

Geologisch-Paläontologisches
Institut der Universität Basel
Abteilung Angewandte
und Umweltgeologie

Bernoullistrasse 32
CH-4056 Basel

Telefon 061 267 34 45
Fax 061 267 29 98

www.unibas.ch/earth/pract

Vorgezogene Massnahmen Voruntersuchung Deponien Maienbühl und Mönden

Geophysikalisch-hydrologische Abklärungen zur Standortoptimierung von Sondierbohrungen für permanente Grundwassermessstellen im Zu- und Abstrom der Deponien

Untersuchungsphase II



Inhaltsverzeichnis

1	Auftrag und Ziel	2
2	„Direct Push“	3
2.1	Durchführung	3
2.2	Auswertung	4
2.3	Zusammenfassung	6
3	Standortvorschläge für Grundwassermesstellen im Kluffgrundwasserleiter des Buntsandsteins	9
4	Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen	12

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Vorgehensweise	3
Abb. 2:	„Direct Push“-Standorte und Geoelektrikprofile	5
Abb. 3:	„Direct Push“-Geoelektriksonde	5
Abb. 4:	Substratabhängige Widerstandsverteilung	7
Abb. 5:	Aufteilung Abflusskomponenten	8
Abb. 6:	Extrapolierte Grundwasserneubildung in der Region Maienbühl (unveröffentlichte Daten Interreg III)	8
Abb. 7:	Einfluss der Ausbautiefe von Grundwassermesstellen	11
Abb. 8:	Vorschläge Sondierstandorte und permanente Grundwassermesstellen	11

Titelphoto: „Direct-Push“-Sondierung I1, Blick nach Westen Richtung Basel

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Zusammenfassung „Direct Push“-Sondierung	6
----------------	--	---

Anhang

Anhang 1	1 – 7
Anhang 2	1 - 54

1 Auftrag und Ziel

Im Rahmen der Altlastenverordnung soll der Abstrom der Deponien Maienbühl und Münden bewertet werden. Eine Überprüfung des schon bestehenden Messtellennetzes hat ergeben, dass dieses den Anforderungen nur teilweise entspricht und auf deutscher Seite Probeentnahmestellen vollständig fehlen. Bei der üblichen Vorgehensweise werden Sondierbohrungen zum Auffinden geeigneter Standorte für permanente Grundwassermesstellen abgeteuft. In Gebieten mit Kluftwasserzirkulation und unbekannter Wasserwegsamkeit ist dieses Vorgehen allein nur wenig erfolgsversprechend und die Kosten entsprechend schwierig abzuschätzen. Zudem müssen auch potentielle oberflächennahe Ausbreitungspfade mit in die Überlegungen einbezogen werden.

Mit den Voruntersuchungen „Hydrologie-Hydrogeologie Maienbühl“ sollen Standorte für die Ergänzung des Grundwassermesstellennetzes vorgeschlagen bzw. geeignete Messtellen im untiefem Untergrund im Rahmen der „Direct Push“-Untersuchungen realisiert werden. Das Ziel, die Grundwasserqualität im Abstrom der Deponien Maienbühl und Münden zu beurteilen, erfordert Kenntnisse der Hydrologie und der Wasserwegsamkeit in verschiedenen Tiefen (Bodenzone, Lockergesteine, Poren- und Kluftwasserzirkulation im Fels) im Abstrom der zu beurteilenden Deponien.

Die Komplexität des geologischen Aufbaus, welche die Wasserwegsamkeit im Zu- und Abstrom der Deponien beeinflusst, ist weitgehend unbekannt. Ein digitales geologisches 3D Modell der Struktur des Buntsandsteins zeigt, dass ein unterirdischer Abfluss, Kluftwasser über das Aotal in Richtung der Langen Erlen stattfindet [1]. Es ist anzunehmen, dass der Abstrom der Deponien wenigstens teilweise durch die Deponiebasis in das Kluftsystem des Buntsandsteins erfolgt. Über mögliche oberflächennahe Fließpfade existieren nur punktuelle Informationen.

Die Idee welche den Voruntersuchungen zu Grunde liegt ist, aus einer Kombination von nicht-invasiven, geoelektrischen Messungen (Multielektroden-Geoelektrik), GIS-gestützter Oberflächenmodellierung der Hydrologie (Phase 1) und kleinkalibrigen geophysikalisch-hydrologisch Rammsondierungen („Direct Push“, Phase 2), oberflächennahe präferentielle Fließwege zu erkunden. Aufbauend auf den Ergebnissen werden mögliche Sondierstandorte für permanente Grundwassermesstellen festzulegen, welche oberflächennahe Fließpfade sowie Kluftwässer im Buntsandstein erschliessen sollen. Dieses schrittweise Vorgehen ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

Die erste Untersuchungsphase umfasste die Multielektroden-Geoelektrik und GIS-gestützte Oberflächenmodellierung der Hydrologie. Die Ergebnisse [2] ermöglichten es Standorte für „Direct Push“ auszuweisen. Die zweite Untersuchungsphase beinhaltet eine Zwischenauswertung der „Direct Push“-Ergebnisse. Bei „Direct Push“-Messungen kann der Untergrund bis zum anstehenden Festgestein erkundet werden. Für die Untersuchungen im Zu- und Abstrom der Deponien wurden vertikale Geoelektrikprofile aufgenommen und an ausgewählten Standorten Bodenproben genommen. Für weitergehende Untersuchungen wurden einzelne Messtellen zu Grund- und/oder Sickerwassermesstellen ausgebaut und mit Geoelektriksonden versehen.

Der Vorliegende Bericht beinhaltet die Darstellung und Diskussion der Ergebnisse der vertikalen Geoelektrikprofile und der Bodenproben in den Deckschichten. Bei ausreichender Eindringtiefe der „Direct Push“-Messungen werden die Ergebnisse mit den Anomalien der Multielektroden-Geoelektrik interpretiert. Basierend auf den Messresultaten sowie hydrogeologischen Überlegungen werden Standorte für Bohrungen (inkl. Bohrtiefen) vorgeschlagen. Die Resultate sind in den Anhängen 1 und 2 detailliert dargestellt.

