

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

Merkblätter

Nr. 20

Empfehlungen für die Durchführung und
Auswertung von Säulenversuchen
gemäß Bundes-Bodenschutz- und
Altlastenverordnung (BBodSchV)

Essen, März 2000

Diesem Merkblatt liegen die Ergebnisse des Untersuchungsvorhabens „Vergleich und Bewertung von Untersuchungsmethoden zur Beurteilung der mobilen und mobilisierbaren Anteile von Gehalten ausgewählter organischer Schadstoffe in der ungesättigten Bodenzone - Methodenvergleich –" zugrunde, das im Auftrag und mit Begleitung des Landesumweltamtes NRW (Dipl.-Ing. Michael Odensaß, Dipl.-Ing. Stefan Schroers) von der Deutsche Montan Technologie GmbH, Essen (DMT, Projektleiter: Dr. Pfeifer) bearbeitet wurde.

Impressum

Herausgeber: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW)
Wallneyer Straße 6 • 45133 Essen • Telefon (0201) 7995-0 •
Telefax (0201) 7995-1448
E-mail: poststelle@essen.lua.nrw.de

Erscheinungsort/-datum: Essen, 2000

Redaktion: Dipl.-Ing. Michael Odensaß
Dipl.-Ing. Stefan Schroers
Landesumweltamt NRW

Schriftenvertrieb: Gemeinnützige Werkstätten Neuss, Am Krausenbaum 11,
41464 Neuss, Telefax (0 21 31) 74502110

Druck: Druckerei JVA Geldern

ISSN: 0947 - 5788

Informationsdienste
des LUA NRW: Umweltdaten aus NRW, Fachinformationen:
• Internet unter <http://www.lua.nrw.de>
• WDR-Videotext, 3. Fernsehprogramm, Tafeln 167-169

Gedruckt auf 100% Altpapier ohne Chlorbleiche

Vorwort

Die Beurteilung des Austrags von Schadstoffen aus dem Boden mit dem Sickerwasser in das Grundwasser ist bei Altlast-Verdachtsflächen und anderen Flächen mit Verdacht auf schädliche Bodenveränderungen häufig von Bedeutung für die Gefahrenermittlung und die Entscheidung über die Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen.


Zur Überprüfung der vorhandenen Methoden zur Untersuchung und Beurteilung des Wirkungspfades „Boden → Grundwasser“ hinsichtlich deren Aussagekraft und Reproduzierbarkeit sowie zur Erarbeitung von Empfehlungen für Verfahrens- und Auswertevorschriften hatte das Landesumweltamt NRW 1997 ein Untersuchungsvorhaben „Vergleich und Bewertung von Untersuchungsmethoden zur Beurteilung der mobilen und mobilisierbaren Anteile von Gehalten ausgewählter organischer Schadstoffe in der ungesättigten Bodenzone - Methodenvergleich -“ in Auftrag gegeben, das 1999 abgeschlossen wurde.

Für organische Schadstoffe können gemäß Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) die Stoffkonzentrationen im Sickerwasser mit Säulenversuchen ermittelt werden. Konkrete Versuchsvorschriften zur Durchführung und Auswertung von Säulenversuchen sind in der BBodSchV allerdings nicht enthalten. Eine Vorgehensweise zur Ableitung von Konzentrationen organischer Stoffe im Bodenwasser mit Hilfe von Säulenversuchen wird in der DIN Vornorm 19736 beschrieben. Im Rahmen des o. g. Untersuchungsvorhabens des Landesumweltamtes hat sich gezeigt, dass die in dieser DIN V 19736 formulierten Versuchs- und Auswertevorschriften in der praktischen Anwendung zu Problemen und Fehleinschätzungen führen können.

Aus diesem Grunde wurde im Landesumweltamt NRW aus den Ergebnissen und Erfahrungen des o. g. Untersuchungsvorhabens und auf Grundlage der DIN V 19736 der mit diesem Merkblatt vorliegende Methodenvorschlag zur Durchführung von Säulenversuchen abgeleitet. Damit liegt eine für den Praxiseinsatz geeignetere Versuchs- und Auswertevorschrift vor.

