

Vergleich von Labor- und Freilanduntersuchungen zur Quelltermbestimmung einer Hausmüllverbrennungsasche

D. KLOTZ

Abstract

For performing a leachate forecast, it is necessary to know the leaching of the contaminated soil ("source strength"). Comparative examinations for determining the source strength of domestic waste incineration ashes carried out at the laboratory with the help of lysimeter experiments generally showed different initial values of the pollutant concentrations because they were performed under different conditions. Comparable, however, are the quantities of pollutant desorbed after the processes (lysimeter, BSE and S4 processes) that almost show conditions of equilibrium.

Zusammenfassung

Zur Durchführung einer Sickerwasserprognose ist die Kenntnis der Auslaugung der Altlast ("Quellstärke") notwendig. Vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung der Quellstärke einer Hausmüllverbrennungsasche im Labor mit Lysimeterexperimenten ergaben grundsätzlich verschiedene Anfangswerte der Schadstoffkonzentrationen, da sie unter verschiedenen Bedingungen durchgeführt wurden. Vergleichbar sind aber die desorbierten Schadstoffmengen nach den Verfahren (Lysimeter, BSE und S4-Verfahren), bei denen nahezu Gleichgewichtsbedingungen vorliegen.

Übersicht

In der Bundesrepublik Deutschland existieren z. Z. ca. 162 000 Altlastenverdachtsflächen (s. EDEL, 1995). Um die aus Altlasten und Ablagerungen erwachsene Grundwassergefährdung belastbar abschätzen zu können, muss der gesamte Wirkungspfad "Boden - Sickerwasser - Grundwasser", also bis zum Übergang von der wasserungesättigten zur wassergesättigten Zone ("Ort der Beurteilung") betrachtet werden. Deshalb wurde in der Bundes-Bodenschutz-

und Altlastenverordnung von 1999 (BBODSCHV, 1999) die Sickerwasserprognose postuliert, die das entsprechende Bewertungskonzept für diesen Pfad darstellt.

Das GSF-Institut für Grundwasserökologie ist mit Labor- und Lysimeteruntersuchungen am BMBF-Forschungsschwerpunkt "Sickerwasserprognose" (OBERACKER et al., 2003) beteiligt, der sich mit der Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen von Methoden zur Durchführung der Sickerwasserprognose gemäß BBODSCHV, 1999 befasst. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen

- 1 die Entwicklung von Labormethoden zur Elution bzw. Extraktion von Schadstoffen aus Altlastenmaterialien ("Quelltermbestimmung"),
- 2 Computermodelle zur Vorhersage der Schadstoff-Migration im Boden und in der Sickerwasserzone ("Transportprognose") und

Experimente in Großlysimetern zum Auslaugverhalten von Schadstoffen aus aufgetragenen kontaminierten Abfallmaterialien und das Migrationsverhalten dieser Schadstoffe auf dem Sickerwasserpfad.

Inhalt der Arbeit ist der Vergleich von Quelltermbestimmungen durch sog. Materialuntersuchungen im Labor mit Auslauguntersuchungen in Kleinlysimetern unter natürlichen Witterungsbedingungen.

Material und Methoden

Als **kontaminiertes Material** wurde eine Hausmüllverbrennungsasche (MV) eingesetzt, die von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin zur Verfügung gestellt wurde. Die Körnung der Müllverbrennungsasche liegt im Bereich 0,1 bis 0,6 mm, sie ist mit folgenden Schwermetallen belastet (Klammerwerte: wasserlösliche und mobile Schwermetall-Fraktion):

