

**Tagungsbeitrag zu:**  
Jahrestagung der DBG, Kommission II  
**Titel der Tagung:**  
Böden – eine endliche Ressource  
**Veranstalter:**  
DBG, September 2009, Bonn  
**Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation)**  
<http://www.dbges.de>

## **Vergleich unterschiedlicher Elutionsverfahren zur Abschätzung der Stofffreisetzung aus einem Zn-belasteten Technosol**

Michael Dohlen<sup>1</sup>

---

### **Zusammenfassung**

Die Stofffreisetzung aus einem schwermetallbelasteten Technosol wurde mittels verschiedener Auslaugverfahren (Stand-, Schüttel- und Säulenperkolationsverfahren) untersucht.

Ziel der Studie war es, ein Verfahren zu ermitteln, dass gut reproduzierbare Ergebnisse liefert und dabei gleichzeitig praxistauglich ist.

Die Ergebnisse veranschaulichen, dass es schwierig ist, die verschiedenen Elutionsverfahren direkt miteinander zu vergleichen, weil das Freisetzungsverhalten vor allem durch die unterschiedlichen Randbedingungen der Verfahren bestimmt wird. Dadurch ergibt sich kein einheitliches Bild bei den Konzentrationen der untersuchten Parameter. Generell lässt sich keine Aussage dazu treffen, ob bei gleichen L/S-Verhältnissen die Konzentrationen im Säulen- oder im Schüttelverfahren höher sind.

**Schlüsselworte:** Schüttelverfahren, Standverfahren, Säulenperkolationsverfahren, Technosol, ErsatzbaustoffV

---

<sup>1</sup> FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e.V.,  
Abteilung Umwelt und Verkehrsbau,  
Bliersheimer Straße 62, D-47229 Duisburg  
E-Mail: m.dohlen@fehS.de

### **Einleitung**

Zur Abschätzung der Stofffreisetzung aus Böden, bodenähnlichen Materialien und technogenen Substraten werden in Deutschland unterschiedliche Elutionsverfahren – je nach gesetzlicher Anforderung – herangezogen. In der Praxis wird das Auslaugverhalten meistens mittels sog. Stand- oder Schüttelverfahren untersucht. In Deutschland hat sich auf Grund seiner Einfachheit bisher vor allem das S4-Schüttelverfahren zur Herstellung eines Eluats durchgesetzt (z. B. BBodSchV, KrW-/AbfG, LAGA M 20).

Vor dem Hintergrund einer derzeit in Diskussion befindlichen bundeseinheitlichen "Ersatzbaustoffverordnung" [1] zeichnet sich ab, dass zukünftig Säulenperkolationsverfahren, die die Einbaubedingungen besser widerspiegeln, gegenüber dem bisher in der Praxis favorisierten DEV-S4-Schüttelverfahren bevorzugt werden.

Im Rahmen eines derzeit laufenden Forschungsvorhabens werden Vergleichsuntersuchungen mit verschiedenen Laborverfahren (Trog-, Schüttel- und Säulenperkolationsverfahren) zur Bestimmung der Schwermetall-Freisetzung aus einem Zn-belasteten Technosol vorgenommen.

Ziel des Vergleichs ist es, ein geeignetes Verfahren zu ermitteln, dass vor allem reproduzierbare Ergebnisse liefert und sich für die Anwendung in der Praxis eignet.

### **Material und Methoden**

Der untersuchte Boden stammt vom Gelände einer ehemaligen Zinkhütte in Duisburg. Ausgewählte Feststoffgehalte (Schwermetalle nach Vollaufschluss in der Mikrowelle und Bestimmung mittels ICP-OES) sind in Tabelle 1 dargestellt.

