

**Fachbeirat Bodenuntersuchungen**



**Vorsitzender: Prof. Drs. Dr. h. c. Konstantin Terytze**

**Stellungnahme des FBU  
zum Einsatz von Verfahren der Vor-Ort-Analytik  
im Anwendungsbereich der Bundesbodenschutz- und  
Altlastenverordnung  
(BBodSchV)**

**Berlin, Juni 2004**

## 1 Einleitung

### 1.1 Zielsetzung und Begriffe

Die Bezeichnung „Vor-Ort-Analytik“ (VOA) wird in der Regel auf alle analytischen Untersuchungsverfahren angewendet, die wegen ihrer technischen Ausstattung eine ortsungebundene, schnelle und flexible Durchführung erlauben. Bei der VOA überschneiden sich somit Anforderungen der ortsungebundenen Analytik (a) mit denen der schnellen Analytik (b).

(a) Ortsungebundene Analytik umfasst im Grundsatz die Durchführung der Verfahren, die mobil am Ort des Analyten einsetzbar sind (z. B. GC, IR, RFA). Die Tatsache der möglicherweise vorhandenen Miniaturisierung – u. U. einhergehend mit dem Einsatz alternativer Sensorik – ist ein Kann, kein Muss.

(b) Schnelle Analytik umfasst automatisch Vereinfachung der Schritte Probennahme, Probenvorbehandlung und Bestimmung zum Beispiel als Folge der Integration der Verfahrensschritte.

Unter dem im englischen Sprachraum angewendeten Begriff „Field Screening“ werden Felduntersuchungen als Erkundungsstrategien verstanden.

Der Begriff „Vor-Ort-Analytik“ wird also in der Fachwelt in seiner Bedeutung offen angewendet und dabei werden alle diejenigen Verfahren angesprochen, welche alternativ zur klassischen Laboranalytik geeignet sind, schnelle - ggf. direkt am Probennahmeort – Untersuchungsergebnisse zu erzielen.

Im Kontext der BBodSchV (1) wird unter VOA die Gesamtheit aller Verfahren verstanden, welche mobil und daher am Ort der Analyten einsetzbar sind.

Im Folgenden werden wir den Begriff VOA für Verfahren verwenden, die für den Feldeinsatz geeignet sind. Hierunter können neuartige Untersuchungsverfahren fallen, welche sich durch hohe Miniaturisierung oder spezielle Sondentechnik auszeichnen und in der klassischen Laboranalytik keinen Einsatz finden (VOA im engeren Sinne), aber auch Verfahren, welche wegen der Vereinfachung bestimmter Verfahrensschritte in einem Messfahrzeug untergebracht werden können.

## 1.2 Rechtlicher Rahmen

Die für Bodenuntersuchungen im gesetzlich geregelten Bereich festgelegten analytischen Verfahren sind im Anhang 1 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) (1) genannt.

Gemäß Anhang 1 der BBodSchV, Nummer 2.1 „Probennahmeplanung für Bodenuntersuchungen - Festlegung der Probennahmestellen und Beprobungstiefen“ werden Verfahren genannt, um die räumliche Verteilung der Schadstoffe zu ermitteln. Weiter wird ausgeführt: *„für die Festlegung von Probennahmestellen können auch Ergebnisse aus einer geeigneten Vor-Ort-Analytik herangezogen werden“*.

Die BBodSchV spezifiziert den Begriff Vor-Ort-Analytik nicht näher und verweist im Einzelnen auch nicht auf bestimmte Verfahren. Damit lässt die Verordnung die Vor-Ort-Analytik ausdrücklich für die Erkundung zu, bleibt jedoch bezüglich der einzusetzenden Verfahren offen. Über den genannten Einsatzbereich der Erkundung hinaus werden weitere Einsatzmöglichkeiten der Vor-Ort-Analytik damit grundsätzlich nicht ausgeschlossen. Für diese Fälle ist die Gleichwertigkeit sowie die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit den in der BBodSchV zitierten Verfahren nachzuweisen und zu dokumentieren (vgl. Anhang 1, Nr. 3.1.3 der BBodSchV). Die einschlägigen Anforderungen der Qualitätssicherung sind zu erfüllen (vgl. Anhang 1, Nr. 4 der BBodSchV).

