	2.9	<2	10	5.3	<2	31	8.3	<2	8	4.0	<2	<2	<2
1,2,4-Trichlorbenzol µg/kg	<2	70	5.1	<2	<2	<2	<2	10	4.7	<2	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
1,2,4-Trimethylbenzol µg/kg	<2	244	22	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
1,2-Dichlorbenzol µg/kg	<2	20	1.5	<2	<2	<2	<2	80	27	<2	280	38.5	<2	<2	<2	<2	<2	<2
1,3-Dichlorbenzol µg/kg	<2	2	0.5	<2	<2	<2	<2	20	10	<2	20	2.8	<2	<2	<2	<2	<2	<2
1,4-Dichlorbenzol µg/kg	<2	90	4.2	<2	<2	<2	<2	180	40	<2	390	53.6	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Chlorbenzol µg/kg	<2	200	14	<2	<2	<2	<2	40	6.3	<2	10	0.3	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Chloroform µg/kg	<4	-	0.0	<4	<4	<4	<4	20	<4	<4	<4	<4	<4	5	<4	<4	<4	<4
cis-1,2-Dichlorethen µg/kg	<2	850	62	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	5	<2	<2	<2	<2
Hexachlorbutadien µg/kg	<2	10	0.2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Hexachlorethan µg/kg	<1	-	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Methylenchlorid µg/kg	<100	160	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	75	13.6	<100	<100	<100
? LKW mg/kg	0.0	32	0.8	<0.1	0.02	0.01	<0.1	0.40	0.11	<0.1	0.75	0.13	<0.1	0.09	0.02	<0.1	0.01	###
1,3,5-Trimethylbenzol µg/kg	<2	90	9.1	<2	20	4.2	<2	<2	<2	<2	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Benzol µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Ethylbenzol µg/kg	<2	90	3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
m- + p-Xylol µg/kg	<4	370	14	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	40	5.5	<4	<4	<4	<4	<4	<4
o-Xylol µg/kg	<2	270	8	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
p-Isopropyltoluol µg/kg	<2	280	9	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	30	4.7	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Toluol µg/kg	<10	60	3.6	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	50	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
? BETX µg/kg	<10	1'090	51	<10	20	4.2	<10	<10	<10	<10	120	21	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Benzo(a)anthracen mg/kg	0.13	55	7.0	0.36	18.7	2.4	0.28	15.0	7.5	0.01	14.5	4.7	0.03	2.5	0.7	0.01	1.9	0.6
Benzo(a)pyren mg/kg	0.05	40	5.5	0.43	12.6	2.1	0.19	15.3	7.6	0.02	9.6	3.4	0.04	3.8	1.0	0.01	0.0	0.0
Chrysen mg/kg	0.15	56	7.5	0.28	19.9	2.8	0.43	23.1	12	0.02	13.4	4.5	0.06	2.4	0.7	0.01	1.9	0.6
Fluoranthren mg/kg	0.57	154	22	0.84	43.5	6.4	0.51	34.4	17	0.03	19.5	7.3	0.10	2.7	1.1	0.03	14.0	4.2
Fluoren mg/kg	0.11	43	7.4	0.02	4.3	0.6	0.00	1.8	0.9	0.00	10.2	2.6	0.00	0.2	0.1	0.01	9.3	2.8
Naphtalin mg/kg	0.06	28	2.2	0.00	0.5	0.2	0.04	2.8	0.2	0.01	1.0	0.3	0.00	0.3	0.1	0.00	0.3	0.1
Phenanthren mg/kg	0.89	289	30	0.19	22.2	3.2	0.22	18.6	9.4	0.03	21.7	6.6	0.02	0.7	0.4	0.03	17.6	5.3
Pyren mg/kg	0.44	118	16	0.44	40.0	4.4	0.33	30.3	15	0.02	17.8	6.2	0.08	2.2	1.0	0.02	7.8	2.3
? PAK mg/kg	4.6	799	123	4.3	218	30	3.6	202	102	0.2	148	50	0.5	31	9	0.2	61	18
Cadmium mg/kg	0.0	11	1.5	<0.2	1.3	0.6	<0.2	6.2	3.3	<0.2	2.4	0.9	<0.2	1.6	0.6	<0.2	0.4	0.1
Chrom mg/kg	<0.4	63	35	18	56	30	4	21	12	16	69	31	16	48	32	16	30	22
Kupfer mg/kg	17	12'000	755	11	420	56	27	53	38	6	360	128	13	190	87	10	41	22
Nickel mg/kg	16	5'600	300	13	34	24	3	18	10	6	41	25	13	29	22	14	31	21
Blei mg/kg	24	2'000	576	15	170	85	220	6'700	3'285	16	1'300	238	12	110	60	6	20	12
Zink mg/kg	5	1'700	604	69	510	179	310	2'200	1'195	13	480	296	51	320	169	22	100	54
Arsen mg/kg	10.0	63	24	14.0	79	20	14.0	20	16.3	6.3	480	101	22.0	28	25	8.9	12	10
Kobalt mg/kg	5.0	440	33	3.4	12	7.8	1.4	5.0	3.1	2.3	17	8.6	3.1	8.4	6.2	3.0	5.7	4.4
Quecksilber mg/kg	<1	72	3.8	<1	2.7	0.3	<1	5.2	2.5	<1	0.6	0.04	<1	1.2	0.4	<1	<1	-

Bemerkungen: Bei den angegebenen Durchschnittswerten (Ø) handelt es sich um entsprechend der Mächtigkeit der Proben gewichtete Mittelwerte. Organische Einzelsubstanzen sind nur auswahlsweise wiedergegeben, so dass die die Summenwerte höher sein können als die Summe der aufgeführten Einzelsubstanzen.
Die Schwermetallgehalte des Materialtyps B2 sind nur durch zwei Proben bestimmt, so dass deren Aussagekraft entsprechend mit Vorbehalt zu werten ist (vor allem die hohen Mittelwerte für Blei und Zink)
U = Richtwerte für unverschmutztes Aushubmaterial, Aushubrichtlinie BUWAL 1999

Schliesslich ist der Materialtyp E („natürlicher Untergrund“) zwar im Vergleich zum Deponiematerial deutlich geringer aber immer noch signifikant schadstoffbelastet. Es lassen sich geringe Gehalte an KW (rund 61 mg/kg) und PAK (rund 18 mg/kg) nachweisen. Erhöhte Konzentrationen an leichtflüchtigen KW und Schwermetallgehalte liegen aber wiederum nicht vor.

Materialtyp E

Das Deponiematerial weist z.T. recht hohe Schwermetallgehalte auf (insbesondere der Materialtyp A). Da nur in untergeordneter Masse in der Chemischen Industrie Schwermetalle eingesetzt werden (vor allem Chrom für Farbstoffe), sind auch andere Ursachen dafür in Betracht zu ziehen. Erfahrungsgemäss weist auch der Bauschutt hohe Anteile an Schwermetallen auf (Zink, Blei, Nickel, Kupfer).

Schwermetallgehalte



4.5.3. Screenig-Resultate

Mit Hilfe der Screenings wurde versucht, das Schadstoffspektrum der Feststoffproben zu erweitern, um dadurch zusätzliche, nicht mit der Einzelstoffanalytik erfasste Substanzen identifizieren und wenn möglich quantifizieren zu können. Insbesondere sollten damit auch schlüssige Hinweise über die Herkunft der im Spurenbereich im Grundwasser vorkommenden Substanzen (vgl. Kap. 5.7) gewonnen sowie typische „chemie- und pharmatypische“ Substanzen in den Feststoffproben identifiziert werden.

Zielsetzung

Es wurden bei insgesamt 12 Materialproben Screenings durchgeführt (vgl. Probenahmeverzeichnis in Beilage B2, wobei vorwiegend Proben der beiden ähnlichen Materialtypen A und B1 untersucht wurden (10 der 12 Proben). Alle untersuchten Materialproben zeigen mehr oder weniger das gleiche Schadstoffspektrum auf, indem überwiegend aliphatische sowie mono- und polyzyklische aromatische Verbindungen detektiert wurden (vgl. Abbildung 5). Aufgrund dieser z.T. in hohen Konzentrationen vorkommenden Verbindungen ist eine Identifikation von anderen Substanzen im niedrigen Spurenbereich nicht möglich. Ohne auf die Details einzugehen, lassen sich zusammenfassend aus den Screenings der Feststoffproben folgende Feststellungen ableiten:

Schadstoffspektrum

- In den einzelnen Materialproben wurde überall eine Vielzahl von organischen Substanzen detektiert (i.d.R. rund 100 bis 600 Einzelsubstanzen pro Probe). Die Summe der Konzentration aller identifizierten Substanzen variiert i.d.R. zwischen rund 50 – 500 mg/kg (eine Ausnahme: rund 2 g/kg) und liegt damit ungefähr in der gleichen Grössenordnung wie die durch die Einzelstoffanalytik nachgewiesene Schadstoffbelastung (vgl. Tabelle 10).
- Beim überwiegendsten Anteil der detektierten Substanzen (rund 50 – 90%) handelt es sich um polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (im Wesentlichen PAK). Demgegenüber sind monozyklische Verbindun-

Vielzahl organischer Substanzen

Kohlenwasserstoffe

gen (z.B. BTEX) nur zu einen geringen Anteil (< 15%) enthalten. Neben den PAK's sind auch aliphatische Kohlenwasserstoffe anteilmässig in grösseren Mengen (rund 5 – 50%) vorhanden.

- Nur vereinzelt wurden Pestizide nachgewiesen und insbesondere in keiner Probe irgendwelche Pharmazeutika (Medikamente). Dementsprechend deckt sich also das aus den Screeningresultaten abgeleitete Schadstoffmuster ungefähr mit demjenigen der Einzelstoffanalytik, indem „chemie- und pharmatypische“ Substanzen höchstens in geringem Ausmass in den Feststoffproben nachgewiesen werden können.
- In einigen Proben wurde elementarer Schwefel (S₈) in der Grössenordnung bis zu rund 50 – 100 mg/kg festgestellt. Dies könnte eine mögliche Ursache für die hohen Sulfatgehalte im Grundwasser sein.

„chemie- und pharmatypische“ Substanzen

„organischer“ Schwefel

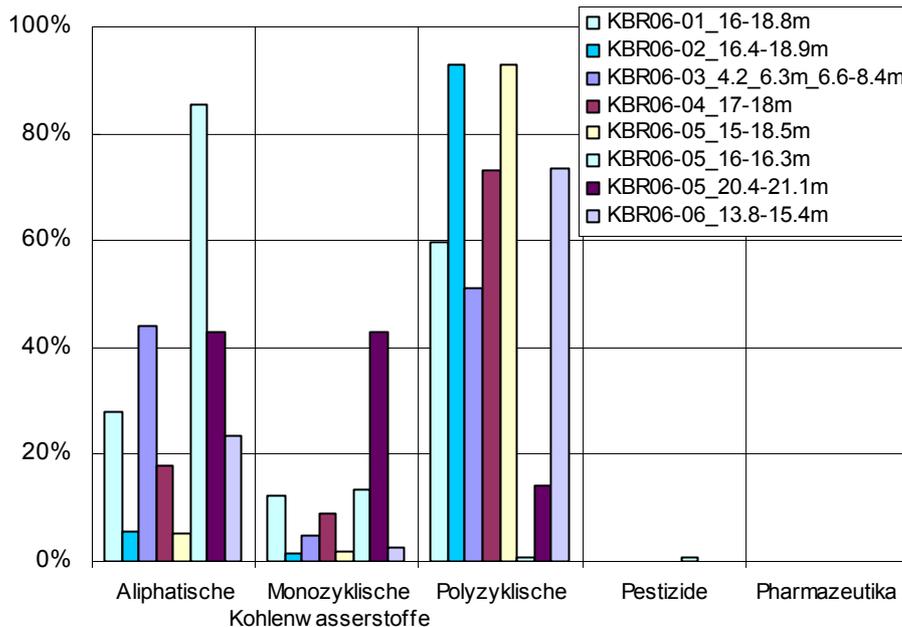


Abbildung 5:
Screening-Resultate
Feststoffproben
(nur Kernbohrungen)

Dargestellt ist die prozentuale Schadstoffverteilung pro Probe (100% = Summe der Konzentrationen aller detektierten Einzelsubstanzen)

4.5.4. Eluatteste nach AltIV

Im Rahmen der 2. Etappe TU wurden keine Eluatteste nach AltIV durchgeführt. Dies einerseits mit der Begründung, dass durch die fehlenden Oberflächenversiegelung und die repräsentative Erfassung des oberen Stockwerkes (insbesondere durch die Messstelle 21.R.008, welche einen hohen Sickerwasseranteil aufweist) bereits eine Beprobung eines „natürlichen“ Eluats vorgenommen werden kann. Andererseits wurden im bei der Untersuchung der Deponie Feldreben Eluatteste (Säulentest nach AltIV) durchgeführt, so dass

die wesentlichen Erkenntnisse daraus durchaus für die Deponie Rothausstrasse herangezogen werden können.

Die durchgeführten Säulenteste bei der Deponie Feldreben belegen, dass das Deponiematerial ein grosses Auswaschungspotential an zahlreichen organischen wie auch anorganischen Substanzen (Schwermetalle) aufweist. Eine analoge Schlussfolgerung ist vermutlich auch für die Deponie Rothausstrasse zulässig, allerdings aufgrund der vergleichsweise geringeren Schadstoffbelastung auch entsprechend weniger ausgeprägt.

*Eluierbarkeit
(Eluatteste)*

S C + P

4.6. Zusammenfassende Folgerungen

4.6.1. Schlussfolgerungen der Feld- und Laboruntersuchungen

Aufgrund der oben beschriebenen Verhältnisse können die wesentlichen Untersuchungsergebnisse insgesamt wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Deponiesohle bildet mehr oder weniger eine ebene, leicht geneigte Fläche. Sie liegt rund 20 – 21 m unter der Terrainoberfläche (tiefste Kote etwas unter 260 m ü.M.). Der südöstliche zentrale Deponieteil ist rund ½ bis 1 m im Grundwasser eingestaut. *Deponiesohle*
- Das Deponiematerial kann in vier unterschiedlich belastete „Materialklassen“ eingeteilt werden. Das am stärksten belastete Material weist vor allem hohe Gesamt-KW- und PAK-Gehalte auf. Signifikant erhöht sind auch Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte. Demgegenüber weist das Deponiematerial nur eine sehr geringe Schadstoffkonzentration an leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen (CKW und BTEX) auf. *Materialklassen*
- Die Bodenluftanalysen bestätigen sowohl den Feld- als auch Laborbefund, dass leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen nur in geringen Konzentrationen vorliegen. *Bodenluft*
- Die Screenings bestätigen im Wesentlichen das Schadstoffspektrum der Einzelstoffanalytik, wonach vor allem aromatische und aliphatische Kohlenwasserstoffe die Hauptkomponenten ausmachen. Infolge der hohen PAK-Gehalte ist leider eine Identifikation von anderen Substanzen im niedrigen Spurenbereich nicht möglich. So konnten explizit keine „chemie- und pharmatypischen“ Substanzen detektiert werden. *Screenings Deponiematerial*

4.6.2. Schadstoffpotential (Deponieinhalt)

Mit Hilfe der MIP-Sondierungen, der Kernbohrungen sowie den chemischen Analysen der Feststoffproben lässt sich ein vereinfachtes Modell der Schadstoffverteilung in der Deponie Rothausstrasse ableiten. Grob gesehen können zwei Teilbereiche mit unterschiedlicher Schadstoffbelastung unterschieden

Teilbereiche mit unterschiedlicher Schadstoffbelastung



werden. In der Tabelle 11 sind die dem Modell zugrunde gelegten Annahmen zusammengestellt und in Anh. A6 ist die Lage und Ausdehnung der beiden Teilbereiche dargestellt:

Tabelle 11 : Schadstoffpotential Deponie Rothausstrasse (Deponiemodell)

Teilbereich	1	2		
Mittlere Tiefe (m)	21	20		
Fläche (m ²)	35'000	30'000	65'000	m ²
Volumen (m³)	735'000	600'000	1'335'000	m³

Materialtyp	Protzentuale Verteilung				Anteil
A	25%	5%	213'750	m ³	16%
B1	23%	15%	259'050	m ³	19%
B2	2%	10%	74'700	m ³	6%
C	30%	45%	490'500	m ³	37%
D	20%	25%	297'000	m ³	22%
Total	100%	100%	1'335'000	m³	100%

	Anteil in kg		total (to)	Gew.-%	
Gesamt KW	547'514	254'201	802 to	0.033%	0.04%
∑ LKW	338	127	0.5 to	0.000%	
∑ BETX	27	14	0.04 to	0.00000%	
Benzo(a)pyren	4.3	3.4	0.008 to	0.00000%	
∑ PAK	74'863	49'333	124.2 to	0.00517%	0.07%
Arsen*	2'916	476	3.4 to	0.0001%	
Kupfer*	236'636	38'634	275 to	0.011%	
Nickel*	82'705	13'503	96 to	0.004%	
Blei*	334'000	469'074	803 to	0.033%	
Zink*	235'914	208'515	444 to	0.018%	
∑ Schwermetalle	889'255	729'726	1'619 to	0.067%	
Total (to)	1'515	1'034	2'549 to	0.11%	
Anteil	59%	41%	100%		

* ohne geogene Hintergrundsbelastung

Der Teilbereich 1 umfasst im Wesentlichen den nördlichen Deponiebereich (flächenmässig rund die Hälfte). Die Abgrenzung erfolgte hauptsächlich aufgrund der Sondierbohrungen und den Analyseergebnissen. In diesem Bereich weist das Deponiematerial die höchsten Schadstoffkonzentrationen auf und besteht im Mittel etwa zu rund ¼ aus dem am stärksten belasteten Materialtyp A. Entsprechend liegt hier vergleichsweise das etwas grössere Schadstoffpotential vor (rund 60%).

Teilbereich 1

Der Teilbereich 2 umfasst im Wesentlichen den südlichen Teil der Deponie. Hier sind nur noch kleine Anteile an stark belastetem Deponiematerial zu erwarten (höchstens ca. 5%) und das Deponiematerial besteht überwiegend aus den (ungefähr gleich stark belasteten) Materialklassen B1, C und D. Aufgrund der nicht allzu grossen Schadstoffunterschiede resultiert hier insgesamt

Teilbereich 2

das kleinere Schadstoffpotential (rund 40%). Demnach ist der nördliche Teil etwas stärker belastet als der südliche.

Das oben beschriebene Deponiemodell ist als starke Vereinfachung der Wirklichkeit zu verstehen und soll in erster Linie dazu dienen, die Schadstoffverteilung zu veranschaulichen und die Grössenordnung der Schadstoffbelastung aufzuzeigen. Die in der Tabelle 12 getroffenen Annahmen bezüglich Deponietiefe und –schadstoffverteilung wurden bewusst konservativ gewählt, um ein oberes Limit aufzeigen zu können (worst case). Auch ist mit den Sondierungen und den ausgewählten Materialproben nur eine stichprobenhafte Untersuchung des Deponiekörpers möglich. Da diese gezielt auf die Abklärung von stark belastetem Material durchgeführt wurden, ist zu erwarten, dass die tatsächlichen Verhältnisse eher günstiger sein dürften.