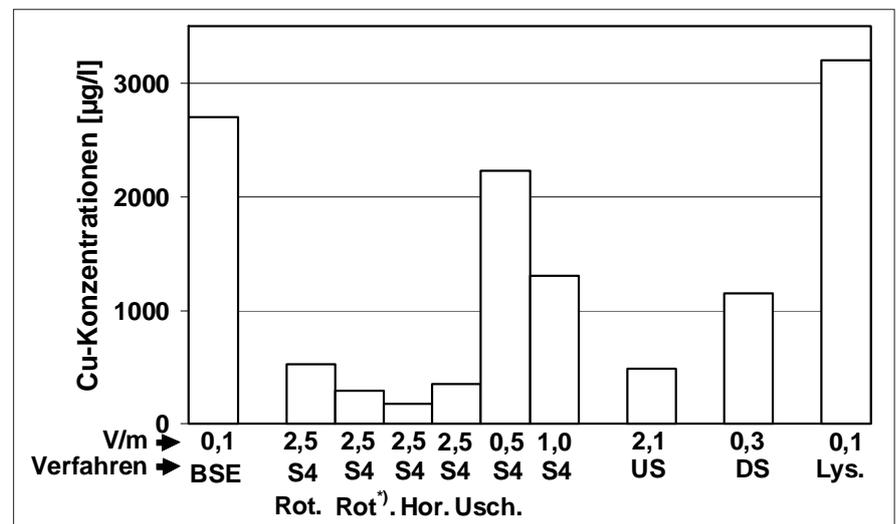


Abbildung 1: Ausgelaugte Cu-Anfangskonzentrationen nach verschiedenen Laborverfahren und im Kleinlysimeter unter natürlichen Witterungsbedingungen. BSE = Bodensättigungsextrakt; S4/Rot., S4/Rot.*), S4/Hor. bzw. S4/Usch. = Batch-Verfahren in der Rotations- (3,5 Upm bzw. 34 Upm) oder Horizontal-schüttel-Apparatur bzw. im Ultraschall-Bad, US = Umlaufsäule, DS = Durchlaufsäule, Lys. = Kleinlysimeter

Autor: Dipl.-Phys. Dietmar KLOTZ, GSF-Institut für Grundwasserökologie, Ingolstädter Landstraße 1, D-85764 NEUHERBERG

Cd: < 10 (< 2) mg/kg, Cr: 40 (5) mg/kg,
Cu: 10 170 (6 645) mg/kg,
Ni: < 80 (< 20) mg/kg, Pb: 240 (< 20)
mg/kg, Zn: 1 100 (240) mg/kg.

Für die vorliegenden Untersuchungen wurde Cu als Leitsubstanz ausgewählt.

Im Labor wurden die **Materialuntersuchungen** (Desorption von Cu aus der MV) nach folgenden Verfahren durchgeführt (s. auch KLOTZ, 1990):

1. Batch-Verfahren:

1.1 Bodensättigungsextrakt BSE (LICHTFUSS, 2003; SCHEURING und BERGER, 2004) ohne und unter Einsatz eines Rührers,

1.2 S4-Verfahren (DIN 38414) mit verschiedener Durchmischung,

1.3 Umlaufsäulen-Verfahren (KLOTZ, 1992) unter wassergesättigten Bedingungen,

2. Durchläufsäulen-Verfahren (KLOTZ, 1992) unter wassergesättigten Bedingungen und naturnahen Geschwindigkeiten. Die Verfahren 1.2 und 1.3 wurden teilweise in Kaskade (weitere Verdünnungsschritte nach Einstellung eines Desorptionsgleichgewichtes) betrieben.

Die Cu-Quelltermbestimmung aus der MV erfolgte **im Freiland** in einem **Kleinlysimeter** aus Edelstahl von 0,1 m² Querschnitt und 0,65 m effektiver Länge (MV-Mächtigkeit: 0,50 m, Quarzsand: 0,10 m), es simuliert den oberen Teil des GSF-Großlysimeters Nr. 27 (KLOTZ und SCHRAMM, 2004). Das Kleinlysimeter ist außen auf der Mantelfläche wärmeisoliert, es ist oberhalb der Bodenoberfläche aufgestellt.

Ergebnisse

Als Ergebnisse der Labor- und Lysimeteruntersuchungen werden Cu-Konzentrationen als Funktion der (Desorptions-) Zeit erhalten, Parameter ist das Verhältnis (V/m) aus wässrigem Auslaugvolumen V und kontaminierter Materialmasse m. In *Abbildung 1* sind die Cu-Anfangskonzentrationen nach den verschiedenen angewandten Verfahren dargestellt, in *Tabelle 1* sind für bestimmte V/m-Verhältnisse ausgelaugte Cu-Konzentrationen aufgelistet. Es folgt:

- Geringfügige Sorptionen von ausgelaugtem Cu an den Wandungen der eingesetzten Apparaturen wurden nicht berücksichtigt.