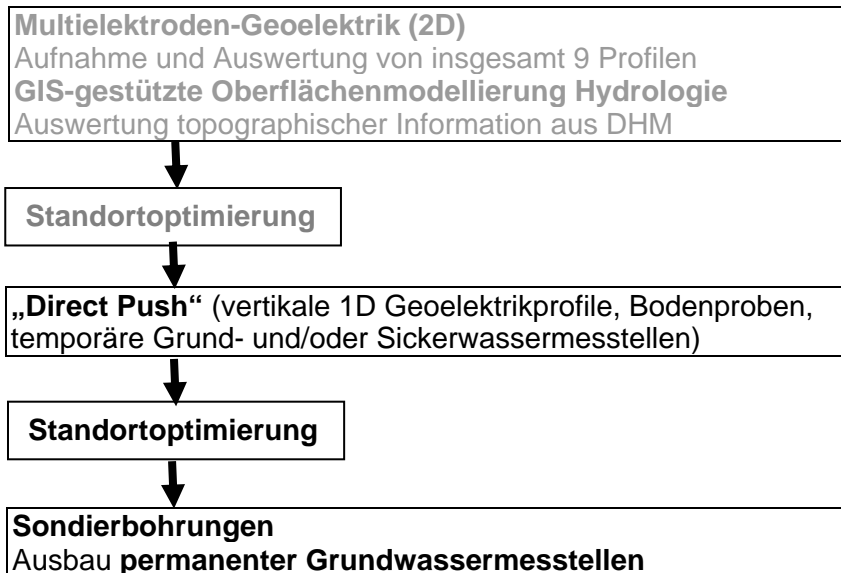


Abb. 1: Vorgehensweise

2 „Direct Push“

Bei der „Direct Push“-Technologie handelt es sich um eine Art Rammsondierung bei der eine Vielzahl unterschiedlicher Sonden in den Boden gerammt werden können. Bei den stattgefundenen Untersuchungen kam eine Sonde zur Aufnahme der vertikalen Verteilung des scheinbaren elektrischen Widerstands zum Einsatz. Die Ergebnisse ermöglichen es die unterschiedlichen spezifischen Widerstände im Untergrund abzuschätzen. Dieser ist abhängig vom Poren- und Kluftvolumen des Untergrundes, vom Sättigungsgrad mit Wasser und dessen Inhaltsstoffen (gelöste Ionen). Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden an ausgewählten Standorten Bodenproben genommen und temporäre Grundwassermesstellen eingerichtet.

2.1 Durchführung

Zur Durchführung der „Direct Push“-Messungen waren eine Reihe von Vorabklärungen erforderlich:

- Diverse Feldbegehungen zur Festlegung der Standorte für „Direct Push“-Messungen
- Einsicht in Leitungspläne (Gas, Wasser, Strom und Telefon) für das Schweizer und deutsche Gebiet
- Kontakt Werkhof Riehen
- Absprache mit dem Landwirt des Maienbühlhofs (Zugänglichkeit einiger Messtellen) und beim Messtellenausbau
- Information der Schrebergartenbesitzer über stattfindende Messungen und Absprache bei Messtellenausbau (Werkhof Gemeinde Inzlingen)
- Organisation von Grenzpapieren und Fahrbewilligungen (Gemeindepolizei Riehen, Grenzwachkorps und Bundesgrenzschutz)

Die „Direct Push“-Messungen fanden in den Zeitperioden zwischen dem 28.02–04.03 und dem 14.03–17.03 2005 statt.

Insgesamt wurden an **33** Standorten (Abb. 2) vertikale Geoelektrikprofile aufgenommen, an **neun** dieser Standorte wurden Bodenproben genommen und **sechs** davon zu temporären Grundwassermesstellen ausgebaut. Zusätzlich wurden, für weiterführende universitäre Forschung, drei der temporären Grundwassermesstellen mit vertikal angeordneten Geoelektriksonden ausgestattet (Tab. 1).

Einige der ursprünglich vorgesehenen Messtellenstandorte [2] konnten aus sicherheitstechnischen Gründen (Profil B; unmittelbare Nähe zum Deponiekörper, Anforderung IGDRB) und Geländezugänglichkeit (Profil E) nicht wie gewünscht realisiert werden. Ersatzstandorte wurden basierend auf den Ergebnissen der GIS-gestützten Oberflächenmodellierung der Hydrologie definiert, damit liegen diese Standorte jedoch nicht mehr auf den zuvor durchgeführten Geoelektrikprofilen, entsprechend fällt in diesen Fällen eine kombinierte Auswertung und Interpretation weg. Alle Standorte wurden eingemessen.

Die maximale Eindringtiefe der Geoelektrik beträgt 9.16m, und Bodenproben konnten bis in eine Tiefe von 8.54m genommen werden. Bei keinem Standort wurde unmittelbar bei der Sondierung Grund- und/oder Sickerwasser angetroffen, was durch die hydrologischen Verhältnisse im Winterhalbjahr erklärt werden kann.

Bei einer Feldbegehung am 12.05.2005 wurde jedoch in allen neu realisierten Messtellen Wasser angetroffen und am 18.05.2005 findet eine Probenahme zusammen mit dem AUE-BS statt.

2.2 Auswertung

Mit der Auswertung der „Direct Push“ Messungen sollen Kenntnisse über Inhomogenitäten in den oberflächennahen Schichten und durch die Interpretation von Änderungen der elektrischen Eigenschaften auch Hinweise über hydrogeologisch relevante Zonen gewonnen werden.

Der bei der vertikalen Geoelektrik gemessene scheinbare Widerstand wird in einen wahren, spezifischen Widerstand umgerechnet. Da die Elektroden-Messanordnung der „Direct Push“-Sonde (Abb. 3) verglichen mit der Multielektroden-Geoelektrik sehr viel kleinräumiger angeordnet ist (2,54 cm statt im Meterbereich) und die Messungen direkt im Untergrund stattfinden, ist der ermittelte Wert des scheinbaren Widerstands näher am wahren, spezifischen Widerstand.

