

**Bauverwaltung Muttenz**

**SC + P**

**Deponie Margelacker, Muttenz**  
**Grundwasserüberwachung 2010 - 2012**

**Schlussbericht**

Bern

Wollerau

Zürich

**Olten:** Jurastrasse 6, CH-4600 Olten  
Telefon: 062 205 54 00  
Telefax: 062 205 54 09  
e-mail: [scpolten@scpag.ch](mailto:scpolten@scpag.ch)



## Inhalt

---

Projektangaben.....	3
Ausgeführte Arbeiten .....	4
1. Einleitung und Auftrag.....	5
2. Quantitative Überwachung (Logger) .....	5
2.1. Messnetz und Datenaufzeichnung .....	5
2.2. Grundwasserspiegel.....	6
2.3. Elektrische Leitfähigkeit.....	7
2.4. Temperatur .....	9
2.5. Folgerungen .....	10
3. Qualitative Überwachung (Analysenresultate).....	11
3.1. Probenahme .....	11
3.2. Analysenresultate .....	12
3.2.1. Einzelstoffanalytik.....	12
3.2.2. Screenings.....	18
4. Altlastenrechtliche Beurteilung.....	21
4.1. Emissionsverhalten der Deponie.....	21
4.2. Beurteilung des Überwachungsbedarf .....	22
5. Vorschlag Überwachungskonzept 2013 - 2015 .....	22
Grundlagen .....	24

## Anhänge

---

- A1 Situation 1:2'500, Lage der Messstellen
- A2 Statistische Zusammenstellung der Loggerdaten
- A3 Zusammenstellung der Einzelstoffanalytik
  - a) zentraler Abstrombereich
  - b) peripherer Abstrombereich
- A4 Zusammenstellung der Screenings
  - a) zentraler Abstrombereich
  - b) peripherer Abstrombereich
- A5 Zusammenstellung der Screenings (alle Werte)
  - a) zentraler Abstrombereich
  - b) peripherer Abstrombereich
- A6 Charakterisierung von Unbekannten

## Projektangaben

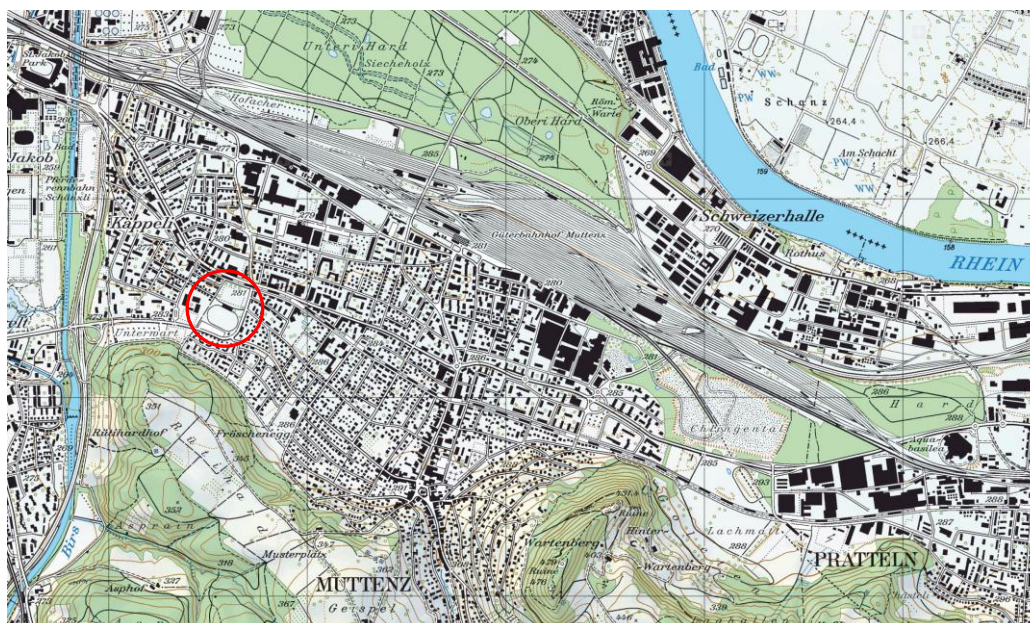
Auftraggeber: Bauverwaltung MuttENZ  
Kirchplatz 3  
CH-4132 MuttENZ

Koordinaten // Höhe 616'590 / 264'250 // 283 m.ü.M.

Parz.-Nr. 621, 5638, 657

KBS-Nr.: 2770910007

Auftrag: Schlussdokumentation der Grundwasserüberwachung von  
2010 – 2012



Filename / Version	Verfasser	Koreferat	Versand an	Datum
SO1170E_Schlussbericht-Margelacker_v1.2	04.02.13 Mg	08.02.13 Hm	1	12.02.13
SO1170E_Schlussbericht-Margelacker_v2.4	04.03.13 Mg	06.03.13 Hm	1	22.04.13

### Empfänger (Firma / Name)

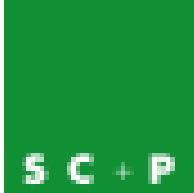
- 1 Bauverwaltung MuttENZ, Frau P. Enzmann
- 2 Technische Begleitgruppe

## Ausgeführte Arbeiten

---

Im Rahmen der Grundwasserüberwachung 2010 – 2012 wurden folgende Arbeiten ausgeführt (*Arbeiten Dritter kursiv*):

- Fortlaufende Betreuung und Wartung des Messstellennetzes im Umfeld der Deponie Margelacker
- Organisation der Probenahme-Kampagnen vom Februar und Dezember 2010, vom Oktober 2011 und vom September 2012
- Organisation der Wiederholungsmessung vom Juli 2010
- *Durchführung der Probenahmen durch die SJ GeoTec AG, Wolfwil am 04./05.02.2010, am 08./09.12.2010, am 05.10.2011 und am 12./13.09.2012*
- *Analyse von insgesamt 28 Grundwasserproben und 27 Blindproben durch die RWB analub laboratoires SA, Neuchâtel*
- laufende Datenauswertung und grafische Darstellung der Untersuchungsergebnisse
- Verfassen von zwei Zwischenberichten ([6], [8]). Bereinigung nach Rückmeldung durch die Technische Begleitgruppe
- Verfassen des vorliegenden Schlussberichts



## 1. Einleitung und Auftrag

Die Deponie Margelacker ist überwachungsbedürftig, da im Rahmen der Altlastenvoruntersuchungen [1] im unmittelbaren Abstrombereich des Standortes von diesem stammende Stoffe festgestellt wurden, die das Grundwasser verunreinigen können. Die vorgesehene quantitative und qualitative Überwachung ist im Überwachungskonzept vom 30.10.2009 für die Periode 2010 – 2012 festgehalten [3]. Dies beinhaltet im Wesentlichen eine Probenahme alle 9 Monate und eine kontinuierliche Pegelüberwachung (vgl. Tabelle. 1).

*Überwachungsprogramm*

Die Untersuchungsergebnisse der bis Ende 2010 ausgeführten Probenahme-kampagnen und der laufenden Pegelüberwachung sind in zwei Zwischenberichten beschrieben (vgl. Grundlagen). Der vorliegende Schlussbericht dokumentiert die ganze Überwachungsperiode 2010 – 2012 und berücksichtigt ebenfalls alle früheren Analysenergebnisse. Die Grundwasserüberwachung beinhaltet einerseits eine quantitative Überwachung der im nahen Deponeiumfeld installierten kontinuierlich aufzeichnenden Datenlogger (Kapitel 2) sowie andererseits eine qualitative Überwachung mittels chemischen Analysen (total 4 Kampagnen, Kapitel 3).

*Berichtsinhalt*

Für die fachliche Begleitung und Datenauswertung für das Jahr 2011 und 2012 sowie das Verfassen des Schlussberichtes wurden wir gestützt auf unsere Offerte vom 15.12.2009 von der Bauverwaltung Muttenz mit Schreiben vom 05.03.2012 schriftlich beauftragt.

*Auftrag*

## 2. Quantitative Überwachung (Logger)

### 2.1. Messnetz und Datenaufzeichnung

Das automatisierte Messnetz rund um die Muttenzer Deponie Margelacker umfasst insgesamt 4 Messstellen (vgl. Tabelle 1). Die genaue Lage der einzelnen Messstellen kann Anhang A1 entnommen werden.

*Messnetz*

**Tabelle 1:** Übersicht über das automatisierte Messstellennetz

Messstelle	Kant. Bez.	Typ	Parameter
M2	21.P.042	Orpheus (OTT)	GWSP, LF, T
M3	21.P.043	Typ 540 (HT GmbH)	GWSP, LF, T
J.58*	21.J.58	Typ 540 (HT GmbH)	GWSP, LF, T
J.59	21.J.59	Typ 540 (HT GmbH)	GWSP, LF, T

\* Installation seit Sommer 2012

Für die Betrachtungsperiode 2010 bis 2012 wurden die Datenlogger i.d.R. vierteljährlich ausgelesen und bezüglich ihrer Messgenauigkeit bzw. einer allfälligen Gerätedrift überprüft. Die Messgenauigkeit beider Loggertypen betragen 1 cm bei den Wasserspiegelmessungen, 0.1°C bei den Temperaturmessungen und 10 µS/cm bei der elektrischen Leitfähigkeit.