Das Landesumweltamt NRW empfiehlt die Durchführung von Säulenversuchen nach der mit diesem Merkblatt vorgelegten Versuchs- und Auswertevorschrift. Aus dem in Kürze beginnenden BMBF-Verbundvorhaben "Prognose des Schadstoffeintrages in das Grundwasser mit dem Sickerwasser" sind mittelfristig ergänzende Erkenntnisse zu diesem Thema zu erwarten.

Essen, im März 2000



Dr.-Ing. Harald Irmer
Präsident des
Landesumweltamtes
Nordrhein-Westfalen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Ausgangssituation	7
2 Methodenvorschlag für die Durchführung und Auswertung von Säulenversuchen	8
2.1 Anwendungsbereich	8
2.2 Versuchsaufbau	9
2.2.1 Bodenproben in ungestörter Lagerung	9
2.2.2 Bodenproben in gestörter Lagerung	11
2.3 Flussrate/Fließgeschwindigkeit	11
2.4 Probennahme Eluat	12
2.5 Auswertung	13
2.6 Übertragbarkeit und Interpretation der Ergebnisse	13
Literatur	14

1 Ausgangssituation

Die am 17.07.1999 in Kraft getretene Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) lässt für die Beurteilung des Wirkungspfades „Boden-Grundwasser“ neben der direkten Beprobung von Sickerwasser am Ort der Beurteilung folgende Verfahren zur Abschätzung des Stoffeintrags in das Grundwasser zu:

- Rückrechnung aus Untersuchungen im Grundwasserabstrom,
- In-situ-Untersuchungen oder
- Materialuntersuchungen im Labor

auch unter Anwendung von Stofftransportmodellen.

Ergebnisse dieser Materialuntersuchungen für die Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser sind insbesondere sinnvoll für Aussagen

- im Hinblick auf noch nicht eingetretene Grundwasserschäden oder
- bzgl. Schadstoffnachlieferung bei schon eingetretenen Grundwasserschäden.

Die mit o. g. Materialuntersuchungen unter Berücksichtigung der in diesem Merkblatt enthaltenen Verfahrensempfehlung ermittelten Eluatwerte sind gegenwärtig verwendbar für

- die Ermittlung von Eingangskonzentrationen (Quellstärke am Ort der Probennahme) für die sog. Sickerwasserprognose nach BBodSchV und für
- eine Abschätzung der Stoffkonzentration im Kontaktgrundwasser bei Vorliegen von organisch belastetem Boden- / Altlastmaterial in der gesättigten Grundwasserzone.

Die Ergebnisse der o. g. Materialuntersuchungen können bei der Altlastenbearbeitung Informationen liefern für

- erste orientierende Erkenntnisse im Hinblick auf mögliche Grundwassergefährdungen (im Rahmen der orientierenden Untersuchung),
- eine vergleichende Bewertung von vorliegenden Bodenbelastungen im Hinblick auf mögliche Grundwassergefährdungen (im Rahmen einer Detailuntersuchung),
- eine Prioritätensetzung bzgl. eines Sanierungsbedarfs für verschiedene Teilflächen eines Standortes (im Rahmen einer Sanierungsuntersuchung) und für
- eine orientierende Bewertung im Hinblick auf mögliche Grundwassergefährdungen von wiedereinzubauendem Material im Rahmen einer Altlastensanierung.

Dabei sind die o. g. Materialuntersuchungen Standort bezogen besonders gut interpretierbar bei

- repräsentativer Probennahme,
- relativ homogenem Untergrundaufbau und homogener Schadstoffverteilung,
- gegenüber einem Eintrag von belastetem Sickerwasser ins Grundwasser fehlenden Sperrschichten,
- vorhandenen Bodenbelastungen bis in die Nähe oder bis zum Ort der rechtlichen Beurteilung und
- vorhandenen Bodenbelastungen in der gesättigten Bodenzone zur Beurteilung der Belastung des Kontaktgrundwassers.

Als Methode zur Abschätzung der Schadstoffkonzentration im Sickerwasser anhand von Materialuntersuchungen dient die Herstellung von Eluaten mit Wasser/wässrigen Lösungen aus Bodenproben.