Im Anhang 1 befinden sich folgende Auswertungen:

- Beschreibung der vertikalen Verteilung der spezifischen Widerstände von 33 Profilen. Neun Standorte, bei denen zusätzlich Bodenproben genommen wurden werden zusammen mit den Ergebnissen der Geoelektrikprofile diskutiert. Das Bohrgestänge zur Bodenprobenahme ist so konzipiert, dass fortschreitend jeweils eine Mächtigkeit bis 1.22m des Bodens beprobt werden kann. Dabei muss berücksichtigt werden, dass vor allem Nahe der Erdoberfläche, die Bodenprobe meist nicht vollständig ist. Dies liegt darin begründet, dass hier der Boden wenig verdichtet ist.
- Bei ausreichender Eindringtiefe der „Direct Push“-Sondierung folgt ein Vergleich mit den Messungen der Multielektroden-Geoelektrik. Dabei werden die zuvor gewonnenen Erkenntnisse aus den Bodenproben und der vertikalen Verteilung des spezifischen Widerstands mit berücksichtigt.

Anhang 2 beinhaltet alle Abbildungen der vertikalen Geoelektrikprofile, der Bodenproben und Multielektroden-Geoelektrik. Dabei wurde, um die vertikalen Geoelektrikprofile miteinander vergleichen zu können, eine einheitliche Auflösung bis 2000 Ω m und zusätzlich für jedes Profil eine von den individuell gemessenen Werten abhängige Auflösung gewählt.

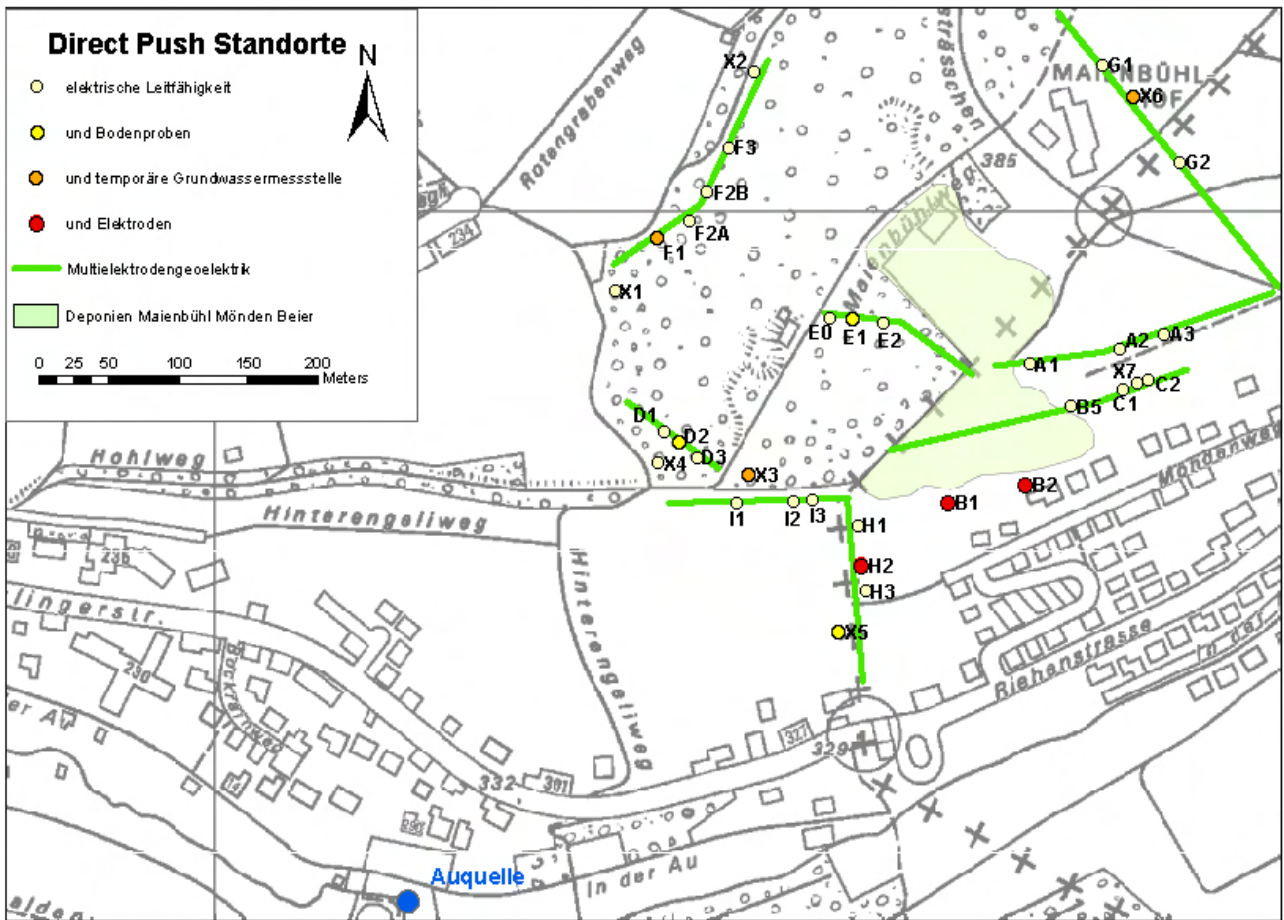


Abb. 2: „Direct Push“-Standorte und Geoelektrikprofile

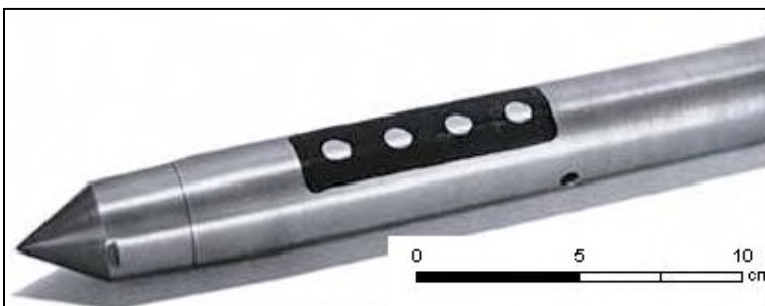


Abb. 3: „Direct Push“-Geoelektriksonde

Tab. 1: Zusammenfassung „Direct Push“-Sondierung

Standort	Tiefe Widerstandsprofile (m)	Tiefe Bodenproben (m)	Bemerkung
A1	5.26		
A2	6.17		
A3	0.72		
B1	5.55	4.30	Ausbau temporäre Grundwassermesstelle mit Geoelektrik Elektroden
B2	4.69	4.68	Ausbau temporäre Grundwassermesstelle mit Geoelektrik Elektroden
B5	5.2		
C1	3.44		
C2	2.18		
D1	7.73		
D2	8.9	8.54	
D3	9.16		
E0	5.09		
E1	3.95	4.26	
E2	2.97		
F1	7.64	7.32	Ausbau temporäre Grundwassermesstelle
F2A	6.26		
F2B	7.94		
F3	1.13		
G1	6.26		
G2	7.35		
H1	2.96		
H2	4.54	5.30	Ausbau temporäre Grundwassermesstelle mit Geoelektrik Elektroden
H3	3.11		
I1	4.15		
I2	5.75		
I3	5		
X1	4.19		
X2	4.88		
X3	4.86	3.66	Ausbau temporäre Grundwassermesstelle
X4	7.12		
X5	5.39	4.88	
X6	6.95	6.10	Ausbau temporäre Grundwassermesstelle
X7	6.52		

2.3 Zusammenfassung

Bei der Aufnahme der vertikalen Geoelektrikprofile und bei den Bodenprobenahmen, wurde kein Wasser angetroffen. Dies deutet darauf hin, dass in den Deckschichten während Trockenperioden kein Wasser austritt bzw. zirkuliert. Hingegen zeigte eine Feldbegehungen im Mai 2005, dass mit einsetzen der Niederschläge in allen Messtellen Wasser vorhanden war. Eine anschliessende Messrunde wird zeigen an wie vielen der Messtellen ausreichend Wasser für eine repräsentative Probenahme entnommen werden kann.

Resultate Analyse Bodenprofile

Es können i.a. drei Hauptkomponenten unterschieden werden (Abb. 4): eine rötlich-siltige, eine sandige sowie eine ockerfarbene-siltige Komponente. Die Varianz der scheinbaren elektrischen Widerstände der einzelnen Komponenten ist relativ gross. Meist treten diese Komponenten in Form von Wechsellagerungen auf. In der Tendenz nimmt der scheinbare Widerstand von der siltigen zu den sandigen Komponenten zu.

Übergänge zwischen den Bodenkomponenten und den darunterliegenden Wechsellagerungen sind, vor allem bei vollständigen Bodenprofilen, gut zu erkennen. Eine Zusammenstellung der Widerstandsverteilungen von Hauptkomponenten der Bodenproben zeigt ebenfalls eine hohe Varianz.

Bei den rötlich siltigen und sandigen Schichten handelt es sich um verwitterten Buntsandstein und bei den ockerfarbenen siltigen Lagen um gut sortierte Lösslehme.

Charakterisiert durch eine heterogene Widerstandsverteilung mit zum Teil sehr hohen Einzelwerten ist bei vielen Profilen der durchwurzelte Oberboden gut erkennbar.

Bei drei Profilen ist die Eindringtiefe „Direct Push“-Geelektrik ausreichend gewesen, um die Ergebnisse mit der Multielektroden-Geelektrik zu vergleichen (siehe Anhang).

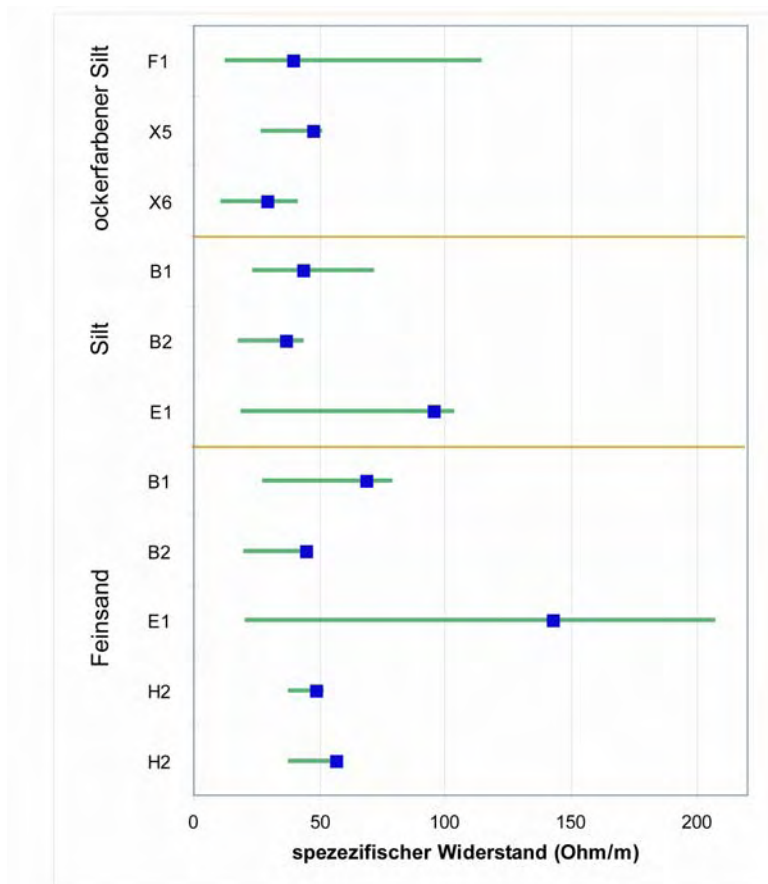


Abb. 4: Substratabhängige Widerstandsverteilung

Neue Messtellen in den Boden und Deckschichten

Sechs Standorte wurden zu Grundwassermesstellen ausgebaut (Abb. 2). Abbildung 5 veranschaulicht die möglichen Abflusskomponenten, die im hydrologisch/hydrogeologischen System im Abstrom der Deponien existieren. Die errichteten oberflächennahen Grundwassermesstellen erschliessen den Zwischenabfluss der Bodenzone und Lockergesteinshorizonte bis zum anstehenden Fels. Abbildung 6 zeigt Ergebnisse aus neuesten Untersuchungen des Interreg III- Projekts zur Grundwasserneubildung für den Zeitraum 1985 - 2002. Neben einer hohen monatlichen Varianz der Grundwasserneubildung bestehen insbesondere auch grosse Unterschiede zwischen einzelnen Jahren. Zum Zeitpunkt der Messungen herrschte während längerer Zeit Trockenheit bei der kein oberflächennaher Zwischenabfluss von Sickerwässern stattgefunden hat. Eine Begehung im Mai 2005 zeigte, dass mit Einsetzen der Niederschlagsperioden in den Deckschichten Wasserflüsse festgestellt werden können. Eine hydrogeologische Interpretation dieser Wässer kann erst nach Vorliegen von Messdaten über die Wasserinhaltsstoffe erfolgen.

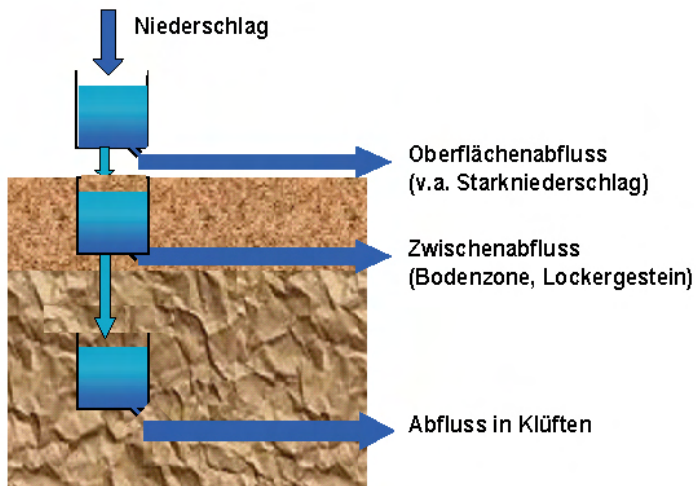


Abb. 5: Aufteilung Abflusskomponenten

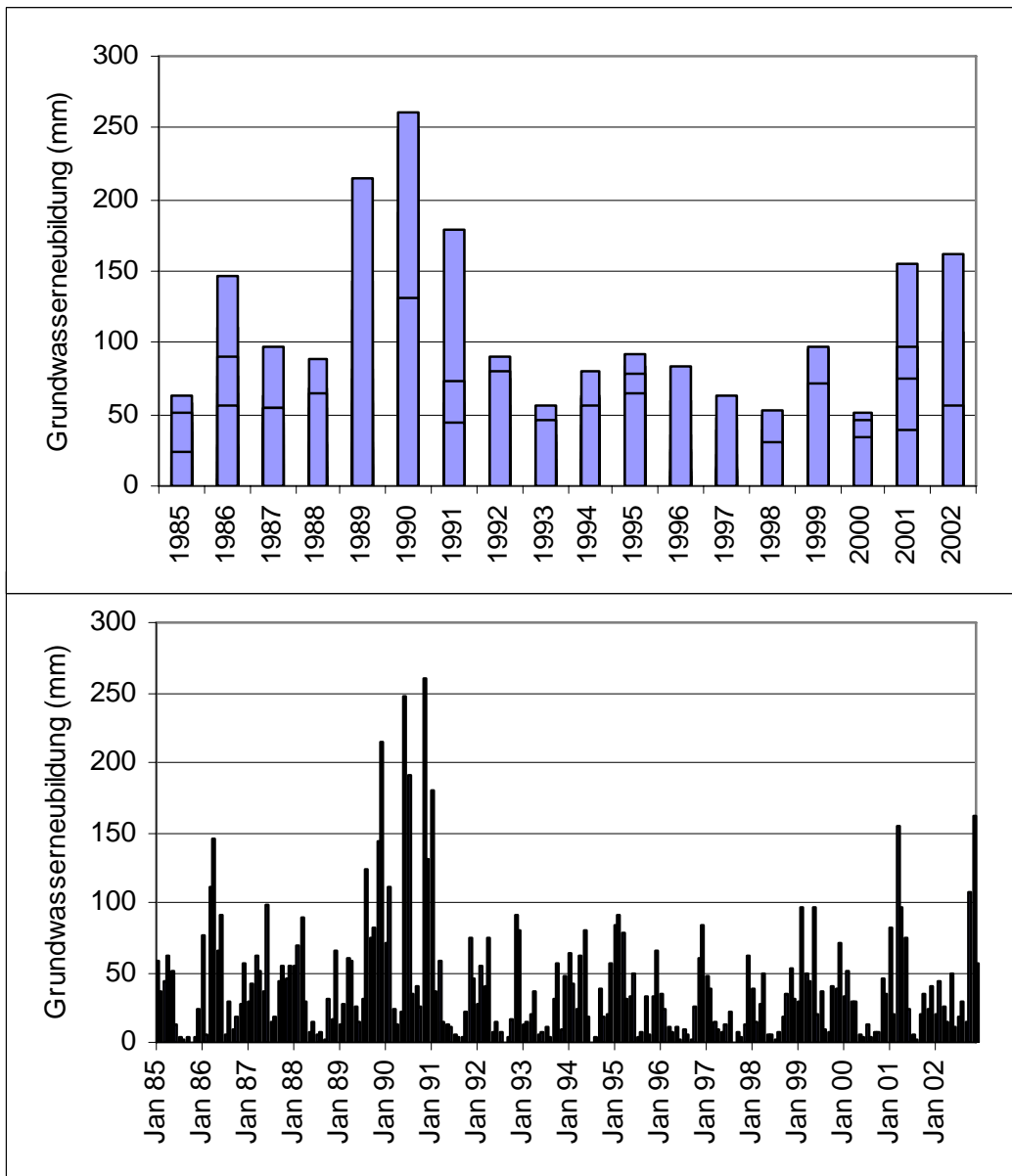


Abb. 6: Extrapolierte Grundwasserneubildung in der Region Maienbühl (unveröffentlichte Daten Interreg III)
 oben: Jahresmittelwerte
 unten: Monatsmittelwerte

3 Standortvorschläge für Grundwassermesstellen im Kluftgrundwasserleiter des Buntsandsteins

Grundwassermesstellen im Kluftwassersystem müssen gewisse Anforderungen erfüllen, um eine Beurteilung der analytischen Resultate der Wasserinhaltsstoffe zu ermöglichen. Anforderungen bezüglich Lage zur Deponie und Ausbau der Filterstrecken sind in Abbildung 7 schematisch dargestellt.