Immerhin lassen diese Modellbetrachtungen aber einige allgemeine gültige Aussagen zu:

- Das Deponievolumen kann aufgrund der mehr oder weniger eben verlaufenden Deponiesohle einigermaßen verlässlich abgeschätzt werden und dürfte rund 1.35 Mio m³ betragen.
- Gesamthaft betrachtet ist davon auszugehen, dass höchstens 1/5 des Deponiematerials (schätzungsweise maximal rund 200' bis 250'000 m³) stark mit Schadstoffen belastet sind. Rund 4/5 des Deponiematerials sind nur schwach belastet. Generell ist der nördliche Teil etwas stärker schadstoffbelastet als der südliche Teil.
- Die im Deponiematerial vorhandenen „reinen“ Schadstoffmengen betragen schätzungsweise rund 2'000 – 3'000 Tonnen, was ungefähr 0.1 Gew.-% der ganzen Deponie ausmacht¹⁰. Rund ein Drittel davon sind organische Schadstoffe, namentlich Kohlenwasserstoffe (KW) und PAK. Leichtflüchtige KW (CKW, BTEX) sind nur untergeordnet vorhanden. Rund 2/3 werden durch Schwermetalle (Blei, Zink, Nickel, Kupfer) verursacht. Gerade bei den Schwermetallen muss die Herkunft dieser Schadstoffmengen nicht ausschliesslich aus Abfällen der chemischen Industrie stammen, sondern kann genauso gut aus Anteilen im Bauschutt hervorgerufen werden.

*Aussagekraft
Deponiemodell*

Deponievolumen

*stark belastetes
Deponiematerial*

Schadstoffmengen

¹⁰ Selbst bei einer deutlich grösseren Schadstoffbelastung beträgt der Anteil nicht mehr als 1 Gew.-% der Deponie (Abschätzung basiert auf den quantitativen Angaben der Einzelstoffanalytik ohne Berücksichtigung der Screening-Resultate).



5. Chemische Analysen des Grundwassers

5.1. Untersuchungsprogramm

5.1.1. Durchgeführte Probenahmen

Im Rahmen der 2. Etappe TU und der laufenden Grundwasserüberwachung wurden bisher insgesamt 6 Probenahmekampagnen durchgeführt (vgl. Tabelle 12). Es sind dies einerseits total 4 Kampagnen mit einem ausführlichen Analysenprogramm (U1K1, U1K2, U2K1, U2K2) und andererseits zwei Entnahmekampagnen mit einem etwas reduzierten Entnahme- und Analysenprogramm (GÜ1, GÜ2). Ferner wurden im Rahmen des Belastungspumpversuches bei der Bohrung R4.1 weitere Grundwasseranalysen durchgeführt.

*Probenahme-
kampagnen*

Tabelle 12 : durchgeführte Probenahmekampagnen (Rothausstrasse)

Kampagne		U1K1 (Apr04)	U1K2 (Jul04)	GÜ1 (Sept05)	U2K1 (März06)	GÜ2 (Mai06)	U2K2 (Jul06)
Oberes Grundwasserstockwerk im Lockergestein							
R2	Datum	7.4.04	07.07.2004	04.10.05	27.03.06	01.06.06	28.07.06
	Proben Nr.	1175	2342	3634	1174	2364	3185
	Grw,sp	258.64	258.63	258.75	258.67	258.85	258.85
R3	Datum	2.4.04	05.07.2004	03.10.05	24.03.06	31.05.06	28.07.06
	Proben Nr.	1087	2291	3608	1115	2392	3187
	Grw,sp	256.10	255.75	255.98	255.81	256.62	256.49
R4.2	Datum	5.4.04	05.07.2004	03.10.05	27.03.06	31.05.06	02.08.06
	Proben Nr.	1121	2297	3616	1172	2319	3230
	Grw,sp	256.89	256.91	257.34	257.19	257.62	257.52
R5	Datum	2.4.04	06.07.2004	03.10.05	24.03.06	31.05.06	02.08.06
	Proben Nr.	1089	2314	3614	1109	2323	3232
	Grw,sp	258.69	258.52	258.69	258.63	259.23	259.00
R6	<i>Kein bzw. ungenügend Grundwasser vorhanden</i>						
R7	<i>Kein bzw. ungenügend Grundwasser vorhanden</i>						
R8	Datum				27.03.06		03.08.06
	Proben Nr.	keine Probe- nahme	keine Probe- nahme	keine Probe- nahme	1170	keine Probe- nahme	3244
	Grw,sp				261.70		261.72
R9	Datum				28.03.06		02.08.06
	Proben Nr.	keine Probe- nahme	keine Probe- nahme	keine Probe- nahme	1189	keine Probe- nahme	3236
	Grw,sp				259.23		2259.36
E.006	Datum	6.4.04	06.07.2004		24.03.06		28.07.06
	Proben Nr.	1156	2317	keine Probe- nahme	1113	keine Probe- nahme	3189
	Grw,sp						
R.008	Datum	5.4.04	07.07.2004	04.10.05	27.03.06	31.05.06	02.08.06
	Proben Nr.	1123	2339	3636	1166	2321	3234
	Grw,sp	259.31	259.14	259.16	259.22	259.59	259.343
Unteres Grundwasserstockwerk im HMK							
R1	Datum	2.4.04	06.07.2004	30.9.05	24.03.06	31.5.06	28.07.06
	Proben Nr.	1085	2320	3578	1111	2327	3183
	Grw,sp	250.44	251.39	250.02	249.98	252.42	251.92





R4.1	Datum	5.4.04	05.07.2004	03.10.05	27.03.06		02.08.06
	Proben Nr.	1127	2294	3612	1168		3228
	Grw,sp	250.81	251.47	250.27	250.21		252.25
J.003	Datum	5.4.04	05.07.2004	03.10.05	24.03.06	31.05.06	28.07.06
	Proben Nr.	1125	2288	3610	1107	2325	3181
	Grw,sp	250.93	251.55	255.56	255.20	257.52	257.02
C.245	Datum	6.4.04	07.07.2004	04.10.05	28.03.06	01.06.06	03.08.06
	Proben Nr.	1160	2345	3632	1185	2360	3238
	Grw,sp	253.24	253.61	252.42	252.30	254.79	253.52

Bezüglich des Grundwasserstandes können die bisher durchgeführten Probenahmekampagnen (inkl. 1. Etappe) wie folgt zusammengefasst werden:

Grundwasserstand

Tabelle 13: Massgebende Grundwasserstände (Deponie Rothausstrasse)

Wasserstand (m ü.M.)	NW	MW	HW
Grundwasserspiegel in oberem Stockwerk (Lockergesteinsgrundwasser)	255 - 259	256 - 259	256.5 – 259.5
Grundwasserspiegel im HMK-Grundwasser	250 - 251	251 -252	252 - 253
Kampagne (Datum)	GÜ1 (Sept 05) U2K1 (März 06)	U1K1 (April 04) U1K2 (Juli 04)	GÜ2 (Mai 06) PV R4.1 (Juni 06) U2K2 (Juli 06)

Die im Rahmen der TU durchgeführten Probenahmen erfolgten bisher sowohl bei niedrigen als auch bei hohem Grundwasserstand und können daher als repräsentativ betrachtet werden.

durchgeführte Probenahmen

Es stehen heute grundsätzlich 14 Probenahmestellen (inkl. Mehrfachmessstellen) zur Überwachung und Beprobung des Grundwassers im Bereich der Deponie Rothaus zur Verfügung. Davon liegen 10 im oberen (Lockergesteins)Grundwasserstockwerk- und 4 Messstellen sind im unteren (HMK-) Grundwasserstockwerk platziert. Ausserdem befinden sich 3 Messstellen im Zustrombereich der Deponie (R1, R8, E.006), die restlichen im nahen oder fernen Abstrombereich.

Probenahmestellen

Die Probenahme wurde wie bei der 1. Etappe TU gemäss Qualitätskonzept Oehme [4] durchgeführt. Dieses beinhaltet im Wesentlichen, dass bei jeder Probenahme ein neuer Probenahmeschlauch aus Teflon verwendet wurde, und dass dieser vorgängig mit ultrareinem Wasser vorgespült wurde (Blindprobe). Dort, wo aufgrund der Ergiebigkeit genügend Wasser vorhanden war, d.h. i.d.R. im unteren Stockwerk sowie bei drei Messstellen im oberen Stockwerk (F1, R3, 21.R.8), wurde ausreichend vorgepumpt und die Vorpumpmenge betrug mindestens 300 l bei einer Pumpleistung von rund 5 – 10 l/min (Pumpdauer ca. 40 – 50 min). Bei mehr als der Hälfte der Entnahmestellen im oberen Stockwerk (R2, R4.2, R8, R9) sowie bei 21.C.245 mussten jedoch die

Probenahme



Wasserproben jeweils mit einem speziellen Schöpfer entnommen werden, da nicht genügend Wasser gepumpt werden konnte. Die elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, pH-Wert und der Sauerstoffgehalt der Proben wurden mittels WTW-Messgerät vor Ort abgelesen. Ferner konnte aus den beiden neuen Bohrungen R6 und R7 keine Wasserproben entnommen werden, da diese stets trocken lagen. Schliesslich erfolgte die Probenahme bei 21.E.006 (Brauchwasserfassung) direkt ab Hahn.

5.1.2. Analysenprogramm

Im Rahmen der 2. Etappe TU (inkl. Grundwasserüberwachung) für die Deponie Rothausstrasse wurde das in Tabelle 14 zusammengestellten Analysenprogramm durchgeführt. Darin sind die analysierten Stoffgruppen aufgeführt. Die ausführliche Liste der analysierten Einzelsubstanzen sowie eine Beschreibung der Probenaufbereitung und Analyseverfahren kann aus Anhang 0 (Labor- bzw. Prüfbericht RWB) entnommen werden.

Labor- bzw. Prüfbericht RWB in Beilage B2

Bei jeder Probe wurde zusätzlich vor der Probenahme eine Feldblindprobe entnommen und analysiert (ausser Belastungspumpversuch). Damit wurde das Ziel verfolgt, Artefakte bei der Probenahme und der Analytik feststellen zu können.

Feldblindprobe

Tabelle 14 : Analysenprogramm (2. Etappe TU)

	ausführliche	reduzierte	Belastungspumpversuch
	Grundwasserüberwachung		
Messkampagnen	U2K1, U2K2	GÜ1, GÜ2	Juni 06
Messstellen	R1 bis R9, C.245, E.006, J.003 R.008	R1 bis R5, C.245, E.006, J.003 R.008	R4.1
Anzahl Analysen	45	28	3
Chem.-physikalische Parameter	X	X	X
Allg. u. anorganische Parameter	X	X	X
Halogenierte Kohlenwasserstoffe	X	X	X
Organische Summenparameter	X	X	X
Elemente und Schwermetalle	X		(X)
Chlorierte Aromaten	X		
Aniline	X		
Aromatische Kohlenwasserstoffe	X		
Phenole	X		
Pestizide (inkl. DDT)	X		(X)
Barbiturate	X	(x)	
Aromatische Sulfonate	(6 Proben)		
Screenings	X	x	X

5.2. Zusammenfassender Überblick

Die Konzentrationsunterschiede zwischen den einzelnen Messkampagnen sind in der Regel nicht sehr gross und das gefundene Schadstoffspektrum stimmt gut überein. Generell bestätigen die neuen Untersuchungsergebnisse diejenigen der 1. Etappe TU, d.h. alle Konzentrationen und Parameterwerte liegen fast ausnahmslos in der gleichen Grössenordnung wie bisher.

*vergleichbare
Analysenergebnisse*

Aufgrund der guten Übereinstimmung werden nachfolgend die Ergebnisse aller Kampagnen gemeinsam diskutiert, und nur dort, wo sich essentielle Unterschiede zur 1. Etappe TU oder einzelnen Kampagnen feststellen lassen, wird speziell darauf eingegangen. In den nachfolgenden Tabelle 17 und Tabelle 18 sind die wesentlichen Merkmale der Grundwasseranalysen sowie die wichtigsten Analyseergebnisse halbquantitativ bzw. "beschreibend" zusammengestellt. Die Entnahmestellen können gestützt auf die Lage und Analyseergebnisse unterteilt werden in:

*wesentliche
Merkmale*

- ein „oberes Grundwasserstockwerk (Lockergestein)“
 - „unbeeinflusst“ Zustrom (21.E.006, R3, R8)
 - „deponiebeeinflusst“ (R2, R4.2, 21.R.8, R9) sowie
- ein „unteres Grundwasserstockwerk (HMK-Grundwasser)“
 - „unbeeinflusst“ Zustrom (R1, 21.C.245¹¹)
 - „Abstrom“ (R4.1, 21.J.3)

2 Grundwasserstockwerke

Die Schadstoffbelastung des Grundwassers ist in den Situationsplänen im Anhang A2 anhand ausgewählter Parameter grafisch dargestellt. Die Unterschiede im Chemismus dieser verschiedenen Wassertypen können mit sogenannten Box-plots-Darstellungen¹² verdeutlicht werden. Alle relevanten Parameter wurden deshalb in solchen Diagrammen grafisch veranschaulicht. Die detaillierten Untersuchungsergebnisse sind aus Anhang A6 zu entnehmen.

*boxplot-
Diagramme*

¹¹ Die Entnahmestelle 21.C.245 liegt zwar nicht im Zuströmbereich dafür aber klar ausserhalb des Einflussbereiches der Deponie Rothausstrasse und wird deshalb als unbeeinflusster Referenzwert verwendet.

¹² In einem Boxplot (auch Box-Whisker-Plot) werden der Mittelwert (Median), die Streuung und die Extremwerte der Analyseergebnisse grafisch in einem Diagramm dargestellt. Die „Box“ umfasst 50 % der Daten, d.h. vom unteren bis zum oberen Quartil, und spiegelt mit der Länge die Streuung wider. Durch die Lage des Medians innerhalb der Box wird ein Eindruck von der Häufigkeitsverteilung vermittelt. Als „Whisker“ werden die vertikalen Linien bezeichnet, wobei die Striche bis zu den gemessenen Extremwerten reichen. Ein Datensatz beinhaltet 8 - 14 Analysewerte. Messwerte unter der Bestimmungsgrenze wurden nicht berücksichtigt bzw. wenn mehr als 25 % des Datensatzes unter der Bestimmungsgrenze liegen, wurde dies in der Grafik entsprechend vermerkt.



Tabelle 15: Anorganische Schadstoffbelastung des Grundwassers (Einzelstoffanalytik)

Probenahmestellen	oberes Grundwasserstockwerk (Lockergesteinsgrundwasser)		unteres Grw.stockwerk (HMK-Grundwasser)	
	„unbeeinflusst“	„deponiebeeinflusst“	„Zustrom“	„Abstrom“
	21.E.6, R3, R8	R2, R4h, R5, 21.R.8, R9	R1, 21.C.245	R4t, 21.J.3
Nitrat Nitrit Ammonium	Nitratarm (rund 10 - 20 mg/l), Nitrit und Ammonium höchstens in Spuren	Sowohl hohe als auch niedrige Extremwerte und häufig auch erhöhte Nitrit- und Ammoniumgehalte	I.d.R. geringer Nitratgehalt von rund 10 - 15 mg/l, z.T. leicht erhöhte Nitrit- oder Ammoniumgehalte	
Schwermetalle	Generell liegen die Schwermetallgehalte i.d.R. nur wenig über der Bestimmungsgrenze, d.h. meist < 1 µg/l und es lassen sich keine allzugrossen Unterschiede feststellen.			
	Gehalt an Kupfer z.T. leicht erhöht (21.E.6: 4-7 µg/l).	Gehalte an Kobalt und Nickel leicht erhöht (i.d.R. bis max. 5-10 µg/l).	Alle Gehalte liegen im normalen „unauffälligen“ Rahmen	
Bor	keine erhöhten Gehaltswerte	deutlich erhöhte Werte (rund 1, im Maximum bis 6 mg/l)	vereinzelt vergleichsweise leicht erhöhte Werte bis max. rund 0.3 mg/l	

S C + P

Tabelle 16: Organische Schadstoffbelastung des Grundwassers (Einzelstoffanalytik)

Probenahmestellen	oberes Grundwasserstockwerk (Lockergesteinsgrundwasser)		unteres Grw.stockwerk (HMK-Grundwasser)	
	„unbeeinflusst“	„deponiebeeinflusst“	„Zustrom“	„Abstrom“
	21.E.6, R3, R8	R2, R4h, R5, 21.R.8, R9	R1, 21.C.245	R4t, 21.J.3
DOC	i.d.R. < 1 mg/l	Meist erhöhte Gehalte zwischen rund 3 – 10 mg/l	i.d.R. < 1 mg/l	z.T. ganz schwach erhöht (R4.1: max. 1.5 mg/l)
AOX	Keine erhöhte Werte (i.d.R. < 10 µg Cl/l).	leicht bis deutlich erhöhte Werte (40-100 µg Cl/l)	Keine erhöhte Werte (alle < 10 µg Cl/l)	z.T. ganz schwach erhöht (R4.1 max rund 20 µg Cl/l)
CKW	Meist geringe PER-Gehalte bis max. rund 0.5 µg/l. Vereinzelt Chlorbenzole oder Bromoform nachgewiesen		Meist leicht erhöhte PER-Gehalte bis rund 3 µg/l (ausser C.245)	
Pestizide	Praktisch in allen Messstellen in Spuren vorhanden (20-500 ng/l), keine signifikanten Unterschiede			
Phenole	keine	Phenol in Spuren bis rund <0.2 µg/l	keine	
PAK	keine	Einzelne PAK-Substanzen in Spuren unter 0.5 µg/l gemessen	keine	
Aniline	praktisch keine	Erhöhte Gehalte an Anilinen bis rund 15-30 µg/l	praktisch keine	geringe Spuren in R4.1 (bis 0.5 µg/l).

5.3. Allgemeine Beschaffenheit des Grundwassers

Zum allgemeinen Verständnis wird einleitend nochmals eine allgemeine Charakterisierung der Grundwasserbeschaffenheit im ganzen Betrachtungsgebiet anhand der wichtigsten physikalischen Kenngrößen (pH, el. Leitfähigkeit) und der gelösten Hauptbestandteile (Hydrogenkarbonat, Sulfat) gegeben. Wie bereits bei der 1. Etappe TU festgestellt, lassen sich aufgrund der anorganischen Hauptbestandteile (Anionen, Kationen) generell verschiedene Wassertypen unterscheiden, welche in gegenseitiger Wechselbeziehung zueinander stehen bzw. in unterschiedlichem Masse gemischt werden:

*verschiedene
Wassertypen:*

- Der überwiegende Anteil im Grundwassergebiet von MuttENZ (südlich des Rangierbahnhofes) wird durch im Hauptmuschelkalk zirkulierendes Grundwasser gebildet (kurz: HMK-Grundwasser¹³). Es handelt sich dabei überwiegend um ein hartes, calcitgesättigtes Hydrogenkarbonat-Wasser mit einer normalen Gesamtmineralisation von rund 0.4-0.5 g/l bzw. mit mittleren Hydrogenkarbonatgehalten von rund 350–400 mg/l, Sulfatgehalten von rund 30 - 50 mg/l und Nitratgehalten von maximal 30 – 35 mg/l.
- Durch die Infiltration von aufbereitetem Rheinflusswasser durch die Hardwasser AG entsteht im Gebiet Hard ein mittel-hartes Rheinwasser-Infiltrat (calcitgesättigtes Hydrogenkarbonat-Wasser) mit einer deutlich geringeren Gesamtmineralisation von rund 0.2 - 0.3 g/l. Kennzeichnend sind vor allem der geringere Hydrogenkarbonatgehalt von rund 150 - 250 mg/l sowie ein niedriger Nitrat- und Chloridgehalt (< 10 – 15 mg/l), und ein mittlerer Sulfatgehalt von meist weniger als 20 - 30 mg/l.
- Im Nahbereich der drei untersuchten Deponien lässt sich ausserdem häufig ein stärker mineralisiertes Grundwasser nachweisen (Gesamtmineralisation bis rund 0.9 g/l), welches sich vor allem durch Sulfatgehalte von mindestens ca. 100 – 300 mg/l und Hydrogenkarbonatgehalten bis rund 500 - 600 mg/l auszeichnet. Bei der Deponie Rothausstrasse kann der z.T. hohe Sulfatgehalt im unteren Grundwasserstockwerk aber eventuell auch durch natürliche Ursachen (Gipsauslaugung) hervorgerufen werden.