*Auslesung und  
Wartung*

Seit der regelmässigen Wartung des Messnetzes ab 2008 durch die Firma HydroSer GmbH liegen für den Betrachtungszeitraum praktisch lückenlose Datenreihen vor. Der Logger M3 ist seit dem 9. Februar 2010 in Betrieb und in den Messstellen J.59 und J.58 werden seit dem 6. Juni bzw. dem 30. Juli 2012 infolge eines Geräteersatzes auch die Temperatur und die elektrische Leitfähigkeit aufgezeichnet.

*lückenlose  
Datenreihen*

In den nachfolgenden Kapitel 2.2 bis 2.4 sind die Ganglinien des Grundwasserspiegels, der elektrischen Leitfähigkeit und der Temperatur für den Betrachtungszeitraum 2010 – 2012 dargestellt und beschrieben. Der Anhang A2 enthält eine zusammenfassende Tabelle mit den wichtigsten Resultaten, namentlich die jährlichen Minimal- und Maximalwerte, die Schwankungsbereiche (Differenz der Extremwerte) sowie die Mittelwerte der gemessenen Parameter für jede Messstelle.

*Datensichtung*

## 2.2. Grundwasserspiegel

In Abbildung 1 sind die Ganglinien des Grundwasserspiegels vom 01.01.2010 – 01.01.2013 dargestellt (total 3 Jahre).

*Ganglinien*

Die Ganglinien des Grundwasserspiegels verlaufen in den drei Messstellen im Nahfeld der Deponie Margelacker (M2, M3 und J.58) nahezu parallel, d.h. die Fliessverhältnisse und –richtungen bleiben sowohl im Jahresverlauf wie auch über mehrere Jahre praktisch unverändert. In den beiden Messstellen M2 und J.58 liegt der Grundwasserspiegel nahezu auf gleichem Niveau (ca. Kote 258 – 259 m ü.M.). Bei der Messstelle M3 befindet er sich rund 1 m höher (ca. Kote 259 – 260 m ü.M.).

*Nahfeld der  
Deponie*

Der Datenlogger J.59 dokumentiert das Fernfeld der Deponie Margelacker und weist im Vergleich zu den Loggern des Nahfeldes einen rund 4 ½ - 5 m tieferen Grundwasserspiegel auf (ca. Kote 253 – 254 m ü.M.). Dort verlaufen die Ganglinien leicht anders, da sich die Messstelle J.59 weniger im Einflussbereich der Grundwasseranreicherung durch die Hardwasser AG befindet und daher weniger kurzzeitige Schwankungen festzustellen sind.

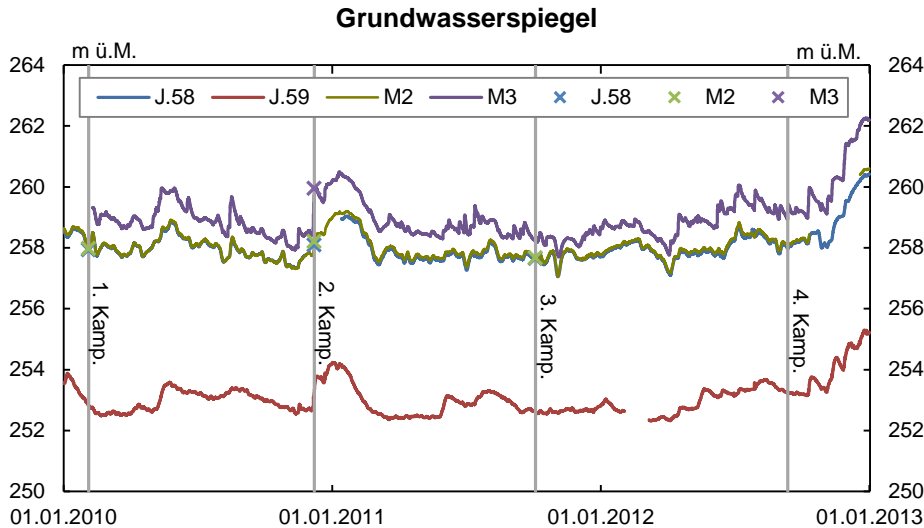
*Fernfeld der  
Deponie*

Wie aus Anhang A2 (Tabelle mit Jahresmittelwerten) hervorgeht, variieren die Jahresmittelwerte der Jahre 2010, 2011 und 2012 um rund 25 cm (J.58 und M2) bzw. ca. 50 cm (J.59 und M3). Das Jahr 2012 weist dabei sowohl die höchsten Mittelwerte, wie auch neue Maximalwerte und grössere Differenzen zwischen Minima und Maxima auf. Dies ist auf den seit Anfang November 2012 in allen vier Messstellen verzeichneten deutlichen Anstieg des Grundwasserspiegels zurückzuführen (vgl. Abb. 1). Einen ähnlichen, allerdings we-

*langjähriger  
Verlauf*



niger ausgeprägten Anstieg wurde auch beim Jahreswechsel 2010 / 2011 festgestellt.



**Abbildung 1:** Ganglinie Grundwasserspiegel vom 1.1.2010 – 1.1.2013  
 (Kreuze: Messwerte anlässlich der Probenahme-Kampagne)

Insgesamt zeigen die Loggeraufzeichnungen keinen ausgeprägten, sich wiederholenden, jahreszeitlichen Verlauf, wie er andernorts typisch ist. Insbesondere lassen sich keine spezifischen Niedrigwasserstände ausmachen, vielmehr stellt sich der Grundwasserspiegel auf einem bestimmten Niveau ein. Dementsprechend liegen die Niedrigwasserstände nur wenig unterhalb des Mittelwertes. Demgegenüber werden die Hochwasserstände vermutlich sowohl als Folge der Niederschläge als auch durch die Anreicherung der Hardwasser AG hervorgerufen.

*Kein jahreszeitlicher Verlauf*

### 2.3. Elektrische Leitfähigkeit

In Abbildung 2 sind die Ganglinien der elektrischen Leitfähigkeit vom 01.01.2010 – 01.01.2013 dargestellt. Ebenfalls eingetragen sind die anlässlich der Probenahme vor Ort gemessenen Werte.

*Ganglinien*

Bei der Messstelle M2 werden seit Messbeginn mit 1'200 – 1'500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  die höchsten elektrischen Leitfähigkeitswerte im Abstrombereich der Deponie Margelacker gemessen. Im langjährigen Vergleich sind aber keine signifikanten Veränderungen festzustellen, Einzig im ersten Quartal des Jahres 2012 ist ein vorübergehender leichter Anstieg festzustellen.

*Messstelle M2*

Die elektrische Leitfähigkeit bei der Messstelle M3 liegt mit 680 – 850  $\mu\text{S}/\text{cm}$  rund 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  tiefer als bei M2. Im Allgemeinen ist im dreijährigen Vergleich keine signifikante Veränderung festzustellen, es ist einzig zu bemerken, dass

*Messstelle M3*





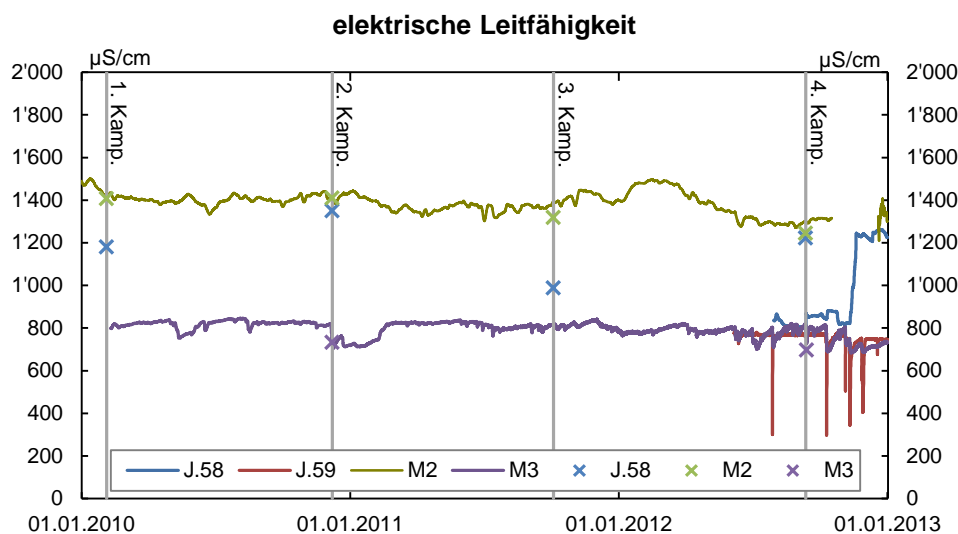
die Werte im Jahre 2012 generell etwas tiefer lagen als in den beiden vorangegangenen Jahren.

In der Messstelle J.58 wird erst seit Mitte 2012 die elektrische Leitfähigkeit aufgezeichnet. Die Werte lagen anfänglich mit 800 – 850  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ähnlich tief wie bei der Messstelle M3. Anfang November 2012 stiegen diese aber auf über 1'200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  an und sind somit ähnlich hoch wie bei der Messstelle M2. Die bei den Probenahmen gemessenen elektrischen Leitfähigkeiten zeigen für die Jahre 2010 und 2011 ebenfalls ausgeprägte Schwankungen zwischen 1'000 und 1'400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Die kontinuierliche Loggeraufzeichnung der elektrischen Leitfähigkeit ist hier noch zu kurz, um einen direkten Zusammenhang mit dem Grundwasserspiegel zu erkennen. Hohe Leitfähigkeitswerte dürften möglicherweise mit höheren Grundwasserständen korrelieren.