Für organische Schadstoffe ist gemäß Anhang 1, Nr. 3.3 der BBodSchV nur der Säulenversuch zugelassen, wobei die Standortbedingungen am Entnahmeort, insbesondere im Hinblick auf die Kontaktzeit, bei der Ergebnisermittlung zu berücksichtigen sind. Allerdings sind nach Tabelle 2, Anhang 1, Nr. 3.1.2 der BBodSchV auch Lysimeterversuche zugelassen. Diese dürften allerdings aufgrund der versuchstechnischen Randbedingungen i. d. R. keine große praktische Bedeutung haben. Weitere konkretisierende Ausführungen zu diesem Themenkomplex werden in der BBodSchV nicht gegeben.

Da der Ort der Entnahme der Probe, die zur Eluatherstellung genutzt wird, i.d.R. nicht mit dem Ort der Beurteilung des Schadstoffeintrags in das Grundwasser übereinstimmt, ist im Zuge der Sickerwasserprognose neben den Säulenversuchsergebnissen eine etwaige Abbau- und Rückhaltewirkung der ungesättigten Zone (Kriterien: Grundwasserflurabstand, Bodenart, C_{org} -Gehalt, pH-Wert, Sickerwasserrate, Mobilität/Abbaubarkeit) zu berücksichtigen. Hierfür kann der Einsatz von Stofftransportmodellen zweckmäßig sein.

2 Methodenvorschlag für die Durchführung und Auswertung von Säulenversuchen

Als wesentliche fachliche Grundlage für die Durchführung und Auswertung von Säulenversuchen existiert die DIN Vornorm 19736, Stand 10/1998 (DIN, 1998).

Das Landesumweltamt NRW hat von 1997 bis 1999 ein Untersuchungsvorhaben „Vergleich und Bewertung von Untersuchungsmethoden zur Beurteilung der mobilen und mobilisierbaren Anteile von Gehalten ausgewählter organischer Schadstoffe in der ungesättigten Bodenzone - Methodenvergleich –“ (LUA NRW, 1999) durchgeführt. Darin wurden verschiedene existierende Methoden zur Untersuchung und Beurteilung des Wirkungspfades „ungesättigte Bodenzone → Grundwasser“ auf ihre Aussagekraft und Reproduzierbarkeit hin überprüft. Der Schwerpunkt dieses Untersuchungsvorhabens lag auf Säulenversuchen. Es wurde festgestellt, dass die in der DIN V 19736 formulierten Versuchs- und Auswertevorschriften in der vorliegenden Form aus den folgenden Gründen in der praktischen Anwendung zu Problemen und Fehleinschätzungen führen können:

- Im Einzelfall sachgerecht die nach DIN V 19736 geforderte Fallunterscheidung vornehmen zu können, ist mit praktischen Schwierigkeiten verbunden.
- Eine Auswertung über die Emissionsrate kann somit zu einer deutlichen Überschätzung der Sickerwasserkonzentration führen.
- Der auf sandige Böden beschränkte Anwendungsbereich ist zu eng gefasst.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse aus dem Untersuchungsvorhaben des Landesumweltamtes NRW und unter Berücksichtigung der Daten anderer Arbeitsgruppen und der DIN V 19736 wird der folgende vorläufige Vorschlag für die Durchführung und Auswertung von Säulenversuchen gemacht.

Dieser Methodenvorschlag stellt den Versuch dar, die Durchführung und Auswertung der Säulenversuche für den Einsatz in der Untersuchungspraxis zu vereinheitlichen und zu vereinfachen. Es werden, soweit möglich, eindeutige Festlegungen vorgeschlagen.

2.1 Anwendungsbereich

Das Verfahren scheint nach den im o. g. Untersuchungsvorhaben gemachten Erfahrungen mindestens praktikabel für sandige und schluffige Böden und Anschüttungsmaterialien. Dabei

sollte der maximale Feinkorngehalt $d \leq 63 \mu\text{m}$ von ca. 70 % nicht überschritten werden, wobei davon der Tongehalt $d \leq 2 \mu\text{m}$ maximal 5 % betragen darf.