## 2 Sachstand

In den letzten Jahren fanden mehrere Tagungen zu dem Thema VOA statt, die den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik darstellten und deren Ergebnisse in Monographien zusammengefasst sind (2, 3, 4). Darüber hinaus sind eine Reihe Publikationen von allgemeinem grundsätzlichem Charakter erschienen, bei denen die Darstellung gegenwärtig vorhandener und exemplarisch angewendeter Verfahren im Vordergrund steht.

Als Ergebnis dieser Fachtagungen (2, 3, 4) kann festgestellt werden, dass für eine effektive VOA weniger die Optimierung z. B. durch Miniaturisierung der klassischen Verfahren der Umweltanalytik wie GC, GC/MS, AES oder ICP im Vordergrund stehen, sondern dass vor allem die Anpassung und Weiterentwicklung alternativer Messtechniken, die bisher in der Umweltanalytik eine untergeordnete Rolle gespielt haben, betrieben wird. Hierzu gehören sensorbasierte Verfahren (tauchfähige Sonden, elektronische „Nasen“), nichtsensorbasierte Verfahren (RFA, LIF, IMS) und biologische Verfahren (Immunoassay). Nennenswerte Anstrengungen gehen dahin, kleine Messfühler zu entwickeln, die selbst keine aktiven Bauteile enthalten und unter Verwendung z. B. glasfaseroptischer Materialien einen Einbau in Drucksonden und damit eine In-Situ-Analytik ermöglichen. Daneben existieren starke Bestrebungen, neue schnelle und möglichst einfache Probenaufbereitungs- und Probenextraktionsverfahren zu entwickeln (z. B. Mikroextraktion).

In den letzten Jahren wurden einige VOA-Verfahren für die Voruntersuchung von belasteten Böden weiterentwickelt und können gegenüber Laborverfahren deutliche zeitliche Vorteile bieten. Von der Bund-/Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) werden einige ausgewählte Verfahren in der LABO-Arbeitshilfe Qualitätssicherung (6) für die Bestimmung

- von Schwermetallen,
- von ausgewählten Ionen (u. a. Fluorid, Cyanid, Nitrat, Nitrit, Ammonium)
- von Summenparametern (DOC, AOX, MKW),
- von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK),
- von Monoaromaten (BTEX),
- von C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-Halogenkohlenwasserstoffen (LHKW),
- von ausgewählten weiteren organischen Stoffen (z. B. TNT)

beschrieben.

Die LABO-Arbeitshilfe gibt im Einzelnen Hinweise, welche Verfahren eingesetzt werden können, wie Teststäbchen, Prüfröhrchen, Reaktionsküvetten tests mit anschließender spektrochemischer Detektion, Immunoassay (ELISA), zerstörungsfreie Verfahren wie RFA, Sensortechnik, ionensensitive Elektroden, etc.. Eine Überprüfung der Anwendung im Einzelfall ist jedoch unverzichtbar.

### **3 Zusammenfassende Stellungnahme**

Im Hinblick auf den Vollzug der BBodSchV stellen sich vor allem folgende Fragen.

#### **3.1 Für welche Fragestellungen ist die VOA die „Methode der Wahl“?**

Grundsätzlich sind die Verfahren der VOA geeignet für die Festlegung der Probennahmepunkte.

Die VOA kann qualitative Aussagen zu den enthaltenen Stoffen sowie halbquantitative oder unter bestimmten Umständen auch quantitative Ergebnisse der Stoffgehalte (in Böden) liefern. Die VOA ist idealtypisch geeignet, auf einer Fläche die Konzentrationsverteilung zu beschreiben und damit die Eckpunkte für eine weitergehende Untersuchung festzulegen. Dies ist der in der BBodSchV beschriebene Anwendungsbereich.

