

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Sitzung der Kommission VIII
Titel der Tagung:
 Böden - eine endliche Ressource
Veranstalter: DBG,
 05.-13.09.2009 in Bonn
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>

ALTEX 1D, das AF-Verfahren und Saugkerzen als Möglichkeiten zur Sickerwasserprognose auf einem mit Bleischrot kontaminierten Standort im Vergleich
 A. Krimphoff¹, A. Schwarz², W.-A. Bischoff², H. Meuser³

Einleitung

Seit Einführung des BBODSCHG und der BBODSCHV ist eine Sickerwasserprognose zur Bewertung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser durchzuführen. Es werden Möglichkeiten der Durchführung einer Sickerwasserprognose genannt, ohne auf ein bestimmtes Verfahren zu verweisen.

Im Rahmen einer Detailuntersuchung zur Bewertung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser wurde die Verlagerung von Blei (Pb) und Antimon (Sb) auf einem mit Bleischrot kontaminierten und ackerbaulich genutzten Lössstandort untersucht. Neben der Bestimmung der Schadstoffkonzentration in der Bodenlösung durch Saugkerzen wurden die Simulationsmodelle ALTEX 1D und das AF-Verfahren eingesetzt, um die Ergebnisse miteinander zu vergleichen und um die Praxistauglichkeit der Modelle zu testen.

Bei den kontaminierten Flächen handelt es sich um Ackerflächen, welche an einen Schießplatz angrenzen. Der Schießplatz besteht seit etwa 1956. Es wurden insgesamt etwa 90-120t Bleischrot auf dieser Fläche verschossen. Bleischrot besteht zu 92% aus Pb und zu 2% aus Sb. Die Reichweite der Bleischrote liegt bei 75-200m, bis zu 400m Reichweite sind jedoch möglich, wodurch die Bleischrote auch weit hinter die Grenzen des eigentlichen Schießplatzes gelangen können.

¹LBEG Hannover, Stilleweg 2, 30655 Hannover, andreas.krimphoff@lbeg.niedersachsen.de

²Gutachterbüro TerrAquat, Stuttgart

³Fachhochschule Osnabrück, Osnabrück

Material und Methoden

Anhand der Ergebnisse der im Vorfeld erfolgten orientierenden Untersuchungen wurden an verschiedenen Beprobungspunkten die Gesamtgehalte an Pb und Sb im Boden bestimmt. Dadurch konnten die Ackerflächen in einen stark und einen weniger belasteten Bereich unterteilt werden (Abb. 1, Tab. 1). Der stark belastete Bereich umfasst den Hauptdepositionsbereich der Bleischrote.

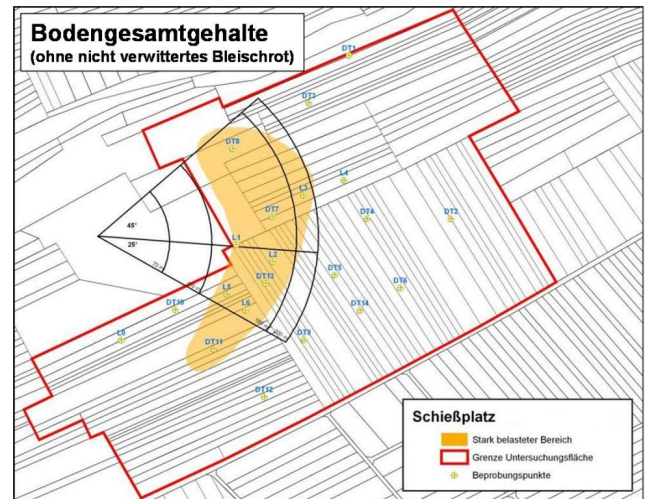


Abb. 1: Lage des stark (gelb umrandet) und des weniger belasteten (weiß) Bereiches der Ackerflächen

Die Gesamtgehalte im stark und im weniger belasteten Bereich unterscheiden sich deutlich (Tab.1). Zur Bestimmung der Gesamtgehalte wurde noch nicht verwittertes Bleischrot aus dem Boden abgesiebt und ist somit nicht in den Gesamtgehalten erfasst.

