



# Handlungsempfehlung zum Einsatz von Vor-Ort-Analytik

**IMPRESSUM**

<b>Herausgeber</b>	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg  76157 Karlsruhe, Postfach 21 07 52 <a href="http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de">http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de</a>
<b>ISSN</b>	1437-0158 (Bd. 33, 2001)
<b>Bearbeitung</b>	Ingenieurgesellschaft UW Umweltwirtschaft GmbH 70499 Stuttgart
<b>Redaktion</b>	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Abteilung 4 - Wasser und Altlasten Herr Frieder Kern
<b>Projektbegleitung</b>	Herr Dr. Barczewski, Universität Stuttgart Herr Dr. Flachowsky, Umweltforschungszentrum Leipzig- Halle Herr Flittner, LfU Herr Greichgauer, Landeshauptstadt Stuttgart Herr Dr. Hahn, LfU Herr Dr. Laber, LfU Herr Dr. Schlieckmann, Ministerium für Umwelt und Verkehr, Stuttgart Herr Weiller-Schäfer, LfU
<b>Umschlaglayout</b>	Stephan May · Grafik-Design, 76227 Karlsruhe
<b>Titelbild</b>	Jutta Ruloff · Dipl.-Designerin, 76275 Ettlingen
<b>Druck</b>	Stork Druckerei GmbH, 76613 Bruchsal
<b>Umwelthinweis</b>	gedruckt auf Recyclingpapier aus 100% Altpapier
<b>Bezug über</b>	Verlagsauslieferung der LfU bei JVA Mannheim - Druckerei Herzogenriedstraße 111, 68169 Mannheim Telefax 0621/398-370
<b>Preis</b>	18,00 DM; ab 01.01.2002: 9,00 €

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

<b>IMPRESSUM</b>	<b>3</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>5</b>
<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>6</b>
1.1 ZIELSETZUNG.....	6
1.2 AUFBAU UND BENUTZERHINWEISE .....	8
<b>2. GRUNDLAGEN</b>	<b>10</b>
2.1 BEGRIFFSDEFINITIONEN.....	10
2.2 ANALYSEMETHODEN .....	13
2.3 FEHLER UND UNSICHERHEITEN .....	15
<b>3. EINSATZSTRATEGIE</b>	<b>19</b>
3.1 STRATEGIEDIAGRAMM .....	19
3.2 AUFGABENSTELLUNGEN .....	24
<b>4. QUALITÄTSZIELE</b>	<b>26</b>
4.1 ALLGEMEINE VORGEHENSWEISE.....	26
4.2 PROJEKTSPEZIFISCHE QUALITÄTSZIELE .....	33
4.2.1 ERKUNDUNG .....	33
4.2.2. STÖRFALLANALYTIK .....	36
4.2.3 SANIERUNG.....	36
4.2.4 LANGZEITÜBERWACHUNG .....	37
4.2.5 ARBEITSSCHUTZ.....	38
<b>5. EINSATZPLAN</b>	<b>39</b>
5.1 GERÄTEAUSWAHL .....	39
5.2 PROBENNAHME.....	40
5.3 TECHNISCHE UND ORGANISATORISCHE DURCHFÜHRUNG.....	40
<b>6. QUALITÄTSSICHERUNGSPLAN</b>	<b>42</b>
6.1. QUALITÄTSSICHERUNG ANALYTIK .....	43
6.2 QUALITÄTSSICHERUNG PROBENNAHME.....	46
6.3 QUALITÄTSSICHERUNG DATENFLUSS .....	48
<b>7. DOKUMENTATION</b>	<b>49</b>
<b>DANKSAGUNG</b>	<b>49</b>
<b>8. WEITERFÜHRENDE LITERATUR</b>	<b>53</b>

## Zusammenfassung

Angesichts eines zunehmenden Kostenbewusstseins auch in der Verwaltung kommt der Vor-Ort-Analytik eine wachsende Bedeutung zu. Vor-Ort-Analytik, die in den USA bereits Ende der 80-er Jahre unter dem Begriff *Field Screening* mit dem Anspruch auf *more quality, less costs* propagiert wurde, sollte heute Bestandteil jeder effektiven und innovativen Altlastenbehandlung sein. Vor-Ort-Analytik bedeutet Untersuchungen mit einfachen Methoden schnell und kostengünstig im Feld durchzuführen. Sie ermöglicht Probennahmestrategien, bei denen Analysenwerte unmittelbar zur Steuerung der weiteren Erkundungsrichtung eingesetzt werden. Dadurch kann eine wesentliche Steigerung der Aussagesicherheit erzielt werden.

Die Handlungsempfehlung leitet den Benutzer an, durch eine geeignete Kombination von Analysenmethode und Probenzahl das geforderte Ziel bei geringstem finanziellen Rahmen zu erreichen. Vor-Ort-Analytik stellt hierbei ein Instrument dar, welches sich im Verbund mit anderen Instrumenten, wie beispielsweise der klassischen Laboranalytik, zu einem Gesamtkonzept ergänzt. Laboranalytik und Vor-Ort-Analytik stehen somit nicht in Konkurrenz zueinander, sondern ergänzen sich synergistisch.

Die Handlungsempfehlung berücksichtigt in ihrer inhaltlichen Gliederung sowohl begriffliche Fragen als auch Fragen zur Entwicklung und Umsetzung von Einsatzstrategien. Zu Beginn werden die wesentlichen Begriffe definiert. Aufbauend auf diesen Grundlagen werden in den anschließenden Kapiteln notwendige Inhalte der Einsatzstrategie, sowohl allgemein als auch konkret auf Aufgabenstellungen bezogen vorgestellt.

Für den praktischen Einsatz werden in den Anhängen Hilfestellungen zu Fragen der Geräteauswahl, der Einsatzplanung und –entwicklung anhand einer Geräte-liste, durch Vorstellung der zugrundeliegenden Messprinzipien sowie anhand von Fallbeispielen gegeben.

# 1. Einleitung

## 1.1 Zielsetzung

Mit dem Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG)<sup>1</sup> existieren klare und bundesweit einheitliche Vorgaben zur Erkundung, Bewertung und Sanierung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen. Anhang 1 der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)<sup>2</sup> führt die Vor-Ort-Analytik als geeignetes Mittel zur Festlegung von Probennahmestellen zur Ermittlung der räumlichen Schadstoffverteilung konkret auf. Damit dieses Instrument in der praktischen Arbeit erfolgreich und zielgerichtet eingesetzt wird, gilt es die Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung aufzuzeigen und angepasste Bearbeitungsstrategien zu entwickeln.

### **BBodSchG**

Weiter vollzieht sich derzeit unter dem Stichwort Flächenrecycling ein entscheidender Wandel in der Altlastenbearbeitung. Bislang prägte die Untersuchung und Sanierung von Gefahren für Mensch und Umwelt das Leitbild des Handelns. Heute sind die Gefahren technisch beherrschbar. Kontaminationen des Untergrundes gelten jetzt beim Flächenrecycling in erster Linie als Investitionshemmnisse. Die Altlastenbearbeitung ist im Begriff, sich in etablierte städte- und bauplanerische Prozesse und Abläufe einzugliedern. Dies stellt neue Anforderungen hinsichtlich der Untersuchungsdichte, des Zeitbedarfs sowie des Kostenrahmens, denen mit entsprechenden Bearbeitungsstrategien begegnet werden muss.

### **neue Strategien**

Aufgabe der Handlungsempfehlung zum Einsatz von Vor-Ort-Analytik ist es,

- Strategien zur Optimierung von Untersuchungsprogrammen hinsichtlich des Zeit- und Mittelbedarfs aufzuzeigen,
- Bei der Auswahl geeigneter Methoden für die jeweiligen Einsatzgebiete. Zu helfen,
- Standards und Maßnahmen zur Qualitätssicherung vorzugeben, um reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen.

### **Aufgaben**

<sup>1</sup> Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz BBodSchG) vom 17.03.1998; BGBl. I Nr. 16 S.502

<sup>2</sup> Bundes- Bodenschutz und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999; BGBl. I Nr. 36 S. 1554

**systematische  
Altlastenbear-  
beitung**

Die Handlungsempfehlung ist Teil der Fortschreibung der systematischen Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg. Sie wendet sich an alle, die mit der systematischen Altlastenbearbeitung befasst sind, sowohl an Behörden als auch an Fachbüros.

**Bodenkonta-  
minationen**

Ihr Anwendungsbereich umfasst die Aufgabenstellungen der Erkundung, Sanierung und Langzeitüberwachung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen ebenso wie die Bearbeitung von Störfällen und Anwendungen für Fragen des Arbeitsschutzes. Dabei werden Analysetechniken für Böden, Bodenmaterial und sonstige Materialien im Sinne der BBodSchV als auch für Bodenluft berücksichtigt.

Die Handlungsempfehlung leitet den Benutzer an, durch eine geeignete Kombination von Analysenmethode und Probenzahl das geforderte Ziel bei geringstem finanziellen Rahmen zu erreichen. Laboranalytik und Vor-Ort-Analytik stehen dabei nicht in Konkurrenz zueinander, sondern ergänzen sich synergistisch.

**Einsatzmög-  
lichkeiten**

Mit Vor-Ort-Analytik ist es möglich,

- Untersuchungen schneller durchzuführen und durch die mögliche Sofortbewertung im Feld mehrere Erkundungsschritte zusammenzufassen.
- Ohne finanziellen Mehraufwand Schadensherde genauer einzugrenzen und Aushubmaterial differenziert zu klassifizieren.
- Die Erkundungsrichtung oder das Sanierungsverfahren gezielt zu steuern.
- Alle Möglichkeiten der Kostenreduktion in allen Phasen der Erkundung, der fachtechnischen Kontrolle und der Sanierung auszuschöpfen.

Der Einsatz von Vor-Ort-Analytik sollte insbesondere in Erwägung gezogen werden bei:

- Der Erkundung großflächiger Kontaminationen,
- Der ergebnisgesteuerten Probennahme,
- Untersuchungen, deren Ergebnisse schnell vorliegen sollen,
- Der Überwachung von Sanierungen,
- Der Probenvorauswahl anstelle der organoleptischen Untersuchung.

## 1.2 Aufbau und Benutzerhinweise

Die Handlungsempfehlung ist in 8 Kapitel und einen Anhang gegliedert.

**Kapitel 1** enthält die Zielsetzung und den inhaltlichen Aufbau der Handlungsempfehlung.

**Kapitel 2** gibt notwendige Begriffsdefinitionen und eine Methodenübersicht. Weiterhin werden in diesem Kapitel Fehlerquellen und deren Minimierung durch Anwendung der Vor-Ort-Analytik diskutiert.

Aufbauend auf diesen Grundlagen erläutert **Kapitel 3** die allgemein anwendbare Strategie zum Einsatz der Vor-Ort-Analytik.

In **Kapitel 4** wird die Ableitung von Qualitätszielen allgemein erläutert und die Festlegung projektspezifischer Qualitätsziele dargestellt.

**Kapitel 5** beschreibt die Vorgehensweise zur Auswahl geeigneter Analysengeräte und zur Probennahme und gibt Hinweise zur technischen und organisatorischen Durchführung konkreter Projekte.

**Kapitel 6** geht auf die besonderen Aspekte der Qualitätssicherung bei der Anwendung der Vor-Ort-Analytik ein. Hier aufbauend werden Hilfen für die Erstellung von Qualitätssicherungsplänen gegeben.

**Kapitel 7** enthält ein Arbeitsblatt, dessen standardisierte Anwendung hilft, die Vorgehensweise nachvollziehbar zu dokumentieren. Dieses Arbeitsblatt ist in allen Phasen der Projektbearbeitung anzuwenden.

**Kapitel 8** verweist auf ergänzende und weiterführende Literatur.

Im **Anhang** befinden sich ein Glossar, eine tabellarische Übersicht der jeweiligen Messprinzipien, eine Geräteliste sowie die Erläuterung und Anwendung der vorgestellten Strategie anhand von Fallbeispielen.

**Gliederung**

**Zielsetzung  
und Aufbau**

**Grundlagen**

**Einsatz  
strategie**

**Qualitätsziele**

**Einsatzplan**

**Qualitäts-  
sicherungsplan**

**Dokumentation**

**Literaturver-  
zeichnis**

**Glossar  
Messprinzipien  
Geräteliste  
Fallbeispiele**

## Benutzerhinweise

Eine Übersicht über die Benutzung des vorliegenden Werkes sowie der Strategieentwicklung gibt Abbildung 1.