*HMK-
Grundwasser*

*Rheinwasser-
Infiltrat*

*sulfathaltiges
Grundwasser*

Für die Entstehung dieser stärker mineralisierten Grundwässer steht neben einer natürlichen Auslaugung von Gips und z.T. Salzen des Keupers bzw. der Anhydritgruppe hauptsächlich eine Beeinflussung durch Deponiesickerwasser im Vordergrund. Vor allem die hohen Hydrogenkarbonat- und Nitratgehalte sind kaum durch eine natürliche Wasser-Gesteins-Interaktion erklärbar. Diese Annahme wird sowohl aufgrund der nahen Lage zu den Deponien als auch durch Isotopenmessungen aussagekräftig untermauert (vgl. [7]).

*Beeinflussung
durch Depo-
niesickerwas-
ser wahr-
scheinlich*

¹³ Das im Lockergestein der Störungszone zirkulierende Grundwasser wird ebenfalls dazu gerechnet, da es in direktem Kontakt dazu steht bzw. es fließende Übergänge gibt.





5.4. Gesamtmineralisation und Redoxverhältnisse

Ergänzend zu den obigen Ausführungen und zur Charakterisierung der Gesamtmineralisation und der Redoxverhältnisse im Bereich der Deponie Rothausstrasse sind folgende Analysenergebnisse von Bedeutung:

Gesamtmineralisation

Die elektrische Leitfähigkeit des Grundwassers als Mass für die Gesamtmineralisation ist im oberen Stockwerk deutlichen Unterschieden unterworfen, während sich im unteren Stockwerk keine allzu grossen Unterschiede feststellen lassen. Das Bild der elektrischen Leitfähigkeit deckt sich auch gut mit der Salzbelastung, indem sowohl deutliche Unterschiede bei den Anionen (Hydrogenkarbonat-, Sulfat- und Chloridgehalt, Abbildung 6) als auch bei den Kationen (Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Abbildung 7) erkennbar sind.

Gesamtmineralisation

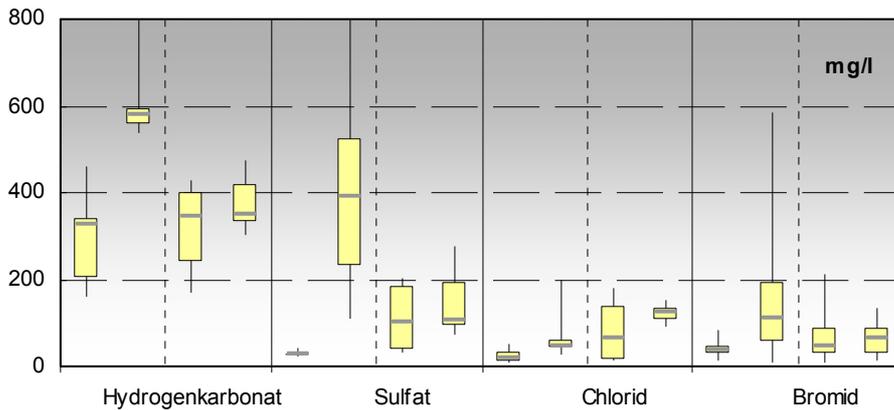


Abbildung 6:
 box-plot-Diagramm
 Hauptbestandteile
 Anionen
 [links: "Zu-, Abstrom
 Lockergestein, rechts:
 Zu-, Abstrom HMK
 vgl. auch Fussnote 12
 auf S. 49]

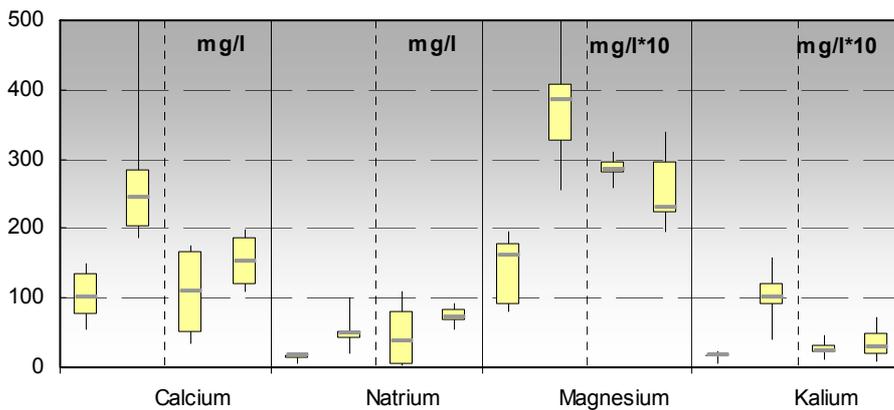


Abbildung 7:
 box-plot-Diagramm
 Hauptbestandteile
 Kationen
 [links: "Zu-, Abstrom
 Lockergestein, rechts:
 Zu-, Abstrom HMK
 vgl. auch Fussnote 12
 auf S. 49]

Die räumliche Verteilung im oberen Stockwerk ist anhand der Isoliniendarstellung der elektrischen Leitfähigkeit (Anh. A5a) veranschaulicht, und zeigt deutlich eine rasche Zunahme vom Deponierand bzw. vom Zustrombereich (R8,

oberes Stockwerk



21.E.6) in Richtung zur Deponiemitte (21.R.008, KB-R06/02 und 06). Die elektrische Leitfähigkeit (und entsprechend auch der Salzgehalt) nimmt dabei je nach Parameter um das doppelte (HCO_3) bis 10-fache (Sulfat) zu. Entsprechend ist von einem hohen Sickerwasseranteil auszugehen (allerdings bei vergleichsweise geringem Grundwasserdurchfluss, vgl. Kap. 3.2). Im Abstrombereich nimmt die Gesamtmineralisation (el. LF, Kationen, Anionen) schliesslich wieder durch Verdünnungsprozesse etwas ab, ist aber immer noch deutlich höher als im unteren Stockwerk (ausser Na, Cl). Auffallend sind dabei vor allem die relativ hohen Hydrogenkarbonat-Gehalte im stärker mineralisierten Lockergesteinsgrundwasser von rund 550 – 850 mg/l. Dies bedingt bei der Entstehung dieser Wässer einen vergleichsweise hohen CO_2 -Partialdruck und setzt einen zusätzlichen CO_2 -Input voraus (z.B. durch unterirdische biologische Abbauprozesse).

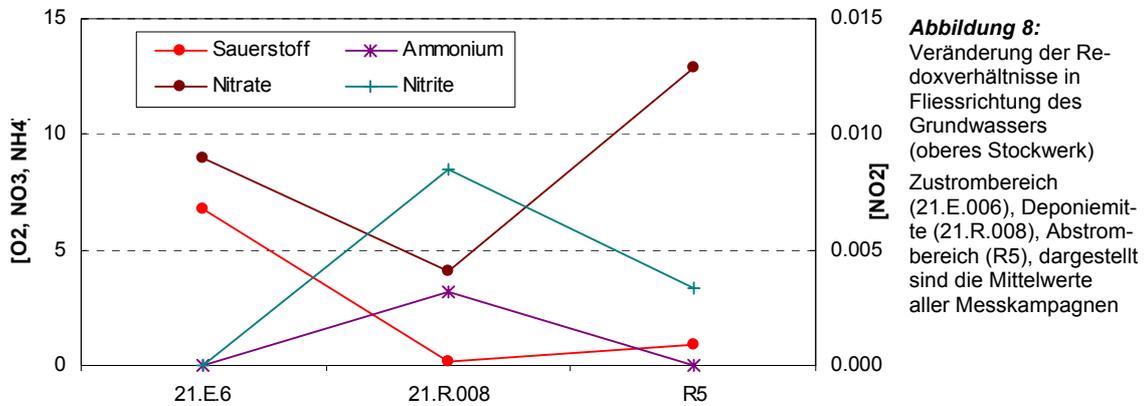
Im unteren Stockwerk lässt sich tendenziell ebenfalls ein leichter Unterschied zwischen Zu- und Abstrom feststellen. Die Unterschiede sind aber doch sehr gering, so dass eine Deponiebeeinflussung deshalb nur von sehr untergeordneter Bedeutung ist. Zumal die Gesamtmineralisation auch bereits im Zustrombereich (R1) z.T. höher als im weiter entfernten Abstrombereich (21.J.4) ist.

unteres Stockwerk

Redoxverhältnisse

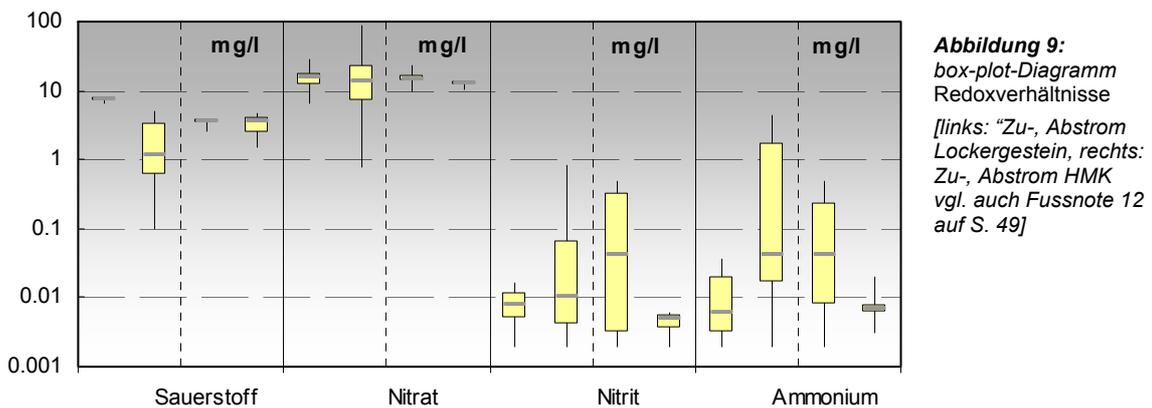
Die Redoxverhältnisse zeigen im oberen Stockwerk ein analoges Bild wie die Gesamtmineralisation. Dies lässt sich deutlich an der Isoliniendarstellung des Sauerstoffgehaltes erkennen (vgl. Anh. A6b), indem vom Deponierand (Zustrombereich) mit „normalen“ Gehaltswerten von rund 6 – 7 mg/l bis zur Deponiemitte eine deutliche Veränderung bzw. Abnahme des Sauerstoffgehaltes feststellbar ist. Das Grundwasser ist in der Deponiemitte infolge sauerstoffzehrender Abbauprozesse in der Deponie nahezu sauerstofffrei. Entsprechend sind dort durch Reduktion von Nitrat zu Ammonium und Nitrit auch hohe Nitrit- (bis max. rund 0.8 mg/l) und Ammoniumgehalte (bis max. rund 4.5 mg/l) sowie niedrige Nitratgehalte (z.T. weniger als 5-10 mg/l) nachzuweisen. Im Abstrombereich ist das Grundwasser schliesslich wieder etwas sauerstoffreicher und weist entsprechend wieder leicht niedrigere Nitrit- und Ammoniumgehalte auf. Der Deponiebeeinflussung ist diesbezüglich aber immer noch deutlich spürbar (O_2 -Gehalt < 2-4 mg/l, NO_2 und NH_4 deutlich über der Nachweisgrenze). In der Abbildung 8 sind die Veränderungen der Redoxverhältnisse in Fliessrichtung des Grundwassers vom Zustrombereich (E.6) über die Deponiemitte (R.008) bis zum Abstrombereich nochmals grafisch veranschaulicht.

oberes Stockwerk



Im unteren Stockwerk (HMK-Grundwasser) sind generell überall leicht reduzierende Verhältnisse festzustellen (Sauerstoffgehalt rund 2 – 4 mg/l), wobei aber praktisch keine Unterschiede zwischen Zu- und Abstrombereich ermittelt werden können bzw. sogar leicht bessere Verhältnisse vorliegen (vgl. Abb. 8). Dies ist entweder durch subartesisch gespanntes Grundwasser zu erklären, da dort ein freier Austausch mit der atmosphärischen Luft fehlt (R1), oder probenahmebedingt (21.C.245, Schöpfprobe). Die Nitratgehalte bewegen sich dort durchwegs in einem „normalen“ Rahmen von rund 10 – 20 mg/l und auch Nitrit und Ammonium sind nur in Spuren vorhanden (ausser 21.C.245, Schöpfprobe). Allerdings kann auch eine Beeinflussung durch Deponiesickerwasser nicht restlos ausgeschlossen werden (R1).

unteres Stockwerk



5.5. Anorganische Schadstoffe

Bei allen Kampagnen wurden in den entnommenen Grundwasserproben verschiedene Schwermetallgehalte sowie Bor nachgewiesen. In der Tabelle 17 sind die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst.



Tabelle 17: Schwermetallgehalte und Borgehalt im Grundwasser

Parameter (gelöste Schwermetallanteile)		Oberes Grundwasserstockwerk (Lockergesteinsgrundwasser) 21.E.006, 21.R008, R2, R3, R4h, R5, R8, R9			Unteres Grw.stockwerk (HMK-Grundwasser) R1, R4t, 21.C.245; 21.J.003		
		Messbereich		Ø (28 Analysen)	Messbereich		Ø (16 Analysen)
		Min	Max		Min	Max	
Arsen	µg/l	<0.1	3.9	1.0	<0.1	1.5	0.6
Cadmium	µg/l	<0.02	0.16	0.06	<0.02	0.03	0.01
Kobalt	µg/l	<0.02	6.4	1.5	<0.02	0.66	0.4
Kupfer	µg/l	<2	7.2	3.2	<2	1.3	<2
Quecksilber	µg/l	<0.05	0.27	0.1	<0.05	0.4	<0.05
Nickel	µg/l	<2	27	7.6	<2	6.6	<2
Antimon	µg/l	<0.02	0.88	0.24	<0.02	0.21	0.08
Zinn	µg/l	<0.02	0.03	0.03	<0.02	0.02	<0.02
Zink	µg/l	<2	56	15.3	<2	1310	226
Bor	µg/l	<0.02	6100	691	20	276	132
Chrom	µg/l	<0.5	4.8	2.6	<0.5	1.2	<0.5
Eisen	µg/l	<2	176	33	<2	39.7	6.7

Schwermetalle

Praktisch in allen entnommenen Grundwasserproben sowohl im oberen als auch unteren Stockwerk wurden Schwermetalle in geringen Konzentrationen nachgewiesen. Die Schwermetallkonzentrationen sind dabei aber generell im unteren Stockwerk leicht niedriger (vgl. Tabelle 17). Die Konzentrationen sind dort meist kleiner als 1 µg/l (ausser Zink und Eisen) oder sie liegen grösstenteils sogar unter der Bestimmungsgrenze oder nur wenig darüber. Insbesondere können praktisch bei allen Schwermetallen keine signifikanten Unterschiede zwischen Zu- und Abstrombereich festgestellt werden (vgl. Boxplot-Diagramme in Abbildung 10 und Abbildung 11).

Unteres Stockwerk

Im Vergleich zum unteren Stockwerk sind im oberen Stockwerk vor allem Kobalt, Kupfer und Nickel leicht erhöht, mit mittleren Gehalten bis rund 2 – 5 µg/l (Nickel mit maximalen Werten bis rund 15 – 30 µg/l¹⁴). Bei diesen Schwermetallen lässt sich auch mehr oder weniger deutlich eine Zunahme zwischen Zu- und Abstrombereich feststellen (vgl. Abb. 9 und 10). Hingegen zeigen die übrigen Schwermetalle, insbesondere Cadmium, Quecksilber und Arsen sowohl gegenüber dem unteren Stockwerk als im Vergleich zum Zu- und Abstrombereich keine wesentlichen Unterschiede.

oberes Stockwerk

¹⁴ Die höchsten Schwermetallgehalte wurden meist nur im Rahmen der 1. Etappe TU festgestellt und konnten mit den jüngsten Probenahmen bei der 2. Etappe nicht bestätigt werden (vermutlich handelte es sich dabei um Labor- oder Probenahmeeffekte).

Die höchsten Schwermetallgehalte sind beim Zink und Eisen zu verzeichnen, welche vor allem bei älteren Messstellen (E.6, C.245) vorliegen. Diese Gehalte lassen sich plausibel durch eine Kontamination aus verzinkten Stahl-Piezometerrohren erklären.

Zink und Eisen

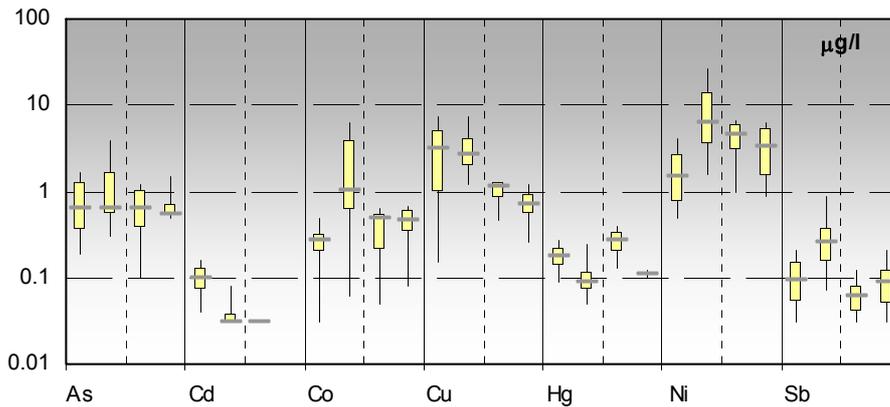


Abbildung 10:

box-plot-Diagramm
 Schwermetalle

[links: "Zu-, Abstrom
 Lockergestein, rechts:
 Zu-, Abstrom HMK
 vgl. auch Fussnote 12
 auf S. 49]

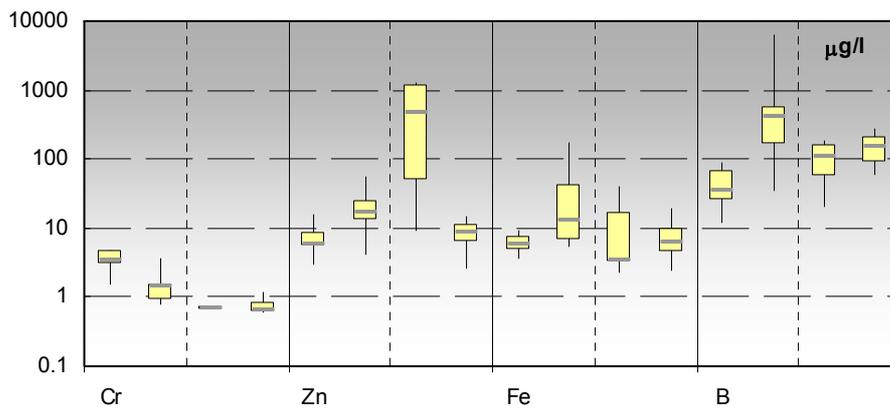


Abbildung 11:

box-plot-Diagramm
 Schwermetalle und Bor

[links: "Zu-, Abstrom
 Lockergestein, rechts:
 Zu-, Abstrom HMK
 vgl. auch Fussnote 12
 auf S. 49]

Insgesamt lässt sich also eine schwache Schwermetallbeeinflussung im oberen Stockwerk feststellen, hauptsächlich hervorgerufen durch leicht erhöhte Kobalt- und Nickelgehalte. Alle Schwermetallgehalte liegen aber noch immer auf einem sehr niedrigen Gehaltsbereich und es kann keine Beeinflussung des unteren Stockwerkes abgeleitet werden.

schwache
 Schwermetall-
 beeinflussung

Borgehalt

Analog zum Sulfatgehalt kann beim Borgehalt im oberen Grundwasserstockwerk eine signifikante Zunahme zwischen Zustrom- und Abstrombereich erkannt werden (rund 4-5-mal grösser, im Mittel rund 1 mit Maximalwerten bis rund 6 mg/l). Da dort gleichzeitig auch der Sulfatgehalt erhöht ist, steht als Ursache dafür in erster Linie eine Gipsauslaugung im Vordergrund infolge der Deponiebeeinflussung (z.B. Auswaschung von gipshaltigem Bauschutt).