Tab. 1: Gesamtgehalte im Boden

Gehalte im stark belasteten Bereich (mg/kg TS)		
	Oberboden	Unterboden
Pb	424 – 6230	40 – 1240
Sb	7 - 140 mg	1,4 – 27
Gehalte im weniger belasteten Bereich (mg/kg TS)		
	Oberboden	Unterboden
Pb	28 – 178	21 – 90
Sb	<1,5 – 7,1	<1,5 – 4,4

Zur Charakterisierung des Standortes und aufgrund der benötigten Inputdaten der Simulationsmodelle wurden an 13 Bohrpunkten Bodenproben genommen (Abb. 2) und bodenkundliche Parameter bestimmt: Horizontmächtigkeit, Ld, CaCO₃, Skelettgehalt, pH-Wert, elektr. Leitfähigkeit, Bodenart nach Köhn, C_{anorg}, C_{org}, C_{Carbonat}, C_{ges} und KAK_{eff}. Als Bodentyp wurde eine Parabraunerde mit einer mittleren Mächtigkeit von 2m auskartiert.

Saugkerzen

Innerhalb des stark belasteten Bereiches wurden insgesamt drei Messfelder mit je drei kurzen Saugkerzen in einer Tiefe von 1m und drei lange in einer Tiefe von 2m eingebaut (Abb. 2). Die Saugkerzen wurden über einen Zeitraum von sieben Monaten regelmäßig beprobt und im Labor auf Pb und Sb analysiert.

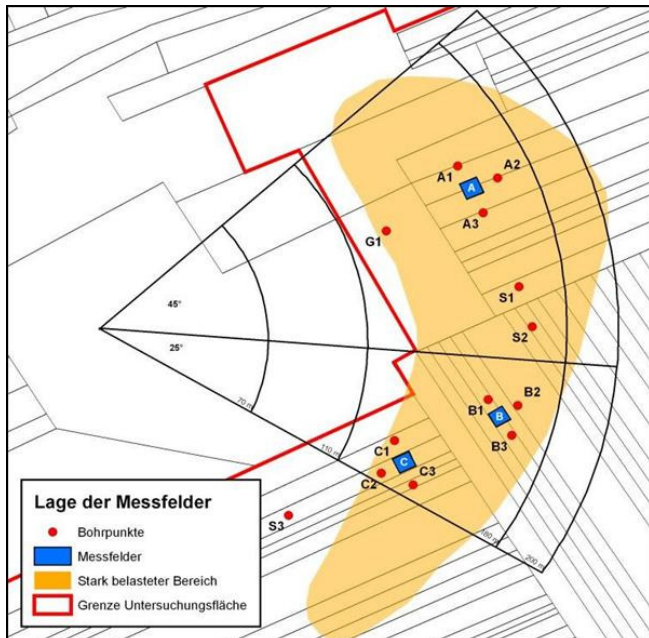


Abb. 2: Lage der Messfelder A, B und C der Saugkerzen sowie der Bohrpunkte zur bodenkundlichen Charakterisierung des Standortes

Das AF-Verfahren

Beim AF-Verfahren handelt es sich um ein von STÖFEN (2004) entwickeltes Modell zur Sickerwasserprognose, welches im Auftrag des LfU Baden-Württemberg zu einem Computerprogramm weiterentwickelt wurde. Das AF-Verfahren liefert eine erste quantitative Abschätzung der Stoffkonzentration am Ort der Beurteilung unter Berücksichtigung der Standorteigenschaften durch Berechnung verschiedener Abminderungsfaktoren, so genannten AF-Faktoren:

1. Erforderlicher AF (AF_{erf}) als Quotient aus Quellkonzentration und Prüfwert
2. AF ohne Berücksichtigung des Einmischens in das Grundwasser (AF_{ohneEin}) aus AF_{End} (Endlichkeit der Quelle), AF_{Abbau} (Mikrobieller Abbau) und AF_{Disp} (Transversale Dispersion im ungesättigten Bereich).
3. AF mit Berücksichtigung des Einmischens in das Grundwasser (AF_{mitEin})

Um eine mögliche Prüfwertüberschreitung prognostizieren zu können, werden die AF-Faktoren wie folgt miteinander verglichen:

$$AF_{\text{ohneEin}} \text{ oder } AF_{\text{mitEin}} < AF_{\text{erf}} \\ = \text{Prüfwertüberschreitung}$$

Wird die Höhe des AF_{erf} von den AF-Faktoren AF_{mitEin} oder AF_{ohneEin} nicht erreicht, liegt eine Prüfwertüberschreitung vor.