Tabelle 1: Für bestimmte V/m-Verhältnisse nach verschiedenen Materialuntersuchungen im Labor und Lysimeteruntersuchungen im Freiland bestimmte Cu-Auslaugkonzentrationen c aus der Müllverbrennungsgasche MV. V = Wasservolumen, m = Masse der MV

V/m [cm ³ /g]	m [g]	c [µg/l]	Bemerkung	Mischfrequenz, Filtergeschwindigkeit
Bodensättigungsextrakt				
0,167	600	2618 ± 489	ohne Durchmischung	
0,167	600	2700 ± 237	mit Durchmischung	ca. 100 Upm
S4-Verfahren (verschiedene Desorptionsanordnungen)				
2,50	60	526 ± 45	Rotation, über Kopf	3,5 Upm
2,50	60	295 ± 6	Rotation, über Kopf	34,3 Upm
2,50	60	181 ± 75	Horizontal	ca. 100 Upm
2,50	60	354 ± 252	Ultraschall	
S4-Verfahren (V/m = variabel)				
0,157	500	2658	geringe Durchmischung	1 x pro Tag
0,224	500	2500		
0,500	500	2230		
1,00	500	1320		
2,50	500	576		
5,00	300	298		
10,0	150	150		
Umlaufsäulen-Verfahren (anschließende Verdünnung: 0,8 V)				
2,08	930	485	4 Wochen Durchströmung im Umlauf	2 • 10 ⁻⁴ cm/s
4,04	930	98,6		
6,01	930	42,0		
7,97	930	38,8		
Durchläufsäulen-Verfahren				
0,330	1906	1149	Durchströmung im Durchlauf	2 • 10 ⁻⁴ cm/s
0,539		350		
0,740		125		
0,941		57,5		
Lysimeter (unter natürlichen Witterungsbedingungen)				
0,189	96000	3200	Durchströmung unter wassergesättigten Bedingungen	4 • 10 ⁻⁶ cm/s
0,306		1662		
0,531		584		
0,977		172		

- Die Zeiten für die Einstellung eines Desorptionsgleichgewichtes sind für die eingesetzten Batch-Verfahren sehr unterschiedlich (i. a.: ≥ 2 Wochen).
- Mechanische Belastungen des Materials durch hohe Mischfrequenzen schafft neue, zur Sorption des ausgelaugten Cu neigende Oberflächen.
- Die anfänglichen Cu-Auslaugkonzentrationen im Lysimeterauslauf wurden nur näherungsweise durch das BSE- (ca. 84 %) und das S4[V/m = 0,5 cm³/g]-Verfahren (ca. 70 %) erreicht.

Wertung der Ergebnisse

Die Untersuchungen zum Vergleich der verschiedenen Materialverfahren sind mannigfaltig (s. z. B. LfW, 2003 und KLOTZ, 2004).

Aus unseren Untersuchungen folgt, dass kein Laborverfahren, auch nicht der Bodensättigungsextrakt, den die BBODSCHV, 1999 als Methode zur Elution im Rahmen der Sickerwasserprognose zum Standardverfahren erhebt, die Cu-Anfangs-Auslaugkonzentrationen des Lysimeterversuches erreicht. Gründe dafür sind:

① Die Verfahren werden unter verschiedenen Wassergehaltsbedingungen betrieben: alle Laborexperimente wassergesättigt, die Lysimeteruntersuchungen wassergesättigt. Die Durchströmung unter ungleichen Wassergehalts-Bedingungen ist verschieden; es können verschiedene Cu-Mengen desorbiert werden.

