

## A-2.1.3 Spezifische Anforderungen an die Auswertung, Darstellung, Interpretation und Bewertung von Untersuchungsergebnissen

### A-2.1.3.1 Allgemeines zur Dokumentation

Messergebnisse bilden wesentliche Grundlagen für zu treffende Entscheidungen. Sie müssen daher für den jeweiligen Zweck hinreichend aussagefähig und reproduzierbar sein. Mit den Untersuchungen sind in der Regel

- Beobachtungen auf der KVF/KF,
- Informationen zum Aufschlussverfahren und zur Probenahme (inkl. Beschreibung der Vorgehensweise, Messstellendokumentation, Pumpverfahren; Beschreibung des Aufschlusses usw.),
- Beschreibungen der gewonnenen Proben und ggf. Schichtenverzeichnisse oder Profilschnitte,
- Informationen über Probenvorbehandlung im Gelände, Probenverpackung, Transport und Lagerung,
- Art und Durchführung der Probenbehandlung im Labor,
- Messverfahren und durchgeführte Messungen,
- Hinweise möglicher Einflüsse der eingesetzten Verfahren auf die Messergebnisse,
- Resultierende Ergebnisunsicherheiten der gesamten Untersuchung

zu erfassen und zu dokumentieren, die für die Auswertbarkeit und Interpretierbarkeit der Laborergebnisse unverzichtbar sind.

Das Zustandekommen von Untersuchungsergebnissen muss nachvollziehbar sein. Dies erfordert eine lückenlose Dokumentation der Planung und Durchführung aller Untersuchungen sowie der damit verbundenen Beobachtungen und Messergebnisse. Art und Umfang der Dokumentation müssen der Aufgabenstellung angemessen sein und sind in der Regel im Rahmen einer Auftragsvergabe unmissverständlich festzulegen (siehe dazu auch Anhang A-2.1.6).

Zu einer vollständigen Dokumentation gehört zunächst eine Auflistung aller Beobachtungs- und Messdaten in geeigneter Form. Im Zuge der folgenden Auswertungen sind die Daten zu prüfen und zu verdichten, um sie - vor allem bei größeren Datenmengen - übersichtlicher und handhabbarer zu machen.

### A-2.1.3.2 Auswertungen

Ein erster unverzichtbarer Auswertungsschritt ist die Plausibilitätsprüfung und ggf. Klassifizierung von Beobachtungs- und Messdaten.

Z. B. ist bei Grundwasseranalysenergebnissen zu unterscheiden, ob sie an Schöpfproben, an Direct-Push-Proben, an Proben aus Brunnen mit fest installierten Pumpen oder an Pumpproben aus Grundwassermessstellen gemessen wurden, da die Aussagekraft der verschiedenen Probenahmemethoden unterschiedlich ist.

Bei Bodenproben ist z. B. zu unterscheiden, ob die Messungen an Einzel- oder an Mischproben durchgeführt wurden, ob bestimmte Korngrößenfraktionen oder Materialfraktionen separiert wurden, ob feuchte oder getrocknete, homogenisierte oder ungemischte Proben genutzt wurden.

Durch Auswertungen soll zwar eine Verdichtung der vorhandenen Informationen erfolgen, es dürfen dabei aber keine Informationen unterdrückt oder verschleiert werden. Werden z. B. nur die gemessenen Maximalwerte aufgezählt, dabei aber die Anzahl der insgesamt durchgeführten Messungen sowie die Größenordnungen der übrigen Messwerte nicht erwähnt, kann leicht ein falscher Gesamteindruck entstehen.

### A-2.1.3.3 Darstellungen

Tabellen, Diagramme, Profilschnitte, Schichtenbeschreibungen, Isolinien, Berechnungen usw. sind wichtige Hilfsmittel zur Dokumentation, Interpretation und Informationsvermittlung. Sie sind entsprechend der jeweiligen Aufgabenstellung und der gestellten Anforderungen einzusetzen und zu gestalten (Details dazu siehe Anhang A-2.1.6).