Für den Vergleich der Elutionsverfahren wurden Untersuchungen mit verschiedenen Laborverfahren (Trogverfahren

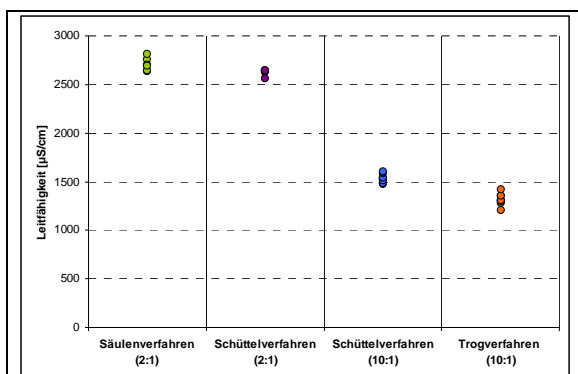
[2], Schüttelverfahren mit L/S = 2:1 [3] bzw. 10:1 [4] und Säulenschnelltest mit L/S = 2:1 [5]) in jeweils 9-facher Wiederholung durchgeführt. Die Messung der untersuchten Parameter im Eluat erfolgte mittels ICP-OES.

**Tab. 1:** Ausgewählte Untersuchungsparameter (Feststoff)

|                   |          | Technosol |
|-------------------|----------|-----------|
| As                | mg/kg TM | 57,3      |
| Cd                | mg/kg TM | 51,9      |
| Cu                | mg/kg TM | 719       |
| Hg                | mg/kg TM | 21,0      |
| Ni                | mg/kg TM | 66,3      |
| Pb                | mg/kg TM | 3.500     |
| Zn                | mg/kg TM | 16.400    |
| TOC               | M.-%     | 5,9       |
| pH <sub>H2O</sub> | -        | 7,3       |

## Ergebnisse und Diskussion

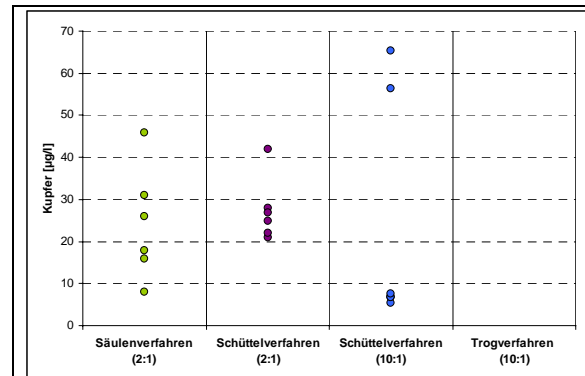
Bei dem Summenparameter "elektrische Leitfähigkeit" liegen die Parallelen der Einzelversuche erwartungsgemäß sehr eng beieinander (Abb. 1). Generell sind die Leitfähigkeiten im klassischen S4-Schüttelverfahren mit einem L/S von 10:1 und im Trogverfahren geringer als bei den beiden anderen Verfahren, die beide ein L/S von 2:1 verwenden (vgl. auch [6]). Der Säulenschnelltest weist die höchsten Leitfähigkeiten von allen verwendeten Verfahren auf.



**Abb. 1:** Darstellung der elektrischen Leitfähigkeit in den Eluaten der vier Elutionsverfahren

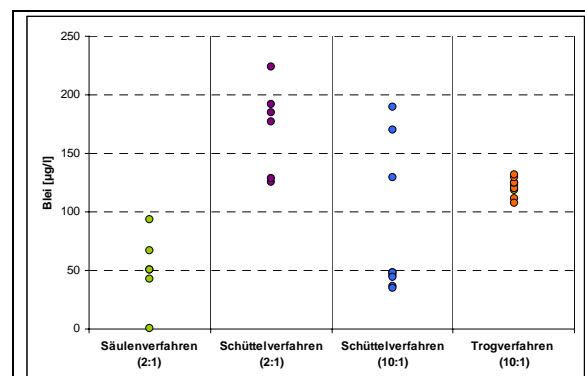
Bei den Kupfer-Konzentrationen im Eluat weisen das Schüttelverfahren (L/S

10:1) und das Säulenverfahren (L/S 2:1) die höchsten Streuungen der Einzelwerte auf (Abb. 2). Geringere Streubreiten weist das Schüttelverfahren mit einem L/S von 2:1 auf. Beim Trogverfahren liegen alle Cu-Konzentrationen im Eluat unterhalb der Bestimmungsgrenze von 5 µg/l.