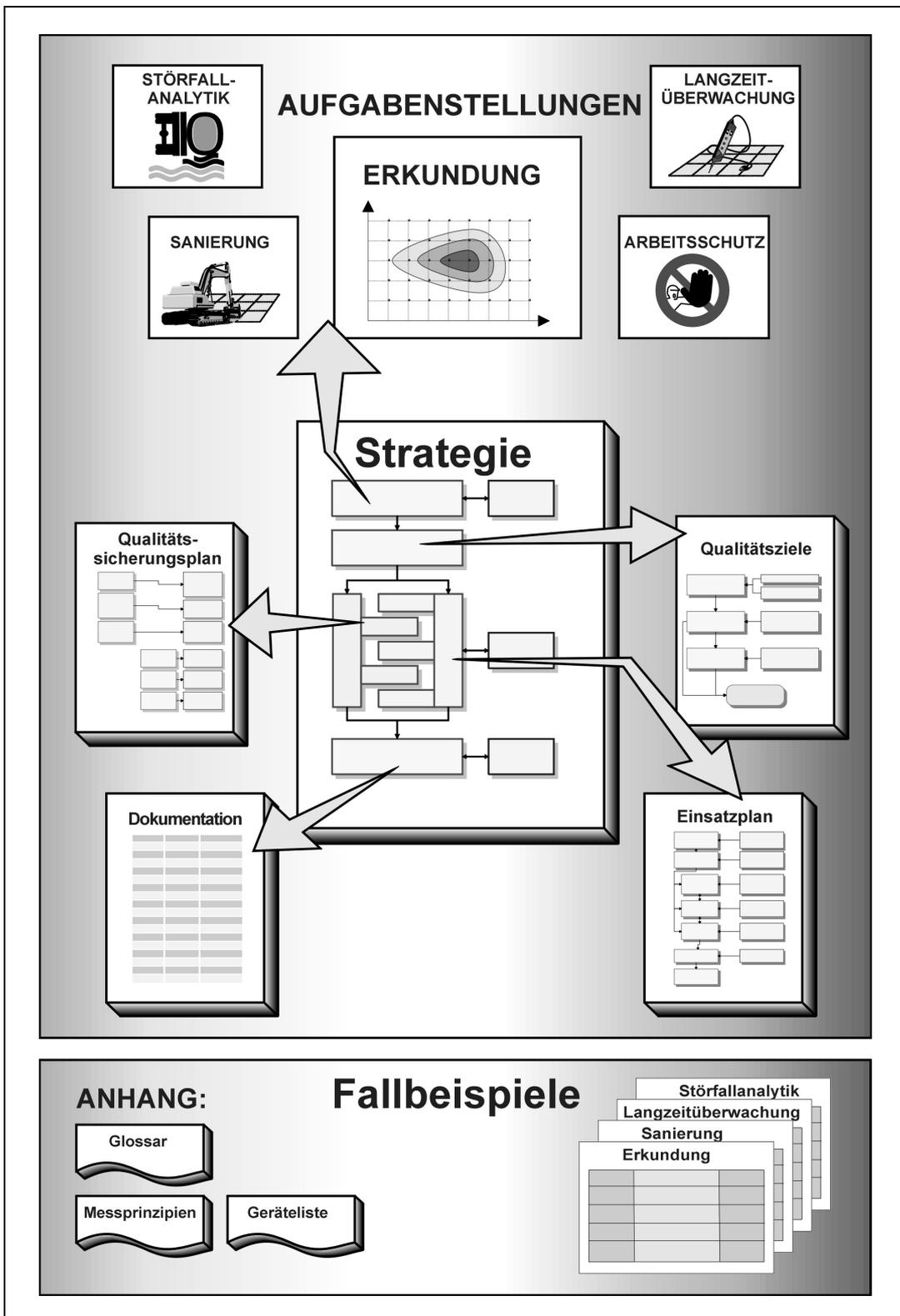


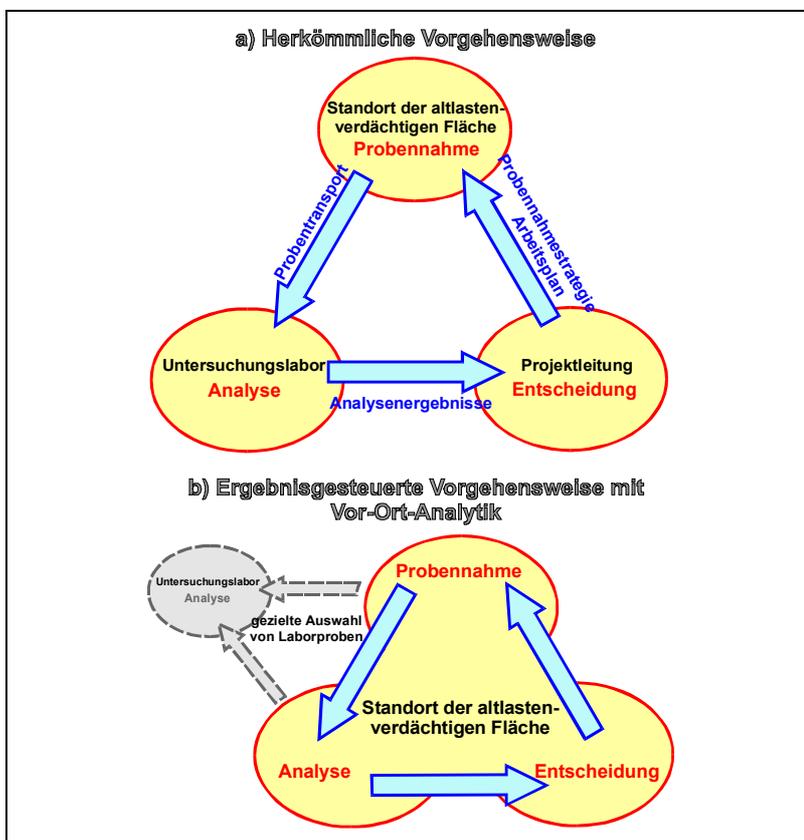
Abbildung 1: Orientierungsübersicht zur Strategieentwicklung und Benutzerhinweise

## 2. GRUNDLAGEN

### 2.1 Begriffsdefinitionen

Unter dem Begriff „Vor-Ort-Analytik“ wird allgemein der Einsatz von Analyseverfahren verstanden, die am Einsatzort außerhalb eines chemischen Laboratoriums sofort oder innerhalb kurzer Zeit analytische Messdaten liefern. Kennzeichen hierfür ist die Aufhebung der räumlichen und zeitlichen Trennung von Probenahme, Analytik und Projektleitung, wie sie bei der herkömmlichen Untersuchung anzutreffen ist [Abbildung 2].

**Vor-Ort-Analytik**

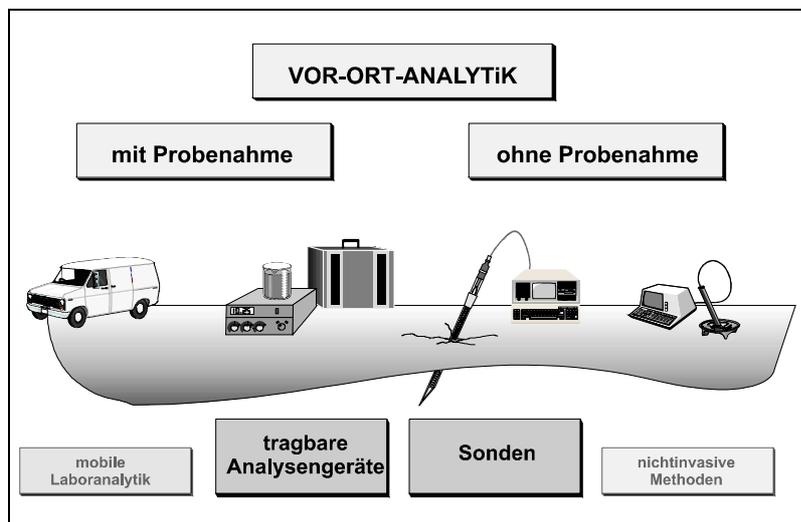


**Abbildung 2: Unterschiedliche Einsatzstrategie**  
 a) stufenweise mit Laboranalytik  
 b) Vor-Ort-Analytik, integriert mit Laboranalytik

Für die Praxis relevant sind insbesondere diejenigen Verfahren, die einfach, schnell und preiswert Ergebnisse mit hinreichender Spezifität und Genauigkeit liefern. Die vorliegende Handlungsempfehlung befasst sich daher vor allem mit tragbaren Analysengeräten und Sonden.

**einfach**  
**schnell**  
**preiswert**

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen Analysetechniken, die mit, und solchen, die ohne Probenahme auskommen, sowie zwischen Verfahren, die eine chemisch-physikalische Probenvorbereitung voraussetzen und solchen, die keine Probenvorbereitung benötigen [Abbildung 3].



**Abbildung 3: Analysetechniken und -arten in der Vor-Ort-Analytik**

### **mobile Laboranalytik**

Die mobile Laboranalytik stellt in einem Fahrzeug oder Container vor Ort Verfahren zur Verfügung, die im wesentlichen den Verfahren der Laboranalytik entsprechen. Die Ausstattung bzw. die Gerätekonfiguration kann dabei fallspezifisch angepasst werden.

### **tragbare Analysengeräte**

Tragbare Analysengeräte sind mobile, außerhalb eines Labors einsetzbare Geräte, die direkt am Probenahmeort aufgebaut werden können. Hierunter fallen beispielsweise tragbare Feldphotometer, Photo- und Flammenionisationsdetektoren (PID und FID), Enzymimmunoassays und Röntgenfluoreszenzspektrometer (RFA).

### **Sonden**

Sonden sind mit einem Sensor ausgestattete Vorrichtungen, die direkt in das Medium eingeführt werden und somit ohne Probenahme messen können.

Bei nichtinvasiven Methoden ist ein Eindringen in das Medium nicht erforderlich, da die Messung direkt von der Erdoberfläche aus erfolgt. Derartige Methoden befinden sich noch im Entwicklungsstadium und werden im Altlastenbereich bislang kaum eingesetzt.

### **nichtinvasive Methoden**

Hinsichtlich der Qualität der zu erzielenden Messergebnisse lassen sich folgende Qualitätsstufen unterscheiden:

- **Qualitative Messung:**  
erlaubt die Entscheidung über das Vorhandensein eines Stoffes oder einer Stoffgruppe.
- **Halb- oder semiquantitative Messung:**  
erlaubt die Zuordnung zu bestimmten Konzentrationsbereichen oder in optimierter Form die Erkennung von Grenzwertüberschreitungen.
- **Quantitative Messung:**  
erlaubt die reproduzierbare Ermittlung von Konzentrationsangaben.

### **Qualitätsstufen**

## 2.2 Analysemethoden

Für die Vor-Ort-Analytik existieren eine Vielzahl von verschiedenen Analysemethoden. Sie entstammen teilweise der Laboranalytik und wurden auf die Anforderungen der Vor-Ort-Analytik übertragen. Teilweise existieren neu konzipierte Systeme. Einen Überblick über die im Feld anwendbaren Analysemethoden gibt Tabelle 1 in Anlehnung an die Methodensammlung des Handbuches für Altlasten und Grundwasserschadensfälle<sup>3</sup> sowie an die Studie des Umweltbundesamtes über Screeningmethoden zur Untersuchung von Böden<sup>4</sup>. Hierbei sind diejenigen Analysemethoden schraffiert [(12) – (13)], die gemäß Abbildung 3 der mobilen Laboranalytik zuzuordnen sind.

Im Rahmen der Parameterauswahl ist jeweils einzelfallspezifisch zu prüfen, ob für die Ermittlung der Verteilung eines Schadensherdes oder die gezielte Überwachung von Sanierungsmaßnahmen, die Ermittlung von:

- stoffunspezifischen Messgrößen, z. B. FID, PID,
- Summenparametern, z. B.: Immunoassay,
- Einzelparametern

ausreichend ist.

**Messprinzipien**  
**Geräteliste**  
⇒ **Anhang**

Weitere Information über die jeweiligen Messprinzipien sowie über konkrete Gerätedaten sind in den Datenblättern „Messprinzipien“ sowie „Geräteliste“ im Anhang dargestellt.

---

<sup>3</sup> Landesanstalt für Umweltschutz Baden- Württemberg Band 20: Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle, Methodensammlung Teil 3: Methoden der Feldanalytik kontaminierter Böden, Februar 1998

<sup>4</sup> Umweltbundesamt, Berlin: Screeningmethoden zur Untersuchung von Böden, Texte 19/99

Tabelle 1: Übersicht: Parameter und Analysemethoden in der Vor-Ort-Analytik

Methode	Parameter	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	Schwermetalle													
	Quecksilber													
	Anionen													
	Cyanide													
	Gase (O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CH <sub>4</sub> , ...)													
	PAK													
	KW													
	BTEX													
	LHKW													
	PCB													
	PCP													

Legende: Grau: Anwendung möglich

Schraffiert: mobile Laboranalytik (Praxiseinsatz mit erheblichem Aufwand und Kosten verbunden)

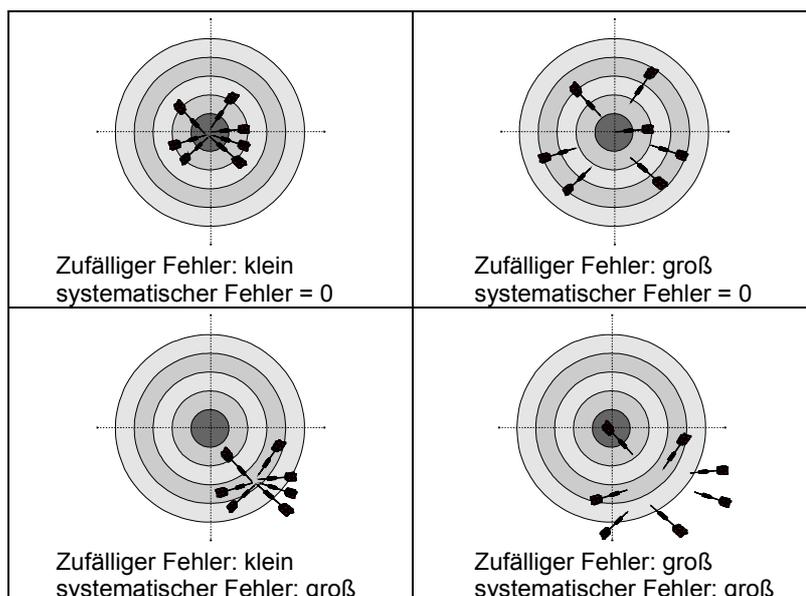
## 2.3 Fehler und Unsicherheiten

<b>Fehlerarten</b>	Bei der Beurteilung von Untersuchungsergebnissen müssen zwei Fehlerarten, der systematische und der zufällige Fehler, unterschieden werden.
<b>systematische Fehler</b>	Systematische Fehler sind einseitige Abweichungen vom wahren Wert, entweder in Richtung zu höheren oder zu niedrigeren Werten. Eine derartige gerichtete Abweichung kann bei der Analyse beispielsweise durch eine fehlerhafte Kalibrierung oder bei der Probennahme durch Analytverluste oder Analytverschleppungen hervorgerufen werden. Vermeidbare systematische Fehler müssen durch geeignete Qualitätssicherungsmaßnahmen, wie Vergleichs- und Kontrollmessungen, ermittelt bzw. beseitigt werden. Gelingt dies nicht, ist das Analysenverfahren nicht anwendbar. Nicht erfassbare systematische Fehler, beispielsweise Minderbefunde bei der Analyse leichtflüchtiger Analyten, können unter Umständen abgeschätzt und müssen bei der Ermittlung der Messunsicherheit berücksichtigt werden.
<b>zufällige Fehler</b>	Der zufällige Fehler führt zu einer ungerichteten Schwankung um den wahren Wert, welcher durch die Standardabweichung oder Varianz beschrieben werden kann <sup>5,6</sup> . Er ist verfahrensabhängig und für Laboranalytik im allgemeinen deutlich geringer als für die Vor-Ort-Analytik. In anschaulicher Weise lassen sich diese Zusammenhänge mit dem Bild der Schussverteilung an einer Schießscheibe verdeutlichen [Abbildung 4].

---

<sup>5</sup> DIN 1319 – Teil 3: Auswertung von Messungen einer einzelnen Messgröße, Messunsicherheit. 1996-05. Teil 4: Behandlung von Unsicherheiten bei der Auswertung von Messungen. 1985-12. Beuth Verlag, Berlin.

<sup>6</sup> DIN EN ISO 4259: Bestimmung und Anwendung der Werte für die Präzision von Prüfverfahren. 1996-04. Beuth Verlag, Berlin.



**Abbildung 4: Zufälliger und systematischer Fehler**

Als Verursacher von zufälligen und nicht vermeidbaren systematischen Fehlern bei der Untersuchung von Altlasten und Schadensfällen lassen sich 2 Vorgänge voneinander abgrenzen:

1. Analyse:

Alle nicht erfassbaren systematischen Fehler sowie die zufälligen Fehler eines **Analysenverfahrens** werden unter dem Begriff **Messunsicherheit** zusammengefasst (vgl. DIN 1319-3<sup>5</sup>).

**Messunsicherheit**

2. Probennahme:

Bei Altlasten und Schadensfällen sind erfahrungsgemäß die Schadstoffe sehr heterogen verteilt. Es stellt sich die Frage, inwiefern eine einzelne Probe repräsentativ für die zu untersuchende Gesamtheit ist. Diese Unsicherheit bei der **Probennahme** wird analog der Begrifflichkeit für die Analyse als **Probenunsicherheit** bezeichnet. Prinzipiell kann die Probenunsicherheit reduziert werden durch

**Probenunsicherheit**

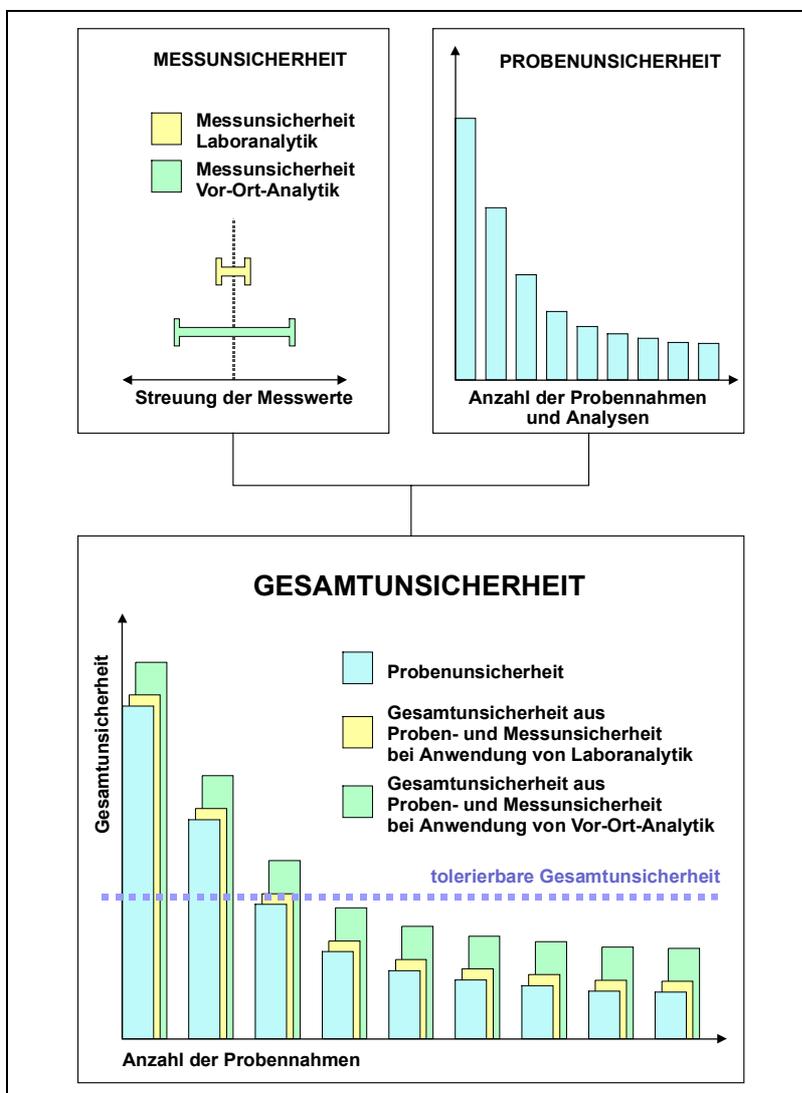
- Herstellung von Mischproben aus einer Vielzahl von Einzelproben oder durch
- Erhöhung der Probenzahl.

Bei leichtflüchtigen Analyten können allerdings keine repräsentativen Mischproben hergestellt werden.

**Aussage-  
sicherheit**

**Gesamt-  
unsicherheit**

Für die Beurteilung der Aussagesicherheit einer Untersuchung müssen sowohl die Mess- als auch die Probenunsicherheit betrachtet werden und ihr Einfluss auf die Gesamtunsicherheit der Untersuchung bewertet werden. Dieser Zusammenhang ist Abbildung 5 verdeutlicht. In der linken oberen Darstellung sind die Messunsicherheiten von Labor- und Vor-Ort-Analytik schematisch dargestellt, wobei der Tatsache Rechnung getragen wird, dass die Laboranalytik gegenüber der Vor-Ort-Analytik im allgemeinen geringer fehlerbehaftet ist. Im rechten oberen Diagramm ist die exponentielle Abnahme der Probenunsicherheit mit Zunahme der Probenahmen und Analysen dargestellt. (vgl. hierzu <sup>7</sup> S. 42 ff.)



**Abbildung 5: Gesamtunsicherheit einer Untersuchung als Summe aus Mess- und Probenunsicherheit**

<sup>7</sup> Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (1999): Vor-Ort-Analytik. Materialien zur Altlastenbehandlung, Dresden

Die Gesamtunsicherheit ergibt sich durch Addition von Probenunsicherheit und Messunsicherheit nach den Regeln der Fehlerfortpflanzung. Das untere Diagramm in Abbildung 5 verdeutlicht, dass eine tolerierbare Gesamtunsicherheit bei heterogen verteilten Schadstoffgemischen prinzipiell entweder durch eine geringe Anzahl von genau, beispielsweise im stationären Labor, analysierten Proben oder durch eine höhere Anzahl weniger genau, beispielsweise mit Vor-Ort-Analytik, analysierten Proben erreichbar ist. Deshalb kann ein heterogen schadstoffbelasteter Standort mit einer weniger exakten Vor-Ort-Analytik genauso zutreffend erkundet werden wie mit exakter Laboranalytik.

Ergänzend ist anzumerken, dass beim Aufspüren und bei der Abgrenzung von Schadstoffbelastungen des Untergrunds fälschlicherweise zu hohe Werte eher toleriert werden können als fälschlicherweise zu niedere Werte.

Zusätzlich schließt die direkte zeitliche Abfolge von Probenahme und Analytik Informationsverluste über die Probe, die Probenahme sowie weiterer Hintergrundinformationen, wie sie bei einer Trennung von Probenahme und Analytik anzutreffen sind, nahezu aus. Fehlerquellen durch Lagerung und Transport der Proben entfallen ebenfalls.

Durch die Möglichkeit unmittelbar vor Ort auf Untersuchungsergebnisse reagieren und Entscheidungen treffen zu können, lässt sich die Probenahme aktiv und gezielt durch die begleitende analytische Untersuchung steuern und dadurch eine weitere Verbesserung der Aussagesicherheit erzielen.

Zusammenfassend ergibt sich gegenüber der herkömmlichen Vorgehensweise eine Steigerung der Aussagesicherheit durch

- eine Erhöhung der Probenzahl,
- geringe Informationsverluste infolge der direkten Verbindung von Probenahme und Analytik,
- Vermeidung negativer Veränderungen der Probe infolge von Transport, Lagerung und Konservierung,
- gezieltere Auswahl der Probenahmestellen (analytisch gesteuerte Erkundung),
- gezielten Einsatz von standardisierter Laboranalytik.

## **Aussagesicherheit**

## **Vermeidung von Probenveränderungen durch Lagerung und Transport**

## **ergebnisgesteuerte Probenahme**

## 3. EINSATZSTRATEGIE

### 3.1 Strategiediagramm

Der erfolgreiche Einsatz von Vor-Ort-Analytik in der Altlastenbearbeitung erfordert eine der Aufgabenstellung und der Methodik angepasste Einsatzstrategie. Sie muss vor allem folgende Kriterien berücksichtigen:

- die erforderliche Qualität der Messergebnisse
- die gerätespezifischen Eigenschaften.

Das Strategiediagramm in Abbildung 6 erläutert die grundsätzlich anzuwendende Vorgehensweise. Die Einsatzstrategie stellt einen iterativen Prozess dar, bei welchem das Planungsziel stufenweise erreicht wird. Einzelne Planungsstufen können mehrfach durchlaufen werden.

Die stufenweise Vorgehensweise wird nachfolgend beschrieben. Die Ergebnisse der Vorüberlegungen in den einzelnen Planungsstufen sind im Arbeitsblatt gemäß Kapitel 7 [Tabelle 5] darzustellen und zu begründen. Dieses Arbeitsblatt ist schematisch in Abbildung 7 dargestellt.

**Einsatzstrategie**

**Planungs-  
schritte**

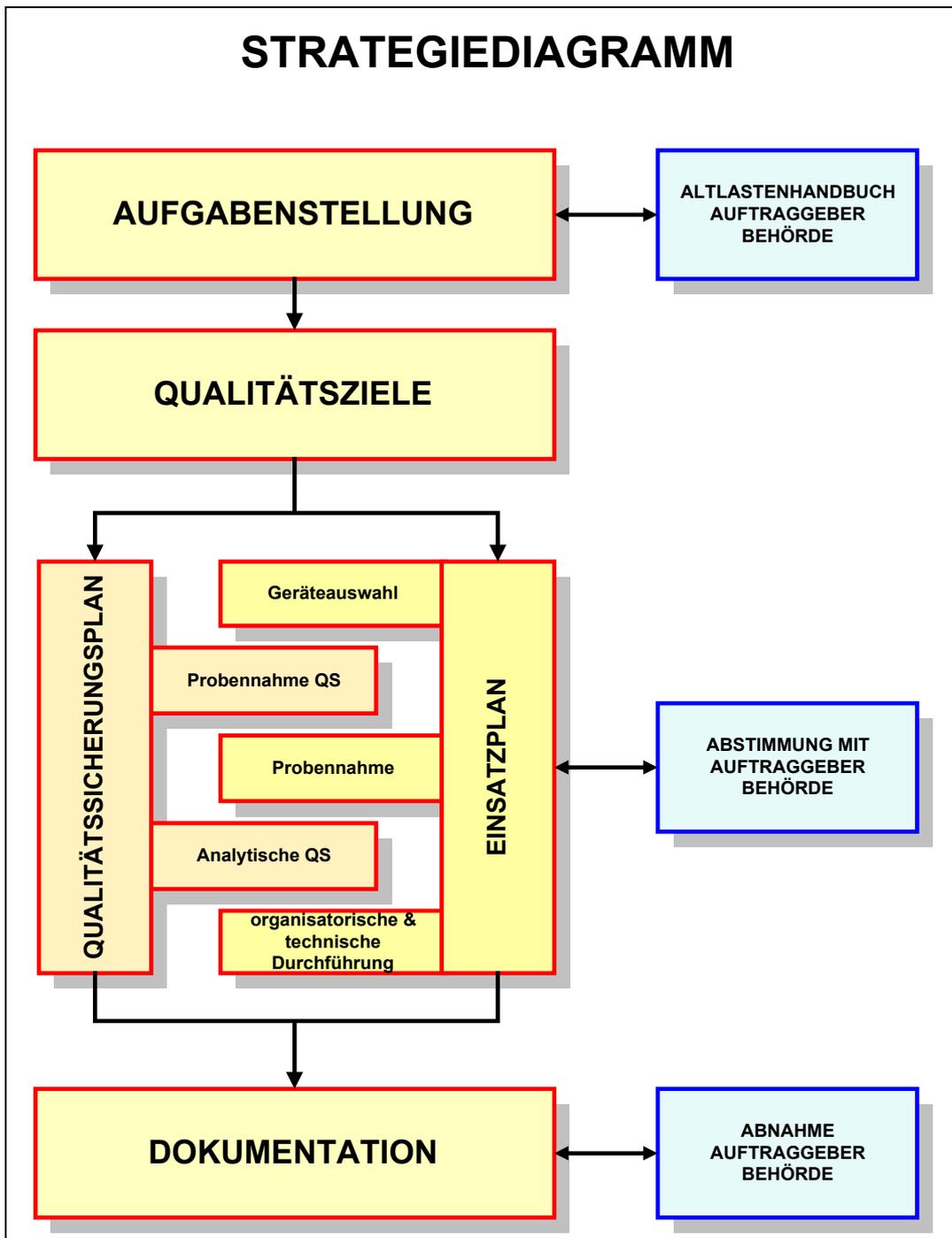


Abbildung 6: Strategiediagramm zum Einsatz von Vor-Ort-Analytik

		ENTSCHEIDUNGS- KRITERIUM/ GRUNDLAGEN	FESTLEGUNG
<b>AUFGABENSTELLUNG:</b>			
	Aufgabenstellung		
	Hintergrundwissen		
<b>QUALITÄTSZIELE:</b>			
	Auflösung		
	räumlich		
	zeitlich		

**Abbildung 7: Muster des Arbeitsblattes aus Kapitel 7**

Die Aufgabenstellung bzw. das Untersuchungsziel ergibt sich aus den Vorgaben des Altlastenhandbuches<sup>8</sup>, aus den Vorgaben des Auftraggebers und den Anordnungen der Behörden.

### **Aufgabenstellung**

Allen Aufgabenstellungen liegen folgende analytische Fragestellungen zugrunde:

- was soll
- wie schnell
- in welchem Konzentrationsbereich
- in welcher Zustandsform
- in welchem Medium

bestimmt werden?

Bei der Aufgabenstellung sind prinzipiell 5 verschiedene Kategorien zu unterscheiden. Aus ihnen ergibt sich die weitere Vorgehensweise (→ 3.2 Aufgabenstellungen).

Untersuchungsstrategien sind vorausschauend zu planen und zu entwickeln. Beispielsweise sollte geprüft werden, ob Erkundungsstufen zusammengefasst und dadurch Probennahmekosten eingespart werden können. Weiterhin sollte überlegt werden, ob an ausgewählten Bodenproben nicht nur Stoffkonzentrationen, sondern auch sonstige Kennwerte ermittelt werden sollten, wie sie eventuell bei späteren Erkundungsstufen, beispielsweise zur Abschätzung der Schadstoffausbreitung oder der Anwendbarkeit von Bodenbehandlungsanlagen benötigt werden.

<sup>8</sup> Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Altlasten-Handbuch ALHB Teil 1: Altlasten-Bewertung, Teil 2: Untersuchungsgrundlagen; Reihe Wasserwirtschaftsverwaltung, Heft 18 und 19; Stuttgart 1988

**Qualitätsziele** Qualitätsziele definieren die einzelfallspezifischen Anforderungen zum Erfüllen der Aufgabenstellung. Sie sind unabhängig von den für die Laboranalytik geltenden Standards und unabhängig vom eingesetzten Instrumentarium zu definieren und festzulegen.

Qualitätsziele sind die Voraussetzung für eine sachgerechte Ableitung des Einsatz- und des Qualitätssicherungsplans, d.h. der Projektbearbeiter kann sich beim Einsatz von Vor-Ort-Analytik nicht auf eine durch genormte Laborverfahren geregelte und ausreichende Qualität verlassen. Er ist selbst gefordert, problemorientierte Qualitätsziele beispielsweise für die räumliche Auflösung und die tolerierbare Messunsicherheit festzulegen. (→ 4. QUALITÄTSZIELE)

**Einsatzplan** Der Einsatzplan legt die Vorgehensweise zur Feldarbeit projektspezifisch konkret fest. Er umfasst neben Festlegungen zur Geräteauswahl Anforderungen an die Probennahme sowie zur technischen und organisatorischen Durchführung. (→ 5. EINSATZPLAN)

**Geräteauswahl** Kriterien für die Auswahl der jeweils anzuwendenden Analysemethoden und -geräte sind:

- Die Aufgabenstellung:  
Sie bestimmt den Umfang der zu untersuchenden Parameter.
- Die Qualitätsziele:  
Sie bestimmen die Vorgaben für die Leistungsfähigkeit des jeweils anzuwendenden Analysensystems.
- Als weitere Faktoren sind zu berücksichtigen
  - die Handhabbarkeit im Gelände,
  - der Einfluss von Witterungsfaktoren wie Temperatur, Feuchtigkeit,
  - der Einfluss der Bodenmatrix und weitere bodenkundliche Parameter,
  - der Zeitbedarf,
  - die Kosten,
  - die Anforderungen an das Bedienungspersonal,
  - der Umfang der Probenvorbereitung sowie der Probenmenge.

Der Probennahmeplan definiert die Art der Probennahme und die Lage der Probennahmestellen.

### **Probennahmeplan**

Für die konkrete Umsetzung im Gelände ist im Einsatzplan die technisch-organisatorische Durchführung festzulegen. Besondere Bedeutung kommt hier der Datenverwaltung zu (⇒ Datenmanagement). Insbesondere ist hierbei ein reibungsloser Datenfluss vom Ort der Messung zum jeweiligen Entscheidungsträger zu gewährleisten.

### **technische und organisatorische Durchführung**

Die Erstellung und Anwendung eines Qualitätssicherungsplans ist unverzichtbarer Bestandteil beim Einsatz von Vor-Ort-Analytik. Im Qualitätssicherungsplan werden Festlegungen getroffen, um die Datenqualität zu sichern und zu dokumentieren.

### **Qualitätssicherungsplan**

Qualitätssicherungsmaßnahmen stellen sicher, dass

- Untersuchungsverfahren, bestehend aus Probenahme und Analytik, den Anforderungen der Qualitätsziele genügen.
- Untersuchungsverfahren reproduzierbare und vergleichbare Ergebnisse liefern.
- eine lückenlose Überprüfung und Nachvollziehbarkeit der gewonnenen Ergebnisse gewährleistet ist.

Im Gegensatz zur Laboranalytik sind bei der Vor-Ort-Analytik die Probennahme und die analytische Bestimmung nicht zwei räumlich und zeitlich getrennte Prozesse, sondern unmittelbar miteinander verbunden. Dadurch liegen Daten in integrierter Form vor. Der Qualitätssicherungsplan muss dem Rechnung tragen. Er fasst die Qualitätssicherung Probennahme (PQS) und Analytik (AQS), die in der klassischen Vorgehensweise getrennt sind, zusammen. (→ 6. QUALITÄTSSICHERUNGSPLAN)

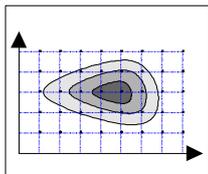
Über die allgemeine Darstellung von Untersuchungsergebnissen hinaus sind bei Anwendung von Vor-Ort-Analytik ergänzende Angaben im Ergebnisbericht aufzuführen (→ 7. DOKUMENTATION). Zur Dokumentation dieser Angaben wird das Arbeitsblatt in Kap. 7 empfohlen [Tabelle 5]. Die dort aufgeführten Angaben stellen die Mindestkriterien dar. Sie sind durch einen Lageplan zu ergänzen.

### **Dokumentation**

## 3.2 Aufgabenstellungen

Folgende 5 Kategorien von Aufgabenstellungen sind zu unterscheiden:

### Erkundung:



Zur Ermittlung der räumlichen Verteilung von Schadstoffbelastungen des Bodens sind Rasteruntersuchungen erforderlich. Für die Festlegung des Rasters und der Probennahmestellen im Einzelnen können nach Anhang 1, Nr. 2.1 der BBodSchV auch die „Ergebnisse aus einer geeigneten Vor-Ort-Analytik herangezogen werden“.

Geeignet sind sowohl quantitative Analysenmethoden und -verfahren, welche die Qualitätsanforderungen nach Kapitel 6.2 erfüllen als auch zu einem Screening einzusetzende Verfahren wie:

- Bodenluft-Untersuchungen bei leichtflüchtigen Analyten, z. B. mit Gassensoren, Gaschromatographie, Photoionisations- oder Flammenionisationsdetektoren (vgl. Messprinzipien in Anhang 3),
- Drucksondierungen, gekoppelt mit geeigneten Analysensystemen v. a. für schwerflüchtige Analyten, wie Mineralöl oder polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe,
- qualitativ anzeigende Schnellanalysensysteme (vgl. Geräteliste in Anhang 2).

### Störfallanalytik:



Ermittlung der räumlichen Verteilung bzw. der Ausdehnung, sowie der Mobilität eines bekannten Schadstoffes unter Berücksichtigung akuter zeitlicher Vorgaben. Charakteristische Kennzeichen des Einsatzes von Vor-Ort-Analytik bei Störfällen sind

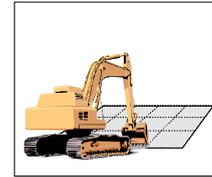
- die sofortige Reaktion auf die erhaltenen Messdaten unter Berücksichtigung des festgestellten Gefährdungspotentials.
- die analytische Begleitung der zu treffenden Abwehr- und Sanierungsmaßnahmen.

### Sanierung:

Begleitende Kontrolle von zeitlich begrenzten Sanierungs-/ Sicherungsmaßnahmen i.S.d. § 2 Abs.7 Nr. 1,2 BBodSchG.

Eine schnelle Vor-Ort-Analytik kann hier die Datenbasis liefern für:

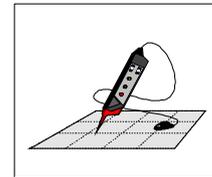
- die Steuerung oder Überwachung von On- site-Boden-behandlungen,
- die Steuerung von Stoffströmen,
- die Feinabgrenzung von Aushubbereichen.



### Langzeitüberwachung:

Langzeitüberwachung eines Schadens oder einer Sanierung. Beispiele hierzu sind:

- Die Fachtechnische Kontrolle nach technischer Erkundung oder Sanierung, vgl. Leitfaden Fachtechnische Kontrolle<sup>9</sup>.
- Die Überwachung einer langfristigen Dekontaminations- bzw. Sicherungsmaßnahme, z. B. Bodenluftabsaugung, hydraulische Sanierung.



### Arbeitsschutz:

Ermittlung der Konzentration eines Schadstoffes und der zeitlichen Verteilung unter Berücksichtigung der speziellen Anforderungen des Arbeitsschutzes.



<sup>9</sup> Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 25: Leitfaden fachtechnische Kontrolle von altlastenverdächtigen Flächen, Altlasten und Schadensfällen.

## 4. QUALITÄTSZIELE

### 4.1 Allgemeine Vorgehensweise

Die Vorgehensweise für die Ableitung von Qualitätszielen ist in Abbildung 8 dargestellt.

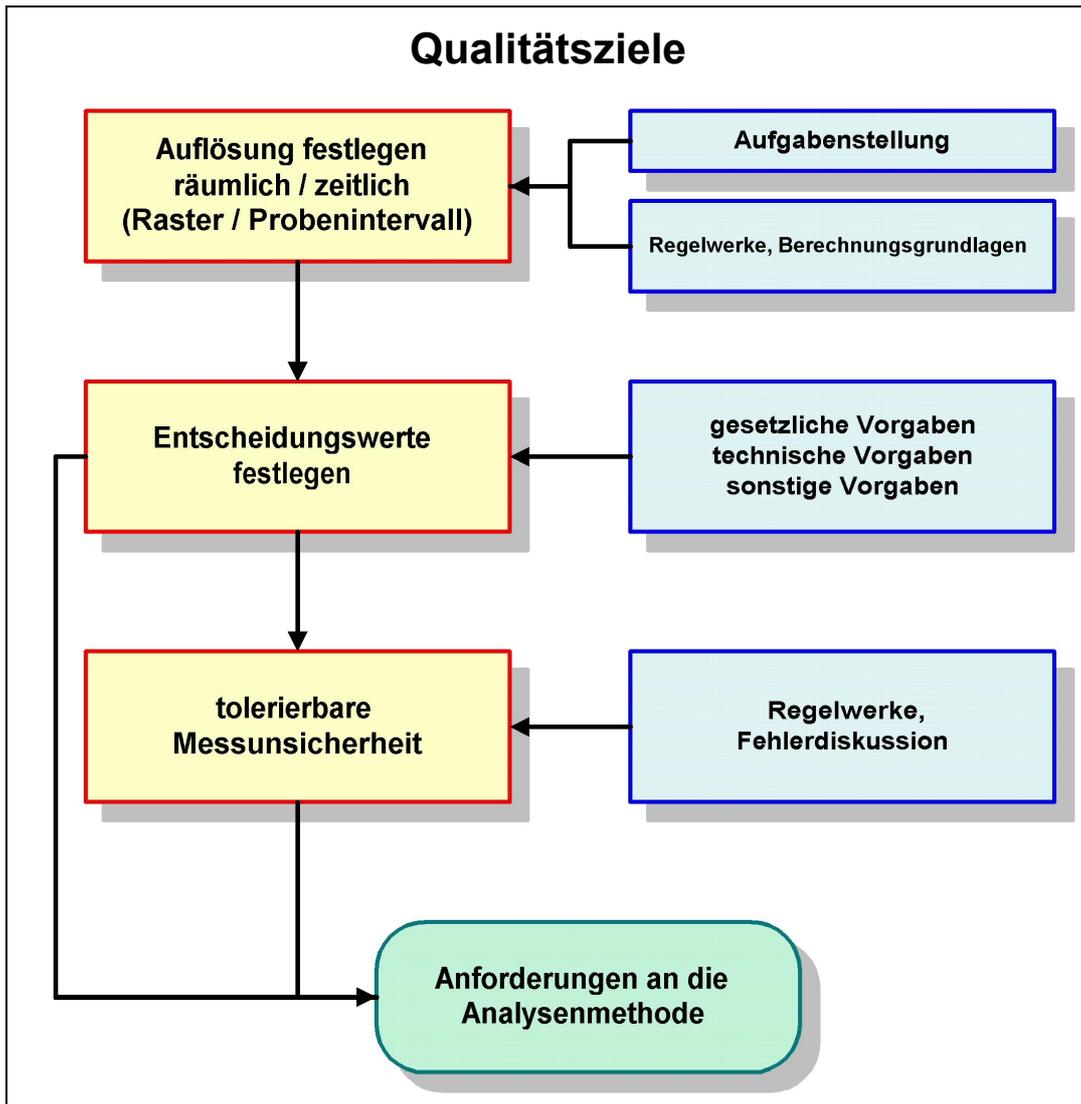


Abbildung 8: Verfahrensschema zur Ableitung von Qualitätszielen

## AUFLÖSUNG

### räumlich

Die räumliche Auflösung gibt die kleinste Ausdehnung einer Kontamination an, die mit einer vorgegebenen Strategie noch erkannt wird.

### zeitlich

Die zeitliche Auflösung gibt die kleinste zeitliche Konzentrationschwankung eines Masseflusses an, die mit einer vorgegebenen Strategie noch erkannt wird.

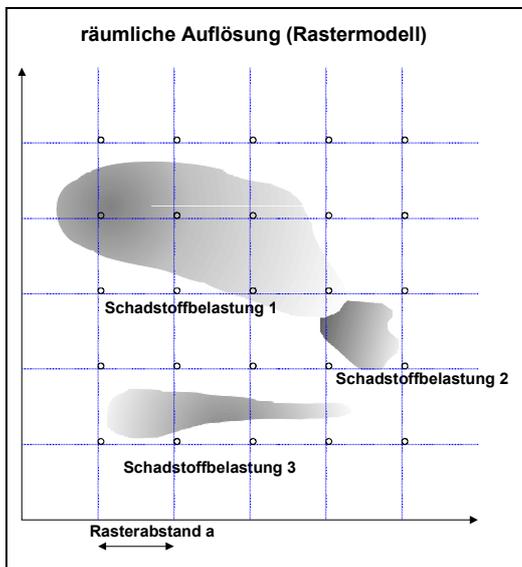


Abbildung 9: räumliche Auflösung

Mit der hier angewandten Strategie eines quadratischen Rasters mit dem Rasterabstand  $a$  kann die Schadstoffbelastung 1 gesichert nachgewiesen werden. Dagegen können die Schadstoffbelastungen 2 und 3 nur bedingt nachgewiesen werden, da ihre Ausdehnung geringer ist als der Rasterabstand und somit ein Nachweis nur möglich ist, wenn die Probennahmepunkte zufällig auf der Fläche der Kontaminationsquelle liegen. Ein sichere Erkennung dieser Schadstoffbelastung ist nur mit einem engmaschigeren Raster oder mit einer geeigneten Änderung der Rasterform, beispielsweise einem Dreiecksraster, möglich.

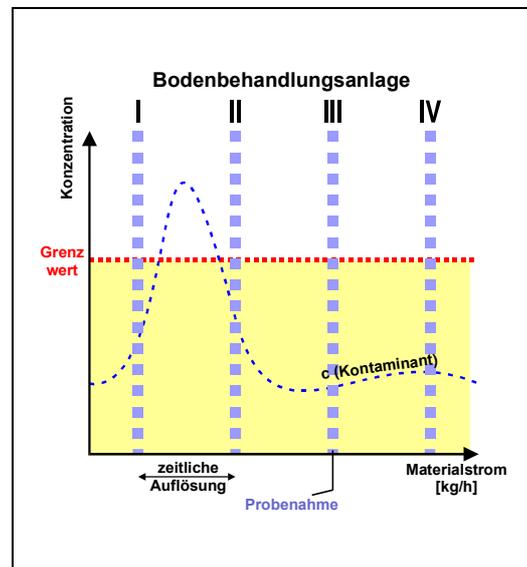


Abbildung 10: zeitliche Auflösung

Durch die Festlegung der zeitlichen Auflösung können im vorliegenden Fall durch Stichproben (I, II, III, IV) kurzzeitige Grenzwertüberschreitungen (zwischen I und II) nicht erfasst werden. Sollen diese ebenfalls erfasst werden so muss der zeitliche Abstand der Probenahme verringert werden.

## REGELWERKE, BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

Die räumliche Auflösung muss sicherstellen, dass ein Gefahrenherd erkannt, bewertet und räumlich abgegrenzt werden kann.

Angaben über die Rastergröße, die Tiefe der Bohrung etc. sowie bei bewegten Abfällen die Mindestanzahl der Proben können gesetzlichen und technischen Regelwerken entnommen werden. Auf wichtige Regelwerke wird im Folgenden eingegangen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Vorgaben in Regelwerken entweder für spezielle Anwendungen bzw. für Anwendungen konzipiert wurden, die nur eingeschränkt auf die Untersuchung von Altlasten übertragen werden können. Für die Festlegung der Auflösung ist es deshalb unverzichtbar, die Vorgaben aus gesetzlichen oder technischen Normen im Einzelfall auf ihre Übertragbarkeit kritisch zu überprüfen.