Messtelle A ist im Bereich des Aquifers voll verfiltert, der Abstrom der Deponie wird erfasst, aber die gemessenen Konzentrationen werden tiefer sein als die tatsächlichen, da auch Wasser aus unbeeinträchtigten Bereichen des Aquifers mit beprobt wird.

Messtelle B hingegen ist nur im unteren Bereich, des durch den Deponie-Abstrom beeinträchtigten Aquifers, verfiltert und liefert repräsentative Ergebnisse.

Messtellen C und D messen den Grundwasserstand, dringen aber nicht ausreichend in die Tiefe um eine repräsentative Beprobung aus dem Abstrom der Deponie zu ermöglichen.

Berücksichtigt man diese Überlegungen bedeutet dies, dass Sondierbohrungen im Zu- und Abstrom der Deponien Maienbühl und Münden, je nach Standort Mindesttiefen erschliessen sollen und gegebenenfalls mehrere Horizonte verfiltert werden sollten. Abbildung 8 gibt einen Überblick über insgesamt fünf Standortvorschläge für Sondierbohrungen und dem anschliessenden Ausbau zu permanenten Grundwassermesstellen abgeleitet aus den Ergebnissen der Geoelektrik, der GIS-gestützten Oberflächenmodellierung, der „Direct Push“-Geoelektrik sowie den Bodenproben.

In der Folge werden für Zustrom und Abstrom der Deponien Vorschläge für Messtellen im Kluftsystem des Buntsandsteins gemacht. Diese basieren auf den geophysikalisch-hydrologischen Informationen der Profile G, D, F, B1, B2 und H.

Anforderungen an die Probenahmen etc. sind nicht Gegenstand dieses Berichtes.

Zustrom

Profil G (Abb. Profil G)

Die „Direct Push“-Geoelektrik und homogene Bodenproben lassen darauf schliessen, dass eine bis zu 7m mächtige Deckschicht aus Lösslehmen aufliegt. Da die Rammsondierungen nicht tiefer vordringen konnten ist anzunehmen, dass den Lösslehmen unverwitterter Fels (Wellengebirge) folgt. Die Multielektroden-Geoelektrik ergab, dass bei Profillänge zwischen 140m -170m bei einer Tiefe ab ca. 10m ein Bereich mit niedrigeren Widerstandswerten zwischen Regionen mit vergleichsweise hohen Widerstandswerten liegt. Hier wird eine Sondierbohrungen für die Errichtung einer permanenten Grundwassermesstelle im Zustrom der Deponien vorgeschlagen. Die Tiefe der Sondierbohrungen sollte dabei mindestens die der Multielektroden-Geoelektrik (25m) erreichen.

Abstrom

Profil D (Abb. Profil D)

Bei Profillänge 48m ist deutlich eine vertikale Struktur (Bruch) zu erkennen. Die Tiefe des anstehenden Felsens ist hier frühestens ab Tiefen von ca. 9m zu erwarten. Wir schlagen daher vor, an diesem Standort eine Sondierbohrung durchzuführen um gegebenenfalls in Bruchsystemen zirkulierendes Wasser zu erschliessen. Da bis jetzt die pharmazeutischen Wirkstoffe nur im unmittelbaren Abstrom der Deponie und in der hinteren Auquelle nachgewiesen wurden, können die Ergebnisse aus Kluftwasseranalysen dieses Standortes helfen Aussagen über die Ausbreitungsrichtung des Schadstoffes auch im weiteren Abstrom der Deponie zu machen. Die Tiefe der durchzuführenden Sondierbohrungen sollte dabei mindestens 30m betragen.

Profil F (Abb. Profil F)

Bei Profillänge 95m ist deutlich eine Verwerfung zu erkennen. Die tiefe des anstehenden Felsens ist ab Tiefen von ca. 7m zu erwarten. Es wird daher vorschlagen, an diesem Standort eine Sondierbohrung durchzuführen um gegebenenfalls in Klüften zirkulierendes Wasser zu erschliessen. Wie die Sondierbohrung auf Profil D, können die Ergebnisse aus Wasseranalysen dieses Standortes helfen Aussagen über die Ausbreitungsrichtung des Schadstoffes auch im weiteren Abstrom der Deponie zu machen. Die Tiefe der durchzuführenden Sondierbohrungen sollte dabei mindestens 25m betragen.

Standort B1 und B2

Standorte B1 und B2 liegen in lokalen Geländedepressionen im Abstrom der Deponie Münden. Diese Standorte sind vor allem deswegen für Sondierbohrungen von Interesse, da noch keine Messtellen im Abstrom der deutschen Deponie existieren. Um auch einen möglichen Abstrom durch die Basis der Deponie Maienbühl zu erfassen sollte die Tiefe der durchzuführenden Sondierbohrungen dabei mindestens 30m betragen. Hier ist zu empfehlen, Analyseresultate von Wasserproben der temporären Grundwassermesstellen B1 und B2 aus ein oder zwei Messrunden abzuwarten.

Profil H

Profil H (Vergleiche [2]) konnte bei der Multielektroden-Geoelektrik zweimal gemessen werden, vor und nach einem Ereignis mit ca. 5mm Niederschlagshöhe. Vor dem Niederschlag sind deutlich horizontale Strukturen zu erkennen, welche hangabwärts ausdünnen. Nach dem Niederschlagsereignis sind die zuvor klar erkennbaren horizontalen Strukturen vor allem im Ober- und Mittelhang nicht mehr erkennbar. Im Mittelhang sind nun vertikale Strukturen mit im Vergleich zum Geoelektrikprofil vor dem Niederschlag niedrigeren Widerständen erkennbar. Bei 46m in einer Tiefe von ca. 8m und bei 92m in einer Tiefe von ca. 2.5m haben sich Zonen mit geringerem Widerstand gebildet. Bei Profillänge 68m ist auch in grösseren Tiefen eine Verringerung des Widerstandes zu beobachten. Die Ergebnisse zeigen, dass schon nach einem relativ kurzen, starken Niederschlagsereignis eine Veränderung des elektrischen Widerstands infolge einer Änderung des Wassergehaltes eintritt. Dies ist unter Umständen ein Hinweis für die Existenz bevorzugter Fliesswege. Der Standort bei 68m wird für eine Sondierbohrung vorgeschlagen. Die Tiefe der durchzuführenden Sondierbohrungen sollte dabei mindestens 30m betragen.

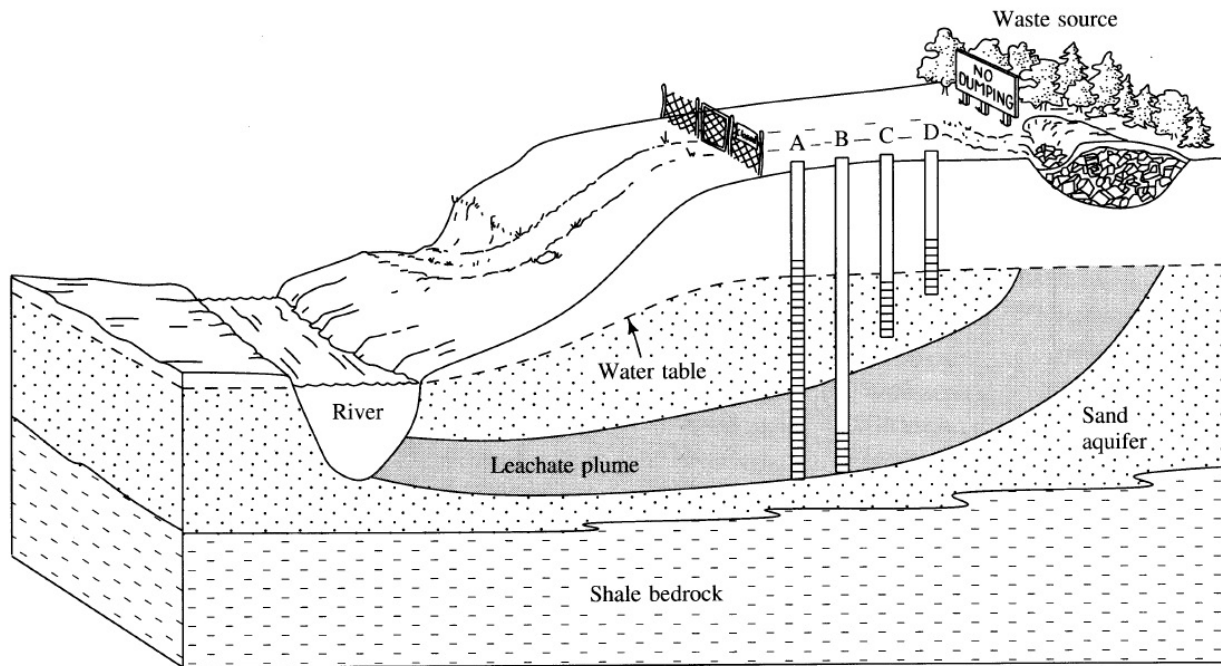


Abb. 7: Einfluss der Ausbautiefe von Grundwassermessstellen [3]