Mit dem AF-Verfahren ist es nur möglich, eine Ja/Nein-Entscheidung darüber zu treffen, ob eine Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung zu erwarten ist oder nicht. Konzentrationen werden nicht berechnet.

ALTEX 1D

Das Kürzel ALTEX 1D steht für Analytische Lösung der 1D-Transportgleichung mit MS-EXCEL. Es handelt sich um eine Excel-Anwendung der LABO zur Umsetzung des in der "Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei Detailuntersuchungen" beschriebenen Verfahren zur Abschätzung der Sickerwasserkonzentration und Schadstofffracht am Ort der Beurteilung (LABO, 2006). ALTEX 1D berechnet verschiedene Informationen zur Fracht und Konzentration eines Elementes, wobei für die Auswertungen innerhalb dieser Untersuchung nur folgende Ergebnisse herangezogen werden:

- Maximale Konzentration [$\mu\text{g/L}$]
- Zeitpunkt Prüfwertüberschreitung [a]
- Zeitpunkt Prüfwertunterschreitung [a]
- Zeitdauer Prüfwertüberschreitung [a]

Inputdaten für die Simulationsmodelle

In die Simulationsmodelle ist eine gewisse Zahl an Inputdaten einzugeben. So muss das Ausmaß der Quelle sowie der Quelltherm bekannt sein. Für ALTEX 1D müssen zusätzlich der Ort der Beurteilung, der Prüfwert und der mobile Anteil bestimmt werden. Die Standorteigenschaften können im ALTEX 1D lediglich transportstreckenweise eingegeben werden, im AF-Verfahren ist dies horizontweise möglich. Dies ist der größte Unterschied zwischen den Modellen. Im AF-Verfahren ist es zudem erforderlich die Textur, den Skelettgehalt, die Hangneigung sowie die Grundwassertiefe und -mächtigkeit und die transversale Dispersion im Grundwasserleiter anzugeben. Der

Freundlich-Sorptionskoeffizient wird in beiden Modellen anhand der C_{org} - und Tongehalte sowie dem pH-Wert bestimmt.

Simulationen

Für die Simulationen innerhalb des AF-Verfahrens und für ALTEX 1D wurden die bodenkundlichen Standorteigenschaften der Bohrpunkte mit den Ergebnissen für Pb und Sb der Bodenproben aus den orientierenden Untersuchungen kombiniert. Unterschieden wird bei den Kombinationen zwischen dem stark belasteten und dem weniger belasteten Bereich.

Im AF-Verfahren wurden zudem die minimalen und die maximalen Werte für Textur, Tongehalt, C_{org} und pH-Wert zur Abschätzung des worst- und des best-case eingesetzt. Insgesamt werden 44 Simulationen für Pb und 44 für Sb durchgeführt.

Für ALTEX 1D sind insgesamt 448 Simulationen für Sb im stark und im weniger belasteten Bereich und 208 für Pb im stark belasteten Bereich durchgeführt worden. Hierzu wurde für die Simulationen eine Standardeinstellung festgelegt, bei der der mobile Anteil auf 100%, die Sickerwassermenge auf 200 mm/a und der Dispersivitäts-Skalenfaktor auf 0,1 gesetzt wurden. Aufgrund der Tatsache, dass die bodenkundlichen Standorteigenschaften nur transportstreckenweise eingegeben werden können, erhöhte sich die Anzahl der Simulationen für den best- und den worst-case in Bezug die Variationen zum Ton- und Corg-Gehalt, dem pH-Wert, der Trockenrohdichte und der FK. Der mobile Anteil wurde in weiteren Simulationen auf 50% reduziert und die Sickerwasserrate um 50 mm erhöht oder gesenkt.