#### A-2.1.3.4 Interpretationen

Viele Beobachtungen, Messdaten, Berechnungsergebnisse usw. sind nicht selbsterklärend und ohne fachkundige Interpretationen und Erläuterungen kaum als Entscheidungsgrundlagen zu verwenden. Dabei ist aber stets darauf zu achten, dass Daten und Fakten von Annahmen, Vermutungen und Interpretationen unterscheidbar bleiben. Im Folgenden einige beispielhafte Hinweise ohne Anspruch auf Vollständigkeit, die zu beachten sind:

Aus räumlich verteilten Beobachtungen oder Messwerten sollen oft durch Interpolation zusammenhängende Informationen ermittelt werden, um etwa eine Stoffverteilung darzustellen oder als Grundlage für Mengenabschätzungen. Dabei ist zum einen zu beachten, dass nur gleichartige Daten in eine Interpolation einbezogen werden dürfen. Z. B. sind Wasseranalysergebnisse aus Schöpfproben, aus Pumpproben, aus Direct-Push-Proben, aus filtrierten oder unfiltrierten Proben usw. nicht direkt vergleichbar und damit nicht interpolierbar. Bei Bodenproben ist zu unterscheiden zwischen Analysen der gesamten Probe und Analysen einer bestimmten Korngrößenfraktion, ebenso zwischen Mischproben und Einzelproben.

Die verwendeten Interpolationsalgorithmen sind nachvollziehbar zu dokumentieren.

Werden auf der Grundlage von Interpolationen Isolinienpläne erstellt (z. B. Isohypsen oder Isokonzen), muss auf jeden Fall nachvollziehbar sein, wo die verwendeten Daten zu verorten sind. Z. B. ist es missverständlich, wenn in Grundwassergleichenplänen alle vorhandenen Messstellen eingetragen sind, obwohl nur in einigen davon Messungen durchgeführt wurden und diese nicht einfach von den übrigen unterscheidbar sind. Dies ist zu vermeiden.

Computerprogramme stellen eine wichtige Hilfe für die räumliche Interpolation und die Darstellung von Isolinienplänen dar, gerade bei größeren Datenmengen. Sie können aber in der Regel nur Zwischenstufen einer Auswertung sein und

sind selten geeignet, die für die jeweilige Aufgabenstellung erforderlichen Informationen und Entscheidungsgrundlagen direkt zu liefern. Hierzu ist eine weitere fachkundige Auswertung und Interpretation erforderlich, in die zusätzliche Informationen und plausible Annahmen einfließen. Der gesamte Prozess der Erarbeitung solcher Pläne ist nachvollziehbar zu dokumentieren, um die zwangsläufig mit jeder Interpretation verbundenen Unsicherheiten transparent zu machen. Z. B. macht es einen Unterschied, ob der Verlauf von Grundwassergleichen vom Bearbeiter unter Berücksichtigung etwa der Morphologie des Geländes oder vorhandener Entwässerungsgräben korrigiert wurde, oder vom Computerprogramm nach numerischen Funktionen geglättet wurde, die zur Grundwasserströmung keinen Bezug haben.

Ganglinien oder Zeitreihen stellen gewissermaßen zeitliche Interpolationen dar. Daher gelten hier grundsätzlich die entsprechenden Anforderungen wie für räumliche Interpolationen.