Messstelle J.58

Bei der Messstelle J.59 sind die Werte der elektrischen Leitfähigkeit mit rund 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ähnlich wie bei der Messstelle M3. Allerdings sinkt die elektrische Leitfähigkeit oftmals bei ansteigendem Grundwasserspiegel für wenige Stunden um mehrere 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ab. Dies dürfte auf einen verstärkten Zufluss von Oberflächenwasser hindeuten.

Messstelle J.59



**Abbildung 2:** Ganglinie elektrische Leitfähigkeit vom 1.1.2010 – 1.1.2013  
 (Kreuze = Messwerte anlässlich der Probenahme-Kampagnen)

In Abbildung 3 ist die Abhängigkeit der Loggeraufzeichnungen der elektrischen Leitfähigkeit in Bezug auf den Grundwasserspiegel dargestellt. Ebenfalls eingetragen sind die anlässlich der Probenahme vor Ort gemessenen Werte.

Zusammenhang mit Grundwasserspiegel



Die Grafik zeigt, dass die elektrischen Leitfähigkeitswerte der Messstellen M3 (Zustrombereich) und J.59 (ferner Abstrombereich) ungeachtet des Grundwasserspiegels tief liegen und somit durch die Deponie Margelacker nicht beeinflusst werden.

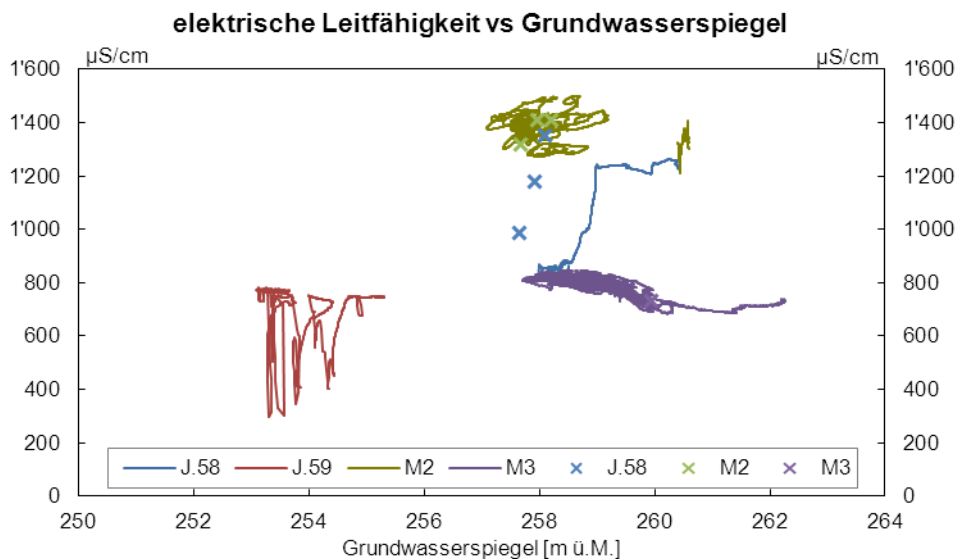
Messstellen  
M3, J.59

Hingegen lässt sich bei der Messstelle J.58 eine deutliche Korrelation zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und dem Grundwasserspiegel feststellen. Bei tiefem Grundwasserspiegel sind die elektrischen Leitfähigkeitswerte ungefähr gleich wie bei den von der Deponie Margelacker unbeeinflussten Messstellen M3 und J.59. Mit steigendem Grundwasserspiegel nimmt auch die elektrische Leitfähigkeit zu, bevor sie auf hohem Niveau stabil bleibt.

Messstelle J.58

Bei der Messstelle M2 sind die elektrischen Leitfähigkeitswerte unabhängig vom Grundwasserspiegel immer ungefähr gleich hoch, was den Deponieeinfluss bzw. eine Aufmineralisierung durch Deponiesickerwasser klar erkennen lässt.

Messstelle M2



**Abbildung 3:** Vergleich elektrische Leitfähigkeit und Grundwasserspiegel  
(01.01.2010 – 01.01.2013)  
(Kreuze = Messwerte anlässlich der Probenahme-Kampagnen)

## 2.4. Temperatur

In Abbildung 4 sind die Ganglinien der Temperatur vom 01.01.2010 – 01.01.2013 dargestellt. Ebenfalls eingetragen sind die anlässlich der Probenahme vor Ort gemessenen Werte.

Ganglinien

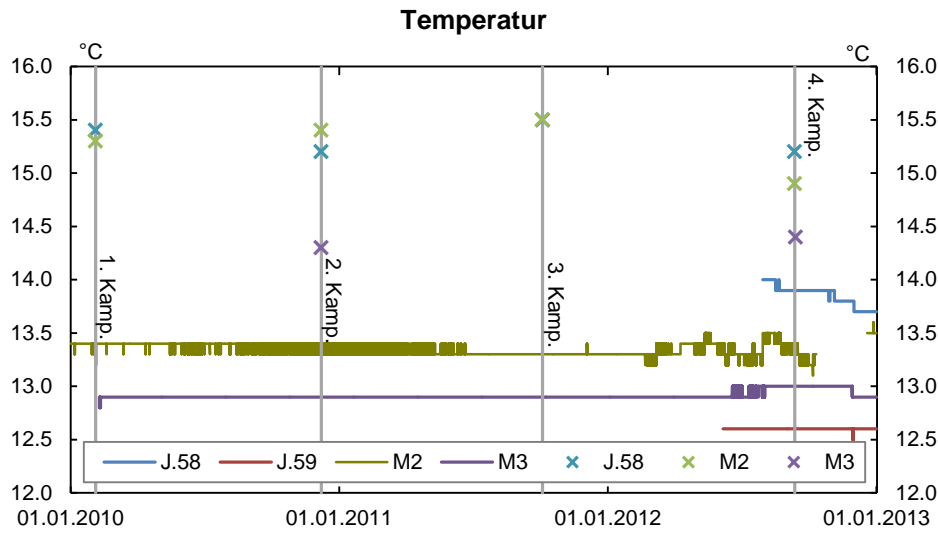
Die aufgezeichneten Temperaturen der Datenlogger sind über die ganze Beobachtungsperiode gesehen ausserordentlich konstant und liegen zwischen 12.5 und 14.0 °C. Einzig bei der Messstelle J.58 ist seit Messbeginn Mitte 2012 eine leichte Temperaturabnahme verzeichnet.

langjähriger  
Verlauf



Die Temperaturen anlässlich der Probenahmen liegen mit Werten zwischen 14.3 und 15.5 °C signifikant um 1.5 – 2 °C höher als die Loggerdaten. Dies lässt sich höchstwahrscheinlich darauf zurückführen, dass bei der Probenahme durch den Pumpbetrieb Wasser aus anderen (höheren) Wasserschichten zuflöss.

Probenahmen



**Abbildung 4:** Ganglinie Temperatur vom 1.1.2010 – 1.1.2013  
 (Kreuze = Messwerte anlässlich der Probenahme-Kampagnen)

## 2.5. Folgerungen

Die Auswertung der quantitativen Grundwasserüberwachung zeigt, dass sich die Grundwasserverhältnisse bezüglich Lage des Grundwasserspiegels, elektrische Leitfähigkeit (als Mass für die Gesamtmineralisation) und Temperatur im Betrachtungsraum 2010 – 2012 grundsätzlich nur wenig verändert haben und nur geringe jahreszeitliche Schwankungen festzustellen sind. Einzig bei der Messstelle J.58 zeichnen sich leichte Veränderungen als Folge einer wechselnden Deponiebeeinflussung ab. Auch im Vergleich zur vorangegangenen Beobachtungsperiode 2007 – 2009 können keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (vgl. dazu Zusammenstellung in Anh. A2).

keine grösseren Veränderungen

Aus den Loggeraufzeichnungen können für die Grundwasserüberwachung folgende wichtigen Schlüsse gezogen werden:

- Die Fliessrichtung im unmittelbaren Abstrombereich der Deponie verändert sich im Jahresverlauf praktisch nicht (paralleler Ganglinienverlauf des Grundwasserspiegels)
- Im zentralen Abstrombereich (d.h beim Logger M2 konstant und bei der Messstelle 21.J.58 mindestens zeitweise) ist die Gesamtmineralisation, gemessen an der elektrischen Leitfähigkeit, gegenüber dem Zustrombe-

Fliessrichtung

Aufmineralisierung

reich markant erhöht. D.h. es findet dort eine deutliche Aufmineralisierung des Grundwassers statt

### 3. Qualitative Überwachung (Analyseresultate)

#### 3.1. Probenahme

In der Tabelle 2 sind die wichtigsten Eckdaten der in die qualitative Überwachung einbezogenen Messstellen zusammengestellt. Die Lage der Messstellen ist in Anhang A1 ersichtlich.