**Rastergröße  
- nach Regelwerken**

Eine weitere Möglichkeit für die Festlegung der räumlichen Auflösung besteht in der mathematisch-statistischen Berechnung der Anzahl der Probennahmepunkte<sup>10, 11, 12</sup>. Hierbei sind schadstoffspezifische Faktoren wie

**- nach statistischen Methoden**

- die Art des Schadstoffes
- die Mobilität des Schadstoffes

zusätzlich zu berücksichtigen

---

<sup>10</sup> Gilbert R. O., 1987, Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Van Nostrand Reinhold Company, New York

<sup>11</sup> Liedl R.: Statistische Absicherung der Probennahme bei der Gefahrenherderkundung, Abschlussbericht LAG 98-01/0460

<sup>12</sup> Bunge R.: Probennahme auf Altlasten, Altlasten Spectrum 1/96 S. 14-18

## ENTSCHEIDUNGSWERTE

**Entscheidungswerte als Sammelbegriff für Vorsorge-, Prüf-, Maßnahmen- und sonstige Orientierungswerte stellen diskrete Konzentrationsangaben dar, die sich aus gesetzlichen, technischen und sonstigen Vorgaben ableiten lassen und für den konkreten Einzelfall zur Beurteilung von Analyseergebnissen herangezogen werden.**

### **gesetzliche Vorgaben**

Entscheidungswerte bezüglich einzelner Schadstoffe sind in Anhang 2 der BBodSchV aufgeführt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die dort festgelegten Entscheidungswerte für Feinböden mit einer Korngröße unter 2 mm gelten.

### **Auflagen von Behörden**

Je nach Sachlage müssen für die Festlegung von Entscheidungswerten ergänzend Auflagen von Seiten der zuständigen Behörde berücksichtigt werden.

### **technische Vorgaben**

Als Beispiele für technische Vorgaben können Anforderungen von Bodenbehandlungsanlagen oder Deponien herangezogen werden..

### **sonstige Vorgaben**

Neben der rein schematischen Anwendung aus Regelwerken können sich weitere Entscheidungswerte zum einen durch die Beurteilung des Gutachters, zum anderen durch spezielle Anforderungen des Auftraggebers ergeben, z. B. wenn eine genaue Einteilung von Bodenaushub in Zuordnungsklassen gefordert wird.

## MESSUNSICHERHEIT

Die Messunsicherheit eines Ergebnisses umfasst die zufälligen Fehler aller Einzelvariablen, aus denen ein Messergebnis berechnet wird, sowie zusätzlich nicht erfasste, weil nicht messbare und daher nur abschätzbare systematische Fehler (nach DIN 1319<sup>5</sup>). (vgl. auch Kapitel 2.3 Fehler und Unsicherheiten)

Für die Festlegung der tolerierbaren Messunsicherheit existieren in technischen oder gesetzlichen Regelwerken nur vereinzelt Angaben. Als Beispiele hierfür sollen aufgeführt werden:

	Angaben zur Messunsicherheit	Literatur:
<b>Raumluft</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpassung von Bestimmungsgrenze, Empfindlichkeit und Präzision an den Grenzwert (Entscheidungswert). Messbereich zwischen 1/10 bzw. 1/5 und dem 3-fachen des Grenzwertes</li> <li>Messunsicherheit als integraler Fehler aus systematischem und zufälligen Fehler &lt; 30%</li> </ul>	TRGS 402 (Technische Regeln Gefahrstoffe)
<b>Wasser</b>	Zulässiger Gesamtfehler bei <ul style="list-style-type: none"> <li>Referenzverfahren: &lt; 10%</li> <li>Schnelltests &lt; 30%</li> <li>Teststäbchen &lt; 50%</li> </ul>	Vergleichende Bewertung vorhandener Schnelltestverfahren in der Wasseranalytik <sup>13</sup>
<b>Boden*</b>	Schwermetalle im Boden: <ul style="list-style-type: none"> <li>Grenzwert gilt als überschritten, wenn die Gehalte des jeweiligen Schwermetalls um mehr als 5% über dem entsprechenden Grenzwert liegen</li> </ul>	Klärschlammverordnung (AbfKlärV) <sup>14</sup>
<b>Bioabfälle und Gemische</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grenzwerte für Schwermetallgehalte gelten als nicht überschritten, wenn der Grenzwert im gleitenden Durchschnitt der vier zuletzt durchgeführten Untersuchungen nicht überschritten wird und kein Analysenergebnis den Wert um 25 % überschreitet.</li> </ul>	Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen <sup>15</sup>
<b>Abfall*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maximale Abweichung Analysenwert zu Zuordnungswert (Entscheidungswert) für bestimmte Parameter: 50 %</li> </ul>	TA Siedlungsabfall <sup>16</sup>

\* Für Boden liegen nur vereinzelt stoffspezifische Regelungen vor. Für Abfall existieren noch weitere Regelwerke. Die aufgeführten Zahlenwerte sollen daher nur der exemplarischen Veranschaulichung dienen.

<sup>13</sup> Dammann V., Donnevert G., Funk W., Patzsch K. : Vergleichende Bewertung vorhandener Schnelltestverfahren in der Wasseranalytik; UFOPLAN-Nr. 10205135; Institut f. Umwelt- und Hygienetechnik, Abt. Wasserchemie, Fachbereich Techn. Gesundheitswesen, Fachhochschule Gießen-Friedberg, 1988

<sup>14</sup> Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15.04.1992 (BGBl. I Nr. 21 vom 28.04.92 S.912 zuletzt geändert am 09.03.1997 durch Art. 1 der Ersten Verordnung zur Änderung der Klärschlammverordnung (BGBl. I Nr. 15 vom 14.03.97 S.446)

<sup>15</sup> Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung-BioAbfV) vom 21.09.1998 (BGBl. I Nr. 65 vom 28.09.98 S. 2955)

<sup>16</sup> Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen, TA Siedlungsabfall, vom 14.05.1993 (BAnz. S. 4967 und Beilage)

**Überprüfung  
Messunsicherheit**

Ein weiterer Ansatz für die Festlegung der tolerierbaren Messunsicherheit besteht in der Bewertung des Einflusses auf die Gesamtunsicherheit im Vergleich zum Einfluss der Probenunsicherheit (siehe Kapitel 2.3 Fehler und Unsicherheiten).

Je nach Wahl der Analysenmethode ist zu überprüfen, ob die jeweiligen Geräte und Methoden den Anforderungen an die tolerierbare Messunsicherheit gerecht werden.

**ANFORDERUNGEN AN DIE ANALYSEN METHODE**

Aus der Festlegung der Entscheidungswerte sowie der tolerierbaren Messunsicherheit resultieren Anforderungen an die jeweils anzuwendende Analysenmethode, wobei hierbei primär die Grenzen des Anwendungsbereiches vorgegeben werden. Unter dem Anwendungsbereich eines Messgerätes ist der Teil des Messbereichs zu verstehen, der für die jeweilige Anwendung benötigt wird.

**Qualitätsstufen**

1. Existiert nur ein Entscheidungswert, z. B. Grenzwert, so kann die Anwendung einer Analysenmethode, die bezüglich des Entscheidungswertes eine eindeutige ja/nein-Entscheidung ermöglicht, ausreichend sein.
2. Existieren nur wenige Entscheidungswerte, z. B. Hintergrundwert und Prüfwert, so erscheint die Anwendung einer Analysenmethode, die diese diskreten Anwendungsbereiche mit einer hinreichenden Sicherheit umfasst, sinnvoll.
3. Existieren sehr viele Entscheidungswerte bzw. soll eine Schadstoffverteilung über sehr weite Konzentrationsbereiche ermittelt werden, so ist eine Analysenmethode anzuwenden, deren Messbereich den gesamten relevanten Konzentrationsbereich umfasst.

**Anwendungsbereich**

Neben dieser vereinfachten Einteilung des Anwendungsbereiches in die in verschiedenen Qualitätsstufen ist zusätzlich eine exakte Festlegung anhand der vorhandenen Entscheidungswerte zu treffen.

Der Anwendungsbereich des Analysenverfahrens sollte folgende Grenzen umfassen:<sup>17</sup>

<b>untere Grenze:</b>	<b>die Hälfte des niedersten Entscheidungswertes</b>
<b>obere Grenze:</b>	<b>das 2-fache des höchsten Entscheidungswertes</b>

**Empfehlung für die Festlegung des Anwendungsbereichs**

Konkret verdeutlicht wird diese Festlegung an dem in Abbildung 11 dargestellten Beispiel.

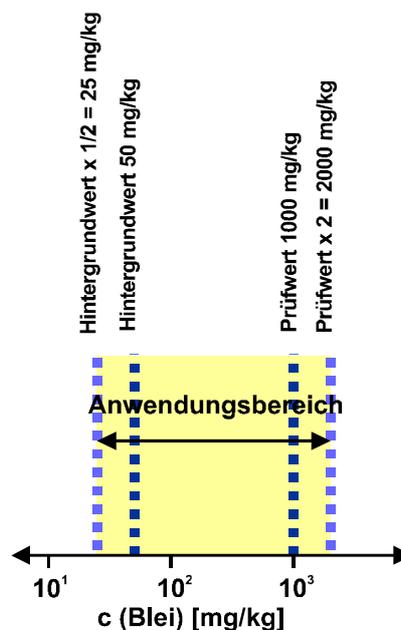
Im Vorfeld einer Untersuchung mit dem Ziel, ob zum einen für die zu untersuchende Fläche Schadstoffe in Konzentrationen über dem Hintergrundwert zum anderen über dem Prüfwert vorliegen, wurden für den Parameter Blei folgende Entscheidungswerte festgelegt:

Hintergrundwert: 50 mg/kg

Prüfwert: 1000 mg/kg

Für die Wahl der Analysenmethode bedeutet dies nun, dass das Analysenverfahren eine Messung über den Anwendungsbereich von 25 mg/kg bis zu 2000 mg/kg ermöglichen sollte. Während der untere Anwendungsbereich quasi die Bestimmungsgrenze des Analysenverfahrens festlegt, kann die obere Anwendungsbereichsgrenze ggf. durch Verdünnungen erreicht werden.

Anwendungsbereich des Analysenverfahrens in Abhängigkeit der festgelegten Entscheidungswerte. Beispiel: Blei



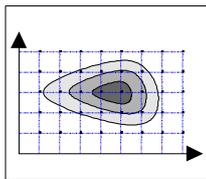
**Abbildung 11: Festlegung des Anwendungsbereiches anhand vorgegebener Entscheidungswerte**

In der Praxis spielt die untere Anwendungsbereichsgrenze für die Wahl der Analysenmethode eine weitaus bedeutendere Rolle als die obere, die bei den meisten Analysenmethoden durch Verdünnungen erreicht werden kann.

<sup>17</sup> Bei den im folgenden genannten Zahlenangaben handelt es sich um Diskussionsergebnisse der Projektgruppe Handlungsempfehlung Vor-Ort-Analytik. Die Zahlenwerte beruhen auf Erfahrungen der beteiligten Fachleute.

## 4.2 Projektspezifische Qualitätsziele

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung von projektspezifischen Qualitätszielen wird am Beispiel der Erkundung detailliert erläutert. Abweichungen sowie Ergänzungen, die bei der Bearbeitung der anderen Aufgabenstellungen zu beachten sind, werden jeweils am Ende der jeweiligen Kapitel kurz dargestellt.



### 4.2.1 Erkundung

#### Auflösung:

Besteht das Untersuchungsziel in der Ermittlung der räumlichen Verteilung bzw. Ausdehnung eines Schadstoffes, so werden die Anforderungen theoretisch am besten durch die Anwendung eines geometrischen Rasters mit einer festgelegten Auflösung erfüllt. In der Praxis der Altlastenbearbeitung zeigt sich jedoch, dass streng geometrische Raster wegen des Gebäudebestandes, Fundamenten und Leitungen oft nicht angewandt werden können. Weiterhin erfordern Standorte, bei denen die Lage mutmaßlicher Schadensherde hinreichend bekannt ist, eine Rasterverdichtung, bzw. eine Anpassung an die bekannte Ausgangssituation. Aus diesen Faktoren resultieren zum Teil beträchtliche Modifizierungen.

#### **Rastergröße**

Für die Festlegung der Rastergröße können prinzipiell zwei Wege beschrrieben werden.

#### **mathematisch statistische Ermittlung**

Zum einen lässt sich die Probenpunktdichte durch entsprechende statistische Modelle und Ansätze ermitteln (siehe Kapitel 4.1). Mittels dieser Methode können Raster individuell nach der Art des Schadstoffes, seiner Mobilität, nach der Größe der vorliegenden Schadensherde und nach der Wahrscheinlichkeit, solche zu erkennen, festgelegt werden.

#### **Vorgaben von Regelwerken**

Zum anderen kann unter Berücksichtigung der jeweiligen Anwendungsbereiche auf folgende gesetzliche und technische Regelwerke zurückgegriffen werden:

- LAGA Richtlinie Probennahme<sup>18</sup>
- VwV Probennahme<sup>19</sup>
- ISO/CD 10381 Soil Quality- Sampling<sup>20</sup>
- BBodSchV

Dabei ist zu beachten, dass sich die Angaben bezüglich der Rastergröße z.t. beträchtlich unterscheiden. Weiterhin verzichten Regelwerke i.d.R. auf schadstoffspezifische Eigenheiten bei der Festlegung der Rastergröße.

Für die Altlastenproblematik erscheint ein stufenweises Modell, wie es in den „Methoden und Strategien der Erkundung von Kontaminationen auf Industrie- und Altstandorten“<sup>21</sup> dargestellt ist, sinnvoll [Tabelle 2]. Gleichzeitig ist in dieser Tabelle exemplarisch die Wahrscheinlichkeit, einen Schadensherd mit einem Durchmesser von 10 m zu erkennen, aufgeführt.

**Tabelle 2: Stufenweise Festlegung von Rasterabständen**

Rasterabstände a in Abhängigkeit des Kontaminationsverdachtes nach (21)	Wahrscheinlichkeit p, einen Schadensherd (∅ 10m) zu erkennen nach Liedl R. Statistische Absicherung der Probennahme bei der Gefahrenherderkundung (11)
Teilbereiche mit konkretem Kontaminationsverdacht: 1 Probenpunkt je 16-100m <sup>2</sup> ⇒ a = 4-10m	100 – 78%
Teilflächen mit allgemeinen Verdachtshinweisen: 1 Probenpunkt je 200-400m <sup>2</sup> ⇒ a = 15-20m	35 – 20%
Teilflächen ohne spezielle Verdachtshinweise: 1 Probenpunkt je 600-1000m <sup>2</sup> ⇒ a = 25-30m	13 – 9%

<sup>18</sup> LAGA: Richtlinie: Entnahme von Proben aus festen, schlammigen und flüssigen Abfällen (PN 2/78 K)

<sup>19</sup> 2. Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg zum Bodenschutzgesetz über die Probennahme und -aufbereitung vom 24.08.93 (GABl. Bad.-Württ.; Nr. 30; S. 1017)

<sup>20</sup> EN DIN ISO 10 381: Bodenbeschaffenheit – Probennahme Teile 1-6, Beuth Verlag, Berlin

<sup>21</sup> Institut für gewerbliche Wasserwirtschaft und Luftreinhaltung e.V.; Projektbericht: Methoden und Strategien der Erkundung von Kontaminationen auf Industrie- und Altstandorten

**Durchführung**

Für die konkrete Durchführung der Rasteruntersuchung lassen sich, je nach vorhandener Vorinformation, zwei Fälle unterscheiden:

**statische Rasteruntersuchung**

1. Das zu untersuchende Gelände wird nach einem festgelegten Raster beprobt. Nach Zwischenergebnissen und ihrer Bewertung erfolgt eine Rasterverdichtung.

