

MSc	Dominic Rosch
Supervisor	PD Dr. Urs Mäder Dr. Urs Eggenberger
Projectpartner	Kellerhals + Häfeli AG

## Mobilisierung von Schwermetallen bei belasteten Standorten

### Teil 1: Fallstudie Deponie Oberfeld

Im ersten Teil der Arbeit wurde eine Deponie im Oberfeld in Ostermundigen bei Bern untersucht. Diese stellt einen belasteten Standort dar, welcher überwachungsbedürftig ist betreffend des Schutzgutes Grundwasser. In den Jahren 2007 - 2009 wurde bei diesem Standort eine Überbauung realisiert.

Mithilfe von Feststoff- und Grundwasseranalysen wurde gezeigt, wie sich das Öffnen der Deponie infolge der Bautätigkeiten auf die Schutzgüter auswirkt. Mit einer Trägheit von zwei Monaten lassen sich Unterschiede bei den Messwerten feststellen. Der Sauerstoffgehalt im Grundwasser nimmt von einer 0% zu einer 50% Sauerstoffsättigung zu. Durch das Entfernen der Deckschicht nimmt die Versickerungsrate zu, dies bewirkt eine Erniedrigung der elektrischen Leitfähigkeit. Aufgrund der zunehmend oxidierenden Bedingungen im Deponiekörper ist mit einer besseren Löslichkeit der Schwermetalle zu rechnen. Diese konnte aber in den Grundwassermessungen nicht festgestellt werden. Der Grund liegt in den niedrigen Gehalten an Schwermetallen, wie es die Beprobungen der Feststoffe zeigten.

Ein Problem in dieser Deponie stellen die chlorierten Kohlenwasserstoffe dar (CKW). Für einen effizienten Abbau bzw. Dechlorinierung der CKW zum Ethen sind die Redox-Bedingungen auf der einen Seite zu wenig reduzierend und auf der anderen Seite zu wenig oxidierend. Die gemessenen CKW Konzentrationen bewegen sich um den AltIV Konzentrationswert. Dies verlangt auch in Zukunft eine sorgfältige Überwachung des Grundwassers.



Die einzelnen Schichten sind teils sehr gut zu erkennen. In diesem Beispiel beträgt die Schichtmächtigkeit 10 cm.



Grundwasser Probenahme vom 16.10.2007 mit den nötigen Pump- und Messgeräten.

## Teil 2: Mobilität von Pb und Sb bei Schiessanlagen

In der Schweiz existieren ca. 6'000 Schiessanlagen, bei denen grosse Mengen an Blei und Antimon eingetragen wurden. Eine Sanierung der Schiessanlagen ist unumgänglich. Im Zusammenhang mit den Sanierungen stellt sich die Frage, welcher Sanierungswert für den Boden angemessen ist, um eine Belastung des Grundwassers zu vermeiden. Die Korrelation zwischen den Konzentrationen im Boden und in der Bodenlösung ist sowohl beim Blei als auch beim Antimon sehr schlecht. Es ist lediglich eine schwache Tendenz sichtbar, dass bei sehr hohen Feststoffgehalten mit höheren Porenwasserkonzentrationen gerechnet werden muss. Mit einem geochemischen Modellansatz wird gezeigt, bei welchen Systemgrössen welche maximalen Grundwasserkonzentration zu erwarten sind.

Für eine Risikoabschätzung für das Grundwasser wurde basierend auf den geochemischen Modellierungen ein Werkzeug erstellt, welches eine grobe Abschätzung der maximal zu erwartenden Konzentrationen im Grundwasser erlaubt. Mit einer Dispersionsgleichung wird die Konzentration mit zunehmendem Abstand zur Quelle berechnet, wobei folgende Systemgrössen berücksichtigt werden: Calcitgehalt, Sulfatgehalt, Niederschlag, Fläche des Kugelfangs, Grundwassergeschwindigkeit und die Tiefe des Aquifers.

Die geochemischen Modellierungen mit PHREEQC im ungesättigten Bereich zeigen in einem Boden mit Calcit eine deutliche Pufferung der Bleikonzentration bei 0.2 mg/L durch das Ausfällen von Cerrusit ( $PbCO_3$ ). Ab 2% Calcit im Boden ist die Pufferungskapazität genügend gross, um eine Pufferungszeit von mehr als 1'000 Jahren zu gewährleisten. Mit dem Modell TransSim konnte gezeigt werden, dass der Abbau von 1'000 mg/kg Blei ca. 1'100 Jahre benötigt. Folglich kann der praktizierte Sanierungswert von 1'000 mg/kg Pb bei einem Calcitgehalt von mehr als 2% als angemessen betrachtet werden. Beträgt der Calcitgehalt weniger als 2% ist die Pufferungskapazität schon nach ca. 400 Jahren erschöpft. Durch das Wegfallen des Calcit senkt sich der pH, was eine höhere Mobilität des Bleis bewirkt. In diesem Fall sollte der Konzentrationswert im Boden angepasst werden, um die Abbauphase des Reservoirs zu verkürzen. Abhängig von den anderen Systemparametern (Tongehalt, Eisenhydroxidanteil, Grundwasserleiter) kann ein Sanierungswert von 250 mg/kg als angemessen betrachtet werden.

Für Antimon ist die Frage der Löslichkeitsbegrenzung noch weitgehend ungeklärt, was eine Abschätzung der Bodenwasserkonzentrationen erschwert. Mit den hier getroffenen Annahmen konnte aber der relativ schnelle Durchbruch von Antimon im Vergleich zu Blei modellhaft aufgezeigt werden. Für die erstellte Langzeitbetrachtung wurde die Antimonkonzentration anhand des prozentualen Anteils (2 Gew. %) im Geschoss ermittelt.

Im Weiteren konnte mit konservativen Berechnungen gezeigt werden, dass in den meisten Fällen die Retentionskapazität im Untergrund durch Tonmineralien und Eisenhydroxide genügend gross ist, um sämtliche gelösten Spezies einer 1'000 mg/kg Bleibelastung aufzunehmen.

Die Berechnungen mit Einbezug der Dispersion zeigen auf, dass in der gesättigten Zone eine Blei-Konzentration von 0.2 mg/L schon nach einer Transportdistanz von 10 m unter der Konzentration der AltIV zu liegen kommt. Befindet sich kein Calcit im Boden, sind die Konzentrationen sowohl für Blei als auch für Antimon noch nach 100 m Transportdistanz im Grundwasser nahe des AltIV Konzentrationswertes. Ein grosser Teil der Schiessanlagen in der Schweiz befinden sich auf Calcit haltigen Böden. Für diese reicht ein Sanierungswert von 1'000 mg/kg aus. Für Fälle mit wenig oder keinem Calcit stellt die Berechnung der Dispersion ein einfaches Instrument dar, um eine Risikoabschätzung zu erstellen.

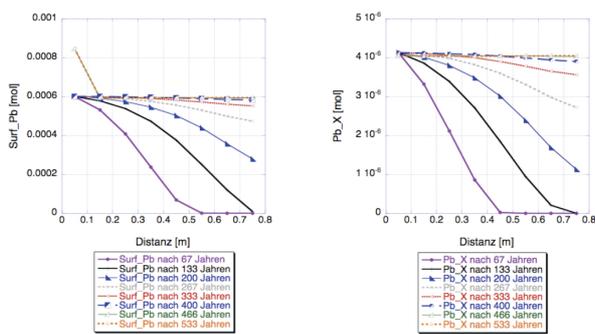
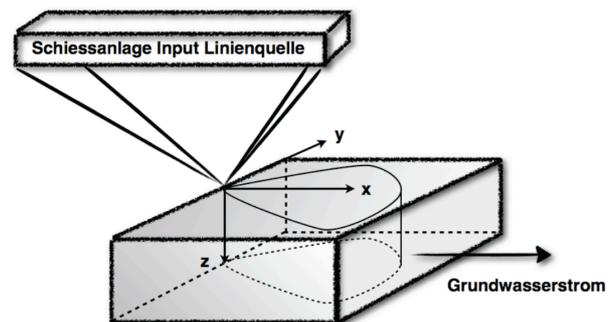


Abb. 11.2: Veranschaulichung wie viel Blei auf den Exchanger-Plätzen (Pb\_X) der Tonmineralien und Oberflächen von Mineralien (Surf\_Pb; vor allem Eisenoxid) fixiert ist, in Abhängigkeit von Zeit und Distanz.

Veranschaulichung wie viel Blei auf den Exchanger-Plätzen (Pb\_X) der Tonmineralien und Oberflächen von Mineralien (Surf\_Pb; vor allem Eisenoxid) fixiert ist, in Abhängigkeit von Zeit und Distanz.



Grafische Darstellung der Dispersionsgleichung. Das Porenwasser dient als Inputwert für die Linienquelle. Je länger die Linienquelle bzw. je tiefer der Aquifer ist, desto tiefer ist die Konzentration bei der Quelle.