Ergebnisse

Saugkerzen

Aufgrund der Trockenheit in den Sommermonaten konnte nicht zu jedem Probenahmetermin in jeder Saugkerze ein Sickerwasser gewonnen werden. Für **Pb** sind daher aus dem Untersuchungszeitraum insgesamt 105 von 126 möglichen Ergebnissen vorhanden. In 15 der 105 Proben lag die Pb-Konzentration unter der Nachweisgrenze von $<1 \mu\text{g/l}$ und in 88 unter dem Prüfwert von $25 \mu\text{g/l}$ nach BBodSchV (1999). Lediglich in zwei Saugkerzen wurde einmalig der Prüfwert von $25 \mu\text{g/l}$ überschritten. In der

Betrachtung der mittleren Pb-Konzentrationen im Sickerwasser kann zum jetzigen Zeitpunkt keine Prüfwertüberschreitung prognostiziert werden (Abb. 3).

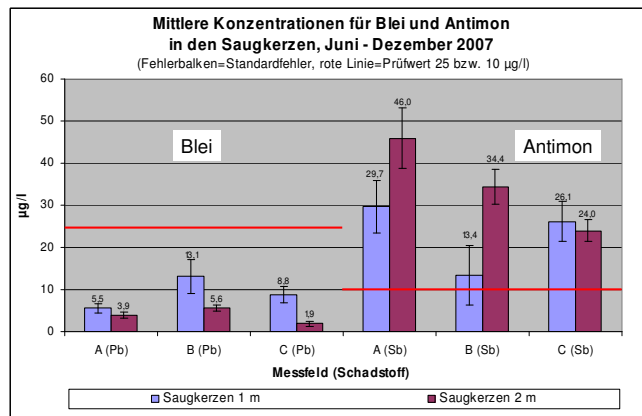


Abb. 3: Ergebnisse der Saugkerzenuntersuchung für die Pb und Sb in den drei Messfeldern

Für **Sb** liegen insgesamt 106 von 126 möglichen Ergebnissen aus dem Untersuchungszeitraum vor. In 89 der Proben liegt die Sb-Konzentration über und in 17 Proben unter dem Prüfwert nach BBodSchV (1999) von $10 \mu\text{g/l}$. Durch die mittleren Konzentrationen in den Saugkerzen wird deutlich, dass der Prüfwert mit der Ausnahme der Werte für die kurzen Saugkerzen in Messfeld B immer überschritten wird (Abb. 3).

AF-Verfahren

Nur in 5 von 26 Simulationen im stark belasteten Bereich liegt für **Pb** eine Prüfwertüberschreitung vor, wenn man den AF-Faktor zum Einmischen in das Grundwasser nicht berücksichtigt. Diese fünf Simulationen betreffen das Messfeld B (Abb. 4). Die übrigen 21 Simulationen im stark belasteten sowie 18 Simulationen im weniger belasteten Bereich prognostizieren keine Prüfwertüberschreitung.

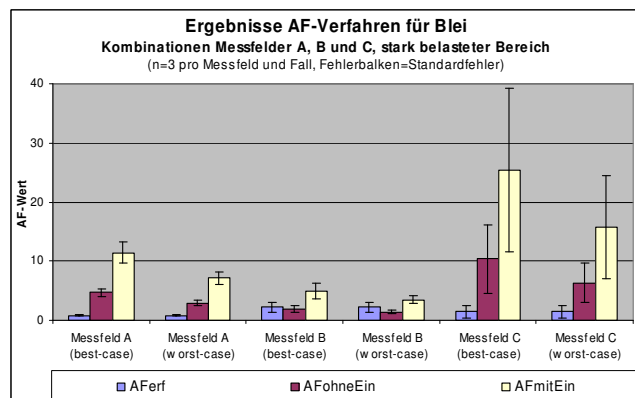


Abb. 4: Ergebnisse des AF-Verfahrens für Pb

Alle 26 Simulationen im AF-Verfahren für **Sb** im stark belasteten Bereich prognostizieren eine Prüfwertüberschreitung. Im weniger belasteten Bereich ist in neun von 18 Simulationen keine Prüfwertüberschreitung prognostiziert worden und in weiteren neun in dem Fall, wenn das Einmischen in das Grundwasser nicht berücksichtigt wird.