**dynamische Untersuchung mit schneller Vor-Ort-Analytik**

2. Liegen aufgrund von Vorinformationen konkrete Angaben über die Lage, die Form, etc. der Schadensherde vor, so erfolgt die Sondierung ausgehend vom vermuteten Schadensschwerpunkt, wobei sich die weiteren Probennahmepunkte aus den erhaltenen analytischen Daten ergeben [Abbildung 12]. Die Probennahme erfolgt ergebnisgesteuert. Im Vergleich zur statischen Vorgehensweise können dadurch Probennahmen und Analysen eingespart werden.

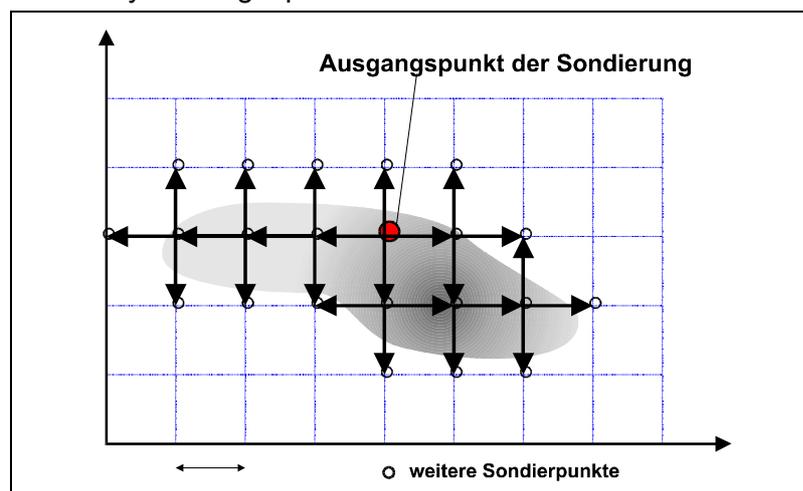


Abbildung 12: Dynamische Entwicklung eines Rasters

**Entscheidungswerte:**

Als Entscheidungswerte sind für anorganische Parameter in jedem Fall die jeweils schadstoffspezifischen Hintergrundwerte sowie fallspezifisch die jeweiligen Prüfwerte heranzuziehen. Für organische Parameter sind anstelle der Hintergrundwerte entsprechende Vorsorgewerte zu berücksichtigen.

**Messunsicherheit:**

Das Analysensystem muss die jeweiligen Bereiche zwischen den Entscheidungswerten ausreichend sicher anzeigen.

Da bei der Ermittlung der Schadstoffverteilung das Gesamtergebnis, die Verteilung, im Vordergrund steht, können bei einer hinreichend hohen Probendichte für die einzelnen Messpunkte höhere Messunsicherheiten toleriert werden. Fälschlicherweise zu hohe Analysenwerte können toleriert werden, während fälschlicherweise zu niedere Werte nicht tolerierbar sind.

### 4.2.2. Störfallanalytik

#### **Auflösung:**

Üblicherweise wird hier die dynamische Rasteruntersuchung, ausgehend vom Zentrum des Störfalls, angewandt.

#### **Messunsicherheit:**

Bei einem Störfall kommt es auf kurze Analysenzeiten an, so dass je nach Schadstoff und Aufgabenstellung eine mehr oder weniger große Messunsicherheit toleriert werden kann. Auch hier können fälschlicherweise zu hohe Analysenwerte eher toleriert werden als fälschlicherweise zu geringe.



### 4.2.3 Sanierung

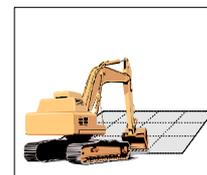
#### **Auflösung:**

Da bei einer Sanierung zahlreiche, zum Teil sehr unterschiedliche, Techniken angewandt werden können, ergeben sich sehr unterschiedliche Anforderungen an die räumliche und zeitliche Auflösung. Mögliche Vorgaben zur Auflösung können sein:

- 1 Analyse je Baggerschaufel
- 1 Analyse je 100 m<sup>3</sup>
- 1 Analyse je Arbeitstag

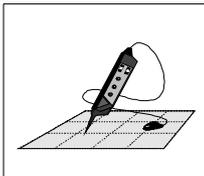
#### **Entscheidungswerte:**

Entscheidungswerte ergeben sich bei der Sanierung aus dem jeweiligen Sanierungsziel. Für die Entsorgung sind unterschiedliche technische Vorgaben der jeweiligen Entsorgungswege und -stellen zu berücksichtigen.



**Messunsicherheit:**

Bei einer Sanierung wirken sich die einzelnen Messergebnisse gravierend auf die weitere Vorgehensweise und somit auf die Kosten aus. Um gesicherte Aussagen treffen zu können, ist für die Messunsicherheit ein enger Rahmen zu wählen oder die Probenanzahl entsprechend zu erhöhen.

**4.2.4 Langzeitüberwachung****Auflösung:**

Bei der Langzeitüberwachung einer Altlast ist neben der räumlichen Auflösung bzw. der Anzahl der Stichproben, auch die zeitliche Auflösung wichtig.

Bei der kontinuierlichen Überwachung, z.B. durch Sensoren, können potentielle Entwicklungen und Gefährdungspotentiale erkannt und gegebenenfalls steuernd in den Prozess eingegriffen werden.

**Messunsicherheit:**

Die Anforderungen an die Messunsicherheit ergeben sich aus der jeweiligen Zielsetzung. Eine kontinuierliche Überwachung erlaubt eine größere Toleranz für die Messunsicherheit, da hierbei die zeitliche Entwicklung der Schadstoffgehalte im Mittelpunkt steht.

## 4.2.5 Arbeitsschutz

### Auflösung:

Vorgaben bezüglich der räumlichen und zeitlichen Auflösung der Probennahme bei Arbeitsschutzmaßnahmen sind in folgenden Normen enthalten:

- Technische Regeln Gefahrstoffe (TRGS) 402<sup>22</sup>
- Technische Regeln Gefahrstoffe (TRGS) 420<sup>23</sup>
- BIA-Arbeitsmappe: Messung von Gefahrstoffen<sup>24</sup>
- Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit in kontaminierten Bereichen<sup>25</sup>

Hierbei werden u.a. die Mindestprobenzahl, abhängig von der Probennahmedauer, festgelegt.

### Messunsicherheit:

Die Anforderungen an die Messunsicherheit ergeben sich aus der TRGS 402 und DIN EN 689<sup>26</sup>.



<sup>22</sup> Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 402 Ermittlung und Beurteilung der Konzentration gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen; B ArbBl. Stand Nov. 1997

<sup>23</sup> Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 420 Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien für die dauerhafte sichere Einhaltung von Luftgrenzwerten (VSK); B ArbBl. Stand Sept. 1999

<sup>24</sup> Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (BIA); Messung von Gefahrstoffen; Erich Schmidt Verlag

<sup>25</sup> Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit in kontaminierten Bereichen, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften – Fachausschuss Tiefbau, Ausgabe April 1997

<sup>26</sup> DIN EN 689 Arbeitsplatzatmosphäre – Anleitung zur Ermittlung der inhalativen Exposition gegenüber chemischen Stoffen zum Vergleich von Grenzwerten und Messstrategie. 1995-04. Beuth Verlag, Berlin.

## 5. EINSATZPLAN

Als Grundlage und Orientierungsrahmen zur Erstellung des Einsatzplans dient das in Kap. 7 vorgestellte Arbeitsblatt in Verbindung mit dem Lageplan. Die folgenden Unterkapitel ergänzen das Arbeitsblatt, indem sie auf einzelne Aspekte des Einsatzplanes detailliert eingehen.

### 5.1 Geräteauswahl

Die Vorgehensweise und die Kriterien bei der Geräteauswahl sind in Abbildung 13 dargestellt. Die in Anhang 2 enthaltenen Gerätedaten sollen die Gerätevorauswahl erleichtern, so dass Herstelleranfragen oder Vorversuche gezielt auf wenige Analysenverfahren oder –methoden beschränkt werden können.

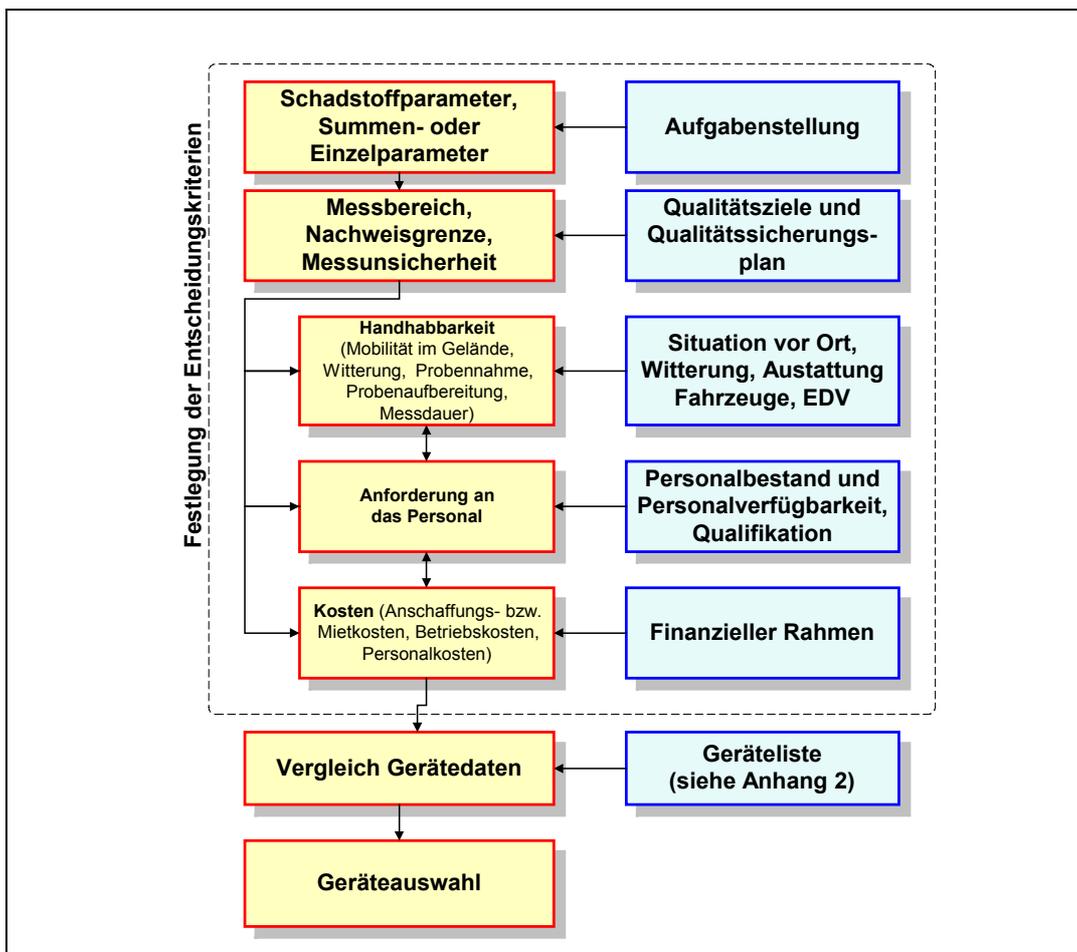


Abbildung 13: Kriterien und Vorgehensweise bei der Geräteauswahl

## 5.2 Probennahme

Die Kriterien für die Planung und Durchführung der Probenahme sind in Abbildung 14 dargestellt.

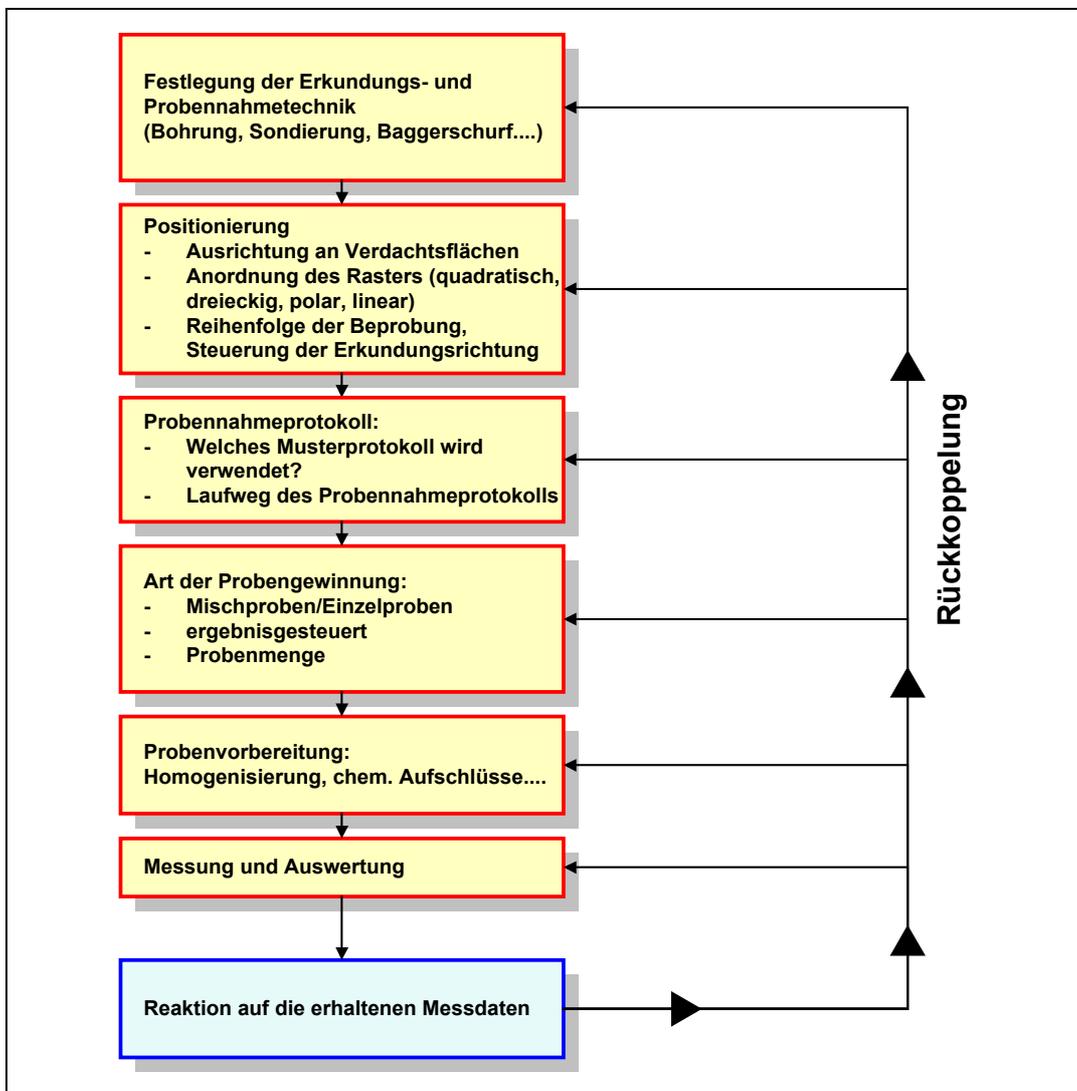


Abbildung 14: Kriterien für die Planung und Durchführung der Probennahme

## 5.3 Technische und organisatorische Durchführung

Bei der technischen und organisatorischen Durchführung sind für die Anwendung der Vor-Ort-Analytik die in Tabelle 3 aufgeführten Punkte zu berücksichtigen. Besonders zu beachten sind hierbei die logistischen Probleme, die beim Einsatz vor Ort zu bewältigen sind: Versorgung mit Strom, Wasser, Sicherstellen der Kommunikation, Witterungseinflüsse, Lagerung und Kühlung von Rückstellproben etc.