Zeitreihen für summierte Parameter (z. B. BTEX, LHKW, PAK) sind für die meisten Aufgabenstellungen unzureichend, da sie Informationen unterdrücken. Oft verändern sich die Gehalte einzelner Verbindungen in unterschiedlichem Ausmaß, da sie unterschiedliche Eigenschaften haben, und die Verhältnisse der Gehalte zueinander verschieben sich. Durch deren Beobachtung können zusätzliche Informationen zum Prozessverständnis gewonnen werden. Bei LHKW spielt auch das Molekulargewicht der einzelnen Verbindungen eine Rolle, denn z. B. das Tetrachlorethen-Molekül ist mehrfach schwerer als das des Abbauprodukts Vinylchlorid. So kann bei Betrachtung allein der Summenwerte der Eindruck entstehen, dass ein Rückgang der Stoffmenge erfolgt, obwohl es sich tatsächlich um einen Abbau handelt.

Der Mehraufwand für die zusätzliche Darstellung für einzelne Verbindungen ist überschaubar, die Messwerte sind ohnehin einzeln vorhanden, und es gibt einen deutlichen Zuzugewinn an Informationen. Daher ist zu begründen,

wenn im Einzelfall von der Darstellung von Zeitreihen für einzelne Verbindungen abgewichen werden soll.

Werden aus darstellungstechnischen Gründen Messergebnisse, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten gewonnen wurden, ohne eine zeitproportionale Achse gegenübergestellt, ist explizit darauf hinzuweisen, um Missverständnisse zu vermeiden.

### A-2.1.3.5 Maßstäbe zur Bewertung von Schadstoffgehalten

#### Bewertung mit Hilfe von Wertelisten

- (1) Die Gehalte von Schadstoffen in Boden, Wasser oder Bodenluft werden durch Probenahme, Probenvorbereitung und anschließende Analyse im Labor bestimmt. Die als Ergebnis entstehenden Messwerte bzw. Analysenwerte können nur dann zur Bewertung herangezogen werden, wenn eine anerkannte Skala existiert (Welcher Wert ist hoch, welcher ist niedrig? Wie viel ist viel?). Hierzu wurde eine ganze Reihe von sog. Wertelisten aufgestellt. Es wird mehr oder weniger deutlich unterschieden zwischen z. B. Prüf-, Maßnahmen- und Vorsorgewerten, Geringfügigkeitsschwellenwerten, Referenz-, Orientierungs-, Hintergrund-, Grenz- und Sanierungszielwerten sowie auch Höchstmengen-, Höchst-, Eingreif-, Schadens- und weiteren Werten, wobei einige Bezeichnungen als Synonyme, andere auch als hierarchische Begriffe benutzt werden.

#### Gesetzlich geregelte Werte

- (2) Im § 8 BBodSchG werden Prüfwerte, Maßnahmenwerte und Vorsorgewerte definiert. Sie sind (mit Ausnahme der Prüfwerte für den Pfad Boden-Grundwasser) nur mit Bezug zu einer Nutzung (Kombination von Standortbedingungen und vorhandenen Schutzgütern/nutzungs- und schutzgutbezogen) sinnvoll abzuleiten und anzuwenden. Sie sind daher für die Umweltmedien Wasser, Boden und Luft sowie verschiedene Nutzungen unterschiedlich.

Die BBodSchV listet die bundeseinheitlich festgelegten Werte auf und bestimmt Regeln, die bei ihrer Anwendung zu beachten sind. Hierzu gehören insbesondere die Beachtung der jeweils zugehörigen Nutzung sowie der Probenahme und Analytik. Die oben genannten Werte wurden z. B. für ganz bestimmte Entnahmetiefen, Analysemethoden und Expositionsszenarien abgeleitet. Stimmen die Bedingungen des Einzelfalls damit nicht

überein, ist die direkte Anwendung der Werte für einen rein numerischen Vergleich nicht zulässig.

### Prüfwerte

- (3) „Prüfwerte definieren eine Belastungsschwelle, deren Erreichen die Notwendigkeit einer einzelfallbezogenen Prüfung indiziert. Ob eine Gefährdung von Schutzgütern vorliegt, hängt dann im Einzelfall von der Bodenart, der Nutzung des Grundstücks, der bodenabhängigen Mobilität der Schadstoffe und anderen Umständen des Einzelfalls ab. Das Überschreiten der festgelegten Bodenwerte signalisiert somit eine möglicherweise bestehende Gefahr, die Aussagekraft des jeweils überschrittenen Prüfwertes wird aber durch das Erfordernis der Einzelfallprüfung relativiert“ (Auszug aus der Begründung zu § 8 BBodSchG, Bundestagsdrucksache 13/6701 vom 14.01.1997).

Das bedeutet für die praktische Anwendung, dass allein das Überschreiten eines Prüfwertes ohne spezielle Begründung mit Bezug auf die Bedingungen des Einzelfalles keine Veranlassung für Sanierungsmaßnahmen darstellt.

### Maßnahmenwerte

- (4) Im Gegensatz zum Prüfwert wird durch das Überschreiten eines Maßnahmenwertes das Vorliegen einer Gefahr angezeigt und nicht nur das Erfordernis einer Einzelfallprüfung. Aber auch hier bleibt nach der Formulierung der Definition („in der Regel“) im Einzelfall ein Ermessensspielraum. Die Maßnahmenwerte nach BBodSchG können danach ebenfalls als Orientierungswerte interpretiert werden. Sie sind keine Grenzwerte, deren Überschreitung direkt rechtsverbindlich Aktionen folgen müssten.

### Vorsorgewerte

- (5) Vorsorgewerte gem. BBodSchG berücksichtigen den vorbeugenden Schutz der Bodenfunktionen bei empfindlichen Nutzungen. Sie sollen den Boden vor Auswirkungen aktuell stattfindender und zukünftiger Nutzungen schützen, um seine Funktionen dauerhaft aufrecht zu erhalten. Sie sind im Gegensatz zu den vorstehend genannten Werten nicht als Maßstab zur Gefahrenbewertung geeignet.

### Geringfügigkeitsschwellenwerte (Grundwasser)

- (6) Aus rechtlichen Gründen kann das BBodSchG keine Bewertungsmaßstäbe für Gewässer festlegen (das Grundwasser ist im Wasserhaushaltsgesetz als „Gewässer“ definiert). Die Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser gelten daher für das Sickerwasser im Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone.

Der Ständige Ausschuss „Grundwasser und Wasserversorgung“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat Konzentrationswerte für die sog.

„Geringfügigkeitsschwelle“ wirkungsorientiert, d. h. human- und ökotoxikologisch begründet, abgeleitet („Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser“, aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016, veröffentlicht unter <https://www.lawa.de/>). Sie bildet die Grenze zwischen einer geringfügigen Veränderung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers und einer nachteiligen Veränderung der Wasserbeschaffenheit des Grundwassers. Diese Empfehlung beendet damit die früher zum Teil vertretene Auffassung, jeglicher Stoffeintrag in das Grundwasser sei bereits eine Schädigung.

Der GFS (2016) gibt an, wann eine Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit im Vergleich zur natürlichen Beschaffenheit nachteilig ist. Wann aus einer nachteiligen eine schädliche Grundveränderung (Grundwasserschaden) wird, kann nicht allein anhand des GFS bewertet werden. Hierzu ist eine sorgfältige Überprüfung notwendig. Anwendungsgrundsätze für die Beurteilung eines Grundwasserschadens sind in der LAWA-Veröffentlichung beschrieben.

Im Gegensatz zu den seit 2004 geltenden GFS, bei denen bei Überschreitung ein Grundwasserschaden vorlag, ist also mit den GFS (2016) ein höherer Vollzugaufwand bzw. gutachterliche Tätigkeit erforderlich. Es sind aber auch nicht bei jeder Überschreitung direkt Maßnahmen notwendig, sondern es bleibt ein Ermessensspielraum bei der Gesamteinschätzung.