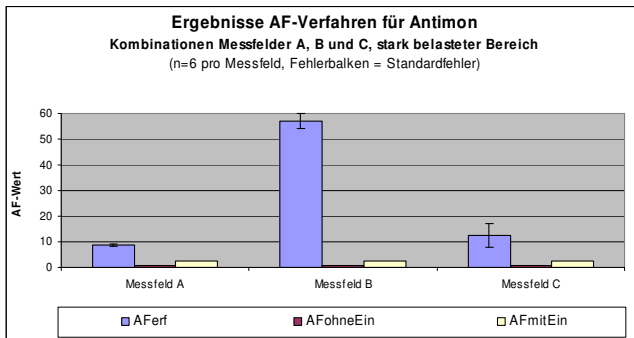


Abb. 5: Ergebnisse des AF-Verfahrens für Sb

ALTEX 1D

In 173 von 208 Simulationen für **Pb** ist keine Prüfwertüberschreitung prognostiziert worden. In weiteren 35 worst-case Simulationen ist eine Prüfwertüberschreitung zu erwarten. Die erste Prüfwertüberschreitung beginnt in 44.820 a. und dauert zwischen 705 und 147.100 a. Für **Sb** wurden in allen 272 Simulationen des stark belasteten Bereichs sowie in der Mehrheit der Simulationen des weniger belasteten Bereiches Prüfwertüberschreitungen prognostiziert. Die erste Prüfwertüberschreitung beginnt nach 6,6 a und dauert 186 und 864 a.

Schlussfolgerungen

Anhand der Ergebnisse der Saugkerzenuntersuchung und der Simulationsmodelle liegt eine Prüfwertüberschreitung für **Sb** nach BBODSCHV (1999) vor. Die in den Modellen prognostizierten Sb-Konzentrationen liegen deutlich über den in den Saugkerzen gemessenen Konzentrationen. Es ist davon auszugehen, dass die Sb-Konzentrationen im Sickerwasser der Saugkerzen noch nicht ihr Maximum erreicht haben. Durch den immensen Vorrat an verwitterndem Bleischrot im Oberboden wird die Sb-Konzentration im Sickerwasser steigen. Auch das Ergebnis der Saugkerzenuntersuchung für **Pb** kann durch die Ergebnisse der Modelle bestätigt werden. Eine Gefahr für das Grundwasser liegt derzeit nicht vor.

Dadurch, dass mit den Modellen zur Sickerwasserprognose in Bezug auf das Endergebnis vergleichbare Ergebnisse erzielt wurden, haben sie sich zumindest in diesem Fall als praxistauglich erwiesen.

Aufgrund der Ergebnisse besteht auf den durch das Bleischrot kontaminierten Flächen Handlungsbedarf nach BBODSCHG (1998) und BBodSchV (1999), da Sb in das Grundwasser eingetragen wird. Eine Sanierung ist notwendig.

Zusammenfassung

Im Rahmen einer Detailuntersuchung zur Bewertung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser wurde auf einem mit Bleischrot kontaminierten und ackerbaulich genutzten Standort eine Sickerwasserprognose durch Saugkerzen und den Simulationsmodellen AF-Verfahren und ALTEX 1D erstellt. Durch die Saugkerzenuntersuchung konnte festgestellt werden, dass für Pb keine, für Sb jedoch eine deutliche Grundwassergefährdung durch ein Überschreiten der Prüfwerte nach BBODSCHV (1999) vorliegt. Diese Ergebnisse für Sb und Pb konnten auch durch die Simulationen mit dem AF-Verfahren und ALTEX 1D bestätigt werden.

Schlüsselworte:

ALTEX 1D, AF-Verfahren, Sickerwasserprognose, Schießplatzaltlast

Literatur

BBodSchG (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17.03.1998, gültig seit dem 01.03.1999, Berlin

BBodSchV (1999): Bundesbodenschutz und Altlastenverordnung, Verordnung zur Durchführung des BBodSchG vom 12. Juli 1999, Bundesgesetzblatt Nr. 36, Berlin

LABO (2006): Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei Detailuntersuchungen, Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), Altlastenausschuss (ALA), Unterausschuss Sickerwasserprognose. Stand 10/2006

Stöfen, H. (2004): Entwicklung eines Verfahrens für Sickerwasserprognosen im Sinne der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Dissertation, TU Hamburg-Harburg