Borgehalt



5.6. Organische Schadstoffe

Summenparameter

Beim DOC-Gehalt lassen sich sowohl im oberen als auch unteren Stockwerk signifikante Unterschiede zwischen Zu- und Abstrombereich feststellen (vgl. Abbildung 12). In beiden Stockwerken liegen die Gehalte im Zustrombereich überall noch deutlich unter 1 mg/l und entsprechen einem unbeeinflussten Hintergrundwert. Im unteren Stockwerk sind die Unterschiede zum Abstrombereich marginal und einzig bei der unmittelbar im Abstrombereich liegenden Messstelle R4.1 mit maximalen Gehalten von rund 1.5 mg/l schwach erkennbar. Demgegenüber ist der DOC-Gehalt in allen Abstrom-Messstellen im oberen Stockwerk mit Gehalten zwischen rund 2 – 4 mg/l deutlich höher und durch eine klare Deponiebeeinflussung verursacht. Die höchsten Gehalte wurden bei der Messstelle R2 mit Werten bis über 10 mg/l ermittelt, was u.U. zusätzlich auch auf „abgestandenes“ Wasser zurückzuführen sein könnte (Schöpfprobe).

DOC-Gehalt

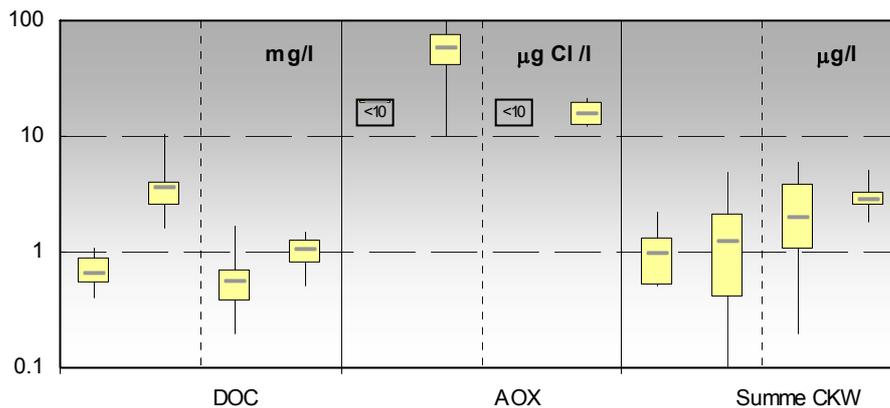


Abbildung 12:
 box-plot-Diagramm
 DOC, AOX und Σ CKW
 [links: "Zu-, Abstrom
 Lockergestein, rechts:
 Zu-, Abstrom HMK
 vgl. auch Fussnote 12
 auf S. 49]

Noch deutlicher zeigt sich die organische Deponiebeeinflussung beim AOX-Gehalt (vgl. Abbildung 12). Während im Zustrombereich sowohl im unteren als auch oberen Stockwerk der AOX-Gehalt bei allen Messungen i.d.R. stets unter der Bestimmungsgrenze von 10 µg Cl/l lag, ist er im Abstrombereich beider Stockwerke deutlich erhöht. Im unteren Stockwerk liegen die Gehaltswerte allerdings nicht immer sondern nur vereinzelt mehr oder weniger deutlich über der Bestimmungsgrenze (maximale Werte bis rund 20 µg Cl/l). Zusätzlich ist dort eine Abnahme in Fließrichtung des Grundwassers (d.h. von der Messstelle R4.1 zu 21.J.3) erkennbar. Im oberen Stockwerk sind praktisch alle AOX-Gehalte im Abstrombereich erhöht und ausserdem nicht konstant, sondern schwanken z.T. beträchtlich. Vergleicht man die Mittelwerte der AOX-Gehalte dann lässt sich ein klarer Belastungsbereich mit Werten deutlich über 10 µg Cl/l erkennen, welcher sich ungefähr mit dem Deponieperimeter deckt und auch den Abstrombereich mit einbezieht (vgl. Isolinien-

AOX-Gehalte



darstellung in Anh. A6c). Die höchsten Werte betragen rund 60 - 100 µg Cl/l und wurden in der Deponiemitte bei der Messstelle 21.R.008 festgestellt. Die erhöhten Werte sind allerdings nicht durch CKW verursacht (wie z.B. bei der Deponie Feldreben, vgl. Abb. 11), da sich diesbezüglich keine signifikanter Unterschied zwischen Zu- und Abstrombereich feststellen lässt und ausserdem die Gehaltswerte vergleichsweise gering sind (vgl. unten).

Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW)

Praktisch in allen Messstellen können geringe Konzentrationen an chlorierten Kohlenwasserstoffen nachgewiesen werden. Es handelt sich dabei vor allem um Per- und Trichlorethen, während die meisten restlichen analysierten CKW-Substanzen entweder nicht oder höchstens in Spuren wenig über der Bestimmungsgrenze nachweisbar sind (z.B. Chloroform oder cis-1,2-Dichlorethen). Abgesehen von wenigen Ausnahmen liegen aber sämtliche Gehalte der analysierten Einzelsubstanzen mehr oder weniger deutlich unter 1 µg/l (vgl. Abb. 12). Darüber hinaus lassen sich auch keine signifikanten Unterschiede zwischen Zu- und Abstrombereich feststellen, und dies sowohl im unteren als auch oberen Stockwerk.

Nur geringe Konzentrationen

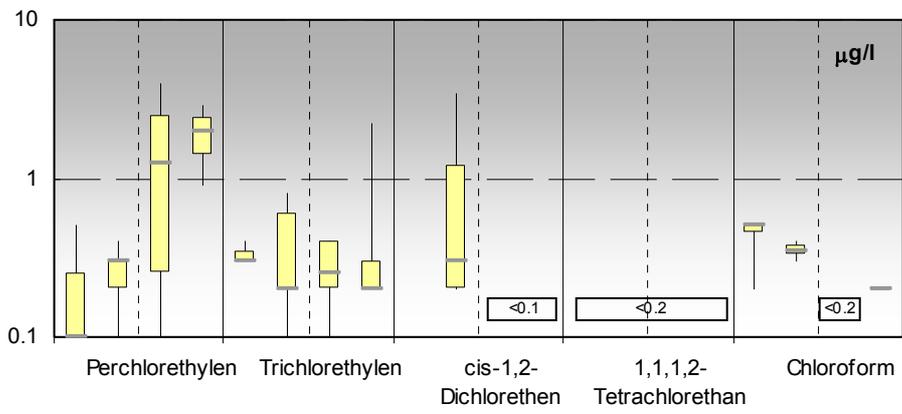


Abbildung 13:
 box-plot-Diagramm
 CKW-Belastung
 [links: "Zu-, Abstrom
 Lockergestein, rechts:
 Zu-, Abstrom HMK
 vgl. auch Fussnote 12
 auf S. 49]

Bei den erwähnten Ausnahmen handelt es sich einerseits um das Perchlorethen, welches im unteren Stockwerk in leicht höheren Konzentrationen von rund 3 – 5 µg/l vorkommt. Andererseits können im oberen Stockwerk nur im Abstrombereich cis-1,2-Dichlorethen, 1,1,1-Trichlorethan und Bromoform nachgewiesen werden, wobei die höchsten Konzentrationen noch innerhalb des Deponieperimeters bei der Messstelle 21.R.008 vorkommen. Da es sich dabei um CKW-Abbauprodukte handelt, ist ein gewisser Schadstoffaustrag mit CKW aus der Deponie zu vermuten. Dieser ist allerdings angesichts der bereits vorliegenden Hintergrundbelastung im unteren (HMK-)grundwasserleiter praktisch nicht mehr nachzuweisen und demzufolge auch nicht von ausschlaggebender Bedeutung. Desweiteren lässt sich im oberen Stockwerk re-

Perchlorethen

gelmässig Chloroform in Spuren von maximal rund 0.5 µg/l bereits im Zu-
strombereich bzw. deponieunbeeinflussten Bereich nachweisen (R1, R3).

Leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe (LKW)

Bezüglich der übrigen leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe (LKW, leicht flüch-
tige und halogenierte Kohlenwasserstoffe) wurden bei der Einzelstoffanalytik
nur noch ganz vereinzelt andere Substanzen festgestellt. Es handelt sich da-
bei im Wesentlichen um Chlorbenzol, welches einzig in der Bohrung 21.R.008
im Deponiebereich in Spuren wenig über der Bestimmungsgrenze von
0.1 mg/l nachgewiesen wurde. Unter der Bestimmungsgrenze von 0.1 µg/l
blieben insbesondere in allen Messstellen auch Di- und Trichlorbenzole,
leichtflüchtige Alkane (C₅ – C₁₀) sowie auch MTBE.

Chlorbenzol

S C + P

Übrige organische Schadstoffe

In einer überwiegenden Anzahl der bisher entnommenen Proben wurden
leicht erhöhte Herbizidgehalte nachgewiesen, welche meist deutlich über den
Bestimmungsgrenzen liegen. Es handelt sich dabei in erster Linie um die
Substanzen Atrazin (im Mittel rund 50 – 100 ng/l, Maximalwert bis rund 300-
1'000 ng/l), Simazin: (im Mittel rund 20 - 40 ng/l, Maximalwert bis rund
150 ng/l) und Desethylatrazin (im Mittel rund 100 – 500 ng/l, bis max. 500 -
1500 ng/l). Untergeordnet tritt auch Prometryn (bis rund 150 ng/l) auf. Die
weiteren mit der Einzelstoffanalytik erfassten Herbizid- und Pestizid-
Substanzen (z.B. DDT) lagen alle unter der Bestimmungsgrenze. Generell
lässt sich im oberen Stockwerk kein signifikanter Unterschied zwischen Zu-
und Abstrombereich feststellen, während im unteren Stockwerk tendenziell
eine leichte Zunahme zu erkennen ist (vgl. Abbildung 14). Aufgrund der un-
mittelbaren Nähe zum Rangierbahnhof ist auch eine Beeinflussung durch den
Bahnbetrieb denkbar (ev. auch nur in der Vergangenheit).

Herbizide

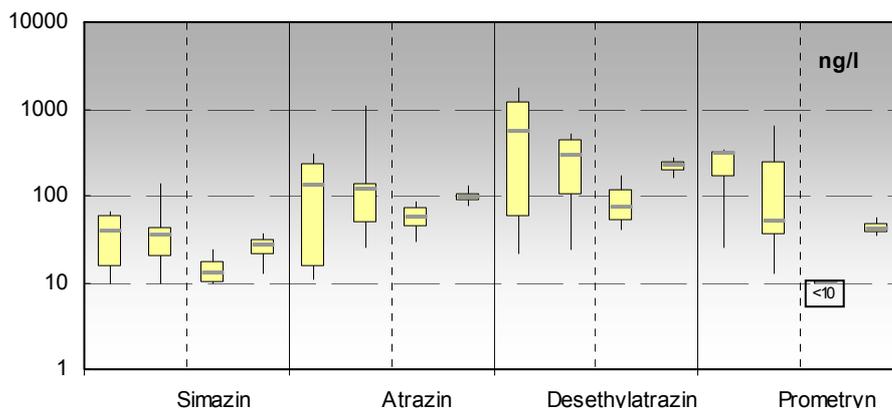


Abbildung 14:
box-plot-Diagramm
Pestizide
[links: "Zu-, Abstrom
Lockergestein, rechts:
Zu-, Abstrom HMK
vgl. auch Fussnote 12
auf S. 49]



Phenol wurde in vereinzelt Messstellen im oberen Stockwerk im Abstrombereich (R5, R4.2) nur in sehr geringen Konzentrationen unter 0.2 µg/l nachgewiesen. Alle übrigen untersuchten Phenol-Substanzen (wie z.B. Chlorphenole) blieben – abgesehen von sporadischen Einzelwerten - unter der Nachweisgrenze.

Phenole

Bezüglich der Stoffgruppe PAK wurden einzig bei der Messkampagne im März 2006 (U2K1) bei praktisch allen Messstellen leicht erhöhte Konzentrationen an Naphtalin sowie 1- bzw. 2-Methylnaphtalin festgestellt (meist < 0.1 µg/l). Abgesehen davon wurden bei den übrigen Kampagnen weder diese noch andere PAK-Einzelsubstanzen in erhöhten Konzentrationen festgestellt (abgesehen von einzelnen Ausnahmen lagen alle Resultate der Einzelsubstanzen unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze). Aufgrund dieses einmaligen und systematischen Auftretens, bei welchem darüber hinaus kein erklärbares Belastungsmuster zu erkennen ist, kommen Labor- oder Probenahmeeffekte als Ursache dafür in Frage (vgl. auch Labor- und Prüfbericht Oehme, Beilage B2).

PAK

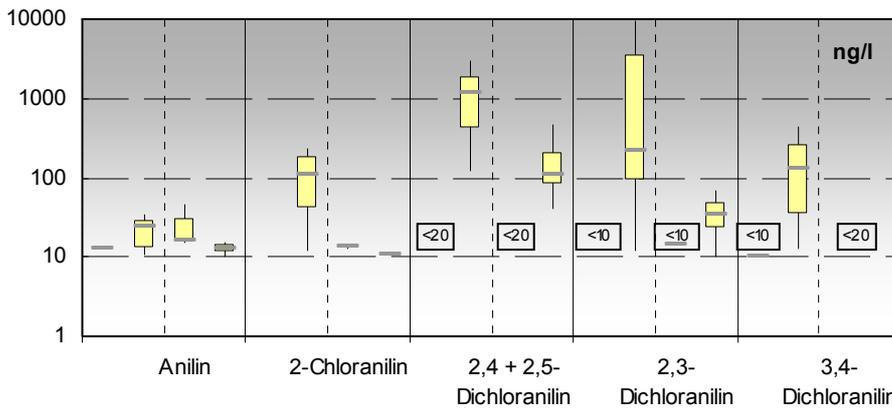


Abbildung 15:
 box-plot-Diagramm
 Aniline
 [links: "Zu-, Abstrom
 Lockergestein, rechts:
 Zu-, Abstrom HMK
 vgl. auch Fussnote 12
 auf S. 49]

Im Gegensatz zu allen anderen flüchtigen Kohlenwasserstoffen (wie oben beschrieben) kann bei den Anilinen eine klare Beeinflussung des Grundwassers durch Deponiesickerwasser nachgewiesen werden (vgl. Abbildung 15). Bei den meisten Messstellen sind zwar nur geringe Konzentrationen der Substanz Anilin wenig über der Bestimmungsgrenze von 10 ng/l feststellbar (gilt sowohl für unteres wie oberes Stockwerk), dafür sind aber die Chloraniline (vor allem 2-Chloranilin und Dichloraniline) jeweils im Abstrombereich recht deutlich erhöht. Die höchsten Konzentrationen werden im oberen Stockwerk bei der Messstelle 21.R.008 in der Deponiemitte erreicht, wobei aber auch im

Aniline¹⁵

¹⁵ Beim Anilin und 2-Chloranilin wurden gemäss Laborbericht RWB (Beilage 2) bei einigen Proben aus unerklärlichen Gründen erhöhte Feldblindwerte gemessen. Die jeweiligen Proben wurden bei der Dateninterpretation nicht berücksichtigt.



Abstrombereich (R5 und R4.2) noch fast gleich hohe Werte festgestellt werden können. Die mittleren Gehaltswerte betragen rund 1 – 2 µg/l und die maximalen Werte reichen bis rund 10 µg/l. Im unteren Stockwerk lassen sich bei den beiden Einzelsubstanzen Anilin und 2-Dichloranilin zwar keine signifikanten Anreicherungen im Abstrombereich belegen, dafür aber bei einzelnen Dichloranilin-Spezies (z.B. 2,3-Dichloranilin).

Bei den untersuchten Barbituraten (insbesondere auch die Substanzen Barbitol und Aprobarbitol) wurde keine erhöhten Gehaltswerte über der Bestimmungsgrenze von 0.1 µg/l nachgewiesen; dies sowohl im unteren als auch oberen Stockwerk.

Barbiturate

Bei ausgewählten Einzelproben im Abstrombereich des oberen Stockwerkes (21.R.008, R4.2, R5, beide Kampagnen 2006, total 6 Proben) wurden aromatische Sulfonate bestimmt¹⁶. Dabei wurden bei rund 10 von den insgesamt 43 analysierten Einzelsubstanzen deutliche Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze detektiert. Insbesondere wurden zahlreiche Spezies des Naphthalindisulfonates in Konzentrationen von meist rund 10 – 50 µg/l nachgewiesen (vorwiegend Naphthalin-1,5-disulfonat mit Maximalwerten bis 260 µg/l, Summe aller Spezies rund 30 – 350 µg/l). Untergeordnet wurden auch Amino- und Hydroxynaphthalindisulfonate in geringen Konzentrationen bis max. rund 2 µg/l bestimmt. Erwähnenswert ist ferner, dass nicht bei der Messstelle 21.R.008 in der Deponiemitte sondern bei den beiden andern Messstellen im Abstrombereich (R4.2 und R5) rund doppelt bis dreifach so hohe Konzentrationen vorliegen.

aromatische Sulfonate

5.7. Ergebnisse der Screenings

Vorbemerkungen

Neben der Einzelstoffanalytik, bei der gezielt die Konzentration von bestimmten Einzelsubstanzen ermittelt wird, wurden die Grundwasserproben beider Kampagnen (März und Juli 2006) zusätzlich mit einem "Screening" auf unbekannte organische Verbindungen mittels GC-MS analysiert. Bei diesem Verfahren wird die Probe mit einem halogenfreien Lösungsmittel extrahiert und anschliessend gaschromatografisch aufgetrennt. In den nachfolgenden Betrachtungen werden alle Verbindungen mit einer geschätzten Konzentration

Screening mittels GC-MS

¹⁶ Sulfonate sind organische Verbindungen mit einer kohlenstoffgebundenen SO₃-Gruppe. Bei den aromatischen Sulfonaten handelt sich um typische Xenobiotika („synthetische Stoffe“), welche vor allem beim Auftreten von erhöhten Konzentrationen als Indiz für Abfälle der chemischen Industrie gewertet werden dürfen (Farbstoffe, synthetische Gerbmittel, Ionenaustausch-Harze, Lit aus [15])



von mindestens ca. 0.15 µg/l berücksichtigt. Verbindungen mit einer mutmasslich geringeren Konzentration werden in die Betrachtungen nur dann einbezogen, wenn diese zusätzliche Informationen in Bezug auf mögliche Quellen geben können (z.B. Abbauprodukte von bereits identifizierten Substanzen, eindeutige Substanzen aus der chemischen Industrie).