Der vorliegende Methodenvorschlag basiert auf Untersuchungen an PAK-belasteten Böden. Es kann angenommen werden, dass die Aussagen auf Stoffe mit ähnlichem Stoffverhalten übertragbar sind. Ob eine Übertragung uneingeschränkt zulässig ist, wurde bislang experimentell allerdings nicht abgesichert.

2.2 Versuchsaufbau

2.2.1 Bodenproben in gestörter Lagerung

Gemäß DIN V 19736 sollten die Materialien der Säulenapparatur so gewählt werden, dass während der Elution sowohl das Probenmaterial als auch das Säuleneluat nur mit Glas, Quarzsand, Edelstahl oder PTFE in Kontakt kommt. Abb. 1 zeigt den Versuchsaufbau, Tabelle 1 enthält Geräte.

In Abänderung der Empfehlung der DIN V 19736 werden aufgrund der Ergebnisse des LUA-Vorhabens für die Durchführung der Versuche mit Bodenproben aus gestörter Lagerung Säulen mit folgenden Abmessungen empfohlen:

Nutzbare Länge: 32 cm, Innendurchmesser (ID): ≥ 5 cm.

Dies entspricht einem nutzbaren Volumen von ≥ 620 ml,

Es wird empfohlen, dass die maximale Korngröße des eingebauten Materials den 0,2 fachen Wert des Säuleninnendurchmessers (ID) nicht überschreitet. Es ist in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Grobkorns im Einzelfall zu entscheiden, ob das Grobkorn abgesiebt und für den Säulenversuch verworfen werden kann oder ein größerer Säulendurchmesser verwendet werden soll. Das Verhältnis Säulenlänge zu Durchmesser sollte den Wert 3 nicht unterschreiten.

Das Material ist erforderlichenfalls nach Lufttrocknung in die Säule einzubauen. Durch die Trocknung darf keine Aggregatbildung erfolgen. Von einem stückigen Einbau des Materials in die Säule ist abzusehen.

Für den Einbau der Bodenproben in die Säulen wird die in der DIN V 19736 beschriebene Vorgehensweise empfohlen. Demnach erfolgt der Einbau am besten stufenweise, wie im folgenden aus der DIN V 19736 zitiert (*kursive Darstellung*):

a) Vorbereiten der Glassäule

Die Säule wird aufrecht an einem Stativ befestigt. Die untere Öffnung (Schraubverschluss) der Säule wird mit Glaswolle locker gepackt, um ein Nachfallen von Filtersand zu verhindern. Alternativ können Glassäulen mit eingeschweißter Keramikfritte benutzt werden. Die Glaswolle sollte vorher mit Lösemittel gereinigt bzw. überprüft werden, um sicherzustellen, dass sie frei von den zu untersuchenden Stoffen ist. Über einen PVC-Schlauch und Adapter wird der Säulenzulauf und der Pumpenschlauch der Peristaltikpumpe verbunden. Schlauchklemmen werden verwendet, um ein Leerlaufen der Säule bei Betriebsstörungen (z. B. beim Ausfall der Pumpe) zu verhindern.

Der Einsatz von Mehrkanalpumpen für die gleichzeitige Untersuchung verschiedener Bodenmaterialien kann aufgrund von unterschiedlichem Druckverlust bei verschiedenen Bodenmaterialien zu unterschiedlichen Flussraten in den Säulen führen.

b) Einbau von Probe und Filterschicht

Der Einbau der unteren Filterschicht (100 g Quarzsand, 1 mm bis 2 mm Korndurchmesser) erfolgt nach Fluten der Säule um etwa 2 cm. Der Einbau unter Wasser verhindert Gaseinschlüsse. Der Einbau der Probe erfolgt portionsweise bei simultaner Flutung der Säule. Um eine Korngrößen-separation der Proben durch Sedimentation zu verhindern, darf der Wasserspiegel während des Einbaus nicht zu hoch stehen. Auf das Probenmaterial wird dann die 2 bis 3 cm mächtige obere Filterschicht aufgebracht, die den Austrag von Feinmaterial minimieren und ein Verstopfen der Stahlleitung verhindern soll. Vor dem Aufbringen der oberen Filterschicht sollte überstehendes, trübes Wasser entfernt werden, um eine Mischung von Filtermaterial und Trübstoffen oder Emulsionen zu verhindern.