Tabelle 3:

Technische und organisatorische Durchführung

TECHNISCH	ORGANISATORISCH	DATENMANAGEMENT
<p><b>Situation im Feld / Infrastruktur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie ist der Zutritt zum Gelände geregelt? Existiert eine externe Geländeaufsicht?</li> <li>• Welche Anforderungen im Gelände müssen von Seiten der Analytik und der Probennahme vorliegen. Beispielsweise             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieversorgung</li> <li>• Wasserversorgung</li> <li>• Existieren witterungsbedingte Einschränkungen, wie Temperatur, Feuchtigkeit, und können diese durch Verwendung von geschlossenen Messcontainern o.ä. bzw. durch eine geeignete Kühltechnik behoben werden.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Reaktion auf veränderte Randbedingungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie kann auf negative Veränderungen, z. der Witterung, reagiert werden?</li> </ul>	<p><b>Zuständigkeiten, Kompetenzen, Entscheidungsspielräume:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Festlegung der Kompetenzen und Entscheidungsspielräume der Projektleitung vor Ort.</li> <li>• Inwiefern können Entscheidungen eigenverantwortlich getroffen werden und wann hat eine Rücksprache zu erfolgen?</li> <li>• Zuordnung der jeweiligen Teilarbeitsschritte an die jeweiligen Personen, Regelung von Vertretungen sowie Regelung der jeweiligen Verantwortlichkeiten. Gegebenenfalls Festlegung von Kontrollen.</li> </ul> <p><b>Festlegung des Zeitrahmens, Erstellung eines Projektplans:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie viel Zeit steht insgesamt zur Verfügung?</li> <li>• Existieren Schnittstellen mit externen Vorgängen, die an feste Termine gebunden sind?</li> <li>• Wie hoch ist der Personalbedarf und wie kann dieses möglichst effektiv eingesetzt werden?</li> <li>• Werden genügend Zeitpuffer bei der Planung berücksichtigt?</li> </ul> <p><b>Erstellung eines Not- / Unfallsplans:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie können die Anforderungen des Arbeitsschutzes vor Ort umgesetzt werden?</li> <li>• Ist vor Ort schnelle Hilfe und eine hinreichende Erstversorgung bei Auftreten eines Arbeitsunfalls gewährleistet?</li> </ul> <p><b>Schnittstellen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie, wann und an wen erfolgt eine Weitergabe der (Teil-) Ergebnisse?</li> </ul>	<p><b>Datenträgersysteme festlegen, Kompatibilität sichern</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Hardware und welche Software sollen verwendet werden? Sind die Systeme zueinander kompatibel?</li> </ul> <p><b>Kommunikationswege festlegen und sichern:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ist gewährleistet, dass ein Datenverlust und ein Datenmissbrauch ausgeschlossen werden kann?</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie erfolgt eine optimale Abstimmung von Probennahme, Analytik und Datenübertragung zum Entscheidungsträger? Wichtig ist hierbei insbesondere eine Abstimmung des Zeitbedarfes von Probennahme, Analytik und Datenauswertung, da sonst Nachteile durch Gerätestillstandszeiten in Kauf genommen werden müssen.</li> </ul>	<p><b>Technische und organisatorische Abstimmung der einzelnen Arbeitsprozesse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie erfolgt eine optimale Abstimmung von Probennahme, Analytik und Datenübertragung zum Entscheidungsträger? Wichtig ist hierbei insbesondere eine Abstimmung des Zeitbedarfes von Probennahme, Analytik und Datenauswertung, da sonst Nachteile durch Gerätestillstandszeiten in Kauf genommen werden müssen.</li> </ul>	

## 6. QUALITÄTSSICHERUNGSPLAN

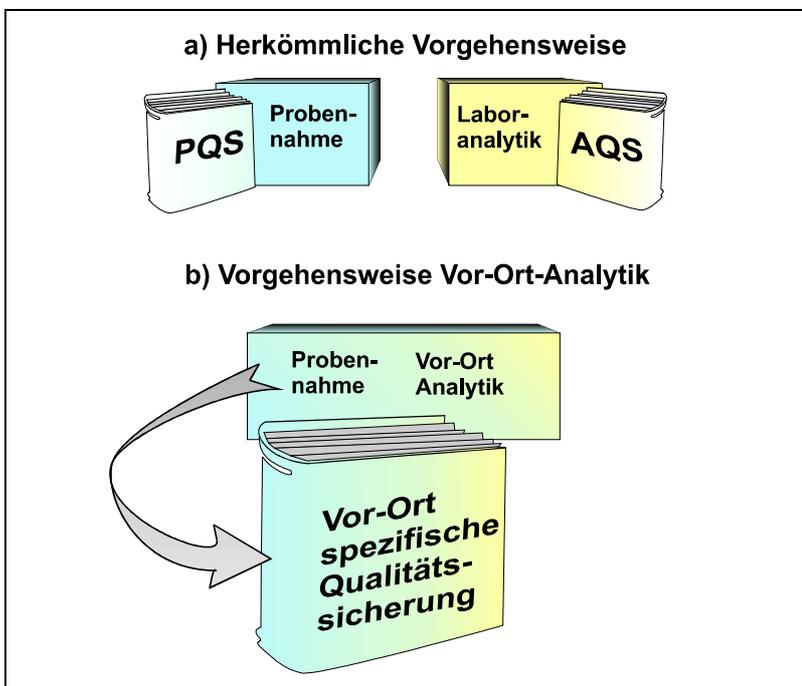
Schwerpunkt dieses Kapitels bilden die Qualitätssicherungselemente, die die Besonderheiten der Vor-Ort-Analytik berücksichtigen. Hinsichtlich allgemeiner Elemente der Qualitätssicherung bei der Probenahme und der Analytik wird auf das Arbeitsblatt in Kapitel 7 [Tabelle 5] verwiesen.

In der herkömmlichen Vorgehensweise stellen Probenahme und (Labor-) Analytik zwei räumlich und zeitlich getrennte Prozesse dar [Abbildung 15]. Entsprechend erfolgt die Qualitätssicherung getrennt für die Probenahme (PQS) und die Analytik (AQS). Diese klassischen Elemente der Qualitätssicherung fanden auch Eingang in Anhang 1 der BBodSchV.

**herkömmliche  
Vorgehensweise**

Demgegenüber ist bei Vor-Ort-Analytik Probenahme und Analytik nicht räumlich und zeitlich getrennt. PQS und AQS sind also integriert zu betrachten. Zusätzlich sind neue, vor-ort-spezifische Elemente zu berücksichtigen, die nachfolgend erläutert werden.

**Integration von  
AQS und PQS**



**Abbildung 15:** Gegenüberstellung der Vorgehensweise bei der Qualitätssicherung von Probenahme und Analytik bei  
a) herkömmlicher Vorgehensweise  
b) Vor-Ort-Analytik

## 6.1. Qualitätssicherung Analytik

Die Besonderheiten der Qualitätssicherung beim Einsatz Vor-Ort-Analytik sind in Abbildung 16 stichwortartig zusammengefasst. Sie werden im Folgenden näher erläutert.

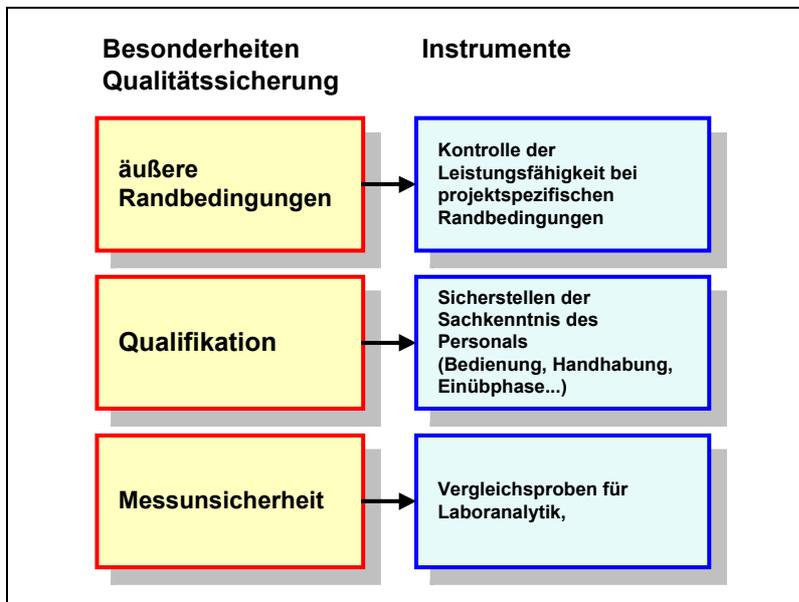


Abbildung 16: vor Ort spezifische Qualitätssicherung Analytik

### Randbedingungen

Bei der Messung vor Ort spielen äußere Einflüsse, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, aber auch die Bodenmatrix eine entscheidende Rolle. Deshalb ist es unumgänglich, die Leistungsfähigkeit des Analysensystems zu Beginn einer Messkampagne unter den gegebenen Randbedingungen zu überprüfen. Zunächst sind bekannte Störungen der Messgeräte anhand der Geräteliste zu recherchieren und ungeeignete Messgeräte bereits im Vorfeld auszuschließen. Messgeräte, die sich aufgrund dieses Kriteriums als geeignet erweisen, sollten anschließend auf ihre Leistungsfähigkeit vor Ort überprüft werden. Diese Überprüfung kann in Form von Vergleichsproben mit genau bekannter Zusammensetzung, durch Aufstockungen oder durch Analyse von Parallelproben mit standardisierter Analytik erfolgen.

Für die Bedienung der Analysengeräte muss eine adäquate Sachkenntnis des Personals gewährleistet werden, die beispielsweise in Probennehmerlehrgängen erworben werden kann. Diese Sachkenntnis kann über mehrere Personen und Instanzen verteilt vorliegen, sofern die Kommunikations- und Entscheidungswege gesichert sind. Während einer Untersuchung sollte stichprobenartig geprüft werden, ob das Analysengerät und –verfahren sachgerecht angewandt wird. Insbesondere sollte das Personal in der Lage sein, die erhaltenen Messwerte auf ihre Plausibilität zu überprüfen.

## **Qualifikation**

Eine Kontrolle der Messwerte durch Laboranalytik ist insbesondere dann angesagt, wenn:

## **Messunsicherheit:**

- äußere Einflüsse, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, bewertet werden sollen.
- Einflüsse der Bodenmatrix bewertet werden müssen.
- das verwendete Analysensystem eine große Messunsicherheit besitzt.
- Verfahrenskenndaten für das Analysensystem ermittelt bzw. überprüft werden sollen.
- neben Messbereichsangaben bestimmte Werte, z. B. Maximal- oder Minimalwerte, quantifiziert werden sollen.
- Analysenwerte abgesichert werden sollen, die im Bereich der jeweiligen Entscheidungswerte liegen bzw. einen gegebenen Entscheidungswert überschreiten.

## **Kontrolle durch Laboranalytik**

Der Umfang und die Kriterien, nach denen Vergleichsproben zu entnehmen sind, richtet sich

## **Kriterien und Umfang von Vergleichsmessungen**

- nach der Messunsicherheit des Analysensystems: Je geringer die Messunsicherheit des Systems ist, desto weniger Vergleichsproben, beispielsweise mit Laboranalytik, werden benötigt.
- nach der Aufgabenstellung und den Qualitätszielen: Soll durch eine Untersuchung die einfache Schadstoffverteilung ermittelt werden, so genügen wenige Vergleichsproben. Soll dagegen eine genaue Eingrenzung einer belasteten Fläche ermittelt werden, so ist die Anzahl an Vergleichsproben entsprechend zu erhöhen.

- nach der Bewertung der erhaltenen Messdaten anhand der Entscheidungswerte: Liegen die erhaltenen Messdaten deutlich unterhalb des jeweiligen Entscheidungswertes, so genügen weniger Vergleichsproben, als wenn die Messdaten knapp über bzw. unter dem Entscheidungswert liegen.

In Anlehnung an eine Studie der US. EPA / CMECC<sup>27</sup> werden von der Projektlenkungsgruppe für die Entnahme von Vergleichsproben folgende Zahlenwerte zur Orientierung vorgeschlagen [Tabelle 4].

**Tabelle 4: Kriterien zur Entnahme von Vergleichsproben für die Laboranalytik**

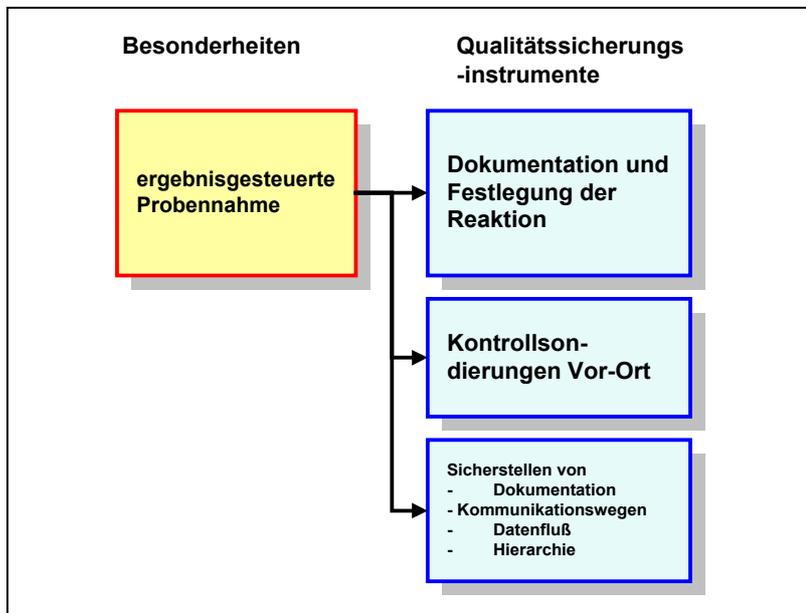
Messergebnisse im Vergleich zu den festgelegten Entscheidungswerten	prozentualer Anteil an Vergleichsproben	Entnahmekriterien
Messergebnisse kleiner als Nachweisgrenze	5 %	statistisch verteilt
Messergebnisse kleiner als Entscheidungswerte	10 %	statistisch verteilt
Messergebnisse im Bereich der Entscheidungswerte	10-20 %	gezielte Entnahme von Vergleichsproben im Konzentrationsbereich der Entscheidungswerte
Messergebnisse größer als Entscheidungswerte	5 %	statistisch verteilt

Die hier vorgestellten Kriterien sind bei Analysenverfahren, die mit Verfahren der Laboranalytik identisch sind und deren Anwendung durch Standardarbeitsanweisungen oder sonstigen Normen, z. B. DIN, geregelt wird, nicht anzuwenden. Für diese Fälle gelten die in den jeweiligen Normen vorgegebenen Qualitätssicherungsmaßnahmen.