Die Screening-Methode weist je nach Extraktions- und Detektionsverfahren unterschiedliche Empfindlichkeit bezüglich der Quantifizierung von detektierten Substanzen auf. Da im vorliegenden Fall das "Identifizieren" von neuen Substanzen im Vordergrund stand, sind die Konzentrationsangaben nur als semiquantitative Angaben zu verstehen. Dies insbesondere, weil für eine genaue Quantifizierung häufig keine entsprechenden Referenzsubstanzen erhältlich sind und dadurch stoffspezifische Responsfaktoren bei der gewählten Screening-Methode nicht bestimmt werden konnten (vgl. Prüfbericht RWB in Anh. 0).

semiquantitative Bestimmung

Die nachfolgende Abbildung 16 soll veranschaulichen, welche Stoffgruppen ungefähr mit der Screening-Methode grundsätzlich erfasst werden können. Zusammengefasst handelt es sich um leichtflüchtige und weitgehend eher unpolare Kohlenwasserstoffe.

erfasste Stoffgruppen

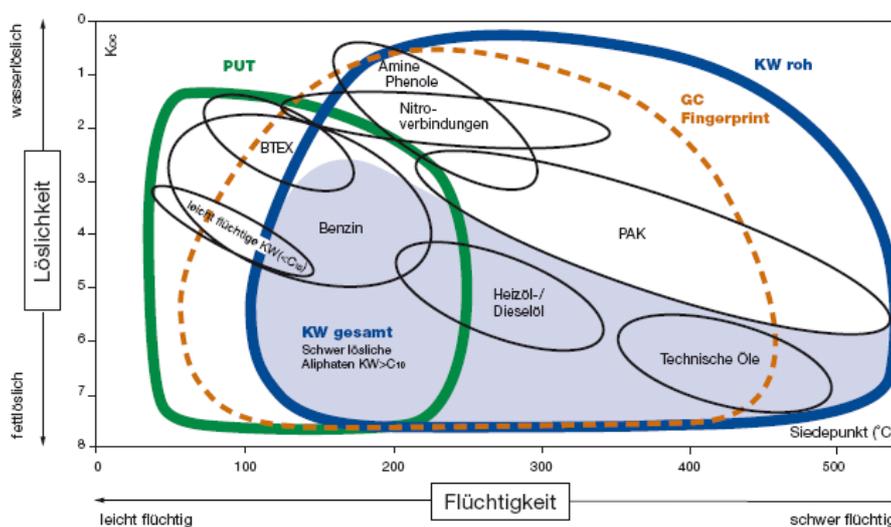


Abbildung 16: Screening-Methode (nach Prof. W. Giger, EAWAG, aus Dienstleistungsverzeichnis Bachema) PUT = Purge & Trap

Bemerkungen:

Die braune gestrichelte Linie entspricht ungefähr dem Bereich, welcher mit der Screening-Methode erfasst wird. Koc: Verteilungskoeffizient zwischen der organischen Phase und Wasser. Tiefe Werte bedeuten eine hohe Wasserlöslichkeit. Gut wasserlösliche Substanzen sind oft polar, gut fettlösliche dagegen unpolar

Desweiteren ist zu betonen, dass die nachfolgende Aufbereitung, Zusammenfassung und Interpretation der Screening-Resultate in fachlicher Zusammenarbeit mit den involvierten Chemikern (RWB) erfolgte.

fachliche Auswertung

Untersuchungsergebnisse

In der nachfolgenden Tabelle 18 sind die wichtigsten Resultate der Screenings zusammengestellt. Einerseits wird darin als Orientierungsgrösse die Summe der tentativ identifizierten Einzelsubstanzen als auch die Anzahl der unbekannt Substanzen angegeben.

Zusammenfassung in Tab. 18



Tabelle 18: Zusammenstellung der Screening-Ergebnisse

Bohrung	U2K1 (März 2006)				U2K2 (Juli 2006)			
	Σ (a)	Identifizierte Stoffgruppe	Anz. unbek. Subst. (b)		Σ (a)	Identifizierte Stoffgruppe	Anz. unbek. Subst. (b)	
	[µg/l]	> 0.15 bis ca. 5	ca. < 1	ca. 1-5	[µg/l]	> 0.15 bis ca. 5	ca. < 1	ca. 1-5
Oberes Stockwerk im Lockergestein								
R2*	2-8	Ketone, CKW, Phenole, Triazine	3	1	2-7	CKW, Triazine	-	-
R3	2-10	Triazine, Fungizid,, Barbiturate, Herbizid	1	-	3-10	Triazine, Org. Phosphate, Barbiturate, Herbizid	-	-
R4h*	10-40	Ketone, Triazine, CKW,, Arom. Amine, Schwefelaromate	1	6	15-70	CKW, Org. Phosphate, Arom. Amine, Amine, Ketone, Barbiturate	9	9
R5	25-90	<u>Arom. Amine</u> , Arom. Amine, Schwefelaromate, Arzneimittel, CKW	6	16	10-35	Amine, Arom. Amine, Arzneimittel, Barbiturate	12	1
R8*	Keine Verbindungen gefunden				< 0.6	CKW	-	-
R9*	25-120	CKW, Arom. Amine, Arzneimittel, Phenole,, Sulfonylamine, Schwefelaromate, Barbiturate	5	15	5-15	CKW, Arom. Amine, Ketone, Alkohole, Triazine	2	-
21.E.6	5-20	Alkohol, Polyarom. Struktur, Schwefelaromate, Phenole	2	5	< 2	CKW	3	-
21.R.8	50-150	<u>Arom. Amine</u> , CKW, Schwefelaromate, Benzofurane, Triazine, Polyarom. Struktur, Nitroaromate, Phenole	1	12	25-90	Polyarom. Struktur, Schwefelaromate, Arzneimittel, Phenole, <u>Arom. Amine</u> , Ketone, Benzofurane, Nitroaromate, Aldehyde, CKW, Alkohole	4	-
Unteres Grundwasserstockwerk im HMK-Grundwasser								
R1	Keine Verbindungen gefunden				1-5	CKW	-	-
R4t	2-8	Ketone, CKW, Triazine	-	-	10-50	CKW, Duftstoffe, Schwefelaromate, Ketone, Barbiturate	4	5
21.J.3	< 2	Triazine, Herbizide, Alkohole	1	-	3-12	Triazine, Amine, Herbizid, CKW, (chlorierte Butadiene)	4	-
C.245*	7-25	Organ. Phosphate, CKW, Phenole, Arzneimittel, Alkohole, Steroide, Ketone, Schwefelaromate	1	-	<0.15	(CKW)	-	-

Bemerkung: mit den Screenings wurden praktisch keine Substanzen >5µg/l detektiert)

Unterstrichene Werte: > 5 µg/l **grüne Felder**: „unbeeinflusst“ Zuströmbereich * Schöpfprobe

(...) Werte in Klammern: geschätzte Konzentrationen < 0.15 µg/l

(a) Grössenordnung der Summe der tentativ identifizierten Einzelsubstanzen basierend auf dem im Bericht RWB angegebenen Wertebereich (der untere Wert entspricht der Summe der Minima und der obere Wert der Summe der Maxima; angegebene Werte gerundet)

(b) Detektierte Substanzen, welche mit ≤ 150 ng/l angegeben sind, wurden nicht berücksichtigt.

Aus den Screenings können einerseits analog der Einzelstoffanalytik signifikante Unterschiede im Zu- und Abstrombereich sowohl im unteren als auch oberen Grundwasserstockwerk abgeleitet werden. Andererseits lassen sich auch quantitative Unterschiede zwischen beiden Kampagnen feststellen. Während im oberen Stockwerk bei der zweiten Kampagne tendenziell weniger Substanzen in geringeren Konzentrationen detektiert wurden, kann im unteren Stockwerk gerade das Gegenteil beobachtet werden. Grundsätzlich sind aber die Resultate beider Kampagnen gut mit einander vergleichbar.

*organische
Schadstoffbe-
lastung*

S C + P

Insgesamt lassen sich die Screening-Resultate wie folgt zusammenfassen:

- Im Zustrombereich (oberes und unteres Stockwerk) liegt die aus den Screenings abgeleitete organische Schadstoffbelastung überwiegend in der Grössenordnung von rund 1 - 10 $\mu\text{g/l}$ (=total aller identifizierten Substanzen). Die dabei identifizierten Einzelsubstanzen liegen generell in Konzentrationen unter rund 1 - 5 $\mu\text{g/l}$ vor, wobei es sich im Wesentlichen um CKW (z.B. R1, R8, 21.E.6) und/oder um Herbizide (z.B. R3) handelt. Vereinzelt wurden auch noch andere Substanzen ermittelt (z.B. organische Phosphate und Barbiturate bei R3 oder Schwefelaromate bei 21.E.6 und 21.C.245). Aufgrund der doch sehr geringen Konzentrationen dieser Substanzen muss die Ursache dafür nicht unbedingt im Deponiesickerwasser begründet sein und kann ev. auch probenahmebedingt sein (Schöpfprobe). Im Unterschied zum Abstrombereich (vgl. unten) können aber keine oder nur sehr wenige „unbekannte“ Substanzen detektiert werden und solche sind alle mit mutmasslichen Konzentrationen unter 1 $\mu\text{g/l}$ vorhanden.
- Im Abstrombereich im oberen Stockwerk (ohne Messstelle 21.R.008) ist die aus den Screenings abgeleitete organische Gesamtbelastung (rund 10 - 100 $\mu\text{g/l}$) rund 10-mal so gross wie im Zustrombereich. Bei den identifizierten Substanzen handelt es sich um „pharma- und chemie- typische“ Substanzen wie hauptsächlich aromatische Amine (Benzamine, Aniline), Schwefelaromate und Arzneimittlrückstände (Barbiturate), in meist geringer Konzentration von rund 1 - 5 $\mu\text{g/l}$. Untergeordnet sind auch Ketone und diverse Alkohole nachgewiesen worden. Als wesentliches Merkmal wurden hier aber zahlreiche „unbekannte“ Substanzen nachgewiesen (z.B. R5 und R9 mit jeweils rund 15 Substanzen in Konzentrationen von je ca. 1 - 5 $\mu\text{g/l}$).

*Zustrombe-
reich*

*Abstrombe-
reich oberes
Stockwerk*

- Die grösste Belastung mit rund 50 - 150 µg/l ergibt sich erwartungsgemäss bei den Screenings der Messstelle 21.R.008 in der Deponiemitte. Hier sind wiederum vor allem aromatische Amine (Benzamine) in deutlichen Konzentrationen bestimmt worden, daneben sind aber auch Benzofurane, Nitroaromate und Phenol nachgewiesen worden. Hier ist entsprechend der Deponiesickerwasseranteil am grössten („Referenzwerte“).
- Im Abstrombereich im unteren Stockwerk sind analoge Belastungen zu erkennen, allerdings ist die aus den Screenings abgeleitete Gesamtbelastung geringer (rund 2 - 20 µg/l) und auch die Anzahl und das Ausmass der unbekannt Substanzen ist deutlich geringer (es können nur bei der Messstelle R4.1 mehrere Substanzen in Konzentrationen über 1 µg/l ermittelt werden). Es lassen sich aber insbesondere um „pharma- und chemietypische“ Substanzen wie Schwefelaromate, Barbiturare und Amine nachweisen.

Messstelle
21.R.008

Abstrombereich
unteres
Stockwerk

Gesamthaft betrachtet liegt also eine Vielzahl von verschiedenen, „pharma- und chemietypischen“ Substanzen im niedrigen Spurenbereich vor, welche vor allem im Abstrombereich der Deponie festgestellt werden können. Dies ist somit neben der Hauptbeeinflussung durch die anorganische Belastung ein klares Indiz für eine Beeinflussung des Grundwassers durch Abfälle der chemischen Industrie zu interpretieren.

klares Indiz

Neben diesen identifizierten Substanzen treten vor allem im oberen Stockwerk verschiedene nicht genau identifizierte Einzelsubstanzen auf (ca. 5 – 20 Einzelsubstanzen je Messstelle). Diese Substanzen sind in Konzentrationen bis maximal ca. 5 µg/l vorhanden. Der Anteil an nicht genau identifizierte Einzelsubstanzen variiert je nach Probenahmestelle und beträgt im Mittel rund 20 - 30%.

nicht genau
identifizierte
Einzelsubstanzen

5.8. Analysenergebnisse der Belastungspumpversuche

Bei der Entnahmestelle R4.1 wurde ein sog. Belastungs- bzw. Dauerpumpversuche durchgeführt, um in zeitlich versetzten Abständen Grundwasserproben entnehmen und analysieren zu können. Ziel dieser Untersuchungen war es abzuklären, ob sich die chemische Zusammensetzung bzw. die Schadstoffbelastung aufgrund der kontinuierlichen Vergrösserung des Entnahmebereiches mit zunehmender Pumpdauer verändert.

Zielsetzung

Die hydrogeologische Auswertung der Pumpversuche ist aus Kap. 3.3.2 zu entnehmen (vgl. auch Gangliniendarstellung in Anh. A7). Wie bereits ausgeführt wurde der Versuch mit einem sanierungsbedingten Pumpbetrieb gekoppelt, so dass über eine Zeitdauer von rund 15 Tagen (6. – 21. Juni 2006) insgesamt 3 Wasserproben entnommen wurden.

Probenahme



Bei einer durchschnittlichen Pumpenleistung von rund 350 l/min wurden gesamthaft rund 7'500 m³ Grundwasser gepumpt. Die entnommenen Wasserproben wurde neben der Bestimmung der gelösten anorganischen Hauptbestandteile und der organischen Summenparametern (DOC, AOX) vor allem auf leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe (LKW) und Pestizide untersucht.

Untersuchungsprogramm



Wie bereits in Kap. 3.3.2 erläutert, lässt sich bezüglich der Gesamtmineralisation (im Feld über die elektrische Leitfähigkeit bestimmt) keine wesentliche Veränderung im Chemismus des Grundwassers feststellen. Dies wird durch die Analysenergebnisse bestätigt, indem keine Veränderungen der gelösten Hauptbestandteile festgestellt werden können (vgl. Abbildung 17). Ebenso bleibt auch der Gehalt an Perchlorethen während des ganzen Versuches auf einem konstant niedrigen Niveau unter 1 µg/l.

Gesamtmineralisation

Auch alle übrigen untersuchten Parameter zeigen keinen Trend zur Veränderung. Insbesondere bleiben alle organischen und anorganischen Schadstoffe (CKW, PAK, Schwermetalle), soweit sie analysiert wurden, während des Versuches praktisch unverändert (z.B. DOC-Gehalt, i.d.R. < 1 mg/l) oder blieben stets unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Keine Veränderungen

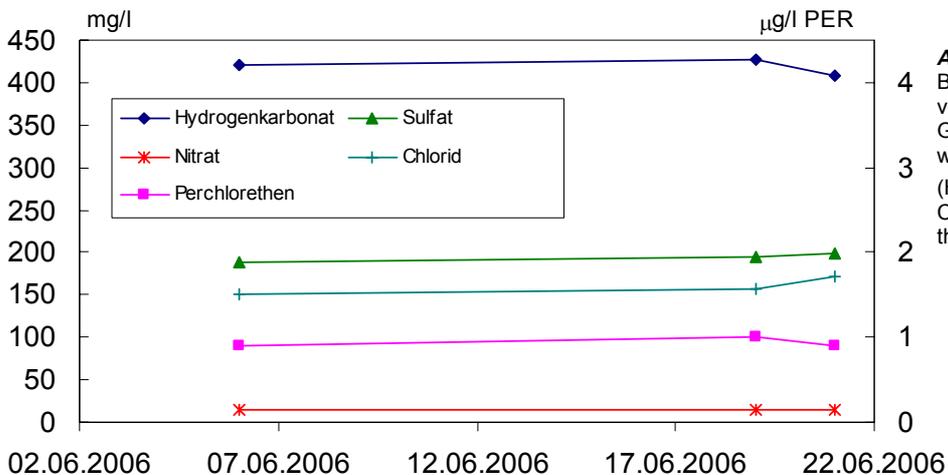


Abbildung 17: Belastungspumpversuch R4.1, Ganglinien ausgewählter Parameter (HCO₃, SO₄, NO₃, Cl und Perchlorethen)

Auch die Screening-Resultate der entnommenen Einzelproben (T1 bis T3, vgl. Tabelle 5) bestätigen grundsätzlich, dass während des Versuches keine wesentlichen Veränderungen festzustellen sind. Die Summe aller detektierten Substanzen liegt bei allen Proben in der gleichen Grössenordnung von rund 5 - 10 µg/l, wobei allerdings tendenziell eine Abnahme während des Versuches festzustellen ist. In allen Proben wurden einerseits die gleichen Substanzen wie bei den Probenahmen vom März und Juli 2006 festgestellt (CKW, Benzamine, Barbiturate, Triazine, unbekannte Substanzen). Mit Ausnahme des Perchlorethens (rund 1.5 µg/l) lagen allerdings alle Konzentrationen deutlich unter 0.5 µg/l. Andererseits konnten zusätzliche Schadstoffgruppen in ebenfalls sehr geringen Konzentrationen unter 0.3 µg/l detektiert werden, wie

Screening



z.B. chlorierte Butadiene und PAK's. Abgesehen von den PAK-Einzelsubstanzen, welche nur in der Probe T1 auftraten, können im Versuchsverlauf praktisch keine signifikanten oder systematischen Konzentrationszu- oder abnahmen einzelner Substanzen erkannt werden.

Zusammenfassend betrachtet konnte mit dem Versuch trotz der langen Versuchsdauer keine Veränderungen im Grundwasserchemismus festgestellt werden. Dies bedeutet, dass auch bei den ordentlichen Probenahmen (März und Juli 2006) eine repräsentative Probenahme gewährleistet war.

Zusammenfassung

5.9. Zusammenfassende Folgerungen

Aufgrund der oben beschriebenen Verhältnisse können die wesentlichen Analyseenergebnisse insgesamt wie folgt zusammengefasst werden:

- Generell ist im unteren (HMK-Grundwasser-)Stockwerk nur ein marginale Deponiebeeinflussung festzustellen. Indizien dafür sind vor allem ein leicht erhöhter DOC- und AOX-Gehalt sowie Spuren von Dichloranilinen und Schwefelaromaten mit Konzentrationen deutlich unter 0.5 µg/l.
- Demgegenüber ist im oberen Grundwasserstockwerk eine deutliche Grundwasserbeeinflussung im Abstrombereich der Deponie Rothausstrasse zu erkennen, welche hauptsächlich zu einer Aufmineralisierung des (Lockergesteins)Grundwassers führt und sich im Wesentlichen durch erhöhte Hydrogenkarbonat- und Sulfatgehalte im Grundwasser bemerkbar macht¹⁷ (ebenfalls erhöht sind Calcium, Magnesium, Kalium).
- Das Grundwasser im oberen Stockwerk weist darüber hinaus im Deponiebereich deutlich reduzierende bzw. sogar sauerstofffreie (anaerobe) Verhältnisse auf. Dadurch sind stellenweise auch deutlich erhöhte Ammonium- und Nitritgehalte festzustellen.
- Neben der Aufmineralisierung ist das Grundwasser im oberen Stockwerk auch durch eine deutliche organische Schadstoffbelastung gekennzeichnet, welche durchwegs erhöhte DOC- und relativ hohe AOX-Gehalte hervorruft. Es handelt sich dabei nachgewiesenermassen u.a. um verschiedene „pharma- und chemiegyptische“ Substanzen, wie Dichloraniline, aromatische Amine (Benzamine), Schwefelaromate und z.T. Arzneimittelrückstände (Barbiturate), welche als Einzelsubstanzen meist in Konzent-

unteres Stockwerk

anorganische Deponiebeeinflussung

anaerobe Verhältnisse

organische Schadstoffbelastung

pharma- - und chemiegyptische Substanzen

¹⁷ Diese Aufmineralisierung ist auch durch Isotopenmessungen belegt [7]. Insbesondere die sehr hohen Hydrogenkarbonatgehalte sind nur durch biologische Abbauprozesse im Deponiekörper erklärbar.



rationen von weniger als 1 – 5 mg/l vorkommen (teilweise auch nur in geringen Spuren von weniger als 0.3 µg/l). Deutlich höhere Konzentrationen bis rund 50 - 100 µg/l konnten hingegen bei verschiedenen aromatischen Sulfonaten gemessen werden. Demgegenüber sind leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe praktisch nicht (BTEX) oder nur in Spuren (CKW) vorhanden, wobei das Schadstoffbild beim CKW höchstens untergeordnet auf eine Deponiebeeinflussung hindeutet.