VOA als Einsatz von Labormethoden im Feld kann zusätzlich dazu beitragen, die Verfügbarkeit von Analyseergebnissen zu beschleunigen. Änderungen der Stoffgehalte in Böden, die während des Proben transports zur Laboranalyse durch Verflüchtigung oder mikrobielle Reaktionen oder Wechselwirkungen mit dem Gefäßmaterial auftreten könnten, können mit Hilfe der VOA als direkte Untersuchungsverfahren im Feld vermieden oder minimiert werden.

### **3.2 Welche Anforderungen sollten an die VOA-Verfahren aus Sicht der Anwendung und Beurteilung der Ergebnisse gestellt werden?**

Es ist zu differenzieren zwischen dem Einsatz von Labormethoden im Feld (etwa in einem Messwagen mit Labor ähnlichen Bedingungen) und der VOA im engeren Sinn.

Erstgenannte erfüllen gemeinsam mit den Laborverfahren höhere Anforderungen bezüglich Genauigkeit (Präzision und Richtigkeit), während bei der VOA im engeren Sinne wegen verminderter Auflösung, Trennleistung, und Empfindlichkeit der verwendeten Messgeräte mit Querempfindlichkeiten durch Matrixstörungen zu rechnen ist. Damit sind bei Einsatz unterschiedlicher Messverfahren nicht die gleichen Anforderungen wie bei der Laboranalytik erfüllbar.

Nach Maßgabe der möglichen Aussagen, die die VOA im engeren Sinn liefern kann (Abschnitt 3.1), wird an die VOA insbesondere die Anforderung der einfachen Handhabbarkeit gestellt. Grundsätzlich können - wegen Problemen mit der Kalibrierung - an die Ergebnisse der VOA nicht dieselben Qualitätsanforderungen wie an die Laboranalytik mit vorangehender systematischer Probennahme gestellt werden. Die Genauigkeit der analytischen Ergebnisse ist im Allgemeinen niedriger als im Vergleich zur Laboranalytik. Vorteile wegen ihrer Schnelligkeit bringt die VOA allerdings bei vergleichenden Untersuchungen gleichartiger Proben, da hier nur relative Aussagen verlangt werden. Eine Beurteilung der Schadstoffbelastung darf daher nicht allein anhand von Ergebnissen der VOA vorgenommen werden.

### **3.3 Welche Anforderungen sollten an das Personal bei der Durchführung von VOA-Verfahren gestellt werden?**

Das durchführende Personal sollte neben Fachkenntnis und Sachkunde (z.B. Grundkenntnisse in analytischer Chemie, regelmäßige Schulung) einschlägige Berufsausbildungen oder Nachweise der Sachkunde zur Handhabung, Kalibrierung und Wartung der Geräte nachweisen können. Der im Vergleich zur Laboranalytik einfachere Ablauf der analytischen Handgriffe darf nicht dazu verleiten, dass die VOA von lediglich angeleitetem Personal durchgeführt wird oder werden kann.

### **3.4 Welche Rolle spielt die VOA in der Praxis?**

Entsprechend dem Duktus der BBodSchV ist die VOA als unterstützende Maßnahme bei der Erkundung eine Möglichkeit, mit deren Einsatz die Probennahme optimiert werden kann. Durch Eingrenzung eines Schadensherdes können bei gleichem Informationsgewinn Kosten gespart und bei gleichem Aufwand eine bessere Informationsdichte erreicht werden. Der Einsatz der VOA verlangt eine sorgfältige, auf den Einzelfall abgestimmte Planung, wenn diese Ziele erreicht werden sollen.

In der heutigen Praxis der Bodenuntersuchungen nach BBodSchV spielt die VOA i.d.R. eine untergeordnete Rolle, was nicht bedeutet, dass die VOA nicht das Potential hat, wesentliche Informationen bei der Erkundung zu liefern.