<sup>27</sup> California Military Environmental Coordination Committee: Field Analytical Measurement Technologies, Applications and Selection, April 1996

## 6.2 Qualitätssicherung Probennahme

Die Besonderheiten der Qualitätssicherung bei der Probennahme sind in Abbildung 17 stichwortartig zusammengefasst.



**Abbildung 17: vor Ort spezifische Qualitätssicherung Probennahme**

Böden sind heterogen und im Vergleich zu gasförmigen oder flüssigen Medien ungleich schwerer repräsentativ zu beproben, weil sich in Böden die Schadstoffkonzentration innerhalb kurzräumiger Distanzen wesentlich stärker ändern kann.

Die Abschätzung dieser kleinräumigen Änderungen ermöglicht die Vor-Ort-Analytik zum einen durch die Messung des Tiefenprofils oder durch Kontrollsondierungen. Kontrollsondierungen sind Probenahmepunkte, die zur Qualitätssicherung zusätzlich zum Probenahmeplan erfolgen. Diese können dicht bei einem planmäßigen Sondierpunkt oder, abhängig von der ermittelten Schadstoffverteilung, beispielsweise im Bereich mit einem hohen Konzentrationsgradienten, liegen [Abbildung 18]. Durch Vergleich der Ergebnisse von Kontrolluntersuchungen mit Ergebnissen früherer Untersuchungen können Informationen zur Qualität der Probennahme, Analyse und der Strategie abgeleitet werden.

**Repräsentativität**

**Kontrollsondierungen**

Als Orientierungswert\* für die Anzahl der Kontrollsondierungen werden 5% aller Sondierungen vorgeschlagen. Diese Kontrollsondierungen können zusätzlich dann als planmäßige Sondierungen mit eingebunden werden.

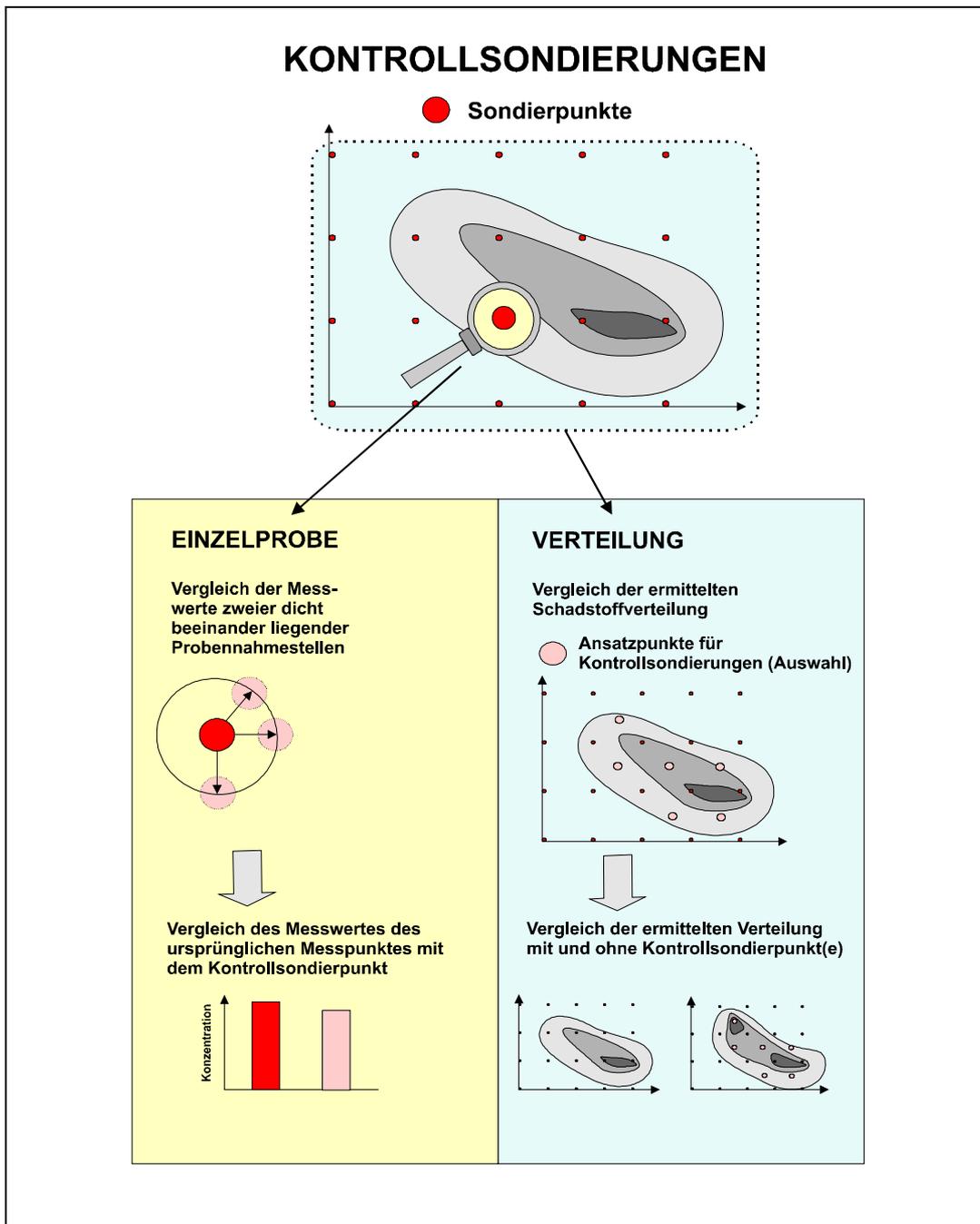


Abbildung 18: Kontrollsondierungen

\* Bei der im folgenden genannten Zahlenangabe handelt es sich um Diskussionsergebnisse der Projektgruppe Handlungsempfehlung Vor-Ort-Analytik. Der Zahlenwert beruht auf Erfahrungen der beteiligten Fachleute.

## 6.3 Qualitätssicherung Datenfluss

Die Qualitätssicherung beim Datenfluss hat folgende Ziele:

- eine reibungslose Kommunikation zwischen den verschiedenen Entscheidungsträgern sicherzustellen,
- die Gewährleistung, dass die Übertragung von Daten fehlerfrei erfolgt,
- die Vertraulichkeit im Umgang mit den Daten sicherzustellen.

**Kommunikation**

Organisatorische und logistische Voraussetzungen hierfür sind:

- geeignete Datenmanagementsysteme (EDV),
- qualifiziertes Personal,
- Lagepläne, graphische Auswertungssysteme, vorbereitete Entscheidungskriterien,
- ausreichender Schutz der Datendokumentation vor äußeren Einflüssen.

**Datenmanagement**

## 7. DOKUMENTATION

Zur Dokumentation der spezifischen Belange beim Einsatz der Vor-Ort-Analytik dient die nachfolgende Tabelle sowie die Fallbeispiele. Sie unterstützt die Entwicklung und Umsetzung der Strategie in allen Phasen der Projektbearbeitung, wie Planung, Einsatz und Dokumentation, da in ihr alle wichtigen Entscheidungen nachvollziehbar und reproduzierbar aufgelistet werden. Insbesondere ist für jede zu treffende Festlegung die fachliche Grundlage bzw. das maßgebliche Entscheidungskriterium anzugeben.

Über die allgemeine Darstellung von Untersuchungsergebnissen im Ergebnisbericht hinaus sind ergänzende Angaben aufzuführen. Hierbei sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

### Ergebnisbericht

- Ist die Entfernung der Probennahmepunkte untereinander genügend dicht, so sollte zusätzlich auch eine grafische Darstellung der Verteilung, z. B. in Form von Isolinien, im Ergebnisbericht aufgeführt werden.
- Wurde eine ereignisorientierte Probennahme durchgeführt, so sind die jeweiligen Entscheidungskriterien aufzuführen.
- Dasselbe gilt für Vorentscheidungen bzw. Änderungen bei der Probennahme, die aufgrund spezieller Kriterien vor Ort durchgeführt wurden.
- Welche Grundlagen und hieraus resultierend welche Daten wurden für eine Qualitätssicherung der Ergebnisse herangezogen?
- Wurde die durchgeführte Untersuchung den Anforderungen des Qualitätszieles gerecht. Wo ergaben sich Abweichungen und welches waren die Ursachen hierfür?

## Danksagung

Wir bedanken uns bei den Herrn Dr. Barrenstein (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen), Dr. Huhn (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Radebeul), Dr. Kallert (Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim), Rombach (Institut Berghof PBU GmbH, Tübingen), Teichmann (Stadt Baden-Baden), Prof. Dr. Terytze (Umweltbundesamt Berlin) und Wörner (Landratsamt Ravensburg) für die wertvollen Anregungen und Informationen.

**Tabelle 5: ARBEITSBLATT: PLANUNG – EINSATZ – DOKUMENTATION**

		<b>ENTSCHEIDUNGS- KRITERIUM/ GRUNDLAGEN</b>	<b>FESTLEGUNG</b>
<b>AUFGABENSTELLUNG:</b>			
	Aufgabenstellung		
	Hintergrundwissen		
<b>QUALITÄTSZIELE:</b>			
	Auflösung		
	räumlich		
	zeitlich		
	Entscheidungswerte		
	Anwendungsbereich		
	untere Grenze (=Bestimmungsgrenze)		
	obere Grenze		
	Messunsicherheit		
<b>EINSATZPLAN:</b>			
	Geräteauswahl		
	Probennahme		
	Analytik		
	Probennahme		
	Rasterform & Positionie- rung		
	Probengewinnung		
	Probenvorbereitung		
	Probennahmeprotokoll	erstellt? Zu Inhalten des Probennahmeprotokolls siehe Qualitätssicherung Probennahme	

	Technische & organisatorische Durchführung		
	Einsatzleitung		
	Leitung Probennahme		
	Leitung Analytik		
	weitere Instanzen für Vor-Ort Entscheidungen		
	Zeitrahmen		
<b>QUALITÄTSSICHERUNGSPLAN</b>			
	Qualitätssicherung Probennahme		
	allgemeine PQS	in Anlehnung an BBodSchV Anhang 1 Nr. 4.1	
	Probennahmeprotokoll mit Dokumentation von <ul style="list-style-type: none"> <li>– Probennahmezeitpunkt</li> <li>– Probennehmer</li> <li>– Lage der Untersuchungsfläche und Probennahmepunkte</li> <li>– Flächenbezeichnung</li> <li>– Beprobungstiefe</li> <li>– Bodenhorizonten</li> <li>– Schichtenverzeichnis</li> <li>– Entnahmeverfahren</li> <li>– ehemaliger und gegenwärtiger Flächennutzung, Vorkenntnissen zu Kontaminationen</li> </ul>		
	vor-ort-spezifische PQS		
	Anzahl Kontrollsondierungen (Repräsentativität Einzelprobe)		
	Anzahl Kontrollsondierungen (Repräsentativität Verteilung)		
	Kontrolle Querkontaminationen (visuell oder analytisch)		

	Qualitätssicherung Analytik		
	allgemeine AQS	in Anlehnung an BBodSchV Anhang 1 Nr. 4.2	
	- unabhängige Mehrfachbestimmungen – Kalibrierung von Mess- und Prüfmitteln – Verfahrenskenndaten – Plausibilitätskontrolle der Untersuchungsergebnisse		
	vor-ort-spezifische AQS		
	Kontrolle der Leistungsfähigkeit des Analysensystems bei projektspezifischen Randbedingungen		
	Anzahl Vergleichsproben (Laboranalytik)		
	Plausibilitätskontrolle Gesamtergebnis		
	Qualitätssicherung Dokumentation	Name der beteiligten Mitarbeiter	Kürzel:

## 8. WEITERFÜHRENDE LITERATUR

BUNGE R. (1996): Probennahme auf Altlasten. Altlasten Spectrum 1/96.

ERTEL T. ; KERN F. (1997): Vor-Ort-Analytik in der Altlastenbearbeitung. Terra Tech 2/97.

FLACHOWSKY J. (1998): Mobile Umweltanalytik. In: Analytiker Taschenbuch 18. Springer Verlag, Berlin.

FRIMMEL F. H. ; MAURER A. (1997): On the way. Field Analytical Methods for Water, Waste and Soil Examination. GIT Spezial „Prof. Bayer“.

GILBERT R. O. (1987): Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Van Nostrand Reinhold Company, New York.

GOTTLIEB ET AL. (1997): Field Screening Europe. Proceedings of the first international conference on strategies and techniques for the investigation and monitoring of contaminated sites. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

INSTITUT FÜR GEWERBLICHE WASSERWIRTSCHAFT UND LUFTREINHALTUNG E.V. (): Methoden und Strategien der Erkundung von Kontaminationen auf Industrie- und Altstandorten.

KERN F. (1996): Vor-Ort-Analytik, was leistet sie? Bericht über Praxistests bei der Altlastenbearbeitung. In: LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG: Jahresbericht 1995, Karlsruhe.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (): Leitfaden fachtechnische Kontrolle von altlastenverdächtigen Flächen, Altlasten und Schadensfällen. Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 25, Karlsruhe.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1998): Methodensammlung, Teil 3: Methoden der Feldanalytik kontaminierter Böden. Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 20, Karlsruhe.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1996): Literaturstudie Vor-Ort-Analytik. Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung, Karlsruhe.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Vergleichende Prüfung von Vor-Ort-Analytik-Geräten in Sinsheim. Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung, Karlsruhe.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Vergleichende Prüfung von Vor-Ort-Analytik-Geräten in Rastatt bei der MVG. Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung, Karlsruhe.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1999): Vergleichende Prüfung von Vor-Ort-Analytik-Geräten in der Neckartalaue in Stuttgart – Bad Cannstatt. Altlasten und Grundwasserschadensfälle, Band 30, Karlsruhe.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1993): Verfahrensempfehlung für die Probennahme und Analytik von Bodenluft. Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle Baden-Württemberg. Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung, Karlsruhe.

LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (1999): Methoden der Schnellanalytik; Landesumweltamt NRW, Essen.

LIEDL R. (1998): Statistische Absicherung der Probennahme bei der Gefahrenherdungskundung. Abschlussbericht LAG 98-01/0460. Eberhard-Karls-Universität, Geologisches Institut, Tübingen.

MARR I. L. (1988): Umweltanalytik. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

NOTHBAUM N. ; SCHOLZ R. W. ; MAY T. W. (1994): Probennahmeplanung und Datenanalyse bei kontaminierten Böden. Reihe Schadstoffe und Umwelt, Band 13. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1999): Vor-Ort-Analytik. Materialien zur Altlastenbehandlung, Dresden.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998): Probennahme bei der Technischen Erkundung von Altlasten. Materialien zur Altlastenbehandlung, Dresden.

SCHWEDT G. (1995): Mobile Umweltanalytik. Vogel Buchverlag, Würzburg.

VOIGT H.-J. ; WIPPERMANN T. (1998): Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten, Band 6. Springer Verlag, Berlin.

UMWELTBUNDESAMT (1999): Screeningmethoden zur Untersuchung von Böden. Berlin.