- Die Deponiebeeinflussung im oberen Grundwasserstockwerk konzentriert sich vor allem auf den zentralen bzw. südöstlichen Deponiebereich, wo der Deponiekörper im Grundwasser eingestaut ist. Sie lässt sich vom Zustrombereich am Deponierand, wo noch unbeeinflusste Verhältnisse vorliegen, bis in den unmittelbaren Abstrombereich ausserhalb der Deponie verfolgen. Mit zunehmender Fließdistanz tritt dann wieder eine Verdünnung ein. *räumliche Schadstoffverteilung*
- Desweiteren lässt sich im oberen Stockwerk eine schwache Schwermetallbeeinflussung durch leicht erhöhte Kobalt- und Nickelgehalte feststellen. Alle Schwermetallgehalte liegen aber noch immer auf einem sehr niedrigen Gehaltsbereich und es kann keine Beeinflussung des unteren Stockwerkes abgeleitet werden. *Schwermetalle*
- Im ganzen Umfeld der Deponie Rothausstrasse (unteres wie oberes Stockwerk) ist ausserdem eine Belastung durch Herbizide und Pestizide (Triazine) im Spurenbereich nachweisbar. Allerdings weist das Belastungsmuster eher darauf hin, dass die Pestizid- und Herbizidbelastung höchstwahrscheinlich nicht von der Deponie verursacht ist. *Pestizid- und Herbizidbelastung*
- Mit den Belastungspumpversuchen konnte aufgezeigt werden, dass auch bei längerer Pumpdauer keine wesentlichen Veränderungen im Grundwasserchemismus auftreten. Es darf deshalb davon ausgegangen werden der Abstrombereich im unteren Stockwerk mit dem bestehenden Messstellennetz repräsentativ erfasst ist. *Belastungspumpversuch*

6. Beurteilung der Altlastensituation

6.1. Repräsentativität der Untersuchungsergebnisse

Die neuen Untersuchungsergebnisse bekräftigen und untermauern die bisherigen Vermutungen und Erkenntnisse der 1. Etappe TU praktisch vollumfänglich. Im Wesentlichen können die damaligen Schlussfolgerungen bekräftigt und nun im Detail genauer umschrieben werden.

Bestätigung der bisherigen Erkenntnisse

Mit den nun gesamthaft vorliegenden Untersuchungsergebnissen sind ausreichende Grundlagen zur abschliessenden Beurteilung der Deponie Rothausstrasse im Rahmen der Altlastenvoruntersuchung vorhanden. Die Untersuchungsergebnisse können in zeitlicher, örtlicher und quantitativer Hinsicht als repräsentativ und umfassend betrachtet werden. Dies lässt sich im Wesentlichen wie folgt begründen:

*ausreichende
Grundlagen*

- 1) Mit dem vorliegenden Beprobungsnetz ist gewährleistet, dass der massgebende Abstrombereich, in welchem sich eine Deponiebeeinflussung bemerkbar macht, ausreichend beprobt wurde. Die vorhandenen Entnahmestellen erfassen sowohl im oberen als auch unteren Stockwerk den massgeblichen Abstrombereich. Im oberen Stockwerk liegen sie distanzmässig nicht weiter als je ca. 100 m voneinander entfernt, so dass das abströmende, deponiebeeinflusste Grundwasser vollständig und ausreichend beprobt werden konnte. Ausserdem haben die Belastungspumpversuche gezeigt, dass sich der Chemismus auch bei längerer Pumpdauer nur geringfügig verändert.
- 2) Die bisher 6 durchgeführten Grundwasser-Untersuchungskampagnen erfolgten bei unterschiedlichem Grundwasserstand. Wenngleich dabei keine saisonale Schwankungen und kein offensichtlicher Zusammenhang mit dem Grundwasserstand vorliegen, so konnte damit doch das auftretende Schadstoffspektrum mehr oder weniger vollständig erfasst werden.
- 3) Das Analysenprogramm umfasst ein grosses Einzelstoff-Spektrum, welches einerseits alle in der AltIV aufgeführten Parameter erfasst und andererseits auch zusätzliche deponietypische Stoffe enthält (z.B. Barbiturate, aromatische Sulfonate). Desweiteren ist mit den Screenings eine Bestimmung oder Identifikation weiterer Substanzen möglich (u.a. „chemietypische“ Substanzen). Zwar können aus methodischen Gründen nicht alle nachgewiesenen Substanzen eindeutig identifiziert werden, es kann damit aber doch die Grössenordnung der Schadstoffbelastung ausreichend abgeschätzt werden.

Entnahmestellen

Untersuchungskampagnen

Analysenprogramm

6.2. Beeinflussung des Grundwassers durch die Deponie

6.2.1. Ausmass der Schadstoffbelastung im Grundwasser

Im oberen Grundwasserstockwerk ist die Gesamtmineralisation im Vergleich zu unbeeinflussten Grundwasser signifikant erhöht. Hervorgerufen wird dies durch eine anorganische Schadstoffbelastung, festzustellen am erhöhten Salzgehalt (Hydrogenkarbonat-, Sulfat- und Chloridgehalte). Im Vergleich zu den beiden anderen untersuchten Deponien Feldreben und Margelacker, wo eine ähnliche Situation beobachtet werden kann, sind hier aber die Nitratgehalte deutlich kleiner. Da es sich dabei auch um natürliche gelöste Bestand-

*Anorganische
Schadstoffbelastung*





teile handelt, existieren in der AltIV keine entsprechenden Konzentrationswerte. Bei einzelnen Messstellen wurden zudem auch erhöhte Nitrit- und Ammonium-Gehalte festgestellt (vgl. Tabelle 19). Desweiteren lässt sich eine schwache Schwermetallbeeinflussung im oberen Stockwerk durch leicht erhöhte Kobalt- und Nickelgehalte feststellen. Bei einigen Messstellen konnten deutlich erhöhte Eisen- und Zink-Gehalte festgestellt werden, welche aber auf Kontaminationen durch verzinkte Rohre zurückzuführen sind.

Bezüglich der organischen Schadstoffbelastung lässt sich wiederum vor allem im oberen Stockwerk eine deutliche Deponiebeeinflussung nachweisen, welche einerseits als Summenparameter durch erhöhte DOC- und relativ hohe AOX-Gehalte gekennzeichnet ist. Andererseits handelt es sich dabei nachgewiesenermassen u.a. um verschiedene „pharma- und chemietypische“ Substanzen im Spurenbereich, wie Dichloraniline, aromatische Amine (Benzamine), Schwefelaromate und z.T. Arzneimittelrückstände (Barbiturate) sowie um verschiedene aromatische Sulfonate bis rund 50 - 100 µg/l. Demgegenüber sind leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe praktisch nicht (BTEX) oder nur in Spuren (CKW) vorhanden.

*Organische
Schadstoffbe-
lastung*

Das untere (HMK-Grundwasser-)Stockwerk ist generell nur marginal von Deponiesickerwasser beeinträchtigt. Neben einer hohen Gesamtmineralisation lassen sich dort vor allem ein leicht erhöhter DOC- und AOX-Gehalt sowie Spuren von Dichloranilinen und Schwefelaromaten feststellen.

*unteres Stock-
werk*

6.2.2. Vergleich mit Richt- und Konzentrationswerten AltIV

Um die Deponiebeeinflussung besser aufzeigen und realistisch beurteilen zu können, sind in der Tabelle 19 alle im Abstrombereich signifikant erhöhten Schadstoffkonzentrationen zusammengestellt (getrennt nach oberem und unterem Stockwerk). Darin werden die Minimal-, die Mittelwerte und auch die Maximalwerte aller Analysenresultate einerseits den Indikatorwerten für unbeeinflusstes Grundwasser [20] und andererseits den Konzentrationswerten der Altlastenverordnung gegenübergestellt. Der Vergleich mit den Indikatorwerten wurde vor allem auch deshalb gewählt, um die anorganische Belastung des Grundwassers aufzeigen und organische Summenparameter (DOC, AOX) in eine Relation zu unbeeinflustem Grundwasser setzen zu können, da in der AltIV diesbezügliche keine Konzentrationswerte vorhanden sind.

*vorhandene
Deponiebeein-
flussung*

Massgebend für die Beurteilung sind dabei vor allem die Mittelwerte, welche ein charakteristisches Bild der Schadstoffbelastung vermitteln, während es sich bei den z.T. hohen Maximalwerten um einzelne Extremmessungen handelt, die nicht repräsentativ sind und meist auch durch besondere Umstände verursacht wurden (z.B. verzinkte Eisenrohre, natürliche reduzierende Verhältnisse in subartesisch gespanntem Grundwasser, Schöpfprobe).

*Mittelwerte
massgebend*

Tabelle 19: Vergleich mit Indikatorwerten und AltIV-Konzentrationswerte

Schadstoffbelastung		Schwankungsbereich						Indikatorwerte ^{c)}	Konz. wert AltIV
		Lockergestein ^{b)}			HMK-Grundwasser				
		min.	mittel	max.	min.	mittel	max.		
Sauerstoffsättigung	mg/l	0.7	2.3	5.0	1.5	3.3	4.6	2	

Anorganische Belastung

Sulfat	mg/l	110	549	1'672	75	149	277	40	
Chlorid	mg/l	29	73	200	94	122	151	40	
Nitrat	mg/l	0.8	28	90	10.4	12	13	25	
Nitrit	mg/l	<0.002	0.03 ^{a)}	0.8	<0.002	<0.002	0.01		0.1
Ammonium	mg/l	<0.002	0.02	0.07	<0.002	0.004	0.02		0.5
Calcium	µg/l	187	299	611	108	153	197	(rund 200)	
Magnesium	mg/l	26	71	229	20	26	34	(rund 30)	
Natrium	µg/l	20.5	55	100	54	74	91	(rund 30)	

Schwermetalle und Elemente

Arsen	µg/l	<0.1	0.9	2.8	<0.1	0.6	1.5	5	50
Bor	µg/l	35	1'004	6'100	59	155	276	(rund 150)	
Cadmium	µg/l	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.02	<0.02	0.5	5
Kobalt	µg/l	0.06	1.5	5.7	0.08	0.4	0.7		2'000
Kupfer	µg/l	<2	<2	7.2	<2	<2	<2	2	1'500
Nickel	µg/l	<2	7.1	27	<2	<2	6.2	5	700
Zink	µg/l	<2	12.5	56	<2	4.3	15	5	5'000

Organische Belastung

DOC	mg/l	1.6	4.5	10.5	0.5	1.0	1.5	2	
AOX	µgCl/l	<10	29	99	<10	<10	21	10	
Alkane (C ₅ – C ₁₀)	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		2'000
Perchlorethen	µg/l	<0.1	0.2	0.4	0.9	1.9	2.9	1	40
Trichlorethen	µg/l	<0.1	0.4	0.8	<0.1	0.4	2.2	1	70
Summe CKW	µg/l	0.1	1.0	2.4	1.5	2.5	5.1	25	
Phenol	ng/l	50	<50	190	<50	<50	<50		10'000'000
2,4-Dichlorphenol	ng/l	11	<10	11	<10	<10	<10		100'000
Atrazin	ng/l	<10	41	137	<10	22	37	100	
Simazin	ng/l	25	183	1107	78	98	128	100	
Anilin	ng/l	<10	<10	26	<10	<10	15		50'000
2-Chloranilin	ng/l	12	35	177	<10	<10	11	100	
4-Chloranilin	ng/l	10	<10	10	<10	<10	<10	100	100'000
2,4+2,5-Dichloranilin	ng/l	<20	623	2'396	<20	91	476	100	
2,3-Dichloranilin	ng/l	<10	138	700	<10	19	69	100	
5-Chlor-2-methylanilin	ng/l	<20	3'427	23'593	<20	<20	25	100	
Barbital	µg/l	<0.1	0.6	4.8	<0.1	<0.1	<0.1		
Aprobarbital	µg/l	<0.1	25	104	<0.1	<0.1	<0.1		

= keine Überschreitung der Indikator- oder Konzentrationswerte

= erhöhte Konzentration bzw. Überschreitung der indikatorwerte)

= Überschreitung des ½-Konzentrationswertes AltIV

(fett = hoher Wert bzw. ganzer, kursiv = halber AltIV-Wert überschritten. (Gemäss Art. 9, Abs. 2b der AltIV sind zur Beurteilung der Sanierungsbedürftigkeit die halben Konzentrationswerte massgebend)

- a) einzelne Extremwerte nicht berücksichtigt
- b) ohne Messstelle 21.R.008, welche aufgrund ihrer Lage (Deponiemitte) nicht massgebend ist
- c) Indikatorwerte gemäss Wegleitung BUWAL (vom Menschen nicht oder wenig beeinflusstes Grundwasser)



Wie aus der Tabelle 19 hervorgeht, resultieren sowohl für das untere wie auch das obere Stockwerk bezüglich der massgebenden Mittelwerte keine Überschreitungen der AltIV-Konzentrationswerte (bzw. $\frac{1}{2}$ -Werte). Im Vergleich zu den Indikatorwerten ist aber vor allem im oberen Stockwerk klar eine eindeutige anorganische Belastung (Sulfat, Chlorid, Bor) und organische Belastung (AOX) erkennbar. Hier sind auch Dichloraniline, Barbiturate und aromatische Sulfonate in vergleichsweise hohen Konzentrationen (Mittelwerte) vorhanden. Demgegenüber beschränkt sich im unteren Stockwerk die erhöhten Mittelwerte einzig auf das Perchlorethen, welches aber nachweislich bereits im Zustrombereich in ungefähr gleich grosser Konzentration vorhanden ist (vgl. Kap. 5.6).

Keine Überschreitungen der AltIV-Konzentrationswerte

S C + P

Abgesehen von einer Ausnahme überschreiten auch sämtliche Maximalwerte nicht die $\frac{1}{2}$ -Konzentrationswerte der AltIV. Bei der Ausnahme handelt es sich um den Nitritgehalt, welcher vor allem in den Entnahmestellen R2 und R9 vereinzelt in erhöhten Konzentrationen auftritt. Da es sich in beiden Fällen um Schöpfproben handelt, und bei den gepumpten Proben (z.B. R5) keine hohen Werte erreicht wurden, darf dies u.E. nicht als repräsentativ für das Grundwasser betrachtet werden (abgestandenes Wasser). Im Vergleich zu den Indikatorwerten sind bei den Maximalwerten zusätzlich einige Schwermetalle leicht erhöht (im Wesentlichen Kupfer, Nickel, Zink), wobei dafür gewisse Laboreffekte der 1. Etappe TU mitverantwortlich sein könnten.

Maximalwerte

Bezüglich anderer organischer (nicht in der Tabelle 19 dargestellten) Substanzen, wie Phenole, PAK und BTEX sind sowohl gegenüber den Indikatorwerten als auch AltIV-Konzentrationswerten keine signifikanten Überschreitungen vorhanden.

weitere organische Schadstoffe

Bei den Screenings wurden darüber hinaus noch weitere organische Schadstoffe in Spuren von rund 1 – 5 $\mu\text{g/l}$ festgestellt, welche aus Abfällen der chemischen Industrie stammen (im Wesentlichen aromatische Amine (Benzamine), Schwefel- und Nitroaromate, organische Phosphate und Arzneimittelrückstände). Entsprechende Vergleichswerte existieren in der AltIV aber nicht.

Screenings

6.3. Emissionsverhalten

Das Grundwasser des (massgebenden) oberen Stockwerkes zeichnet sich im Abstrombereich der Deponie Rothausstrasse durch eine erhöhte Gesamtminalisation aus, hervorgerufen durch vergleichsweise höhere Hydrogencarbonat-, Sulfat- und Chloridgehalte. Diese Tatsache sowie stellenweise auch erhöhte Ammonium- und Nitritgehalte werden durch Sickerwasser aus der Deponie Rothausstrasse verursacht. Es handelt sich dabei weitgehend um eine Beeinflussung als Folge von "natürlichen" Abbauprozessen von eingelagertem Bauschutt und organischem Material. Unter anderem auch durch Iso-

Aufmineralisierung



topenmessungen ist belegt, dass im unmittelbaren Nahfeld der Deponie im Grundwasser mikrobiologische Abbauprozesse unter teils anaeroben Bedingungen stattfinden, die zu einer Denitrifizierung und Karbonatisierung der gelösten Bestandteile im Grundwasser führen. Ein solcher Nitratabbau erklärt auch die vergleichsweise niedrigen Nitratgehalte im oberen Grundwasserstockwerk.

Entsprechend ist davon auszugehen, dass die "Deponieentwicklung" - im Gegensatz zu den beiden Deponien Feldreben und Margelacker - noch nicht abgeschlossen ist (anhaltende Methangärung). Als Folge einer Methanoxidation entstehen im Nahbereich der Deponie CO₂-haltige Sickerwässer, welche ihrerseits zu einer Karbonatlösung und damit - neben dem Sulfat - zu einer deutlichen Aufmineralisierung des Grundwassers beitragen. Mit Hilfe der durchgeführten Untersuchungen lassen sich allerdings keine allzu grossen jahreszeitlichen bzw. grundwasserstandsbedingten Unterschiede feststellen.

Deponieentwicklung

Neben der dominierenden Aufmineralisierung des Grundwassers wird durch austretendes Deponiesickerwasser auch eine organische Schadstoffbelastung im oberen Grundwasserstockwerk verursacht. Es handelt sich dabei in erster Linie um eine Belastung mit „pharma- und chemietypischen“ Substanzen im Spurenbereich, welche somit eine Kontamination durch Abfälle aus der chemischen Industrie belegen.

pharma- und chemietypischen Substanzen

Die Beeinflussung des unteren Stockwerkes ist marginal und beschränkt sich nachweislich auf eine unkritische Aufmineralisierung¹⁸ und eine äusserst geringe organische Spurenbelastung (vor allem Dichloraniline bis max. rund 0.5 µg/l). Die geringe CKW-Belastung resultiert nicht aus der Deponie Rothausstrasse sondern ist bereits im Zustrombereich als Grundbelastung vorhanden. Ebenso ist eine generelle Belastung des Grundwassers mit Herbiziden aus der Deponie nicht gegeben.

unteres Stockwerk

6.4. Beurteilung nach Altlastenverordnung

Aus den chemischen Untersuchungen (Einzelstoffanalytik, Screening-Resultate) ergeben sich aus den im Abstrombereich der Deponie festgestellten organischen Substanzen (u.a. Aniline, Benzamine, aromatische Sulfonate) klare Indizien für Sickerwasseranteile, welche aus Abfällen der chemischen Industrie bzw. vom Ablagerungsstandort stammen. Quantitativ betrachtet, handelt es sich dabei aber aufgrund der meist geringen Konzentrationen

Sickerwasseranteile aus Abfällen der chemischen Industrie

¹⁸ Grundsätzlich müssen im HMK-Grundwasser aufgrund der erhöhten Chloridgehalte auch natürliche Ursachen für die erhöhte Gesamtmineralisation in Betracht gezogen werden (Wasser-Gesteinsinteraktionen, Subrosionserscheinungen).



im Spurenbereich sowie der Beschränkung auf das obere (wenig ergiebige und weitgehend ungenutzte) Grundwasserstockwerk allerdings um keinen gravierenden Einfluss, aus welchem sich im heutigen Kenntnisstand Hinweise auf eine Gefährdung des Schutzgutes Grundwasser ergeben würde. Dies bekräftigt der günstige und weitgehend unbeeinflusste Zustand im unteren (genutzten) Grundwasserstockwerk.

Die Emissionen der Deponie Rothausstrasse manifestieren sich also in erster Linie in einer Aufmineralisierung des Grundwassers im oberen Stockwerk, hervorgerufen durch eine Auswaschung von bauschutthaltigem Deponiematerial. Darüber hinaus lässt sich aber auch eine organische Grundbelastung feststellen, die sowohl auf Abbauprozesse von „unproblematischem“ organischem Material in der Deponie als auch auf Abfälle der chemischen Industrie zurückzuführen ist.

Emissionen

Aufgrund des oben dargelegten Befundes kommen wir im vorliegenden Fall zum Schluss, dass die Deponie Rothausstrasse im heutigen Kenntnisstand gemäss Art. 9 der AltIV aufgrund der nachgewiesenen, jedoch nicht gravierenden Grundwasserbeeinflussung im genutzten Grundwasser (HMK-Grundwasser) als überwachungsbedürftiger belasteter Standort einzustufen ist¹⁹. Ein Überwachungsbedarf besteht vor allem noch deshalb, weil das Langzeitverhalten der von der Deponie ausgehenden Emissionen nicht genau bekannt ist. Andererseits ist u.E. auch trotz z.T. hohen Anilingehalten im oberen Stockwerk kein Sanierungsbedarf gegeben, da im Abstrombereich des Standortes das Vorkommen ungenutzt in das untere Stockwerk entwässert und dort nachgewiesenermassen im heutigen Zustand zu keiner akuten Gefährdung des Grundwassers führt. Das Überwachungsprogramm ist gestützt auf die neuesten Untersuchungsergebnisse anzupassen.

überwachungsbedürftiger belasteter Standort

Aufgrund des klaren Untersuchungsbefundes müssen im Rahmen der parallel laufenden Gefährdungsabschätzung vor allem künftige Nutzungsszenarien und veränderte Rahmenbedingungen näher betrachtet werden, welche gegebenenfalls einen Handlungsbedarf ergeben könnten.

Gefährdungsabschätzung

Olten, 24.9.2007

Sachbearbeiter: Dr. P. Hartmann, Geologe CHGeol^{cert}

SC+P Sieber Cassina + Partner AG

¹⁹ Art. 9, AltIV: Ein belasteter Standort ist hinsichtlich des Schutzes des Grundwassers überwachungsbedürftig, wenn im Abstrombereich des Standortes von diesem stammende Stoffe festgestellt werden, welche Gewässer verunreinigen können.

Grundlagen (Auswahl)

- [1] Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1067 Arlesheim, 1984.
- [2] Hydrogeologische Synthese des Rheintals zwischen Ergolz und Birs, Bericht des Geologischen Instituts Dr. Schmassmann AG vom 19.10.1990
- [3] Deponien Feldreben, Margelacker und Rothausstrasse in MuttENZ. Historische Untersuchung und Ist-Zustandsaufnahme des Grundwassers. Zusammenfassender Bericht des Projektteams auf der Basis des Berichtes des Geotechnischen Institutes vom 25.1.2002, datiert vom 29.1.2002
- [4] Qualitätssicherungskonzept: Analyse von organischen Verbindungen in Oberflächen- und Grundwasser sowie Sickerwasser aus Böden. Prof. Dr. Michael Oehme. Mai 2003
- [5] Lenkungsgremium Untersuchung Deponien MuttENZ, Deponie Feldreben, Technische Untersuchung, Gesamtkonzept und Pflichtenheft 1. Etappe, Bericht des Geotechnischen Institutes vom 16.5.2003
- [6] Deponie Feldreben, MuttENZ/BL. Schlussbericht Markierversuch vom April/Mai 2004. Bericht Sieber Cassina + Partner AG vom 1.12.2004
- [7] Deponie Feldreben, MuttENZ/BL. Schlussbericht Technische Untersuchung, 1. Etappe. SC+P AG, Bericht Sieber Cassina + Partner AG vom 31.1.2005
- [8] Lenkungsgremium Untersuchung Deponien MuttENZ, Deponie Feldreben, Pflichtenheft 2. Etappe TU. Bericht des Geotechnischen Institutes vom 9.9.2005.
- [9] Lenkungsgremium Untersuchung Deponien MuttENZ, Deponie Feldreben, Pflichtenheft Untersuchung Deponieinhalt. Bericht des Geotechnischen Institutes vom 22.11.2005.
- [10] Technische Untersuchung der Deponien mit Chemieabfällen in MuttENZ. Resultate der 1. Untersuchungsetappe. Stellungnahme des Amtes für Umweltschutz und Energie vom 3.5.2005
- [11] Deponie Feldreben. Technische Untersuchung 2. Etappe TU: Form und Umfang des Schlussberichtes Sieber Cassina + Partner AG. Aktennotiz Geotechnisches Institut vom 15.11.2006
- [12] Deponien MuttENZ. Überwachung des Grundwassermessnetzes. 2. Zwischenbericht über die Messergebnisse von Dezember 2005 bis Dezember 2006. Bericht Sieber Cassina + Partner AG vom 26.2.2007
- [13] Prüfbericht Labor RWB Februar 2007
- [14] Technische Untersuchung (2. Etappe) der Deponie Feldreben 4132 MuttENZ (CH); Bericht Nr. 05147-M vom 08.05.2007, Geolog GmbH Braunschweig
- [15] Aromatische Sulfonate. Untersuchungen zum Stoffverhalten in Industrieabwasser und aquatischer Umwelt. Dissertation Thomas Storm, TU Berlin, 2002

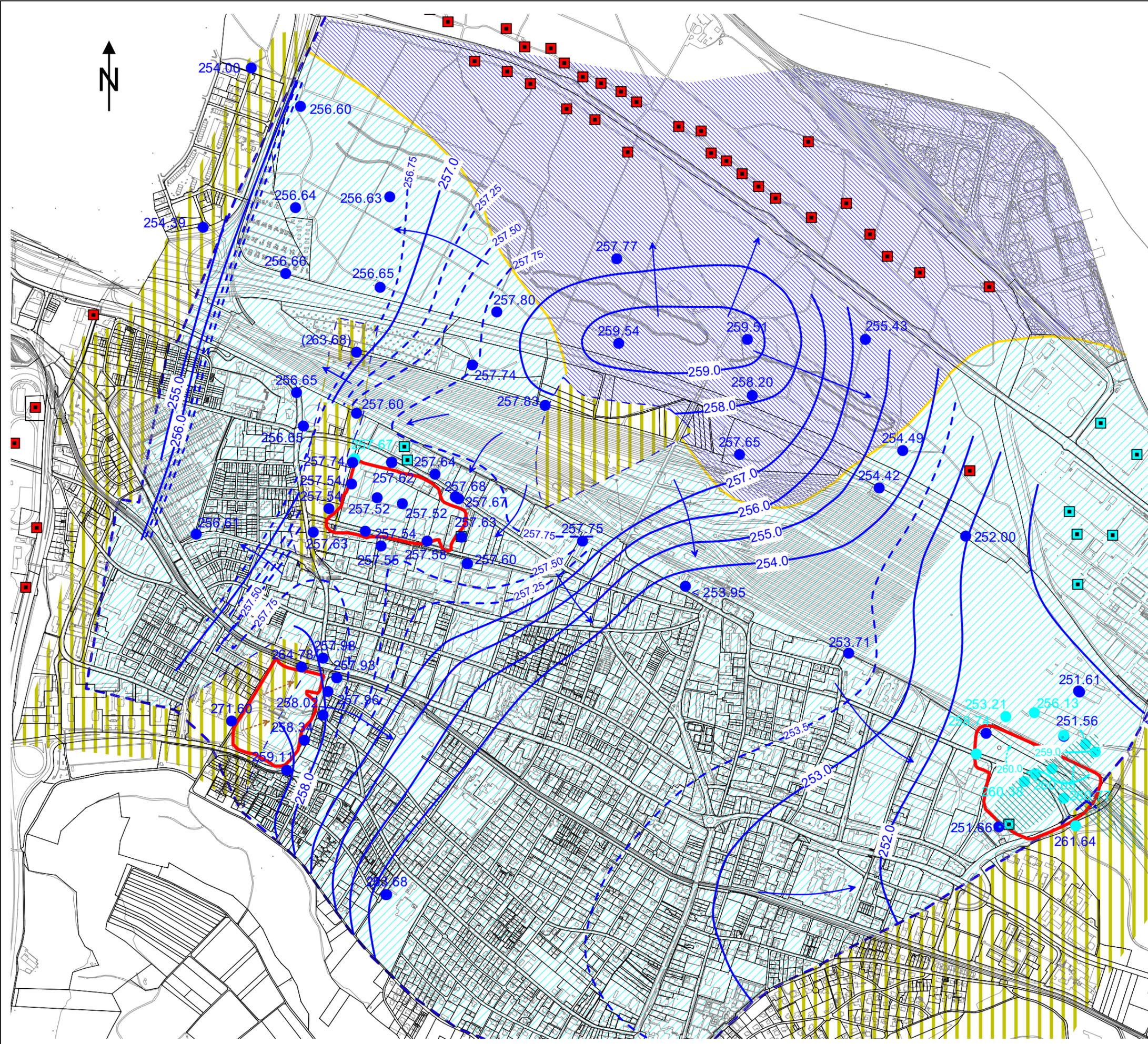
Gesetze, Verordnungen und Richtlinien (Auswahl)

- [16] Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltIV) vom 26. August 1998
- [17] Technische Verordnung über Abfälle vom 10. Dezember 1990 (**TVA**), SR 814.600.
- [18] Altlastenkonzept für die Schweiz, BUWAL-Schriftreihe Umwelt Nr. 220, 1994
- [19] BUWAL-Vollzugshilfe: Probenahme von Grundwasser bei belasteten Standorten
- [20] BUWAL-Vollzugshilfe: Wegleitung Grundwasserschutz. 2005
- [21] Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998
- [22] Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten (VWF) vom 1. Juli 1998, SR-Nr. 814.202
- [23] Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) vom 1. Juli 1998
- [24] Richtlinie für die Verwertung, Behandlung und Ablagerung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial (Aushubrichtlinie), BUWAL 1999

Deponie Rothausstrasse, Muttenz
Technische Untersuchung, 2. Etappe

Situation 1:10'000
Lage des Grundwasserspiegels
am 18.12.2006

SO966_R_A2a_Gruwaka.dsf V1 A3 17.09.2007 PS, Da



Legende:

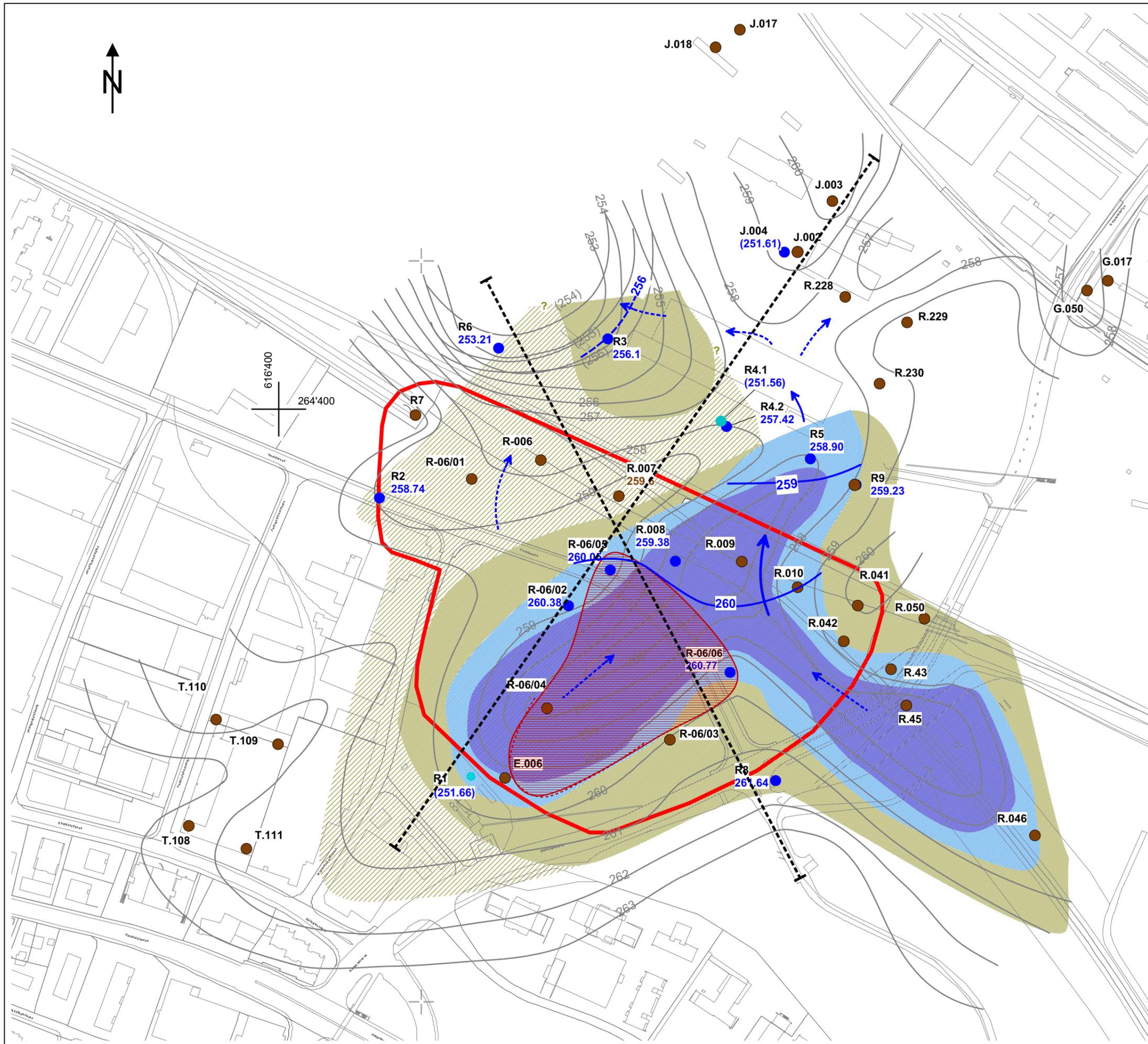
- Deponieperimeter
- Messstelle tieferes Grundwasserstockwerk mit Grundwasserstand am 18.12.2006
245.94
- Messstelle höheres Grundwasserstockwerk mit Grundwasserstand am 18.12.2006
245.94
- Brauchwasserfassung
- Trinkwasserfassung
- - - Rand des nutzbaren Grundwassergebietes
- Grundwasser im Lockergestein (Schotter)
- Höheres Grundwasserstockwerk (Schotter)
- Grundwasser im Hauptmuschelkalk (HMK)
- Gebiet ohne Hauptmuschelkalk-Grundwasser
- Grundwasserisohypse im Hauptaquifer mit Fließrichtung
257.0
- Grundwasserisohypse höheres Stockwerk mit Fließrichtung
260.0
- - - Gefälle der Felsoberfläche

Deponie Rothausstrasse, Muttenz
Technische Untersuchung, 2. Etappe

Situation 1:2'500

Darstellung
des oberen Grundwasserstockwerkes

SO966_R_A2b_A4a_Fels_GW_V3.dsf V3 A3 17.09.2007 AR/PS/Da



- Deponie Rothausstrasse (gemäss HU)

- Piezometer mit Logger
Grundwasserstand 18.12.06 [müM]
- Piezometer (Handmessung)
Grundwasserstand 18.12.06 [müM]
- Bohrung ohne Piezometer

- 256 Isohypsen Felsoberfläche [müM]
- 260 Isohypsen des Grundwassers
am 18.12.2006 [müM]
- - - vermutet
- Fließrichtung Grundwasser
(oberes Stockwerk)
- - - → unklar, möglich

- kein Grundwasser oder
Grundwasser mit geringer Ergiebigkeit
- Grundwassermächtigkeit <1m
- Grundwassermächtigkeit 1-2m
- Grundwassermächtigkeit >2m
- Deponiesohle unter Grundwasserspiegel

SSW

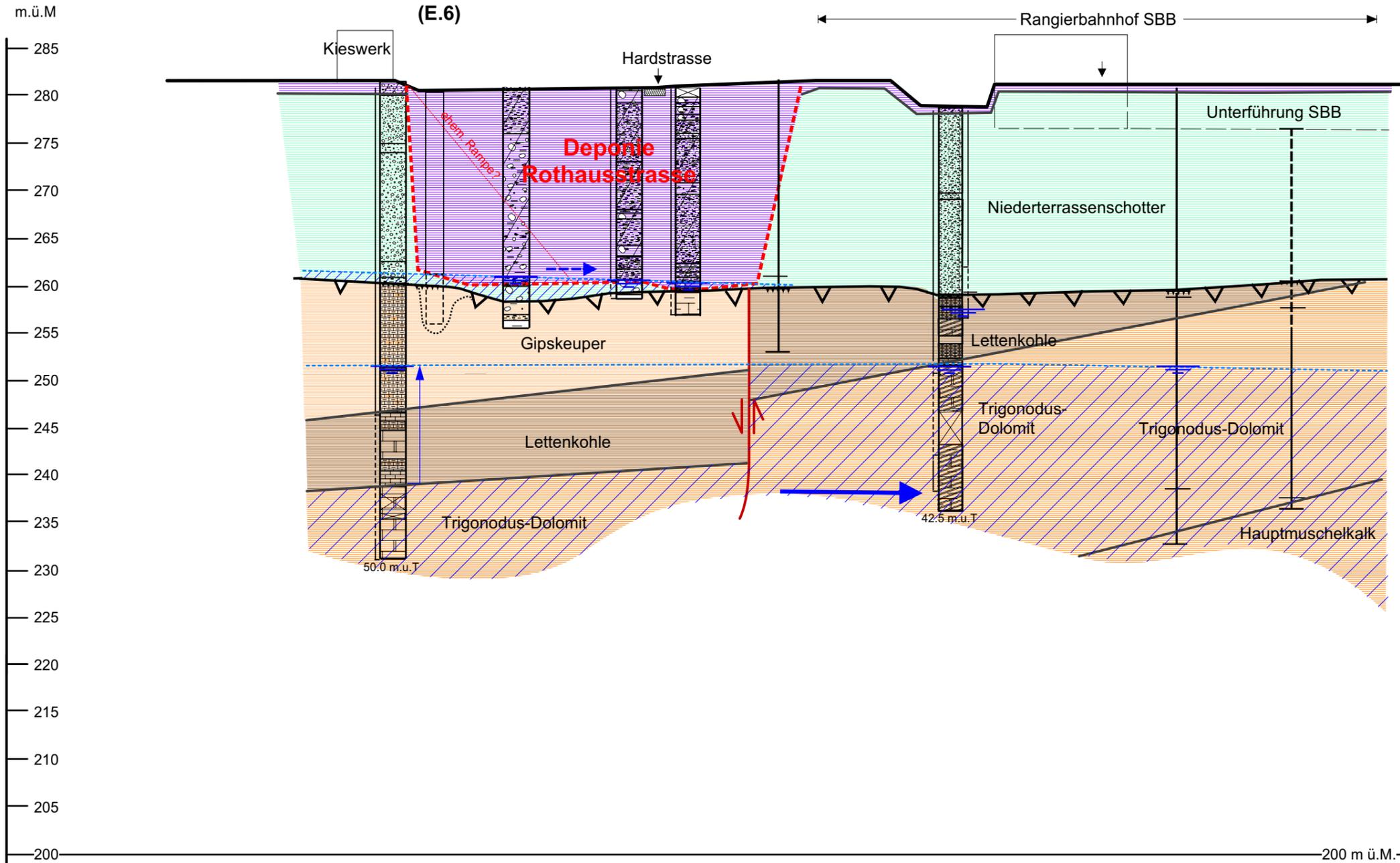
NNE

Deponie Rothausstrasse, Muttenz
Technische Untersuchung, 2. Etappe

Geologisches Profil SSW-NNE

1:2'500 / 1:500
(5-fach überhöht)

SO966_R_A3_geol_Schnitt.dsf V3 A3 17.09.2007 Da



Lockergesteine

- künstliche Auffüllungen, Deponiematerial
- Niederterrassenschotter
- Übergangsschicht / alter Boden

Felsgesteine

- Felsoberfläche
- Optususton
- Gipskeuper
- Lettenkohle
- Hauptmuschelkalk / Trigonodus-Dolomit

Subvertikale Verwerfung

Grundwasserspiegel bei Mittelwasserstand

Grundwasserspiegel am 18.12.2006

Subartesisch gespanntes Grundwasser

Felsgrundwasser (Hauptmuschelkalk)

Lockergesteinsgrundwasser

Fließrichtung des Felsgrundwassers

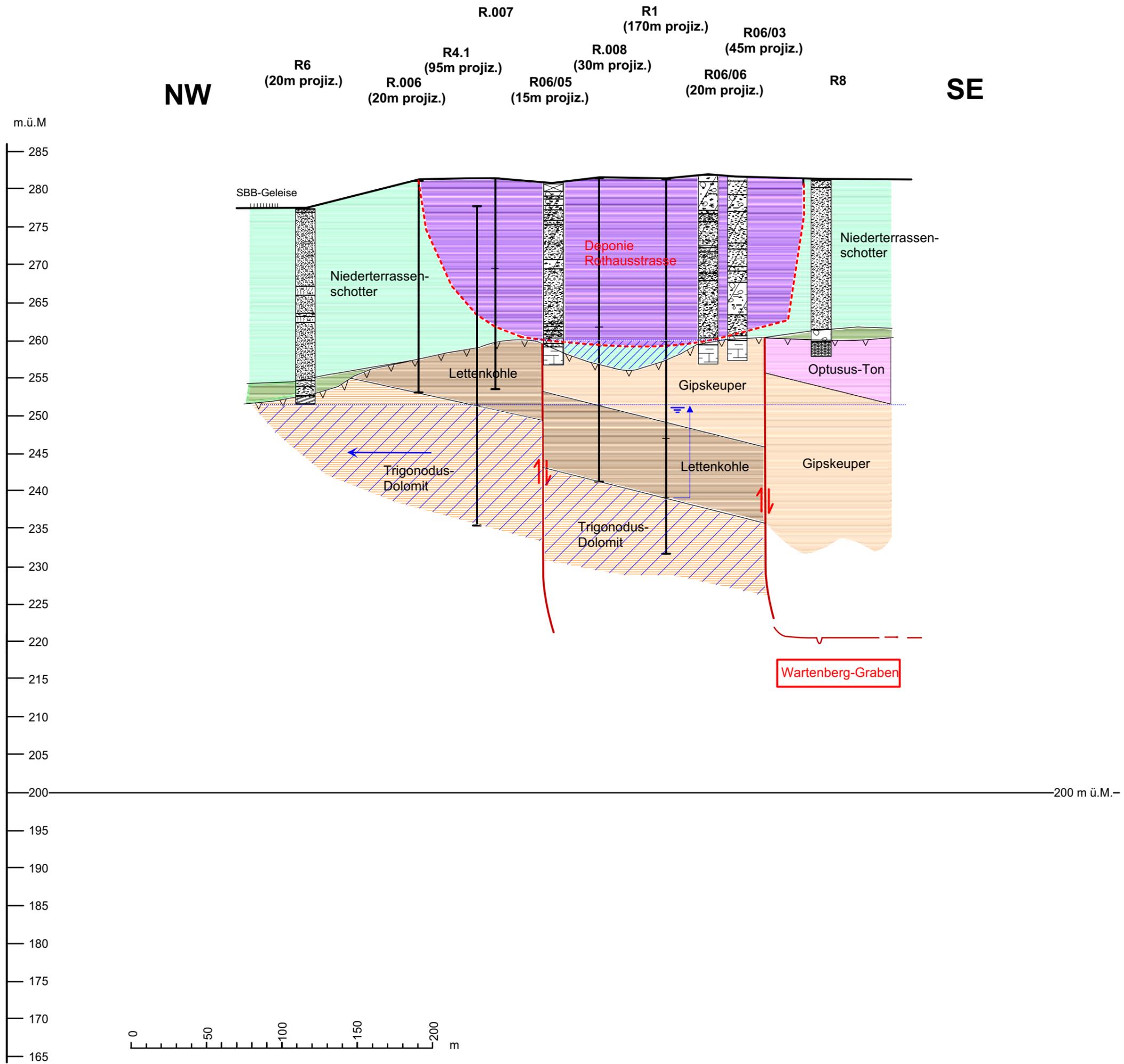
Fließrichtung des Lockergesteinsgrundwasser



Deponie Rothausstrasse, Muttenz
Technische Untersuchung, 2. Etappe

Geologisches Profil SE-NW
1:2'500 / 1:500
(5-fach überhöht)

SO966_R_A3_geol_Schnitt.dsf | V3 | A3 | 17.09.2007 | Da



Lockergesteine

- künstliche Auffüllungen, Deponiematerial
- Niederterrassenschotter
- Übergangsschicht / alter Boden

Felsgesteine

- Felsoberfläche
- Optususton
- Gipskeuper
- Lettenkohle
- Hauptmuschelkalk / Trigonodus-Dolomit

Subvertikale Verwerfung

Grundwasserspiegel bei Mittelwasserstand

Grundwasserspiegel am 18.12.2006

Subartesisch gespanntes Grundwasser

Felsgrundwasser (Hauptmuschelkalk)

Lockergesteinsgrundwasser

Fliessrichtung des Felsgrundwassers

Fliessrichtung des Lockergesteinsgrundwasser

Deponie Rothausstrasse, Muttenz
Technische Untersuchung, 2. Etappe

Situation 1:1'500
Deponiemächtigkeit und
Schadstoffgehalt

so966_R_A4b_Deponiesohle_V1.dsf V1 A3 17.9.2007 Da

- Deponieperimeter
- (gemäss HU / angetroffen)
- Profilspur (Anhang A3)
- MIP-Sondierungen
- Kernbohrungen 2004 - 2006 (Deponien Muttenz)
- frühere Kernbohrungen
- 262.1
 274.3
 259.5
- Endtiefe der MIP-Sondierung (m ü.M.)
(nicht bewertet im Isolienplan)
- 259.5
- 260
- Isolinien der Deponiesohle (m ü.M.)
- Mutmasslicher Böschungsfuss
-
- Deponiesohle unter Grundwasserspiegel
- Unterteilung Deponiekörper**
- geringer - kleiner Schadstoffgehalt
- mittlerer Schadstoffgehalt



Deponie Rothausstrasse, Muttenz
Technische Untersuchung, 2. Etappe

Situation 1:1'500
Ergebnisse der MIP-Sondierungen

Darstellung der FID-Summenwerte

so966_R_A6_MIP_Isos_V1.dsf V1 A3 17.09.2007 Da

 Deponieperimeter (gemäss HU)

Sondierungen im Deponiekörper

-  MIP-Sondierungen
-  MIP inkl. Entnahme von Feststoff- und Bodengasproben
-  Kernbohrungen, Entnahme von Feststoffproben

Isolinien der FID-Messungen in den MIP-Sondierungen (in mV)

-  0 - 3'000
-  3'001 - 6'000
-  6'001 - 9'000
-  9'001 - 12'000
-  12'001 - 15'000
-  15'001 - 19'000



Deponie Rothausstrasse, Muttenz
Technische Untersuchung, 2. Etappe

Situation 1:1'500
Ergebnisse der MIP-Sondierungen

Darstellung der DELCD-Summenwerte

so966_R_A6_MIP_Isos_V1.dsf	V1	A3	17.09.2007	Da
----------------------------	----	----	------------	----

 Deponieperimeter (gemäss HU)

Sondierungen im Deponiekörper

-  MIP-Sondierungen
-  MIP inkl. Entnahme von Feststoff- und Bodengasproben
-  Kernbohrungen, Entnahme von Feststoffproben

Isolinien der DELCD-Messungen in den MIP-Sondierungen (in mV)
(DELCD = Dry Electrolytic Conductivity Detector)

-  0 - 15'000
-  15'001 - 30'000
-  30'001 - 45'000
-  45'001 - 60'000
-  60'001 - 75'000
-  75'001 - 90'000
-  90'001 - 105'000
-  105'001 - 120'000
-  120'001 - 135'000
-  135'001 - 155'000



0 50 100 150 200 Meter

Deponie Rothausstrasse, Muttenz
Technische Untersuchung, 2. Etappe

Situation 1:2'500
Darstellung der allgemeinen Leitparamter

el. Leitf., pH, Temperatur, Hydrogenkarbonat,
Chlorid, Sulfat

SO966_R_A5_Chemie_V2.dsf V2 A3 17.9.2007 Da

Legende:

- Deponieperimeter (gemäss HU)
- Probenahmestellen (Piezometer)
- Probenahmestellen (Grundwasserfassungen)
- Fliessrichtung Grundwasser
- - - → unklar, möglich
- kein Grundwasser oder Grundwasser mit geringer Ergiebigkeit
- Grundwassermächtigkeit <1m
- Grundwassermächtigkeit 1-2m
- Grundwassermächtigkeit >2m

Isolinien der mittleren elektrischen Leitfähigkeit (µS/cm)

-1'000 im Lockergesteinsgrundwasser (oberes Stockwerk)

chemische Analysen

1/2 Konzentrationswert AltIV

"erhöhter Wert" (Indikatorwerte gemäss Wegleitung Grundwasserschutz 2004)

Name Piezometer (Entnahmetiefe in m u.T.)

	Min	Ø	Max
Elektrische Leitfähigkeit [µS/cm]	-	621	680
pH-Wert []	6.4-8.2	6.8	7.1
Temperatur [°C]	-	12.2	13.2
Hydrogenkarbonat [mg/l]	-	202	387
Chlorid [mg/l]	40	465	46
Sulfat [mg/l]	40	12	22

- Lockergesteinsgrundwasser
- Muschelkalkgrundwasser

21.C.245 (38)		
Min	Ø	Max
418	462	498
7.08	7.5	7.98
12.4	13.4	15.1
172	230	298
11.6	12.1	12.9
32.1	34.3	36.8

21.C.245
270 m

21.J.003 (38)		
Min	Ø	Max
885	990	1059
6.98	7.22	7.41
14.6	14.7	14.9
305	330	351
94.2	114	133
75.1	89.8	105

R3 (26)		
Min	Ø	Max
528	590	656
6.89	7.16	7.37
15.2	15.6	16.8
318	332	349
7.7	20.1	32.5
22.5	23.7	25.1

R4.2 (21)		
Min	Ø	Max
1276	1351	1563
6.62	6.92	7.27
12.6	14.4	15.9
553	574	584
28.8	40.5	45.5
225	314	400

R5 (22)		
Min	Ø	Max
1082	1224	1369
6.6	6.88	7.17
14.1	14.2	14.4
542	576	601
42.3	47	54.1
145	210	266

R4.1 (34)		
Min	Ø	Max
1203	1305	1452
6.72	6.95	7.19
14.6	14.8	15.1
392	434	475
102	130	151
173	21	277

R9 (21.0)		
Min	Ø	Max
1058	1224	1241
6.63	7.39	7.39
12.4	13.4	13.4
550	562	562
39	43.3	43.3
110	165	165

R2 (23)		
Min	Ø	Max
2830	3200	3650
6.57	6.77	7.17
14.3	15.3	16.6
770	813	861
122	156	200
1080	1403	1672

21.R.008 (27)		
Min	Ø	Max
1368	1542	1736
6.63	6.85	7.17
14.3	14.6	15
537	558	575
39.2	54.8	68.8
390	471	611

06/02		
Min	Ø	Max
2140	7.08	15.1
531	52.6	9.3

06/06		
Min	Ø	Max
1537	7.13	14.7
723	73.4	228

R1 (44)		
Min	Ø	Max
1151	1276	1437
6.81	6.98	7.16
15.1	15.2	15.5
388	406	429
117	142	179
170	185	203

21.E.006 (23)		
Min	Ø	Max
340	369	443
7.22	7.50	7.68
10.3	14.9	19.3
161	183	206
8.5	12	17.8
27.5	28.3	28.7

R8 (21.5)		
Min	Ø	Max
857	902	902
6.69	7.27	7.27
12.5	13.2	13.2
415	462	462
33.3	51.6	51.6
37.4	42.1	42.1

0 50 100 150 200 Meter

Deponie Rothausstrasse, Muttenz
Technische Untersuchung, 2. Etappe

Situation 1:2'500
Darstellung der Redoxverhältnisse

Sauerstoff, Ammonium, Nitrat, Nitrit

SO966_R_A5_Chemie_V2.dsf V2 A3 17.9.2007 Da

Legende:

- Deponieperimeter (gemäss HU)
- Probenahmestellen (Piezometer)
- Probenahmestellen (Grundwasserfassungen)
- Fliessrichtung Grundwasser
- - - → unklar, möglich
- kein Grundwasser oder Grundwasser mit geringer Ergiebigkeit
- Grundwassermächtigkeit <1m
- Grundwassermächtigkeit 1-2m
- Grundwassermächtigkeit >2m

Isolinien des mittleren Sauerstoffgehalts (mg/l)

↗ im Lockergesteinsgrundwasser (oberes Stockwerk)

chemische Analysen

1/2 Konzentrationswert AltV

"erhöhter Wert" (Indikatorwerte gemäss Wegleitung Grundwasserschutz 2004)

Name Piezometer (Entnahmetiefe in m u.T.)

		F4 (24)		
		Min	Ø	Max
Sauerstoff [mg/l]	>2	5.6	6.2	6.8
Ammonium [mg/l]	>25	<0.002	0.015	0.023
Nitrat [mg/l]	-	21	27	32
Nitrit [mg/l]	-	0.002	0.031	0.043

- Lockergesteinsgrundwasser
- Muschelkalkgrundwasser

21.C.245 (38)		
Min	Ø	Max
2.5	3.4	3.9
0.009	0.193	0.50
10	12.6	14.4
0.002	0.202	0.50

21.C.245
270 m

R3 (26)		
Min	Ø	Max
7.7	7.9	8.0
<0.002	0.005	0.021
15.4	16.5	18.0
<0.002	0.002	0.010

21.J.003 (38)		
Min	Ø	Max
3.7	4.2	4.6
<0.002	0.005	0.007
12.1	12.7	13.2
<0.002		

R4.2 (21)		
Min	Ø	Max
3.3	3.9	5.0
0.002	0.012	0.046
<0.002	0.013	0.08

R5 (22)		
Min	Ø	Max
0.7	0.9	1.3
<0.002	0.019	0.043
5.2	12.9	22.8
0.002	0.003	0.004

R4.1 (34)		
Min	Ø	Max
1.5	2.1	2.7
<0.002	0.007	0.02
10.4	11.9	13.2
<0.002	0.003	0.006

R9 (21)		
Min	Ø	Max
0.038	4.0	0.07
13.4		24.6
<0.015		0.144

R2 (23)		
Min	Ø	Max
1.0	1.6	2.1
<0.002	0.03	0.06
61	74.6	90
0.01	0.209	0.81

21.R.008 (27)		
Min	Ø	Max
0.1	0.2	0.3
1.64	3.20	4.46
0.8	4.1	18.9
0.004	0.009	0.019

06/02		
Min	Ø	Max
0.1	0.17	12.3
0.031		

06/06		
Min	Ø	Max
0.2	2.27	7.2
0.043		

R1 (44)		
Min	Ø	Max
3.4	3.6	3.8
<0.002	0.002	0.008
14.6	18.0	22.6
<0.002	<0.002	0.002

21.E.006 (23)		
Min	Ø	Max
6.4	6.8	7.2
0.003	0.006	0.011
6.5	9.0	13.1
<0.002		

R8 (21.5)		
Min	Ø	Max
0.02	6.4	0.037
25.7		27.6
0.006		0.016

0 50 100 150 200 Meter

Deponie Rothausstrasse, Muttenz
Technische Untersuchung, 2. Etappe

Situation 1:2'500
Darstellung der organischen
Summenparameter / Pestizide

DOC, AOX, Simazin, Atrazin

SO966_R_A5_Chemie_V2.dsf V2 A3 17.9.2007 Da

Legende:

- Deponieperimeter (gemäss HU)
- Probenahmestellen (Piezometer)
- Probenahmestellen (Grundwasserfassungen)
- Fliessrichtung Grundwasser
- - - → unklar, möglich
- kein Grundwasser oder Grundwasser mit geringer Ergiebigkeit
- Grundwassermächtigkeit <1m
- Grundwassermächtigkeit 1-2m
- Grundwassermächtigkeit >2m

Isolinien des mittleren AOX-Gehalts (µg/l)

-30- im Lockergesteinsgrundwasser (oberes Stockwerk)

chemische Analysen

1/2 Konzentrationswert AltIV

"erhöhter Wert" (Indikatorwerte gemäss Wegleitung Grundwasserschutz 2004)

Name Piezometer (Entnahmetiefe in m u.T.)

Min = Minimalwert
Ø = Mittelwert
Max = Maximalwert

	Min	Ø	Max
DOC [mg/l]	2	0.5	1.2
AOX [µg Cl / l]	10	<10	28
Simazin [ng/l]	100	21	36
Atrazin [ng/l]	100	<20	32

	Min	Ø	Max
DOC [mg/l]	2	0.5	1.2
AOX [µg Cl / l]	10	<10	28
Simazin [ng/l]	100	21	36
Atrazin [ng/l]	100	<20	32

- Lockergesteinsgrundwasser
- Muschelkalkgrundwasser

21.C.245 (38)		
Min	Ø	Max
0.2	0.7	1.7
<10	<10	<10
<10	18	41

21.C.245
270 m

21.J.003 (38)		
Min	Ø	Max
0.5	0.8	1.0
<10	10	12
<10	19.5	37
85	103	128

R3 (26)		
Min	Ø	Max
0.4	0.5	0.6
<10	10.0	20
<10	34.8	62
141	230	306

R4.2 (21)		
Min	Ø	Max
2.4	2.7	3.5
40.0	43.0	46.0
<10	30.5	58.0
90	119	133

R5 (22)		
Min	Ø	Max
1.6	3.0	3.8
15	46.8	60
34	64.8	137
125	166	243

R4.1 (34)		
Min	Ø	Max
1.1	1.3	1.5
<10	13	21
13	25.3	35
78	93	112

R9 (21)		
Min	Ø	Max
2.0	<10	2.4
61.0		<71
166		<200

21.R.008 (27)		
Min	Ø	Max
3.5	3.8	4.1
59	77.5	97
<10	15.8	33
37	44	54

R2 (23)		
Min	Ø	Max
7.3	8.9	10.5
26	41.7	99
19	32	40
25	313	1107

R6
keine Probenahme möglich

R7
keine Probenahme möglich

R1 (44)		
Min	Ø	Max
0.3	0.6	0.7
<10	<10	<10
10	16	24
50	68	84

21.E.006 (23)		
Min	Ø	Max
0.5	0.7	0.9
<10	<10	<10
<10	<10	<10
11	15	22

R8 (21.5)		
Min	Ø	Max
1.0	<10	1.1
<10	<10	<10
67	<80	<80
127	<200	<200