② Bei allen Batch-Versuchen werden Desorptions-Gleichgewichte erreicht

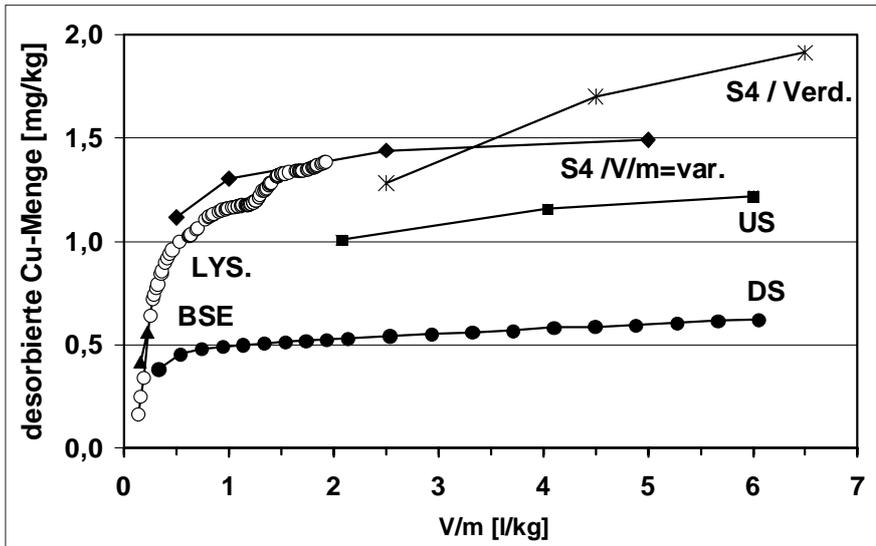


Abbildung 2: Ausgelaugtes Cu pro kg Müllverbrennungsgasche als Funktion des V/m-Verhältnisses der einzelnen Verfahren. Messpunkt ○: Lysimeter (LYS.), ●: Durchlaufsäule (DS), ▼: Bodensättigungsextrakt (BSE), ▲: S4-Verfahren (Verdünnung), *: S4-Verfahren (V/m = var.), ■: Umlaufsäule (US)

(für verschiedene Versuchszeiten), für die Durchlaufsäulen-Versuche unter naturnahen Filtergeschwindigkeiten nicht, für den Lysimeter-Versuch nur näherungsweise beim Auftreten von Matrixflüssen (nicht für Bypassflüsse).

⑤ Schüttelversuche beanspruchen das Material, es werden neue Oberflächen zur Sorption geschaffen, d. h. es wird als Endergebnis weniger ausgelaugt (vergleiche S4-Ergebnisse nach verschiedenen Verfahren, Tabelle 1).

④ Besser vergleichbar als die Cu-Anfangs-Auslaugkonzentrationen sind die pro kg MV ausgelaugten Cu-Massen [mg] als Funktion des V/m-Verhältnis-

ses der einzelnen Verfahren (Abbildung 2). Die Ergebnisse der Versuche, bei denen sich ein Desorptions-Gleichgewicht (BSE, S4-Verfahren mit geringer Durchmischung) einstellt oder nahezu erreicht wird (Kleinslysimeter), sind vergleichbar und liegen über denen der "dynamischen Versuche" unter wassergesättigten Bedingungen (Durchlauf- und Umlaufsäulen-Verfahren)

Literatur

BBODSCHV, 1999: Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12.07.1999, BGBl I, Nr. 36, 1554 - 1582.
 DIN 38414-4, 1984: Deutsches Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersu-

chung: Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S4), Beuth-Verlag, Berlin.

EDEL, H.-G., 1995: Grundwassersanierung in den neuen Ländern. - In: Grundwassersanierung 1995, IWS-Schriftenreihe, 23, 175 - 183.
 KLOTZ, D., 1990: Labormethoden zur Bestimmung der Schadstoff-Migration. - Mitt. d. Inst. f. Wasserwesen d. Univ. d. Bundeswehr München, Bd. A, 263 - 275.
 KLOTZ, D., 1992: Erfahrungen mit Säulenversuchen zur Bestimmung der Schadstoff-Migration. - GSF-Bericht 07/91, 118 S.
 KLOTZ, D. (Hrsg.), 2004: Untersuchungen zur Sickerwasserprognose in Lysimetern. - GSF-Bericht 02/04, 218 S.
 KLOTZ, D. und K.-W. SCHRAMM, 2004: Untersuchungen zur Sickerwasserprognose in Klein- und Großlysimetern. - In: Untersuchungen zur Sickerwasserprognose in Lysimetern (Hrsg.: D. Klotz), GSF-Bericht 02/04, 18 - 26.
 LFW (Hrsg.), 2003: Münchner Beiträge zur Sickerwasserprognose - Forschung und Praxis, Bd. 56, Oldenbourg Industrieverlag, München, 308 S.
 LICHTFUSS, R., 2003: Verfahren zur Abschätzung von anorganischen Schadstoffkonzentrationen nach der Bundesbodenschutzverordnung _ Vergleichbarkeit, Messunsicherheit, Aussagefähigkeit. - In: Münchner Beiträge zur Sickerwasserprognose - Forschung und Praxis (Hrsg.: Bayerisches LfW), 187 - 212.
 OBERACKER, F., S.H. EBERLE und R. RUDEK, 2003: BMBF-Förderschwerpunkt "Sickerwasserprognose": Konzept und Stand der Aktivitäten. - In: Sickerwasserprognose - Forschung und Praxis (Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft), 49 - 68.
 SCHEUERING, I. und W. BERGER, 2004: Lysimeteruntersuchungen zur Validierung von Elutionsmethoden im Rahmen der Altlastenbearbeitung in Bayern. - In: Untersuchungen zur Sickerwasserprognose in Lysimetern (Hrsg.: D. Klotz), GSF-Bericht 02/04, 43 - 48.