### **3.5 Welche Publikationen können im Sinne von Handlungsempfehlungen für VOA vom FBU empfohlen werden?**

Bei kritischer Durchsicht der genannten Literatur kann der FBU im Sinne von Handlungsanleitung keine geeignete Publikation empfehlen. Keines der Papiere ist geeignet, den Durchführenden vor Ort direkt praktisch zu unterstützen. Die Publikationen sind bestenfalls geeignet, dem Anwender eine Auswahl an grundsätzlichen Verfahrensalternativen zu geben. Es mangelt allen Publikationen an einer Operationalisierung und Konkretisierung der Arbeitsabläufe mit geeigneten Auswahlkriterien für die Wahl der einzusetzenden Verfahren, Geräte und Bewertungsmaßstäbe.

## **4. Schlussbemerkung und Ausblick**

Aus Sicht des FBU ist der Kenntnisstand in dem Bereich der VOA noch als unzureichend in Hinblick auf die Validierung und Standardisierung wie auch Normung einzustufen. Auch fehlt es derzeit noch an Erkenntnissen für eine abschließende Beurteilung der Vor-Ort-Analytikverfahren hinsichtlich ihrer Eignung entsprechend dem Anhang 1 der BBodSchV. Im Einzelnen werden folgende Anforderungen an Untersuchungsverfahren der VOA gestellt:

- die Verfahren müssen wissenschaftlich anerkannt sein,
- sie müssen bezüglich der zu bestimmenden Stoffe selektiv und spezifisch sein,
- sie müssen validiert sein und eine bekannte Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) der Ergebnisse liefern,
- bezüglich Spezifität, Genauigkeit und Messunsicherheit bemessen sich die Anforderungen der VOA-Verfahren an dem jeweiligen Einsatzgebiet (vgl. Abschnitte 3.1 – 3.5),
- die Anwendungsbreite unterschiedlicher VOA-Verfahren hinsichtlich verschiedener Matrixtypen ist zu bestimmen,
- die Gleichwertigkeit der als VOA-Verfahren eingesetzten Laborverfahren mit deren Durchführung im Labor ist nachzuweisen,

Schließlich bedarf es für die Anwendung der VOA-Verfahren geeigneter Handlungsempfehlungen. Die LABO-Arbeitshilfe Qualitätssicherung (6) ist ein erster Schritt hierzu. Die Verfahren sind – soweit die Voraussetzungen gegeben sind – zu normen.

**Literaturliste**

- (1) Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) (1999), Bundesgesetzblatt Teil I, 12. Juli 1999, Nr. 36, S. 1554-1582
- (2) Gottlieb, J. et. al. (Eds.) (2001): Fieldscreening Europe. Proceedings of the First International Conference on Strategies and Techniques for the Investigation and Monitoring of Contaminated Sites, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London
- (3) W. Breh, J. Gottlieb, H. Hötzl, F. Kern, T. Liesch, R. Niessner (Eds.) (2002), Field Screening Europe 2001, Strategies and Techniques for the Investigation and Monitoring of Contaminated Sites, 14. bis 16. Mai 2001 in Karlsruhe, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London
- (4) B. Barczewski, K. Batereau, J. Flachowski, V. Franzius, M. Hempel (Hrsg.) (2003): Vor-Ort-Analytik für die Erkundung von kontaminierten Standorten, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- (5) Evaluierung von Verfahren für die Untersuchung von Böden nach § 8 des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) (2002), UBA Text 32-02, Umweltbundesamt,
- (6) LABO-Arbeitshilfe Qualitätssicherung, 2002, verfügbar über Internet <http://www.labo-deutschland.de/>
- (7) Anonymus (1999), Vergleichende Prüfung von Vor-Ort-Analytik-Geräten in der Neckartalaue in Stuttgart – Bad Cannstadt, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe