

130 Chemisch-physikalische Analytik

130.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Der Leistungsbereich beschreibt alle Leistungen der Labor- und Vor-Ort-Analytik im Rahmen der Vorbereitung, Durchführung sowie im Anschluss an eine abgeschlossene Sanierungsmaßnahme (Geomonitoring).

Allgemeine Anforderungen an die personellen Voraussetzungen, die gerätetechnische Ausstattung und die Qualitätssicherung der Prüflaboratorien werden in der „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ (LABO / ALA) definiert.

Das LUA-Merkblatt Nr. 38 nennt die aktuellen Analysenverfahren für die Untersuchung von Abfällen, Altlasten und stofflichen schädlichen Bodenveränderungen.

Die BBodSchV Anhang 1, Nr. 3.1.3, macht für die dort aufgeführten Parameter Vorgaben für die Anwendung von Analysenverfahren.

130.1.1 Feldmesstechnik

Vor-Ort-Messtechnik

Die Vor-Ort-Messtechnik zeichnet sich, wie die Vor-Ort-Analytik (s.u.), durch die zeitnahe Verfügbarkeit der Messergebnisse und eine flexible Anpassung an die aktuellen Standortverhältnisse aus. Sie stellt eine Entscheidungshilfe im Feld dar, mit der eine Optimierung von Standorterkundungen und Sanierungsbegleitung erreicht werden kann.

Zur Erfassung hydrogeologischer Parameter stehen spezielle Messgeräte zur Verfügung. Dazu zählen Sonden zur Wassergehaltsbestimmung in Böden, Sensormessgeräte zur Ermittlung von Strömungen in Grundwassermessstellen / Brunnen sowie zur Charakterisierung von Aquiferdurchlässigkeiten und Faseroptische Sonden für Tracertests.

Vor-Ort-Analytik

Mit der Vor-Ort-Analytik können in kürzester Zeit analytische Messdaten erhoben werden. Dadurch erfolgt eine Aufhebung der zeitlichen und räumlichen Trennung von Probenahme, Analytik und Entscheidungsfindung im Rahmen der Projektleitung. Für die Auswahl und Anwendung von Verfahren und Geräten zur Vor-Ort-Analytik stehen bislang keine einheitlichen Regelwerke, Normen oder Vorschriften zur Verfügung. Der Einsatz der Vor-Ort-Analytik ist zweckmäßig:

- bei der Erkundung großflächiger Kontaminationen,
- bei der ergebnisgesteuerten Probenahme,
- wenn Untersuchungsergebnisse schnell vorliegen müssen,
- bei der Sanierungsüberwachung,
- zur Probenauswahl anstelle der organoleptischen Untersuchung.

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht über den Parameterumfang und die Messmethoden gängiger Verfahren für die Vor-Ort-Analytik¹.

Methode	Schnelltest/ Teststäbchen	Immunologischer Schnelltest	Gasprüfrohrechen	Gassensoren	PID / FID	IR-Spektroskopie	UV-Spektroskopie	Dünnschichtchromatographie	Röntgen-Fluoreszenz-Analyse (RFA)	Ionenmobilitäts-spektroskopie (IMS)	Gaschromatographie (GC)	GC-Massenspektroskopie (GC-MS)	Atomabsorptions-spektroskopie (AAS)
Parameter									X				X
Schwermetalle	X								X				X
Quecksilber	X						X		X				
Anionen	X												
Cyanide	X		X										
Gase (O ₂ , CO ₂ , NO _x , CH ₄ ...)			X	X	X	X					X	X	
PAK		X					X	X					X
KW	X	X	X		X	X					X	X	
BTEX		X	X		X	X				X	X	X	
LHKW		X	X		X	X				X	X	X	
PCB		X											X
PCP		X								X			X

X Anwendung möglich

Im Grundsatz sind Verfahren mit (1, 2) und ohne (3, 4) Probenahme zu unterscheiden:

1. Mobile Laboranalytik Gerätekonfiguration und Ausstattung entspricht Laboranalytik, fallspezifische Anpassung möglich
2. Tragbare Analysegeräte Einsatz direkt am Probenahmeort (z.B. PID / FID, RFA)
3. Sonden direktes Einführen in zu untersuchendes Medium, Messung über Sensoren
4. Nichtinvasive Methoden Messung an Erdoberfläche (weitgehend noch im Entwicklungsstadium)
 - Für die Vor-Ort-Analytik sind unterschiedliche Qualitätsstandards definiert. Qualitative Messungen erlauben eine Entscheidung über das Vorhandensein eines Stoffes oder einer Stoffgruppe. Halb-/semiquantitative Messungen ermöglichen die Zuordnung zu Konzentrationsbereichen oder die Erkennung von Grenzwertüberschreitungen. Durch quantitative Messungen lassen sich reproduzierbare Konzentrationsangaben ermitteln. Die Vor-Ort-Analytik erfordert eine Validierung durch die Laboranalytik ausgewählter Proben. Entsprechen die angewandten Vor-Ort-Verfahren der Labormethodik, so kann in Abstimmung mit den zuständigen Behörden die Vor-Ort-Analytik die Laboranalytik auch vollständig ersetzen.

Für die Anwendung der Vor-Ort-Analytik ist eine Einsatzstrategie zu erarbeiten, die eine gestufte Vorgehensweise festlegt (s. Abbildung nächste Seite).

Für die Vor-Ort-Analytik von Bausubstanzproben im Rahmen des recyclingorientierten Rückbaus werden analytische Fertigtests angeboten, deren Anwendbarkeit im Vergleich zu standardisierten Laborverfahren nachgewiesen wurde. Für die Vor-Ort-Bestimmung wasserlöslicher Schwermetalle und Phenole können selektive photo-

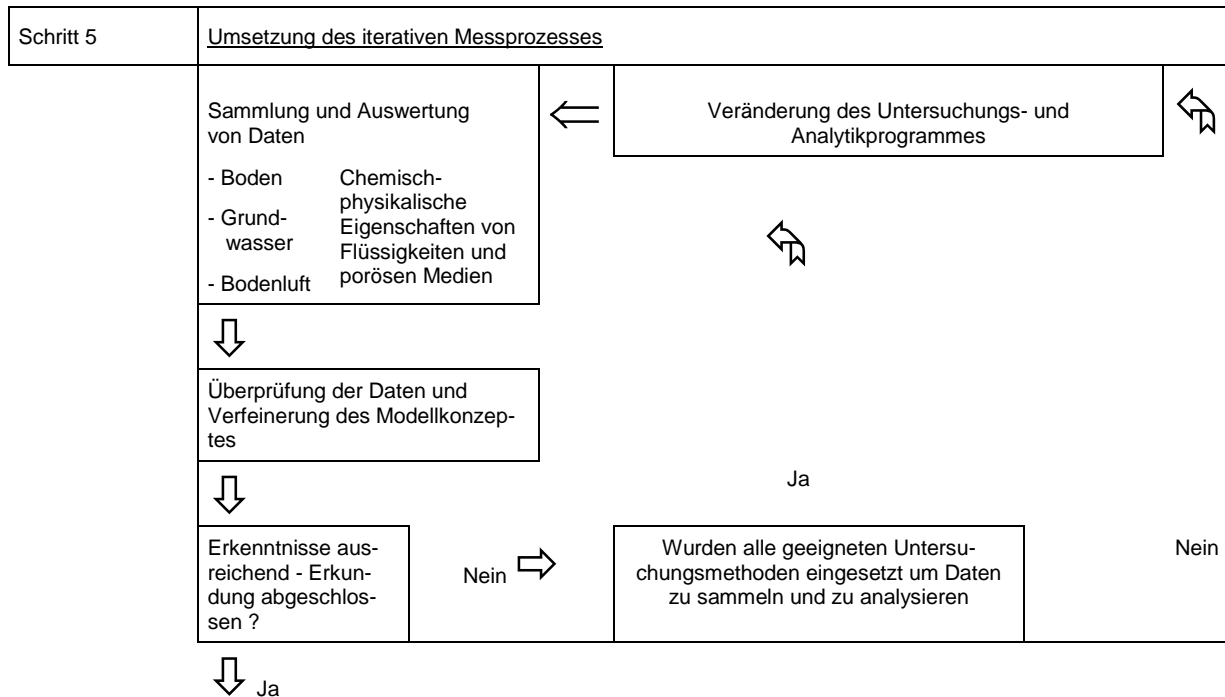
¹ (in Anlehnung an LfU Baden-Württemberg: Handlungsempfehlung zum Einsatz von vor-Ort Analytik, 2001; Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle)

metrische Fertigtests eingesetzt werden. Mit Hilfe gruppenspezifischer immunologische Fertigtests kann auch die Überschreitung von Richtwerten für organische Schadstoffe wie z.B. PAK nachgewiesen werden.

Schritt 1	Grundlagenermittlung und Definition der Untersuchungsziele		
Definition der Aufgabenstellung / des Untersuchungsziels	Erkundung:	Festlegung des Untersuchungsrahmens (Anh. 1, BBodSchV)	
	Störfallanalytik:	Ermittlung der räumlichen Verteilung und Mobilität, analytische Begleitung von Abwehr- und Sanierungsmaßnahmen	
	Sanierung:	begleit. Kontrolle zeitl. begrenzter Sanierungsmaßnahmen (z.B. Feinabgrenzung von Aushubbereichen)	
	Langzeitüberwachung:	Überwachung langfristiger Dekontaminationsmaßnahmen (z.B. BL-Absaugung, hydraul. Sanierung)	
	Arbeitsschutz:	Ermittlung von Schadstoffbelastungen unter Berücksichtigung besonderer Anforderungen des Arbeitsschutzes	
Definition der Qualitätsziele	Entscheidungswerte festlegen:	z.B. Prüf-, Vorsorge-, Maßnahmenwerte, Annahmegrenzwerte von Behandlungsanlagen / Deponien, behördliche Vorgaben	
	Anforderungen an die Analysemethoden definieren		

Schritt 2	Überprüfung der vorliegenden Standortinformationen
Schritt 3	Entwicklung eines vorläufigen Modellkonzeptes zu den Standortbedingungen
Schritt 4	Aufstellen eines Datenerhebungs- und Analytikprogrammes

Erstellen eines Einsatzplans	Festlegung der techn.-organisatorischen Durchführung
	Probenahmeplan: Art der Probenahme, Lage der Probenahmestellen
Erstellen eines Qualitätssicherungsplans	Sicherung und Dokumentation der Datenqualität



Schritt 6	Betrachtung eines vorläufigen Maßnahmen szenarios
Schritt 7	Ergebnisdarstellung

In-situ Analytik mit bildgebenden Verfahren

Bildgebende, analytische Messverfahren übermitteln Informationen vom Ort der Beurteilung (d.h. in-situ) an ein on-site Analysenlabor mittels elektronischer, gaschromatographischer, Infrarot- oder Lichtleitung.

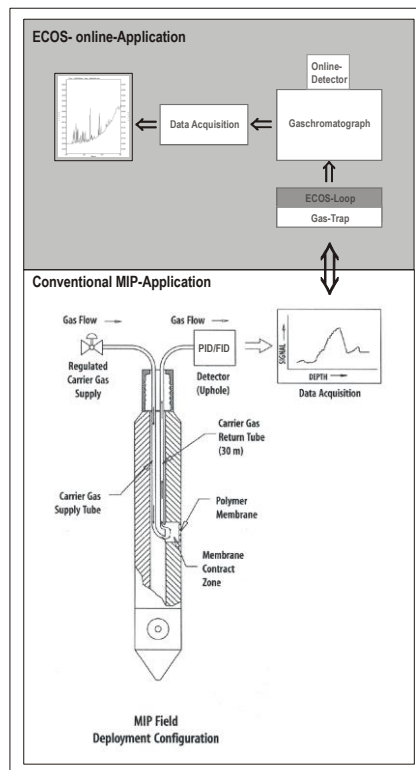
Die gebräuchlichsten Verfahren sind die online Gaschromatographie nach MIP-Thermodesorption (MIP-online GC) und die laserinduzierte Fluoreszenz (LIF). Beide Verfahren dienen der chemischen Analytik. Die eingesetzten Messsonden werden in der Regel mit anderen Informationsträgern gekoppelt. Dazu zählen geophysikalische bzw. geoelektrische Messeinrichtungen (EC) oder Drucksondierungen (CPT). Direkt kombiniert oder ergänzt werden die Verfahren zuweilen mit Vorrichtungen zur Ermittlung hydraulischer Leitfähigkeiten (Permeameter- oder Thermo-Response-Messungen).

MIP-online-Gaschromatographie

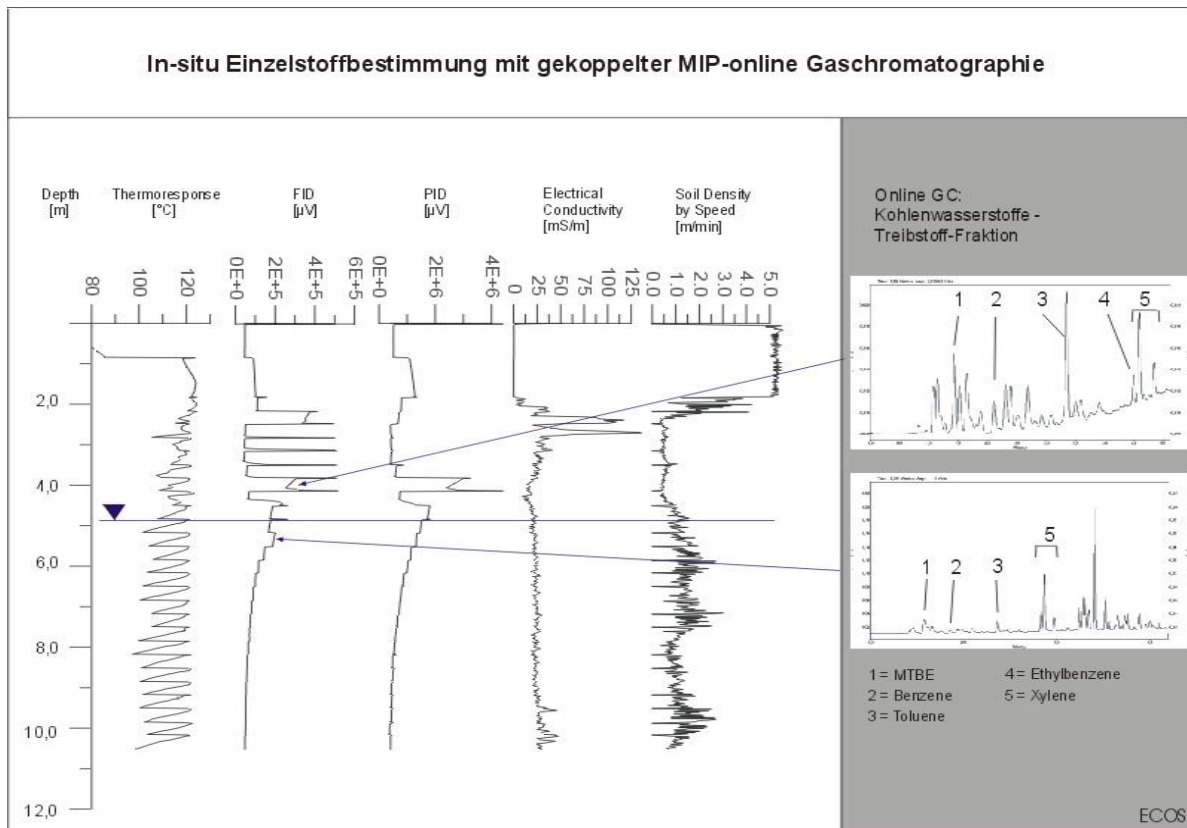
Die MIP ermöglicht eine kontinuierliche Thermodesorption organischer Verbindungen in der gesättigten und in der ungesättigten Bodenzone. Dazu erhitzt die Sonde ihr Umfeld auf bis zu 130°C. Hierbei werden die in Lösung befindlichen, gasförmigen oder an der Bodenmatrix sorbierten organischen Verbindungen mit Siedetemperaturen bis zu 250 °C (z.B. Di-Methyl-Naphthalin) thermisch mobilisiert, von einer beheizten Polymermembran adsorbiert und osmotisch in das Innere der Sonde überführt. Nach der Diffusion durch die Membran verteilen sich die Schadstoffe im Trägergas (N₂) der Sonde. Das schadstoffbeladene Gas wird zunächst von 3 Detektoren (PID / FID / DELCD) ionisiert und als „Gesamt Schadstoff-Summenparameter“ halbquantitativ gemessen. Bei Auffälligkeiten lässt sich der Gasstrom auf eine Falle lenken und mittels eines Gaschromatographen konventionell online analysieren.

Über die Kopplung mit geophysikalischer Messtechnik (CPT / Geoelektrik + Thermo-Response) wird das 3-D Ausmaß eines Schadens und die vertikale Schadstoffverteilung im Bezug auf die Lithologie visualisiert. Die Sonde kann ausschließlich mit statischer Auflast (LKW) oder bei dichter Lagerung zusätzlich dynamisch (Percussionshammer) eingebracht werden. Damit liegt die erreichbare Tiefe von MIP-Sondierungen bei max. 50 m.

Geräteapplikation der MIP-online Gaschromatographie:



Prüfprotokoll der MIP-online GC (Beispiel Mineralöl-Kohlenwasserstoffe):



Laserinduzierte Fluoreszenz

Laserinduzierte Fluoreszenz lässt sich als zweistufiger Prozess beschreiben: Zunächst wird ein Atom oder Molekül durch Absorption eines Laserphotons angeregt; nach einer gewissen Zeit, typischerweise im Bereich von 1 - 100 ns, erfolgt Emission aus dem angeregten Zustand. Diese Lichtemission heißt Fluoreszenz. Aufgrund der Abhängigkeit der Fluoreszenzintensität von Parametern wie der Besetzung des Grundzustandes, der chemischen Umgebung des Moleküls und physikalischen Randbedingungen wie Druck und Temperatur sind laserinduzierte Fluoreszenzmessungen ein wichtiges Werkzeug der physikalischen Chemie.

Anwendungen reichen von der Untersuchung chemischer Elementarreaktionen bis hin zur Analytik von Spurenstoffen im ppm-Bereich. In der Verbrennungsdagnostik werden laserinduzierte Fluoreszenzmethoden in hohem Maße eingesetzt und ermöglichen den Nachweis von Flammenradikalen und Verbrennungszwischenprodukten wie OH, C₂, CH, CH₂O aber auch von Schadstoffen wie NO oder CO. In der Umweltanalytik wird die LIF vorzugsweise zum Nachweis von Stoffgruppen-Spektren aus dem Bereich der Mineralölkohlenwasserstoffe eingesetzt (i.w. Monoaromaten und PAK).

LIF-Sonden sind schlagempfindlich; daher lassen sie sich ausschließlich mit statischen Auflastverfahren in den Untergrund einbringen. Die erreichbare Sondiertiefe hängt damit von der Lagerungsdichte der Lockergesteine ab.

Probenaufbereitung gemäß BBodSchV

Die BBodSchV Anhang 1, Nr. 3.1.1, macht für die dort aufgeführten Parameter auch Vorgaben für die Probenaufbereitung.