### Werte für Bodenluft

- (7) In der Bodenluft gemessene Konzentrationen an leichtflüchtigen Verbindungen sind u. a. stark vom Probenahmeverfahren, von meteorologischen Bedingungen und den Gegebenheiten des untersuchten Bodens abhängig und können beträchtlichen Schwankungen unterliegen. Sie stellen nur relative Messwerte dar, die nicht vergleichbar sind (s. VDI-Richtlinie 3865, Blatt 2). Die Ergebnisse von Bodenluftuntersuchungen sind daher nicht für die Gefährdungsabschätzung geeignet.

### Hintergrund- und Referenzwerte

- (8) Hintergrund- oder Referenzwerte sind Werte, mit deren Hilfe man sich orientieren kann (Überbegriff Orientierungswerte), ob und wie weit die gemessenen Werte vom „Normalzustand“ abweichen. Eine Überschreitung solcher Werte zeigt an, dass erhöhte Konzentrationen vorliegen. Sie zeigt nicht direkt an, ob eine Gefahr besteht. Eine Gefahr ist lediglich dann anzunehmen, wenn als Konvention oder toxikologisch begründet eine Überschreitung des Wertes als Anzeichen für eine Gefahr definiert wurde. Damit wäre der Referenzwert aber kein Referenzwert im eigentlichen Sinne mehr, sondern gleichzeitig ein Maßnahmenwert.

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen geogenen Hintergrundwerten, die natürliche Ursachen haben, und anthropogenen Werten, die durch menschliche Aktivitäten regional entstanden. Der Veröffentlichung der LABO über „Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden“ (4. überarbeitete und ergänzte Auflage, 2017, veröffentlicht unter <https://www.labo-deutschland.de/>) sind Festlegungen speziell zu Bodenwerten zu entnehmen. Eine methodische Anleitung enthält die DIN EN ISO 19258:2019-06 (Bodenbeschaffenheit - Leitfaden zur Bestimmung von Hintergrundwerten). Konkrete Wertelisten gibt es für die meisten Bundesländer über die jeweils zuständigen Landesämter, aber auch für einzelne größere Kommunen.

### Orientierungswerte

- (9) Orientierungswerte sind unverbindliche Werte zur Einschätzung des Ausmaßes der Belastung von KVF/KF oder der von diesen Flächen ausgehenden Belastungen und können daher lediglich als Vergleichsgrößen eine Hilfe bei der Beurteilung des Verunreinigungsgrades bieten. Sie sind entweder Regelwerken für andere Anwendungsbereiche entnommen (z. B. Trinkwasserverordnung) oder ggf. auch eigens für die Altlastenbearbeitung abgeleitet. Im Einzelfall bedarf es stets einer Prüfung des Aussagegehaltes der Orientierungswerte im Hinblick auf Schutzziel, Art der Gefährdung, Schutzwürdigkeit der Nutzung oder Funktion des Umweltmediums, bevor solche Werte ggf. zur Beurteilung herangezogen werden können. Andere gebräuchliche „Wert“-Begriffe sind: Schwellenwert, Auslösewert, Vergleichswert. Ihre jeweilige Bedeutung ist zu hinterfragen.

### Grenzwerte

- (10) Bei gesetzlich festgelegten Grenzwerten besteht in der Regel kein Ermessensspielraum. Die im BBodSchG definierten Maßnahmenwerte stellen keine Grenzwerte dar, da sie mit der Formulierung „in der Regel“ noch Ausnahmen (also Ermessensspielräume) zulassen. Bundesweit festgeschriebene Grenzwerte sind z. B. die der Trinkwasserverordnung (TrinkwV). Sie gelten jedoch für Trinkwasser, also Wasser, das von einer Wassergewinnungsanlage an einen Verbraucher abgegeben wird. Sollen diese Werte zur Beurteilung von Grundwasser herangezogen werden, so können sie hier allenfalls die Funktion von Orientierungswerten haben

