

## Anhang 2.2 Hinweise zur Auswahl von Elutionsverfahren (Stand 4-2011)

### Vorgaben der BBodSchV(1999)

**Anorganische Stoffe:** In der BBodSchV werden drei Elutionsverfahren explizit genannt, mit denen die Stoffkonzentration anorganischer Schadstoffe im Sickerwasser abgeschätzt werden kann:

Der **Bodensättigungsextrakt**, der **Ammoniumnitrat-Extrakt** nach DIN 19730 und das **S4-Verfahren** nach DIN 38414-4. Laut BBodSchV kommt die im Bodensättigungsextrakt bestimmte Schadstoffkonzentration der realen Konzentration im Sickerwasser am nächsten (Anhang 1 Nr. 3.3 BBodSchV). Anstelle des Bodensättigungsextraktes sind andere Verfahren zulässig (z. B. S4-Verfahren), wenn die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sichergestellt ist.

Die drei genannten Verfahren weisen insbesondere beim Wasser/Feststoff-Verhältnis wesentliche Unterschiede auf. Beim S4-Verfahren ist dieses Verhältnis etwa 20mal größer als beim Bodensättigungsextrakt.

Die Erfahrungen bei der Anwendung der o.g. Elutionsverfahren zeigen:

- Der Bodensättigungsextrakt ist kein praktikables Verfahren zur Abschätzung der Mobilität altlastrelevanter Schadstoffe
- Das S4-Verfahren führt i. d. R. zu Unterbefunden gegenüber dem Bodensättigungsextrakt
- Der Ammoniumnitrat-Extrakt führt i. d. R. zu deutlichen Überbefunden gegenüber dem Bodensättigungsextrakt
- Eine Umrechnung zwischen den Verfahren ist nicht möglich (z. B. die Umrechnung von einer S4-Eluat-Konzentration auf eine Bodensättigungsextrakt-Konzentration)

Daraus folgt, dass keines der genannten Elutionsverfahren für die Abschätzung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser geeignet ist.

In der Praxis wird daher zunehmend der 2:1-Schüttelversuch (DIN 19529, DIN EN 12457-1) angewendet, der ein Wasser/Feststoff-Verhältnis von 2:1 aufweist (siehe unten „Vorgaben der BBodSchV-neu“). Der 2:1-Schüttelversuch stellt einen Kompromiss zwischen Realitätsnähe und Praktikabilität dar. Zukünftig ist auch mit einer vermehrten Anwendung des Säulenversuchs zu rechnen (DIN 19528).

**Organische Stoffe:** In der BBodSchV wird für die Elution organischer Schadstoffe auf den Säulenversuch hingewiesen. Da 1999 kein normiertes Säulenverfahren verfügbar war, ist in der BBodSchV kein konkretes Verfahren genannt.

In den ersten beiden Auflagen dieses Handbuchs wurde der Säulenversuch nach Merkblatt Nr. 20 LUA-NRW „Empfehlungen für die Durchführung und Auswertung von Säulenversuchen“ als eher geeignet angesehen als der Säulenversuch nach der Vornorm V DIN 19736 (die Vornorm ist mittlerweile zurückgezogen).

Seit 2009 steht mit der DIN 19528 ein normiertes Säulenverfahren zur Verfügung (siehe unten). Diesem Säulenverfahren ist daher der Vorzug zu geben.

## Vorgaben der BBodSchV-neu

In der Neufassung der BBodSchV (BBodSchV-neu, Entwurf Stand 1-2011) werden folgende Elutions-/Perkolationsverfahren genannt:

- DIN 19529 zur Elution anorganischer Stoffe (2:1-Schüttelversuch)
- E DIN 19527 zur Elution organischer Stoffe (2:1-Schüttelversuch)
- DIN 19528 zur Elution/Perkolation anorganischer und organischer Stoffe (Säulenversuch).

Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf die o. g. Verfahren. Die in der BBodSchV (1999) genannten Verfahren „Bodensättigungsextrakt“ und „S4-Verfahren“ können unter fachlichen Gesichtspunkten nicht empfohlen werden. Bei speziellen Fragestellungen können das „pH<sub>stat</sub>-Verfahren“ und die „Zentrifugation zur Gewinnung von Porenlösung“ weiterhin angewendet werden (siehe Anhang 2.1).

**Anorganische Stoffe:** Sowohl der Schüttelversuch nach DIN 19529 als auch der Säulenversuch nach DIN 19528 sind geeignet.

**Organische Stoffe:** Sowohl der Schüttelversuch nach E DIN 19527 als auch der Säulenversuch nach DIN 19528 sind bei einigen organischen Schadstoffen, insbesondere PAK, anwendbar. Ringversuche mit PAK-belasteten Böden liegen für beide Verfahren vor. Das Schüttelverfahren E DIN 19527 ist nicht geeignet für leichtflüchtige Stoffe (z.B. LCKW, BTEX) oder biologisch sehr leicht abbaubare Stoffe (z.B. Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), insbesondere n-Alkane). Gleiches gilt für das Säulenverfahren DIN 19528, auch wenn diese Einschränkungen dort nicht explizit genannt sind.

Für die altlastrelevante Schadstoffgruppen LCKW, BTEX und MKW sind weder der Schüttelversuch noch der Säulenversuch zu empfehlen. Im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Grundwasser ist die Bestimmung der Schadstoff-Gesamtgehalte erforderlich. Bei den Mineralölprodukten Diesel, Heizöl, Kerosin und Schmieröl ist zusätzlich die Auswertung der Mineralöl-Gaschromatogramme sinnvoll (nach Handbuch Altlasten Band 3 Teil 5).

### Schüttelversuch oder Säulenversuch?

Vorteile des Säulenversuchs:

- Der Säulenversuch nach DIN 19528 ist sowohl für anorganische Stoffe als auch für organische Stoffe anwendbar.
- Für die Charakterisierung eines Bodens/Abfalls bei komplexen Fragestellungen (z.B. zeitliche Abhängigkeit der Eluatkonzentration) kann der Säulenversuch Hinweise geben
- Die Untersuchung von Materialien erfolgt weitgehend in dem Zustand, wie sie auch verwertet werden.

Nachteile des Säulenversuchs:

- Säulenversuche sind zeitaufwändiger und teurer als Schüttelversuche.
- Bindige Böden werden vor dem Einbau in die Säule mit Quarzsand vermischt. Hierzu liegen nahezu keine Erfahrungen vor.
- Es ist ein Mehraufwand bei der Planung der Versuchsdurchführung wegen der material-spezifischen Flussraten notwendig (Berechnung der Flussrate für jeden Versuch).

#### Weitere Aspekte:

- Vergleichende Untersuchungen von Schüttel- und Säulenverfahren zeigen, dass eine Vergleichbarkeit beider Verfahren in vielen Fällen nicht gegeben ist. Artefakte (Trübung) können bei beiden Verfahren auftreten.
- Die Reproduzierbarkeit von Säulen- und Schüttelversuchen ist vergleichbar; sie ist bei beiden Verfahren relativ gering
- Bei Böden/Materialien mit hohen Grobkornanteilen ist eine große Probenmenge zu untersuchen. In diesem Fall ist der Aufwand für Säulenversuche vergleichsweise höher einzuschätzen als für Schüttelversuche.
- Bei partikelgebundenen Schadstoffen kann der Säulenversuch Vorteile gegenüber dem Schüttelversuch haben, da die mechanische Beanspruchung geringer ist und somit weniger Partikel mobilisiert werden. Andererseits wurde an Bodenproben beobachtet, dass beim Säulenversuch mit zunehmender Versuchsdauer die Eluattrübung und die Stoffkonzentration im Eluat zunahm. Mögliche Erklärung: Die Elution mit deionisiertem Wasser führt zu einer Abnahme der Ionenstärke im Eluat, sodass wasserunlösliche Huminstoffe aus dem Bodenmaterial mobilisiert werden.
- Bei gleichem Budget kann mit dem (preisgünstigeren) Schüttelverfahren eine größere Probenzahl untersucht werden als mit dem Säulenverfahren. Dies kann Vorteile haben, wenn der zu untersuchende Boden heterogen ist.
- Sollen sowohl anorganische als auch organische Stoffe untersucht werden, können beim Säulenverfahren beide Stoffgruppen aus dem gewonnenen Eluat/Perkolat bestimmt werden können. Beim Schüttelversuch kann die 24stündige Elution für beide Stoffgruppen gemeinsam erfolgen. Zur anschließenden Phasentrennung ist eine separate Behandlung der Eluatfraktionen erforderlich.

Eine generelle Empfehlung, ob Schüttel- oder Säulenversuche vorzuziehen sind, kann nicht gegeben werden. Im Einzelfall ist abzuwägen, welchem Verfahren der Vorzug gegeben wird.

#### Literatur:

R. Lichtfuss: Säulenversuche – wird es dadurch besser? Vortrag auf dem 9. Niedersächsischen Bodenschutzforum, Hannover 2008

R. Lichtfuss, U. Borchert: Probleme der Reproduzierbarkeit bei Elutionsverfahren, Vortrag beim 2. Anwendertreffen Elutionsverfahren, Berlin 9.11.2010

H. Jäger: Anwendung der neuen Elutionsverfahren im Vollzug, Vortrag beim 2. Anwendertreffen Elutionsverfahren, Berlin 9.11.2010

U. Kalbe, W. Berger, O. Krüger: Aspekte der Versuchsplanung von Säulenversuchen – Möglichkeiten der Optimierung und Fallbeispiele, Vortrag beim 2. Anwendertreffen Elutionsverfahren, Berlin 9.11.2010

U. Kalbe, W. Berger, F.-G. Simon: Praktische Aspekte der Anwendung von Eluierungsverfahren nach DIN 19528 und DIN 19529, Altlasten spektrum 1/2009

HLUG: Handbuch Altlasten Band 3 Teil 5 „Auswertung von Mineralöl-Gaschromatogrammen“, 2005