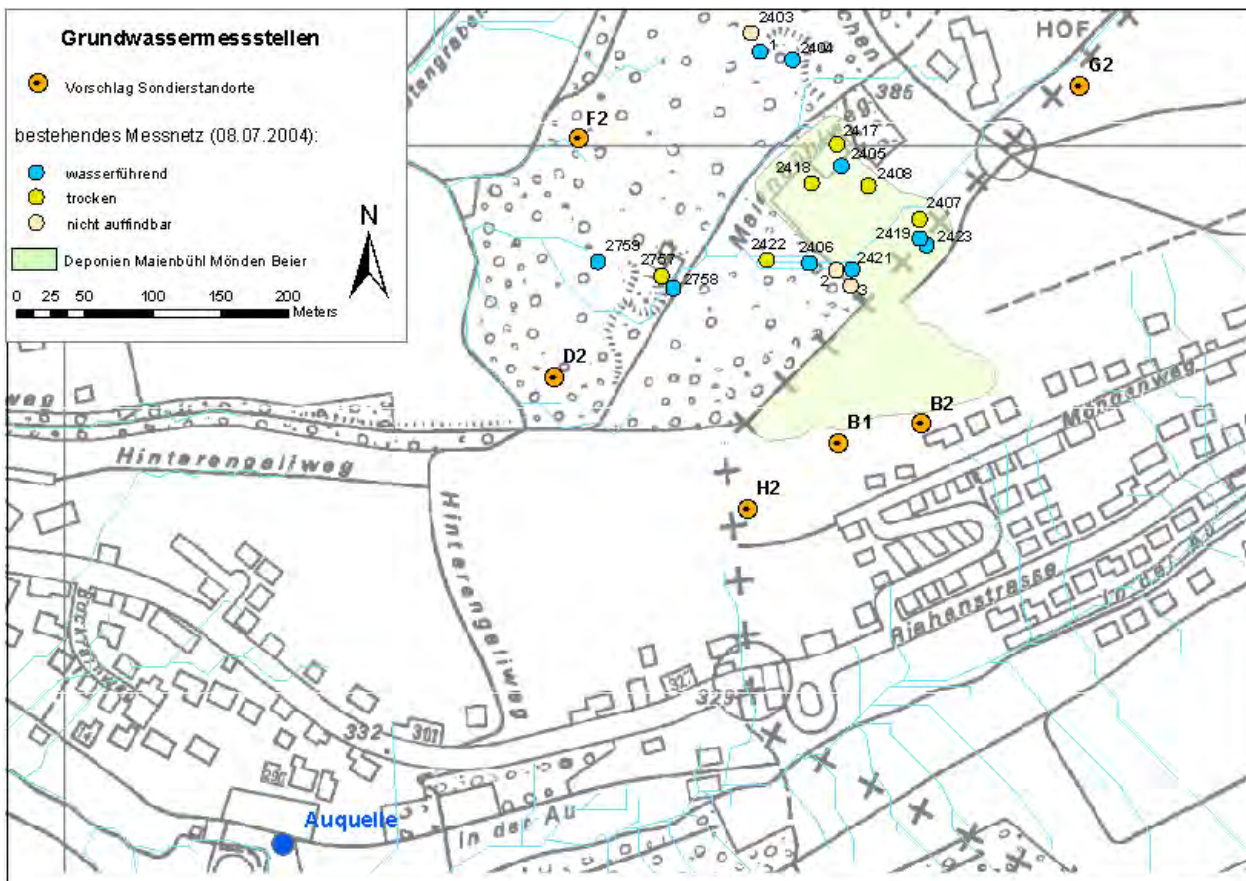


Abb. 8: Vorschläge Sondierstandorte und permanente Grundwassermessstellen

Generell empfehlen wir, dass vor dem Einrichten von permanenten Grundwassermessstellen (Bohrungen), die Analyseergebnisse aus mindestens zwei Messrunden, bei denen auch die neuen Grundwassermessstellen beprobt werden, abzuwarten. Aufgrund dieser Resultate soll der definitive Entscheid für die Lage der Grundwassermessstellen im Buntsandstein gefällt werden.

Für den Fall, dass bei den Sondierbohrungen in unterschiedlichen Tiefen Wasser angetroffen wird, schlagen wir vor, beim Ausbau Multiport-Grundwasserbeprobungssysteme einzubauen. Ein Einsatz von Packersystemen müsste ebenfalls evaluiert werden (kostengünstiger als Multiportsysteme).

Die, im Rahmen universitärer Forschung, stattfindenden, geophysikalisch-hydrologischen Messungen und Modellierungen sowie die Geoelektrik Testmessungen in drei Grundwasserstellen (vertikale Anordnung der Messsonden), werden zeigen, inwiefern „versenkte Elektroden“ (Bohrlochelektroden) in den noch einzurichtenden permanenten Grundwasserstellen für ein Monitoring der Grundwasserqualität eingesetzt werden könnten.

4 Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen

Die Ergebnisse der ersten Untersuchungsphase (Multielektroden-Geoelektrik) zeigen, dass Bruchstrukturen und Zonen mit geringem elektrischem Widerstand existieren. Neben der Grundwasserzirkulation im Boden und in den Deckschichten sind dies Hinweise, dass eine Kluftwasserzirkulation und präferentielle Fließwege im Untergrund existieren.

Zusammen mit einer GIS-gestützten Oberflächenabflussmodellierung konnten geeignete Standorte für „Direct Push“-Messungen ausgewiesen werden.

In der zweiten Untersuchungsphase wurden „Direct Push“-Messungen durchgeführt. Neben der Aufzeichnung von 33 vertikalen Geoelektrikprofilen wurden an neun Standorten Bodenproben entnommen und insgesamt sechs Standorte zu Grundwasserstellen in den Deckschichten ausgebaut. Diese Messstellen ermöglichen eine Evaluation der Wasserqualität des oberflächennahen Zwischenabflusses im Abstrom der Deponien bis zum anstehenden Fels. Analyseresultate werden, angelehnt an die Altlastenverordnung, eine Beurteilung und Überprüfung des Freisetzungspotentials in der Bodenzone und den Deckschichten in Abhängigkeit von den hydrologischen Randbedingungen ermöglichen.

Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Voruntersuchungen werden insgesamt fünf Standorte für Grundwasserstellen im Buntsandstein vorgeschlagen. Die Bohrungen sollen bei Wasserführung zu permanenten Grundwasserstellen ausgebaut werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass falls in unterschiedlichen Tiefen wasserführende Horizonte angetroffen werden, diese tiefenabhängig beprobt werden können.

Zur Erinnerung möchten wir Sie auch darauf hinweisen, dass parallel zu den Voruntersuchungen die hydrologischen Messungen und geochemischen Auswertungen weitergeführt werden, das gleiche gilt für die Arbeiten zum Aufbau des Box-Modells. Ergebnisse dieser Untersuchungen sind gegen Ende Jahr zu erwarten.



Prof. Dr. P. Huggenberger
Beauftragter für Kantonsgeologie der Universität Basel



Dipl. Hydr. J. Epting

Sachbearbeitung:

Dipl. Hydr. J. Epting (Universität Basel)

Prof. Dr. P. Huggenberger (Universität Basel)

Dipl. Geol. C. Butscher (Universität Basel)

Dr. P. Dietrich (Universität Tübingen)

A. Berndsen (MPBF, Mess- und Probenahmetechnik Berndsen und Faiß GbR)

K. Faiß (MPBF, Mess- und Probenahmetechnik Berndsen und Faiß GbR)

Literatur

- [1] GPI (2001): Bericht BS-Riehen-16 „Bestimmung der Zuströmbereiche der Grundwasser-Fassungen Lange Erlen unter Einbezug der Aquifersysteme Lange Erlen und Dinkelberg“.
- [2] GPI (2004): Bericht BS-Riehen-20B „Vorgezogene Massnahmen Voruntersuchungen Deponien Maienbühl und Münden“.
- [3] Fetter, C.W. (1993): Contaminant Hydrogeology. Prentice-Hall Verlag.