### Sanierungszielwerte

- (11) Sanierungszielwerte sind in der Regel behördlich festgelegte Konzentrationswerte bzw. Gehalte oder Frachten für einen Schadstoff in Boden oder Gewässer, bis zu deren Unterschreitung eine Sanierungsmaßnahme durchgeführt werden muss. Sie stellen unter Berücksichtigung der Expositions- und Nutzungssituation und der geogenen Hintergrundwerte eine zulässige Restbelastung sowie eine messbare oder aus Messwerten berechenbare Mindestanforderung an Sanierungsmaßnahmen dar. Die Prüfwerte der BBodSchV werden häufig als Sanierungszielwerte herangezogen. Da sie unter Annahme aller denkbaren ungünstigen Bedingungen abgeleitet wurden, ist stets im Einzelfall zu prüfen, ob auch höhere Sanierungszielwerte ausreichend sind.
- (12) andere Begriffe

Weiterhin sind noch einige andere „Wert“-Begriffe gebräuchlich, deren Bedeutung aber jeweils hinterfragt werden sollte bzw. sich aus dem Zusammenhang ergeben kann. Beispiele sind: Schwellenwert, Auslösewert, Vergleichswert.

### A-2.1.3.6 Möglichkeiten und Grenzen von Messwerten

#### Quantifizierung durch Stichproben

- (1) Bei der Bewertung von KVF/KF geht es u. a. darum, mögliche Gefahren zu erkennen und zu quantifizieren, die durch chemische (gelegentlich auch physikalische oder biologische) Eigenschaften des Bodens, eines Gewässers oder sonstiger Medien auf einer Liegenschaft verursacht werden können. Da nicht das gesamte Medium untersucht werden kann, müssen nach einer geplanten Systematik kleine Teilmengen (Stichproben) davon zur Untersuchung ausgewählt werden. Die Ergebnisse einer Messung im Labor sollen dann die Eigenschaften einer Boden-, Wasser- oder Luftprobe charakterisieren, die aus einer meist millionenfach größeren Einheit stellvertretend entnommen wurde. Im statistischen Sinne können Kontaminationen nicht gemessen, sondern nur geschätzt werden.

#### Repräsentativität

- (2) Von der Probe, die im Labor untersucht wird, geht keine Gefahr für die Nutzung oder Umgebung einer Liegenschaft mehr aus, möglicherweise aber von der Umgebung der Probenahmestelle, wenn dort ebensolche oder ungünstigere Eigenschaften des untersuchten Mediums bestehen. Der Repräsentativität einer Probe, also dem Grad, zu dem ihre Eigenschaften die der Gesamtheit wiedergeben, kommt also eine zentrale Bedeutung zu.

#### Inhomogenität beeinflusst Aussagesicherheit

- (3) Die Repräsentativität einer Teilmenge für ihre Gesamtheit hängt entscheidend von deren Homogenität bzw. Inhomogenität ab. Je unregelmäßiger sich ein zu untersuchendes Medium zusammensetzt bzw. seine Eigenschaften verteilt sind, desto unsicherer wird die Aussage, die aus den Eigenschaften der Stichprobe abgeleitet werden kann. Durch eine Erhöhung der Anzahl der Stich-

proben lässt sich die Aussagesicherheit steigern. Dieser Möglichkeit sind aber aus Gründen des damit verbundenen Aufwandes Grenzen gesetzt. In der Praxis wird man sich daher bei der Bewertung von KVF/KF und schädlichen Bodenveränderungen immer mit erheblichen Unsicherheiten abfinden müssen.