Für die Bewertung der Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze ist die Bodenprobe auf die Fraktionen < 2 mm (Feinfraktion) und > 2 mm (Grobfraktion) abzusieben. Fremdbestandteile werden vorab abgetrennt. Die Massenanteile beider Fraktionen sind zu bestimmen und zu dokumentieren. Besteht der Verdacht, dass auch in der Grobfraktion Schadstoffe enthalten sind, so wird diese auf Veranlassung des Auftraggebers oder des Fachgutachters auf ca. 2 mm vorzerkleinert und getrennt untersucht. Für die Gefährdung durch inhalative Aufnahme von Bodenpartikeln ist im Einzelfall die Feinkornfraktion < 63 µm getrennt zu analysieren.

Zur Bewertung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser erfolgt die Untersuchung aus der Originalprobe. Anorganische Parameter werden aus dem Bodensättigungsextrakt gemäß BBodSchV Anhang 1 Nr. 3.1.2 (1), organische Parameter werden aus dem Eluat des Säulenversuchs (s. z.B. Merkblatt LUA NRW) untersucht.

130.1.2 Laboranalytik

Handlungsempfehlungen zur Methoden- und Geräteauswahl für die konventionelle Laboranalytik können der „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ Kapitel 4 (LABO / ALA) entnommen werden.

Aktuelle Analysenverfahren können dem LUA-Merkblatt Nr. 38 „Analysenverfahren und Parameter zur Untersuchung von Abfällen, Altlasten und stofflichen schädlichen Bodenveränderungen“ entnommen werden.

130.2 Kostenermittlung

130.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung	Abrechnungseinheit	alternativ
Analyse von wässrigen und Feststoffproben		
physikal.-chem. Kenngrößen	Stck.	
allg. summarische Kenngrößen	Stck.	
anorganische Parameter	Stck.	
organische Parameter	Stck.	
Übersichtsanalysen	Stck.	
Analysenpakete	Stck.	
Biochemische Untersuchung	Stck.	
Chemische Untersuchung gasförmiger Proben	Stck.	
Einsatz eines Mobilens Labors / Messwagens	d	
Vor-Ort-Analytik	Stck.	

Bei der Vor-Ort-Analytik ist der Einsatz von einfachen, schnellen und kostengünstigen Verfahren praxisrelevant. Die Ermittlung von Kosten pro Einzelanalyse ist nur schwer möglich. Sie ist abhängig von der Gerätetechnik, dem Einsatz von Verbrauchsmaterialien und den Personalkosten. Die entscheidende Kostengröße stellen dabei in der Regel die Personalkosten dar.

Die Kosten für Probenahme und Analytik gehen im Kostenmodul als prozentualer Anteil der Kernleistungen ein. Der höchste prozentuale Kostenansatz wurde bei der Behandlung von kontaminiertem Grundwasser / Oberflächenwasser und bei Bodenluftabsaugmaßnahmen ermittelt. Darüber hinaus werden Zuschläge für besonders kritisches Schadstoffinventar erforderlich, hier insbesondere Dioxine und Furane, um die vergleichsweise hohen Analytikskosten für diese Komponenten zu berücksichtigen.

130.2.2 Leistungsregister

Hinweis:

Die den Kosten in den Leistungsregistern des LB 030 (Analytik) zugrunde liegenden Bestimmungsverfahren sind nicht zwangsläufig aktuell. Den Kosten liegen die in den jeweiligen Datenjahren gültigen Bestimmungsverfahren zugrunde.

weiterführende Leistungen

LB 010	Planung, Überwachung, Bewertung, Fremdüberwachung und Dokumentation
LB 020	Projektsteuerung
LB 030	Arbeits- und Gesundheitsschutz
LB 110	Geotechnische Felduntersuchungen
LB 111	Geophysikalische Untersuchungen
LB 112	Nachweismethoden schadstoffmindernder Prozesse
LB 140	Geotechnische Laboruntersuchungen
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz
LB 300	Erdarbeiten
LB 310	Wiedereinbau
LB 510	Behandlung von Bodenluft, Deponiegas, Abluft
LB 530	Behandlung von Grundwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 610	Natural Attenuation
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

130.3 Literatur

Bracke, R.: Direct-Push-Technologien. - Ecosverlag, Aachen 2002.