c) Abdichtung und Durchführung der Elution

Den Glasschliff am oberen Säulenende mit 3 bis 5 Lagen PTFE-Band abdichten, den Deckel aufsetzen, anpressen und in Wickelrichtung des PTFE-Bandes etwas andrehen (den Schliff nicht fetten). Obere Verschlusskappe (Lochkappe) mit PTFE-beschichtetem Septum mit Säulenauslass (Deckel) verschrauben. Edelstahlleitung in das Septum einsetzen und die Säule vollständig mit Wasser füllen. Zur Beprobung wird die Edelstahlleitung in die Probennahmeflasche (Abdichtung z. B. durch Schraubverschluss mit Lochkappe und PTFE-beschichtetem Septum) geführt. Die Entlüftung der Probennahmeflasche erfolgt durch Einsetzen einer Kanüle in das Septum. Ansonsten wird das Säuleneluat gesammelt, bei starker Kontamination entsorgt oder nach Reinigung über Aktivkohle abgeleitet.

Es wird empfohlen, bei Bedarf ggf. ein Biostatikum in den Vorlagebehälter vorzugeben, um mikrobielle Abbauprozesse zu unterbinden. Es sollte eine Braunglasflasche verwendet werden.

Gemäß DIN V 19736 ist die Elution in jedem Fall unter wassergesättigten Bedingungen durchzuführen.

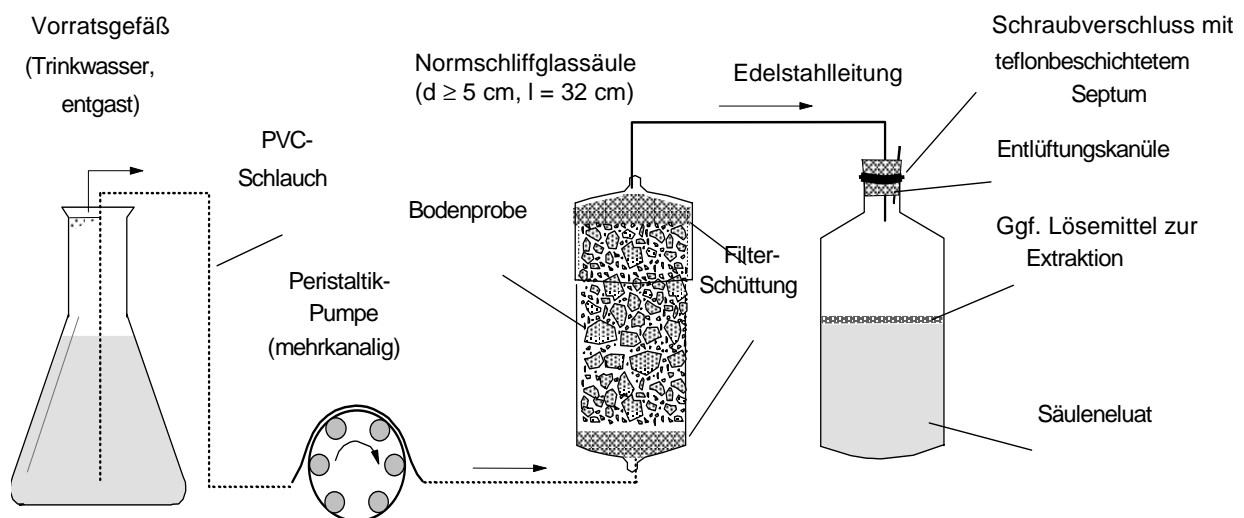


Abb. 1: Aufbau der Säulenversuche (verändert nach DIN V 19736, schematisiert)

Versuchsmaterialien	Material / Typ	Maße
Normalschliffglassäulen (Säule und Deckel)	Glassäule mit Hülsenschliff, Deckel mit Kernschliff-Säule und Deckel mit Schraubverschlüssen	l: 32 cm, ID: ≥ 5 cm Normalschliff 71/51 GL 14
Glaswollenfilter oder Glasfritte, Säulenein- und -ausgang	Quarzwolle	
Filterschicht	Quarzsand/-kies	1 bis 2 mm
Schlauchadapter auf Zuleitungsschlauch	PTFE mit Gummidichtung	ID: 2 mm, AD: 4 mm
Dichtungen (Säulenausgang)	PTFE-beschichtete Silikonsepten	D: 12 mm
Dichtung für Glasschliff	PTFE-Band	
Peristaltik-Pumpenschläuche	Tygon	ID: 1,02 mm; AD: 2,74 mm
Schläuche (Zuleitung)	PVC o.ä.	ID: 3 mm, AD: 5 mm
Schlauchverbinder	Polypropylen	2,4 mm bis 3,4 mm
Edelstahlleitungen (Ableitung)	Rostfreier Stahl, Nickel	ID: 1 mm; AD: 2 mm

Tab. 1 : Beispiele für Materialien und Geräte (verändert nach DIN V 19736)
(ID = Innendurchmesser, AD = Außendurchmesser)

2.2.2 Bodenproben in ungestörter Lagerung

In der DIN V 19736 werden zur Untersuchung von Bodenproben in ungestörter Lagerung folgende Hinweise gegeben:

Der wesentliche Vorteil der Entnahme von Bodenproben in ungestörter Lagerung ist in der Konservierung der Probe hinsichtlich leichtflüchtiger Stoffe sowie im Erhalt des natürlichen Bodengefüges (wichtig z. B. bei einer diffusionslimitierten Freisetzung aus der Bodenmatrix) zu sehen. Die Elution kann unter Verwendung geeigneter Deckel (mit Zu- und Ableitung des Elutionsmittels) z. B. direkt in der Kernhülse (In-Liner) durchgeführt werden. Kunststoff-Liner dürfen wegen möglicher Memory-Effekte nicht wiederverwendet werden.

Die Repräsentativität von Versuchen mit ungestörten Proben kann erst belegt werden, wenn nach Versuchsende der Feststoff untersucht wurde.

Kunststoffliner können ggf. zu Sorptionsverlusten führen. Als Alternative bieten sich Metallzylinder an.

2.3 Flussrate/Fließgeschwindigkeit

Laut DIN V 19736 sollte die Fließgeschwindigkeit in der Säule möglichst auf die realen Verhältnisse eingestellt werden.

Wenn die realen Verhältnisse nicht bekannt sind (Regelfall), wird in Abänderung der Empfehlung der DIN V 19736 aufgrund der Ergebnisse des LUA-Vorhabens eine spezifische

Flussrate von 0,01 ml/(min · cm²) empfohlen. Dies entspricht einer Flussrate von 0,19 ml/min bei einem Säulendurchmesser von 5 cm.

Bei dieser vorgeschlagenen Flussrate von 0,19 ml/min und den unter 2.2 empfohlenen Säulenabmessungen ergibt sich rechnerisch bei einem angenommenen mittleren Porenvolumen der Bodenschüttung in der Säule von n = 45 % eine Kontaktzeit Elutionsmittel/Boden von ca. 24 h¹⁾. In diesem Zeitintervall ist eine Gleichgewichtseinstellung nach den vorliegenden Erfahrungen weitgehend abgeschlossen.

Im Rahmen des LUA-Untersuchungsvorhabens wurden auch für Bodenproben mit sorptiv gebundenen Schadstoffen Kontaktzeiten von maximal 12 h zur Gleichgewichtseinstellung festgestellt. Daher kann unter den genannten Randbedingungen (Flussrate, Säulenabmessungen) davon ausgegangen werden, dass auch bei Material mit geringeren Porenanteilen²⁾ als 45 % eine ausreichende Kontaktzeit zur Gleichgewichtseinstellung gegeben ist.

Auch bei anderen als den unter 2.2 empfohlenen Säulenabmessungen (z.B. bei Untersuchung von ungestörten Proben) ist durch Variation der Flussrate eine Kontaktzeit von mindestens 24 h zu gewährleisten¹⁾.

Die Flussrate wird durch die Bestimmung des Eluatvolumens pro Zeiteinheit kontrolliert.

2.4 Probennahme Eluat

Nach DIN V 19736 sollte die Probennahme erfolgen, wenn die Trübung auf natürliche Werte, wie sie im Bodenwasser vorherrschen, zurückgegangen ist und somit Artefakte abgeklungen sind, die auf die Störung des Korngefüges bei der Probennahme bzw. beim Probeneinbau in gestörter Lagerung zurückzuführen sind. Im LUA-Untersuchungsvorhaben wurde häufig auch bei längeren Versuchslaufzeiten keine Trübung < 10 FNU erreicht.

Daher wird empfohlen, die Eluat-Probennahme einheitlich nach Austausch von 2-3 Porenvolumina zu beginnen.

Bei der vorgeschlagenen Flussrate und Säulenlänge und einem angenommenen mittleren Porenvolumen von n = 45 % ist der Austausch von 2-3 Porenvolumina nach ca. 2-3 Tagen abgeschlossen. Für die Sammlung von 1 l Eluat (Standardprobenvolumen für PAK-Analytik) ist bei einem Säulendurchmesser von 5 cm ein Zeitraum von ca. 4 Tagen erforderlich.

Damit wäre die Probennahme nach einer Laufzeit von 6-7 Tagen abgeschlossen. Eine Verkürzung dieser Zeitspanne ergibt sich beim Einsatz von Säulen mit größerem Durchmesser und entsprechend erhöhter Flussrate¹⁾. Dabei sollte das Verhältnis Säulenlänge zu Durchmesser von 3 nicht unterschritten werden.

Bei Trübungswerten > 10 FNU sollte eine Aufbereitung der Eluate (Abtrennung von Partikeln) erfolgen.

Als Methode für die Aufbereitung der Eluate wird aufgrund der im LUA-Untersuchungsvorhaben erzielten Ergebnisse und unter Berücksichtigung der Daten anderer Arbeitsgruppen (insbesondere FhG Schmallenberg, LfU Baden Württemberg) eine Zentrifugation (z. B. 20.000 · g mit einer Dauer von 20 min) im Edelstahlgefäß

¹⁾ Flussrate [ml/min] = Füllvolumen [ml] · Porenanteil n [-] / (Kontaktzeit t [h] · 60 [min/h])

²⁾ Wenn der Porenanteil in der Säule im Einzelfall bestimmt werden soll, kann dies näherungsweise über den Wasserverbrauch während des Probeneinbaus oder mittels Wägung der Säule nach Probeneinbau unter Berücksichtigung der eingebauten Feststoffmasse erfolgen.

vorgeschlagen. Sollten trotz Zentrifugation Trübungswerte > 10 FNU auftreten, wird eine zusätzliche Filtration über 0,45 µm Glasfasermikrofilter empfohlen.

2.5 Auswertung

Bei der in Abänderung der Empfehlungen der DIN V 19736 in dieser Vorschrift vorgeschlagenen Flussrate und den hier vorgeschlagenen Säulenabmessungen (siehe 2.2 und 2.3) wird eine theoretische Kontaktzeit zwischen Eluent und Bodenmaterial von ca. 24 h sichergestellt. Nach den Ergebnissen des v. g. LUA-Untersuchungsvorhabens und allgemeinem Kenntnisstand stellen sich in dieser Zeitspanne annähernd Gleichgewichtsbedingungen zwischen sorbiertem und gelöstem Schadstoffanteil ein. Deshalb kann in erster Näherung die Eluatkonzentration mit der Konzentration des Sickerwassers gleichgesetzt werden:

$$C_{\text{Eluat}} = C_{\text{Sickerwasser}}$$

Die Fallunterscheidung nach DIN V 19736 in

- Schadstoffe in residueller Phase (generell Gleichgewichtsbedingungen) und
- Schadstoffe in sorbierter Form (generell Nicht-Gleichgewichtsbedingungen),

welche nach den vorliegenden Erfahrungen nur mit erheblichem experimentellen Aufwand sicher zu treffen wäre und entsprechend unterschiedliche Auswerteformeln für die Sickerwasserkonzentration erfordern würde, erübrigt sich damit.