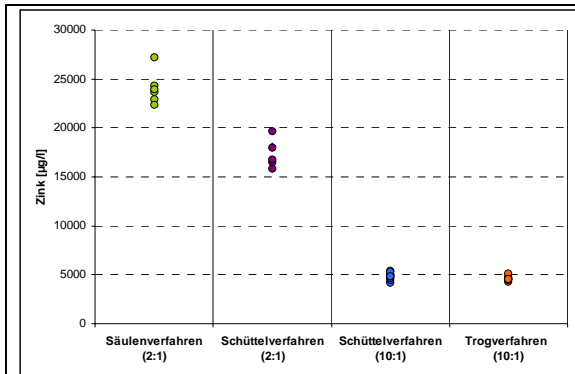
**Abb. 2:** Darstellung der Cu-Konzentrationen in den Eluaten der vier Elutionsverfahren

Bei den Pb-Konzentrationen zeigt das DEV-S4-Schüttelverfahren die größten Streubreiten auf (Abb. 3). Beim Trogverfahren liegen die Einzelwerte relativ eng beieinander, weil das Material mechanisch nicht beansprucht wird. Das Schüttelverfahren 2:1 weist die höchsten und das Säulenverfahren die geringsten Pb-Konzentrationen auf. Anscheinend liefern die beiden Verfahren für den Parameter Blei keine gut vergleichbaren Ergebnisse, was problematisch für die Bewertung eines Materials gemäß ErsatzbaustoffV wäre.



**Abb. 3:** Darstellung der Pb-Konzentrationen in den Eluaten der vier Elutionsverfahren

Beim Zink treten die höchsten Konzentrationen im Eluat des Säulenverfahrens auf. Die Werte des Schüttelverfahrens mit L/S 2:1 liegen signifikant niedriger (Abb. 4). Die Konzentrationen im S4-Schüttel- und im Trogverfahren sind sehr ähnlich und liegen gleichzeitig deutlich niedriger als bei den beiden anderen Verfahren, was an den unterschiedlichen L/S-Verhältnissen zu liegen scheint.



**Abb. 4:** Darstellung der Zn-Konzentrationen in den Eluaten der vier Elutionsverfahren

## Fazit

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass es sehr schwierig ist, unterschiedliche Elutionsverfahren direkt miteinander zu vergleichen, weil das Freisetzungverhalten der untersuchten Parameter von verschiedenen Reaktionen in der Boden/Wassersuspension und den unterschiedlichen Randbedingungen der Verfahren bestimmt wird.

Generell zeigt sich kein einheitliches Verhalten: Während bei einfachen Parametern, wie z. B. der elektrische Leitfähigkeit, hauptsächlich das L/S-Verhältnis eine Rolle spielt, sind bei gleichen L/S-Verhältnissen die Konzentrationen entweder im Säulen- oder im Schüttelverfahren höher. Die geringsten Streuungen weist erwartungsgemäß das Trogverfahren auf. Allerdings eignet sich das Trogverfahren weniger für standardisierte Bodenuntersuchungen als eher für die Elution von verfestigten Monolithen (z. B. Proctorkörpern).

Eine sichere Aussage, welches der angewandten Verfahren die beste Reproduzierbarkeit liefert, kann abschließend noch nicht beantwortet werden. Dafür sind ausführliche statistische Auswertungen erforderlich.

Vor dem Hintergrund der gesammelten Erfahrungen mit den vier Elutionsverfahren zeigt sich auch, dass das Säulenverfahren im Gegensatz zu den Schüttel- und dem Trogverfahren aufwendiger ist und sich schwieriger in die übliche Laborroutine integrieren lässt.

## Literatur

- [1] Arbeitsentwurf Ersatzbaustoffverordnung, Stand: 11/2007.
- [2] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.) (2008): TP Gestein-StB, Trogverfahren (Teil 7.1.2).
- [3] DIN 19529 (2009): Elution von Feststoffen - Schüttelverfahren zur Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen Stoffen mit einem Wasser/Feststoff-Verhältnis von 2 l/kg.
- [4] DIN 38414-4 (1984): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S4).
- [5] DIN 19528 (2009): Elution von Feststoffen - Perkulationsverfahren zur gemeinsamen Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen und organischen Stoffen.
- [6] Urban, H.-P.; Brille, F. u. H.-G. Preis (2009): Was bringt das neue Säulenverfahren im Vergleich zu den Schüttelverfahren? In: Müll und Abfall 7/09, S. 361-365.