Bund- / Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) – Altlastenausschuss (ALA), Unterausschuss (UA QS) „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“, September 2002.

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Handbuch Altlasten Band 7, Teil 4, Analysenverfahren - Fachgremium Altlastenanalytik - Bestimmung von BTEX / LHKW in Feststoffen aus dem Altlastenbereich, Wiesbaden September 2000.

Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): LAGA PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung / Beseitigung von Abfällen, Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Nr. 32, Erich Schmidt Verlag, 2002.

Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): LAGA EW 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, und chemischen Untersuchungen von Abfällen, verunreinigten Böden und Materialien aus dem Altlastenbereich, Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Nr. 33, Erich Schmidt Verlag, 2002.

- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, und chemischen Untersuchungen von Abfällen, verunreinigten Böden und Materialien aus dem Altlastenbereich, Teil A: Herstellung und Untersuchung von wässrigen Eluaten EW 98; Technische Regeln für die Überwachung von Grund-, Sicker- und Oberflächenwasser sowie oberirdischer Gewässer bei Abfallentsorgungsanlagen WÜ 98 Teil 1: Deponien; Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Nr. 28, Erich Schmidt Verlag, 1999.
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: AlfaWeb – Arbeitshilfen für eine landeseinheitliche, systematische Altlastenbearbeitung, Handlungsempfehlung zum Einsatz von Vor-Ort-Analytik, Stand 2001.
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Band 20: Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle, Methodensammlung Teil 3: Methoden der Feldanalytik kontaminierter Böden, Februar 1998.
- Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (1999): Methoden der Schnellanalytik; Landesumweltamt NRW, Essen.
- Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (2000): Analysenverfahren und Parameter zur Untersuchung von Abfällen, Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen. Merkblätter Nr. 38, Essen.
- Nobst, P.; Stark, J.: Entwicklung von Verfahren zur Beurteilung der Kontamination der Baustoffe vor dem Abbruch (Schnellprüfverfahren), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 497, März 2000.
- Robertz, M.; Muckenheim, T.; Eckl, S.; Webb, L.: Kostengünstige Labormethode zur Bestimmung der mikrobiellen Bodenatmung nach DIN 19737, in Wasser & Boden 5/1999, S. 48-53.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Vor-Ort-Analytik, Materialien zur Altlastenbearbeitung, Dresden, 1999.
- Sassenscheid, K.: Miniaturisiertes IR-Faserspektrometer zu In-situ-Detektion von chlorierten Kohlenwasserstoffen in Sickerwässern, wlb 9/2002, S. 55-57.
- U.S. EPA (1995): Rapid optical screen tool (ROST): Innovative technology evaluation report. Superfund innovative technology evaluation.- EPA/540/R-95/520. Office of Research and Development, Washington D.C.
- VEGAS (2002): Feldmesstechnik für die Erkundung von Altstandorten.- Symposium vor-Ort-Analytik, 5.-6.3.2002, Tagungsunterlagen; Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung an der Universität Stuttgart.
- Werres, F.; Balsaa, P.; Nahrstedt, A.; Overath, H.: Bestimmung der Konzentration gelösten Stickstoffs in natürlichen Wässern mittels Wärmeleitfähigkeitsdetektion, in Wasser & Boden 3/2000, S. 36-40.

130.4 Information über Leistungsanbieter

Kompetente Leistungsanbieter können über z.B. über den Deutschen Verband Unabhängiger Prüflaboratorien (www.vup.de) oder über EuroLab Deutschland (www.eurolab-d.bam.de) ermittelt werden. In-Situ Analytik findet sich unter www.mip-sondierungen.de.