2.6 Übertragbarkeit und Interpretation der Ergebnisse

Aus den im Rahmen der LUA-Untersuchungsvorhaben "Methodenvergleich" (LUA NRW, 1999) und "Lysimeterversuche" (LUA NRW, 1998) erzielten Ergebnissen und aufgrund grundlegender theoretischer Überlegungen kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass bzgl. der realen Sickerwasserkonzentration die Ergebnisse von Säulenversuchen gegenüber der DIN 38414-S4-Elution realitätsnähere Ergebnisse liefern.

Die vorliegenden Empfehlungen wurden aufgrund von Versuchen mit PAK-belasteten Böden aufgestellt. Ob eine Übertragung der Empfehlungen uneingeschränkt auf andere Stoffgruppen zulässig ist, wurde bislang experimentell nicht abgesichert. Es kann jedoch angenommen werden, dass die Aussagen auf Stoffe mit ähnlichem Stoffverhalten übertragbar sind.

Es ist anzunehmen, dass die im Säulenversuch ermittelten Gleichgewichtskonzentrationen den Schadstoffgehalten im Bodenwasser unter Feldbedingungen entsprechen, wenn sich auch im Feld Gleichgewicht zwischen gelöstem und gebundenem bzw. in Phase vorliegendem Stoffanteil einstellt. Ob die im Säulenversuch ermittelten Konzentrationen immer exakt den Feldbedingungen (reale Sickerwasserkonzentrationen) entsprechen, kann anhand der erzielten Ergebnisse nicht abgeleitet werden. Denn die Gleichgewichtseinstellung unter Feldbedingungen ist u. a. von den Fließvorgängen abhängig, die sich von den Randbedingungen eines Säulenversuchs unterscheiden und vor allem durch die Lagerungsbedingungen (u. a. Makroporen, Lagerungsdichte) sowie die unterschiedliche Intensität, Verteilung und Dauer der Niederschläge mit Einfluss auf die Flussrate beeinflusst werden. Darüber hinaus ist der Einfluss des mikrobiellen Abbaus auf die Sickerwasserkonzentrationen zu beachten. Diese Einflussfaktoren führen dazu, dass sich im Sickerwasser unter Feldbedingungen in der Regel niedrigere Konzentrationen im Vergleich zum Säuleneluat einstellen. Daher liegt die im Säuleneluat ermittelte Konzentration auf der sicheren Seite. Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass bei Konzentrationen

im Säuleneluat unterhalb der Prüfwerte nach BBodSchV keine Gefahren für das Grundwasser zu erwarten sind.

Aufgrund der bei Altlasten vorzufindenden vielfältigen Bodenmaterialien und Stoffmatrizes wäre zur quantitativen Abschätzung der o. g. Einflussfaktoren eine Vielzahl weiterer statistisch abgesicherter Grundlagenuntersuchungen erforderlich.

Aus diesem Grunde hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ein FuE-Verbundvorhaben „Prognose des Schadstoffeintrages in das Grundwasser mit dem Sickerwasser“ aufgelegt. Die zu erwartenden Ergebnisse können mittelfristig einen weiteren Beitrag zur Validierung von Säulenversuchen liefern.

Literatur

DIN (1998): DIN V 19736. "Bodenbeschaffenheit, Ableitung von Konzentrationen organischer Stoffe im Bodenwasser".

LUA NRW (1998): „Versuche mit PAK-belasteten Böden in 4 Großlysimetern zur Beurteilung der Grundwassergefährdung sowie Vergleich mit Elutionsmethoden". Band 6 der LUA-Schriftenreihe "Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz".

LUA NRW (2000): „Vergleich und Bewertung von Untersuchungsmethoden zur Beurteilung der mobilen und mobilisierbaren Anteile von Gehalten ausgewählter organischer Schadstoffe in der ungesättigten Bodenzone - Methodenvergleich –“. Veröffentlichung in der LUA-Schriftenreihe "Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz" (in Vorbereitung).