Messstellen

**Tabelle 2: Probenahmestellen**

Bohrung			Lage zur Deponie	Ausbau		Entnahme	
Feld-bez.	Kant.-Nr.	OKT		Verrohrung	Filterstr. (m u.T.)	Tiefe [m]	ca. Grw.sp.
		[m ü.M.]					(m u.T.)
21.J.058		280.90	zentraler Abstrom	Stahlrohr Ø 4½"	25 - 50	44.0	23
M2	21.P.042	282.93	zentraler Abstrom	PVC Ø 6"	24 - 58	40.0	25
M3	21.P.043	283.92	Zustrom	PE Ø 4½"	20 - 34	34.0	24
M5	21.P.056	280.88	peripherer Abstrom	PE Ø 4½"	28 - 39	35.0	23
M6*	21.P.057	281.77	zentraler Abstrom	PE Ø 4½"	23 - 44	30.5 / 37.5*	23.8
							23.8
M7	21.P.058	282.81	peripherer Abstrom	PE Ø 4½"	24 - 38	37.0	24.5

\* Entnahme von 2 Proben aus unterschiedlichen Tiefen mit einer zusätzlichen Abschirmpumpe (34.0 m u.T.)

Im Rahmen der Grundwasserüberwachung wurden insgesamt vier Probenahmen durchgeführt, und zwar im Februar (1.) und Dezember 2010 (2.), im Oktober 2011 (3.) sowie etwas im September 2012 (4., vgl. Tabelle 3). Zusätzlich fand im Juli 2010 eine Wiederholungsmessung in der Messstelle M6 statt (vgl. dazu [6]). Da die Unterschiede zwischen M6 hoch und M6 tief nur gering waren, wurde beschlossen, für die 3. und 4. Probenahme nur noch den Messpunkt M6 tief zu berücksichtigen. Die Probenahmen wurden jeweils durch die SJ GeoTec AG, Wolfwil nach Konzept Oehme [4] durchgeführt.

Probenahme

Alle vier Probenahmen erfolgten ungefähr bei mittleren Wasserständen. Extreme hohe Wasserstände wurden damit nicht erfasst. Auch die vorangegangenen Niederschläge lagen in einer ähnlichen Grössenordnung.

Die chemischen Analysen wurden vom Labor RWB analub laboratoires SA, Neuchâtel ausgeführt. Bei der 1. und 3. Kampagne (Februar 2010 und Oktober 2011) wurde ein reduziertes („kurzes“) und bei der 2. und 4. Kampagne (Dezember 2010 und September 2012) ein ausführliches („langes“) Analyseprogramm durchgeführt (vgl. Tabelle 3, [3] [5]). Beim kurzen Programm wurden alle relevanten Schadstoffe, welche für die Deponie Margelacker ty-

Analyseprogramm



pisch sind, analysiert, das ausführliche Programm beinhaltet darüber hinaus auch weitere Schadstoffe (u.a. Erweiterung des Schwermetallspektrum und der organischen Schadstoffe, wie z.B. Barbiturate) um eine weites Analysenspektrum sicherzustellen.

An den Grundwasserproben des zentralen Abstrombereichs (21.J.58, M2, M6 hoch und tief) wurden bei allen vier Kampagnen sowie bei den Wiederholungsmessungen ein Screening ausgeführt. Die Proben des Zustroms (M3) sowie des peripheren Abstrombereichs (M5, M7) wurden nur im Rahmen des ausführlichen Analyseprogrammes (2. und 4. Kampagne) einem Screening unterzogen. Nebst dem Detektieren von Substanzen können damit auch quantitative Angaben gemacht werden, die Methode ist allerdings aufgrund grosser Unsicherheiten als semi-quantitativ zu betrachten.

Screenings



**Tabelle 3: Durchgeführte Probenahmen (vgl. Konzept [3])**

Bohrung (Feldbez.)	Abstrom bereich	Bisherige Probennahmen						Überwachung		
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
21.J.58	zentral	● ●	●	● ● ●		●	●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
M2	zentral	● ●	●	● ● ●		●	●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
M3	Zustrom	● ●	●	● ● ●			●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
M5	peripher			● ●			●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
M6	zentral			● ●		●	● oben ● unten	● ● ●	● ● ●	● ● ●
M7	peripher			● ●			●	● ● ●	● ● ●	● ● ●

- ausführliches Programm („lang“), angepasst gemäss [5]
- reduziertes Programm („kurz“)
- Wiederholungsmessung (Screenings)

### 3.2. Analysenresultate

#### 3.2.1. Einzelstoffanalytik

Die Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Summenparameter und Einzelstoffanalytik 2010 – 2012. In Anhang A3 sind die Einzelwerte im Detail tabellarisch zusammengestellt und mit der vorangegangenen Betrachtungsperiode 2004 – 2009 verglichen.

Überblick

**Tabelle 4: Überblick über die chemische Einzelstoffanalytik 2010 - 2012**

Parameter	zentraler Abstrombereich	peripherer Abstrombereich	Zustrom
Probenahme- stellen	M2, M6 tief, M6 hoch, J.58	M5, M7	M3
Gesamt- mineralisation	deutlich erhöhte Gesamtmineralisation, hervorgerufen durch einen erhöhten Salzgehalt (Sulfat bis 360 mg/l, Chlorid bis 64 mg/l, Nitrat bis 68 mg/l, Bromid bis 115 µg/l), leichte Abnahme im peripheren Abstrombereich		normale Mineralisation (Sulfat ca. 30 mg/l, Chlorid ca. 12 mg/l, Nitrat ca. 16 mg/l, Bromid ca. 10 µg/l).
Fluorid, Cyanid	Fluorid in der Regel unter den Nachweisgrenzen von 0.2 mg/l. Vereinzelt leicht erhöhte Cyanidkonzentrationen bis max. 40 µg/l festgestellt (M6 und M7)		Keine erhöhten Werte



Parameter	zentraler Abstrombereich	peripherer Abstrombereich	Zustrom
Probenahmestellen	M2, M6 tief, M6 hoch, J.58	M5, M7	M3
Nitrat, Nitrit, Ammonium	Der Nitratgehalt variiert zwischen 35 und 70 mg/l (etwas geringere Gehalte im periph. Abstrombereich). Nitrit liegt unter der Nachweisgrenze von 0.002 mg/l und Ammonium wurde einzig im Okt..2011 in der Messstelle M6 tief und M7 mit 0.005 mg/l festgestellt.		Der Nitratgehalt liegt bei ca. 16 mg/l. Nitrit und Ammonium liegen unter den jeweiligen Nachweisgrenzen von 0.002 bzw. 0.004 mg/l.
DOC	variiert zwischen 0.7 und 2.3 mg/l und beträgt im Durchschnitt 1.7 mg/l.	variiert zwischen 0.5 und 1.7 mg/l und beträgt im Durchschnitt 1.1 mg/l.	unauffällige Werte unter 1 mg/l.
AOX	mit 20 bis 110 µg Cl/l leicht bis deutlich erhöht und beträgt im Durchschnitt 59 µg Cl/l.	nur leicht bis maximal 11 µg Cl/l erhöht, Werte liegen meistens unter 10 µg Cl/l.	alle AOX-Werte liegen unter 10 µg Cl/l.
Aliph. KW	In sämtlichen Proben liegen die Werte für leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe (C <sub>5</sub> -C <sub>10</sub> ) unter 6 µg/l und für MTBE unter 2 µg/l.		
CKW	Generell nur geringe Per-Konzentration unter 1 µg/l (in der Peripherie nur in M5 festgestellt)		generell unter 0.1 µg/l.

### Gesamtmineralisation

Bezüglich der Hauptbestandteile unterscheiden sich die Betrachtungszeiträume 2004 – 2009 und 2010 – 2012 nicht voneinander. Das Grundwasser im zentralen (M2, M6 hoch und tief, J.58) wie im peripheren (M5, M7) Abstrombereich der Deponie Margelacker weist wie bereits bekannt eine grundsätzlich hohe Gesamtmineralisation auf und unterscheidet sich deutlich vom zuströmenden Grundwasser (M3). Dies ist auf einen hohen Anteil an gelösten Salzen zurückzuführen, wobei vor allem die Konzentrationen an Sulfat und Chlorid (vgl. Abbildung 5) aber auch an Nitrat und Bromid erhöht sind.

*Gesamtmineralisation*

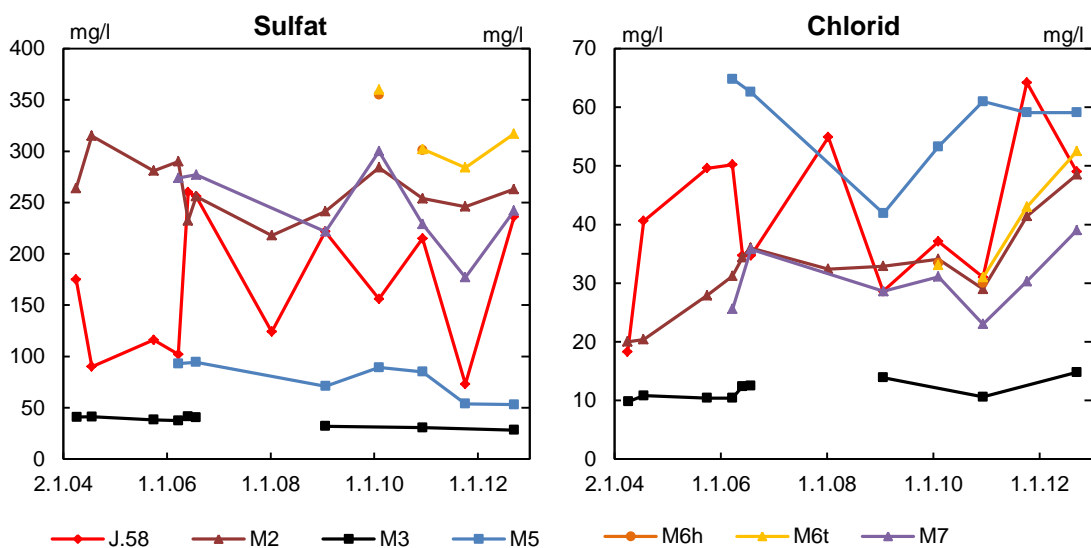


Abbildung 5: Ganglinien Sulfat und Chlorid 2004 – 2012

Auffällig sind die relativ hohen Schwankungen bei der Messstelle 21.J.58 bezüglich Sulfat und Chlorid (vgl. Abbildung 5). Darüber hinaus lässt sich bei M2 beim Chlorid eine leichte Zunahme des Chloridgehaltes seit 2004 von rund 20 auf 50 mg/l feststellen. Eine ähnliche Tendenz zeigt auch 21.J.58 wenn gleich aufgrund der hohen Schwankungen nicht so ausgeprägt. Bezüglich des Sulfatgehaltes lassen sich keine signifikanten Trends ableiten.

*Trends*



### **Reduzierende Verhältnisse**

Der Sauerstoffgehalt ist im zentralen Abstrombereich sowie auch in der peripher gelegenen Messstelle M7 mit rund 1 – 5 mg/l mehr oder weniger deutlich reduziert, während im Zustrom und (M3) und westlichen Abstrombereich (M5) „normale“ Sauerstoffverhältnisse (> 6 mg/l) vorliegen. Übereinstimmend mit diesem Befund wurden auch Nitrit und Ammonium im Betrachtungszeitraum 2004 – 2009 wiederholt festgestellt, wobei die Maximalwerte bei 0.03 bzw. bei 0.02 mg/l liegen. Im Betrachtungszeitraum 2010 – 2012 hingegen konnte Nitrit allerdings nie und Ammonium nur zweimal (im Okt. 2010 bei M6 tief und M7) mit 0.005 mg/l nachgewiesen werden.

*Sauerstoff*

*Nitrit, Ammonium*

Durch den niedrigen Sauerstoffgehalt lassen sich die erhöhten Eisen- und Manganwerte z.T. plausibel erklären. Allerdings wurden auch bei höheren Sauerstoffgehalten noch Eisen und Mangan nachgewiesen. Möglicherweise handelt es sich hier um einen Artefakt. Angesichts der geringen altlastenrechtlichen Bedeutung von Eisen und Mangan wird dem nicht weiter nachgegangen.

*Eisen, Mangan*

### **Freies Cyanid**

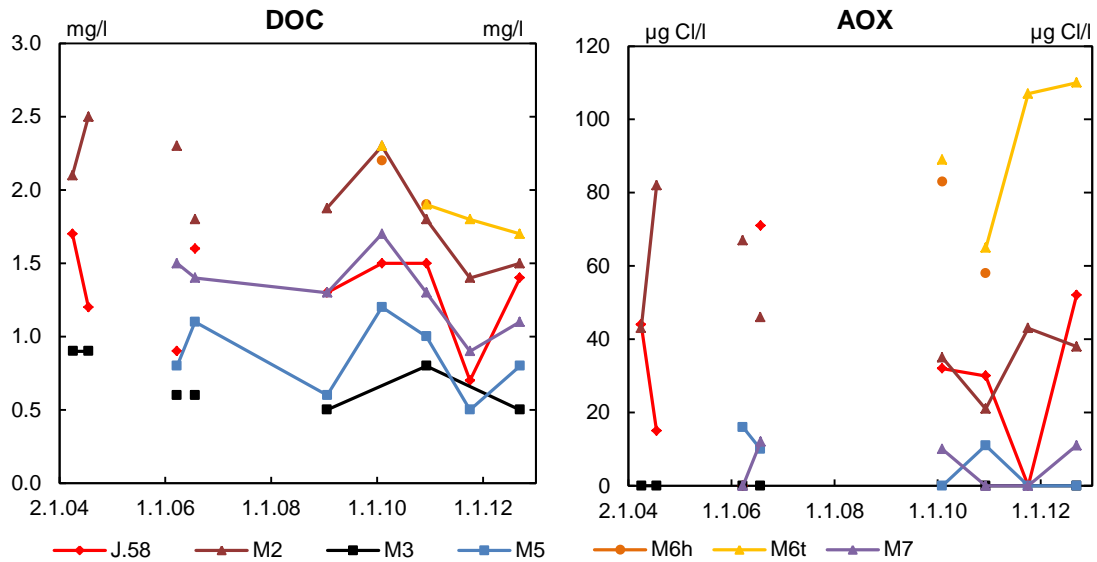
In den Messstellen M6 (tief und hoch) sowie in M7 wurde im Februar 2010 erstmals freies Cyanid mit 40 µg/l nachgewiesen. In der nächsten Messung im Dezember 2010 konnte dies nur noch bei M7 mit 10 µg/l, d.h. gerade an der Bestimmungsgrenze, bestätigt werden. In den beiden nachfolgenden Messungen im 2011 und 2012 wurden schliesslich keine erhöhten Cyanidgehalte mehr festgestellt.

*Einmaliger Nachweis*

### **Organische Summenparameter**

Sämtliche organische Summenparameter (DOC, AOX, C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>) liegen bei beiden Betrachtungszeiträumen in ähnlichen Wertebereichen. Bei den DOC-Werten ist seit Messbeginn 2004 generell eine leicht sinkende Tendenz festzustellen (vgl. Abbildung 6). Die AOX-Werte blieben demgegenüber unverändert und zeigen z.T. grössere Schwankungen (vgl. Abbildung 6). Bei den leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> konnten keine Konzentrationen über der Nachweisgrenze von 6 µg/l festgestellt werden.

*DOC, AOX, C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>*



**Abbildung 6:** Ganglinien DOC und AOX 2004 – 2012

### Perchlorethylen

Perchlorethylen (Per) wurde hauptsächlich in der peripheren Messstellen M5 festgestellt und nur untergeordnet in den Messstellen 21.J.58 und M2 im zentralen Abstrombereich. Aufgrund der geringen Konzentrationen unter 1 µg/l und der Schadstoffverteilung ist eine Herkunft aus der Deponie wenig wahrscheinlich oder unbedeutend.

*HI* Intergrundwerte

### Barbiturate

Im Rahmen der durchgeführten Grundwasserüberwachung 2010 – 2012 wurden im zentralen Abstrombereich sowohl Aprobarbital (0.5 – 3.0 µg/l) und Butalbital (0.1 – 0.7 µg/l) nachgewiesen<sup>1</sup>, allerdings wurden diese nicht bei jeder Probenahmekampagne analysiert. Die gemessenen Gehaltswerte liegen damit in der gleichen Grössenordnung wie in der vorangegangenen Messperiode (vgl. Abbildung 7 und Anhang A3).

*E* Einzelstoff-analytik  
*z* zentraler Abstrombereich

Im peripheren Abstrom konnten Barbiturate lediglich in der Messstelle M7 bei den letzten drei Kampagnen in geringeren Konzentrationen (Aprobarbital rund 0.5 µg/l, Butalbital ≤ 0.2 µg/l) festgestellt werden (kein Nachweis bei M5 sowie auch nicht im Zustrom bei M3, vgl. Abbildung 7).

*p* peripherer Abstrombereich

<sup>1</sup> Die hier diskutierten Barbiturat-Konzentrationen wurden im Rahmen der Einzelstoffanalytik gemessen und können sich demzufolge von den Werten des Screenings (vgl. Kapitel 3.2.2) unterscheiden.

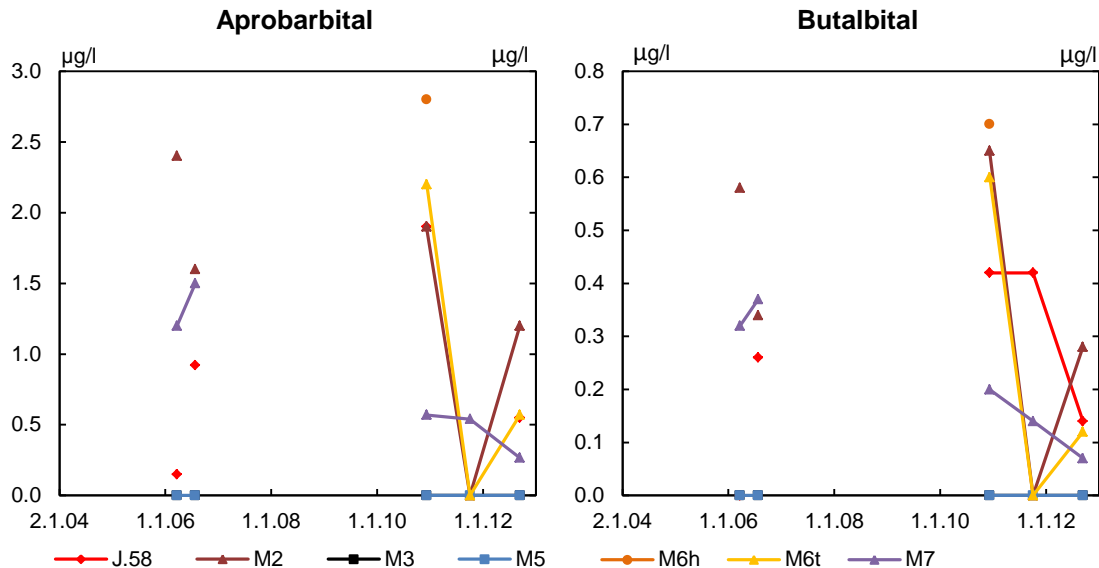


Abbildung 7: Ganglinie Aprobarbital und Butalbital 2004 – 2012

### Schwermetalle

Bezüglich der Schwermetallbelastung fallen die hohen Zinkkonzentrationen in der Messstelle 21.J.58 auf, welche allerdings auf das verzinkte Filterrohr zurückzuführen ist und somit in keinem Zusammenhang mit der Deponie Margelacker steht. In den übrigen Messstellen wurden Konzentrationen unter 15 µg/l gemessen (vgl. Abbildung 8).

Zink

Die Konzentrationswerte für Antimon haben sich seit Messbeginn 2004 kaum verändert. 2004 sowie 2012 wurden bei der Messstelle M2 Werte über 1 µg/l gemessen (vgl. Abbildung 8). Bei den übrigen Messstellen sind geringe Konzentrationen zu verzeichnen.

Antimon

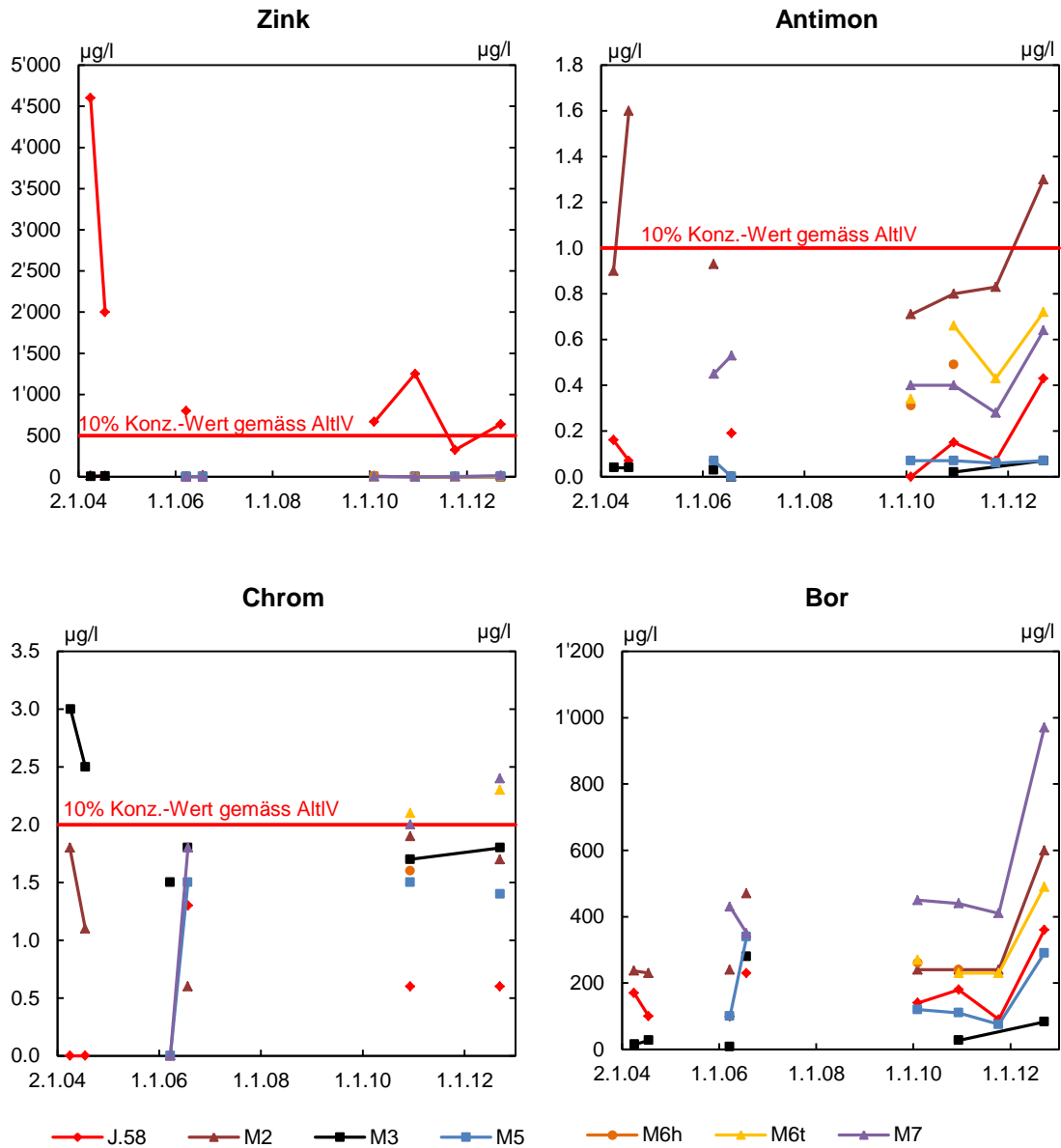
Die Chromwerte zeigen im Betrachtungszeitraum 2010 – 2012 i.d.R. nur geringe Schwankungen. Der für einen Überwachungsbedarf relevante Konzentrationswert von 2 µg/l gemäße AltIV wird in diesem Zeitraum bei den Messstellen M6 und M7 überschritten. Da Chrom auch im vorangegangenen Betrachtungszeitraum 2004 – 2009 in der Messstelle M3 im Zustrombereich in noch etwas höheren Konzentrationen nachgewiesen wurde, ist unklar, ob das Chrom aus der Deponie Margelacker stammt oder ob es schon im zuströmenden Grundwasser vorhanden ist (vgl. Abbildung 8).

Chrom

Seit Messbeginn 2004 sind die Borkonzentrationen mit Ausnahme der letzten Probenahmekampagne mehr oder weniger unverändert geblieben. Mit der letzte Messkampagne im September 2012 wurden bei allen Messstellen signifikant höhere Konzentrationswerte nachgewiesen (bis max. 970 µg/l bei M7) (vgl. Abbildung 8).

Bor





**Abbildung 8:** Ganglinien Zink, Antimon, Chrom und Bor 2004 – 2012

**Pestizide**

Die Pestizide Atrazin und Desethylatrazin wurden nur in den Messstellen M5 (max. ca. 140 ng/l) sowie in 21.J.58 (< 35 ng/l) festgestellt. Sehr geringe Mengen an Simazin und Prometryn (< 30 ng/l) wurden ebenfalls noch in der Messstellen M5 nachgewiesen.

*Atrazin, Desethylatrazin*

Gemäss Gewässerschutzverordnung liegt die Anforderung je Einzelstoff organischer Pestizide bei 100 ng/l. Dieser Grenzwert wurde einzig in der Messstelle M5 für die Pestizide Atrazin sowie Desethylatrazin (max ca. 140 ng/l) überschritten.

GSchV

Die festgestellten Pestizidkonzentrationen können grundsätzlich auch auf eine Beeinflussung durch die Bewirtschaftung der Sportanlagen oder den Trambetrieb zurückgeführt werden und müssen daher nicht zwangsläufig von der Deponie Margelacker stammen.

mögliche  
Beeinflussung



### 3.2.2. Screenings

In Anhang A5 sind sämtliche und in Anhang A4 sind die wichtigsten Resultate der Screenings zusammengefasst. Aufgeführt wurden jene Substanzen, die in einer Messstelle mindestens dreimal (in M5, M7 zweimal) oder in drei Messstellen mindestens zweimal festgestellt wurden. Es handelt sich dabei also um wiederholt nachgewiesene Substanzen im Sinne des Qualitätskonzeptes von Prof. Oehme [4] (total 29 Substanzen, davon 23 unbekannt).

Auflistung in  
Anhang A4

Im Beobachtungszeitraum 2010 – 2012 wurden in allen 7 untersuchten Messstellen gesamthaft 22 Screenings durchgeführt (inkl. Wiederholungsmessungen). Dabei wurden insgesamt 100 verschiedene Substanzen detektiert (inkl. nur einmalig erschienene). Davon konnten 27 Substanzen identifiziert werden, während 73 weitere Substanzen unbekannt sind. Die Abbildung 9 zeigt die Anzahl Wiederholungen für alle identifizierten und unbekannt Substanzen.

Anzahl Sub-  
stanzen

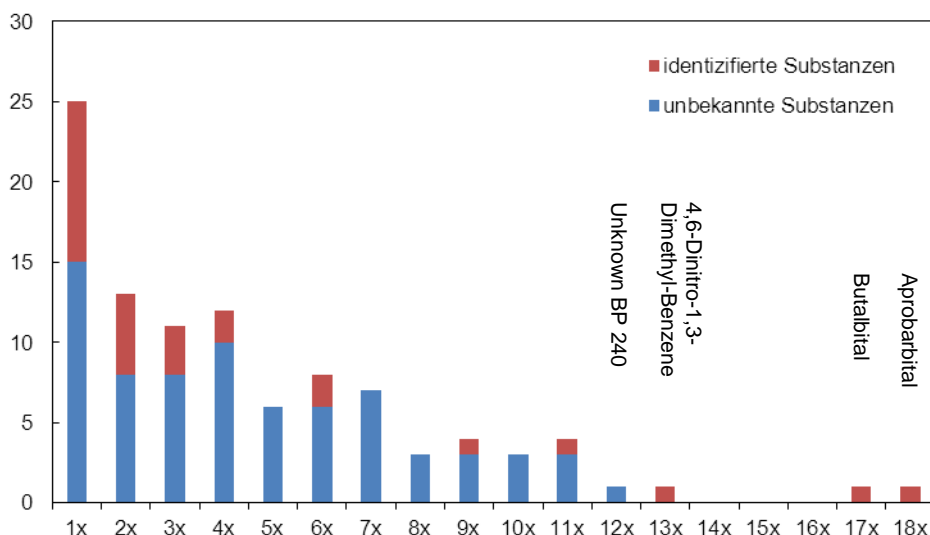


Abbildung 9: Anzahl Wiederholungen aller Substanzen in den Screenings

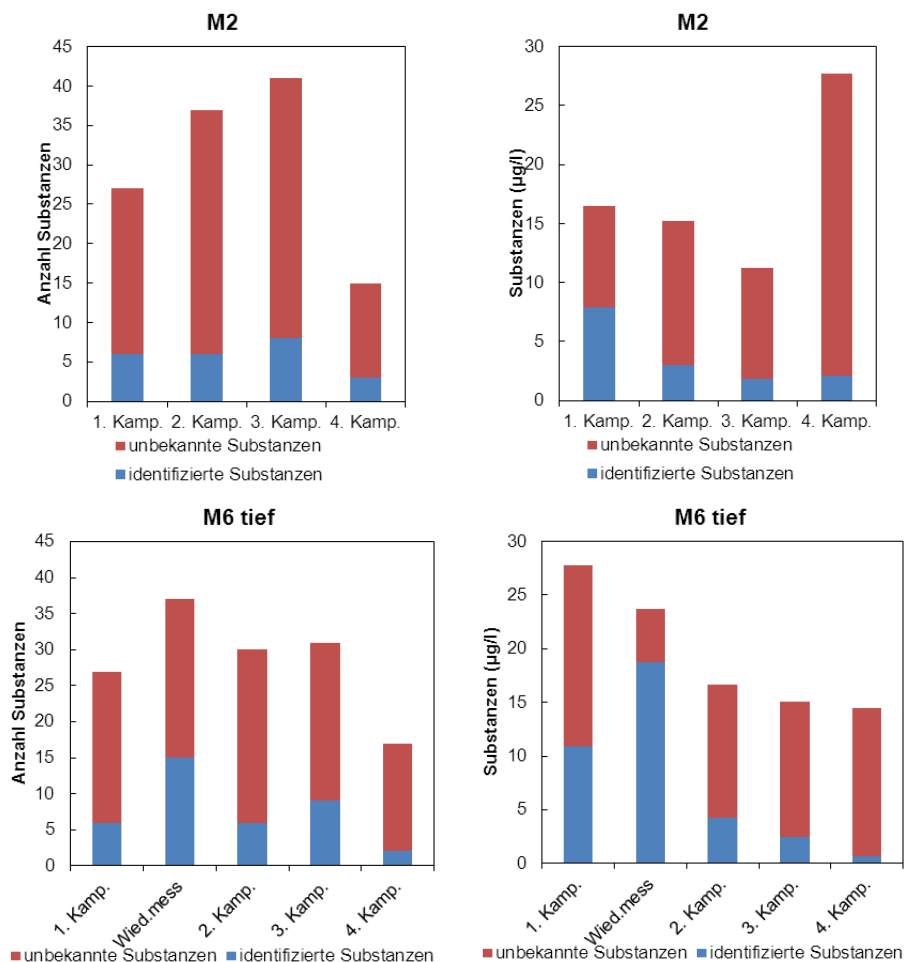
Von den 100 in den Screenings gefundenen Substanzen kamen 25 Substanzen nur einmal vor. Weitere 50 Substanzen wurden zwei- bis sechsmal gemessen. Die verbleibenden 25 Substanzen wurden bis zu 18-mal registriert. Fünf der 25 häufigsten Substanzen konnten identifiziert werden: Enallylpromyal (9x), 2,4-Dinitro-1,3-Dimethyl-Benzene (11x), 4,6-Dinitro-1,3-Dimethyl-Benzene (13x), Butalbital (17x) und Aprobarbital (18x). Die häufigste unbekannte Substanz ist Unknown BP 240 (12x), welche allerdings nur in geringen Konzentrationen von unter 0.2 µg/l auftritt.

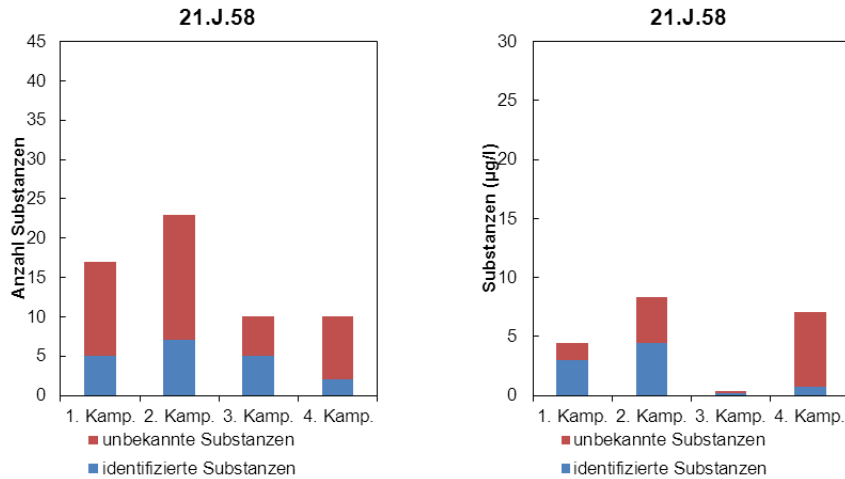
Anzahl Wiederholungen



Die höchste Anzahl (15 – 41, ø 30) im Screening gefundener Substanzen wurde im zentralen Abstrombereich in den Messstellen M2 und M6 festgestellt. Bei der Messstelle 21.J.58 wurden zwischen 10 und 23 Substanzen registriert (vgl. Abbildung 10). Im peripheren Abstrombereich (M5, M7) wurden demgegenüber deutlich weniger Substanzen detektiert (3 – 19, ø 9) und in der Messstelle M3 im Zustrombereich konnten im Screening sogar überhaupt keine Substanzen nachgewiesen werden.

Häufigkeitsverteilung





**Abbildung 10:** Häufigkeitsverteilung und Menge identifizierter und unbekannter Substanzen in den Messstellen M2, M6 tief und 21.J.58

In Tabelle 5 sind diejenigen Substanzen aufgeführt, die häufig in hohen Konzentrationen von über 1 µg/l vorkommen. Es sind insgesamt 6 Substanzen, die alle im zentralen Abstrombereich (M2, M6, 21.J.58) erscheinen. Es handelt sich dabei einerseits um Barbiturate (Aprobarbital, Butalbital) und andererseits um 4 unbekannte Substanzen mit Maximalkonzentrationen bis ca. 2 – 4 µg/l (Mittelwerte 1 – 2 µg/l). Alle übrigen mit dem Screening detektierten Substanzen kommen entweder nur sporadisch, d.h. ein- bis zweimal und nur in einzelnen Messstellen, oder nur in geringen Konzentrationen von weniger als 0.5 – 1.0 µg/l vor.

*häufigste  
Substanzen*

**Tabelle 5:** Häufig in hohen Konzentrationen\* vorkommende Substanzen

Parameter	min. [µg/l]	max. [µg/l]	Ø [µg/l]	Anz. total	Anz. > 1 [µg/l]
Aprobarbital	0.02	9.5	2.8	18	12
Butalbital	0.07	1.5	0.6	17	4
MU3_M2_BP 56	0.10	3.8	1.9	10	7
MU4_M2_BP 124	0.16	3.0	1.2	7	5
Unknown BP 56	0.04	2.7	1.3	11	6
Unknown BP 124	0.03	2.3	0.9	8	4

\* semi-quantitative Angaben mit einer gewissen Ungenauigkeit

### Charakterisierung der Unbekannten

Das Labor RWB analub SA in Neuchâtel bzw. das Labor ENVIREau in Courtedoux führte zur besseren Charakterisierung der in den Screenings vorgefundenen Unbekannten eine vertiefte Analyse der Spektren durch (vgl. Anhang A6). Es zeigte sich, dass es sich bei den Unbekannten MU3\_M2\_BP 56

und Unknown BP 56, sowie bei MU4\_M2\_BP 124 und Unknown BP 124 um dieselben Substanzen handelt.

#### **MU3\_M2\_BP 56 = Unknown BP 56**

Das Spektrum dieser Substanz weist auf die Gesamtstruktur von 2-Pentanone, 4-(methylamino)-3-phenyl- hin. Die vermutete Strukturformel lautet  $C_{12}H_{17}N_1O_1$ . Diese Substanz ist anthropogener Herkunft und ihr Umweltbelastungspotential ist unbekannt.

#### **MU4\_M2\_BP 124 = Unknown BP 124**

Diese Substanz enthält ein N-haltiges Fragment, ansonsten sind Gesamtstruktur und Strukturformel ebenso wie das Umweltbelastungspotential unbekannt. Es wird eine anthropogene Herkunft angenommen.



## **4. Altlastenrechtliche Beurteilung**

---

### **4.1. Emissionsverhalten der Deponie**

Die Ausbreitung der Schadstoffe ("Schadstofffahne") erfolgt auf einem relativ eng begrenzten Gebiet bzw. schmalen Streifen von rund 150- 200 m Breite im Bereich der nordöstlichen Ecke der Deponie („zentraler“ Abstrombereich, vgl. Anh. A1). Gestützt auf die langjährigen Messreihen sind diesbezüglich keine Veränderungen oder langjährige Trends zu erkennen. Sowohl lateral als auch in Fliessrichtung nimmt die Schadstoffbelastung relativ rasch ab, dies als Folge der Verdünnung mit Grundwasser aus dem Hauptmuschelkalk.

*Schadstoffausbreitung*

Im Nahfeld der Deponie Margelacker manifestiert sich die Deponie-Beeinflussung des Grundwassers hauptsächlich durch eine erhöhte Gesamtmineralisation (Sulfat, Chlorid), hervorgerufen durch eine Karbonatisierung und Nitrifizierung als Folge von natürlichen Abbau- und Auswaschungsprozessen von eingelagertem Bauschutt und organischem Material. Die hohen Nitratgehalte im Grundwasser und die nur mässig sauerstoffzehrenden Verhältnisse deuten darauf hin, dass überwiegend aerobe Bedingungen im Deponiekörper ablaufen (aerobe Deponiephase). Bezüglich der Belastung mit organischen Schadstoffen lassen sich im zentralen Abstrombereich der Deponie mengenmässig vor allem Barbiturate bis rund 2 – 3 µg/l sowie einige unbekannte Substanzen mit Konzentration bis max. 2 – 4 µg/l nachweisen.

*Deponiebeeinflussung*

Eine Beeinflussung durch Abfälle der chemischen Industrie ist nur in sehr untergeordnetem Masse feststellbar (i.W. Barbiturate, ev. wenige Unbekannte, erhöhter AOX-Gehalt). Quantitativ betrachtet, handelt es sich dabei aufgrund der geringen Konzentrationen im Spurenbereich sowie der Beschränkung auf den zentralen Abstrombereich entsprechend um einen vergleichsweise geringen Einfluss, aus welchem sich im heutigen Kenntnisstand keine Hinweise auf eine unmittelbare Gefährdung des Schutzgutes Grundwasser ergeben.

*Emissionsverhalten*

## 4.2. Beurteilung des Überwachungsbedarf

Per 01. August 2012 wurde die Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (AltIV) bezüglich der Bedingungen für einen Überwachungsbedarf eines Standortes angepasst. Neu müssen zur Aufrechterhaltung des Überwachungsbedarfes 10% des Konzentrationswertes gemäss Anh. 1 AltIV überschritten sein oder aufgrund des Verlaufs der Schadstoffkonzentration ein Sanierungsbedarf nicht ausgeschlossen werden. Die nachfolgende altlastenrechtliche Beurteilung der Deponie Margelacker erfolgt gemäss diesen Anpassungen der AltIV.

*Änderung der  
Altlastenver-  
ordnung*

Die im Beobachtungszeitraum 2010 - 2012 im Abstrombereich der Deponie Margelacker festgestellten Konzentrationen altlastenrechtlich relevanter Substanzen liegen deutlich unter dem für eine Sanierung relevanten ½-Konzentrationswert gemäss AltIV. Dementsprechend ist kein Sanierungsbedarf gegeben.

*kein Sanie-  
rungsbedarf*

Vereinzelt überschreiten jedoch die Konzentrationen die für einen Überwachungsbedarf massgebenden 10% des Konzentrationswertes (vgl. dazu auch Anhang A3). Es sind dies die Substanzen Antimon, freies Cyanid und Chrom. Die hohen Zinkgehalte in der Messstelle 21.J.58 sind auf das verzinkte Stahl-Piezometerrohr zurückzuführen und demzufolge unabhängig von der Deponie Margelacker. Ausserdem werden aus der Deponie weiterhin Barbiturate (Aprobarbital, Butalbital), Pestizide (Atrazin, Desethylatrazin) sowie weitere zum Teil unbekannte Substanzen bis über 1 µg/l ausgewaschen. Deren Einwirkungen auf die Umwelt sind weitgehend unbekannt und ihre Beurteilung in der AltIV nicht geregelt. Gemäss AltIV ist einerseits aufgrund der festgestellten Überschreitung von Fluorid, Cyanid und Chrom weiterhin ein Überwachungsbedarf gegeben. Andererseits liegen für Barbiturate keine Konzentrationswerte vor und deren Auswaschung ist im vorliegenden Fall signifikant. Daher erachten wir eine zeitlich beschränkte und reduzierte Überwachung als angebracht (vgl. Kap.5).

*bedingter  
Überwa-  
chungsbedarf*

## 5. Vorschlag Überwachungskonzept 2013 - 2015

Wir empfehlen, den Abstrombereich der Deponie Margelacker für weitere 3 Kampagnen in Abständen von 9 Monaten zu überwachen (vgl. dazu Tabelle 6). Die Grundwasserüberwachung kann u.E. allerdings auf die drei Messstellen M2, M6 tief und 21.J.58 des zentralen Abstrombereichs sowie auf die Messstelle M7 des pheripheren Abstrombereichs reduziert werden, da die Messstelle M3 keine Beeinflussung durch die Deponie zeigt und bei der Messstelle M5 nur geringe Schadstoffkonzentrationen festgestellt wurden.

*Reduktion der  
Grundwas-  
serüberwa-  
chung*



**Tabelle 6: Vorgeschlagenes Überwachungsprogramm 2013 - 2015**

Arbeitsschritt	Kampagne
1. <u>Beprobung</u> des Abstrombereichs in den bestehenden Messstellen M2, M6 tief, 21.J.58 und M7	Herbst 2013
2. <u>Beprobung</u> des Abstrombereichs in den bestehenden Messstellen M2, M6 tief, 21.J.58 und M7	Sommer 2014
3. <u>Beprobung</u> des Abstrombereichs in den bestehenden Messstellen M2, M6 tief, 21.J.58 und M7	Frühjahr 2015
Ausführliche Berichterstattung über die Überwachungsperiode 2013 – 2015 und abschliessende Beurteilung	Sommer 2015

Weiter kann die Loggerüberwachung in der Messstelle 21.J.59 beendet werden, da sich der Einfluss der Deponie auf diese Messstelle als sehr gering erwiesen hat. Zur Unterstützung der qualitativen Überwachung soll dieser Logger in der Messstelle M6 eingesetzt werden.

*Loggerüberwachung*

Das bisherige kurze Analysenprogramm gemäss Grundwasser-Überwachungskonzept vom September 2009 [3] soll für alle Messkampagnen beibehalten werden. Das GC-MS-Screening soll bei jeder Kampagne in allen Proben durchgeführt werden.

*Analysenprogramm*

Da die Barbiturate Aprobarbital und Butalbital in signifikanten Mengen aus der Deponie Margelacker ausgewaschen werden sollen u.E. für diese Substanzen von Behördenseite (AUE, BAFU) fallspezifische Konzentrationswerte zur Beurteilung des Überwachungs- bzw. Sanierungsbedarfes definiert und somit klare Entscheidungsgrundlage geschaffen werden.

*Konzentrationswerte für Barbiturate*

Nach der 3. Kampagne soll im Sommer 2015 ein abschliessender Schlussbericht über diese 3 Kampagnen verfasst und eine abschliessende Beurteilung der altlastenrechtlichen Situation verfasst werden.

*abschliessende Beurteilung 2015*

Olten, 22.04.2013

Sachbearbeiter:

Marie-José Gilbert, MSc Geologie, UniBe

Dr. Peter Hartmann, Geologe CHGEOL<sup>cert</sup>



## Grundlagen

---

- [1] Deponie Margelacker, Grundwasserüberwachung; Stand 2006. Bericht Sieber Cassina + Partner AG vom 30.03.2007
- [2] Deponien MuttENZ. Überwachung des Grundwassermessnetzes, Zwischenberichte über die Überwachung von Oktober 2004 bis Dezember 2009. Berichte Sieber Cassina + Partner AG vom 26.01.2006, 26.02.2007, 25.03.2009 und 24.02.2010
- [3] Deponie Margelacker, MuttENZ. Grundwasserüberwachungskonzept Überwachungsperiode 2010-2012. Bericht Sieber Cassina + Partner AG (Stand 30.10.2009)
- [4] Überarbeitetes Qualitätssicherungskonzept. Analyse von organischen Einzelstoffen sowie von Verbindungs-Screenings in Oberflächen- und Grundwasser sowie Sickerwasser aus Böden. Prof. Dr. M. Oehme. Nov. 2010
- [5] Grundwasserüberwachung Deponie Margelacker, MuttENZ. Anpassung des Analytikprogramms. Bericht Sieber Cassina + Partner AG vom 26.11.2010
- [6] Grundwasserüberwachung Deponie Margelacker, MuttENZ, 1. Zwischenbericht (Probenahmekampagne Februar 2010). Kurzbericht Sieber Cassina + Partner AG vom 06.12.2010
- [7] GRUNDWASSERÜBERWACHUNG DEPONIEN MUTTENZ. Überwachung Deponie Margelacker : Screenings und Einzelstoffanalytik Messkampagne Dezember 2010. Bericht RWB-anulag vom Juni 2011
- [8] Deponie Margelacker, MuttENZ, 2. Zwischenbericht über die Probenahme Dezember 2010 und laufende Pegelüberwachung. Bericht Sieber Cassina + Partner AG vom 15.05.2012