#### Unsicherheiten müssen kontrolliert werden

- (4) Diese Unsicherheiten dürfen jedoch nicht unkontrolliert sein, wenn verantwortliche Entscheidungen getroffen werden müssen. Zwar lässt sich nicht pauschal eine bestimmte Anzahl von Analysen angeben, die eine hinreichende Aussagesicherheit liefert. Viel zu unterschiedlich können die Gegebenheiten des Einzelfalles sein und auch die Fragestellung kann Anforderungen an die Aussagesicherheit beinhalten. Es gibt jedoch einige Grundsätze dazu, wie z. B. „keine Entscheidung auf Grundlage einer einzelnen Analyse“. Sorgfältige Beobachtungen und deren Dokumentation bei der Probenahme können wichtige Hinweise zur Homogenität des beprobten Mediums liefern. Die Anwesenheit des Gutachters bei der Probenahme ist dafür eine wichtige Voraussetzung.

#### Repräsentativität von Bodenluft- und Grundwasserproben

- (5) Bodenluft und Grundwasser bewegen sich im Boden. Dadurch sind die darin auftretenden Stoffkonzentrationen räumlich gleichmäßiger verteilt als in der Bodenmatrix. Sie unterliegen aber an einer bestimmten Probenahmestelle stärker zeitlichen Veränderungen. Ohne diese Schwankungen zumindest größenordnungsmäßig zu kennen, sind einmalige Messungen kaum bewertbar und daher durch wiederholte Messungen zu verifizieren. Diese Zeitreihen sollten mindestens fünf vergleichbare Einzelwerte umfassen. Die Abstände zwischen den einzelnen Messungen müssen zunächst kürzer sein als die

Schwankungen, die beobachtet werden sollen. Ist deren Periode erst einmal bekannt, sind größere Beobachtungsintervalle planbar.

### Abpumpen vor der Probenahme

- (6) Jede Messstelle stört die chemischen Eigenschaften von Bodenluft und Grundwasser am Ort der Entnahme mehr oder weniger. Um diesen Einfluss gering zu halten, wird meist vor der Probenahme ein definiertes Volumen abgesaugt bzw. abgepumpt. Je nach Durchlässigkeit des Bodens ergibt sich dabei ein mehr oder weniger großer Einzugsbereich für die Probe. Ob die Eigenschaften des Mediums in diesem Einzugsbereich bereits variieren, lässt sich oft durch geeignete Messungen vor Ort beurteilen, z. B. durch fortlaufende Messung der elektrischen Leitfähigkeit oder anderer Parameter beim Abpumpen einer Grundwassermessstelle.

### Hypothese zur Stoffverteilung

- (7) Stoffgehalte der festen Bestandteile des Bodens können auf kurze Distanz erheblich schwanken. Um die Reichweite der Aussage einer Probe einschätzen zu können, ist daher auch eine konkrete Vorstellung der Entstehung einer Kontamination (durch Versickern einer Flüssigkeit, durch Vergraben fester Stoffe, durch luftgetragene Immission usw.) als Bestandteil des konzeptionellen Standortmodells von großer Bedeutung.

### Stoffgehaltsverteilung im Boden

- (8) Die tatsächliche Verteilung der Schadstoffgehalte in den Umweltmedien unterliegt charakteristischen Mustern, die nur von Sachkundigen zu beurteilen sind. Die gemessenen Gehalte stellen nur einen kleinen Ausschnitt aus dem tatsächlich auf der Liegenschaft vorhandenen Wertespektrum dar. Es ist dabei unwahrscheinlich, dass der höchste gemessene Wert tatsächlich dem höchsten vorkommenden Wert entspricht.

Dies wird in der Praxis gern übersehen. Andererseits wird auch selten beachtet, dass sehr hohe Werte nur vereinzelt auftreten. Häufige Aussagen wie „es wurden Werte bis zu xxx mg/kg gemessen“ sind zwar nicht inhaltlich falsch, suggerieren aber in der Regel eine weit höhere als tatsächlich vorhandene Gefahr. Insbesondere bei inhomogenen Böden ist es zutreffender, im Sinne der LAGA-Richtlinie PN98 statt von „repräsentativen Proben“ besser von „Bodenchemismus charakterisierenden Proben“ zu sprechen.

Wichtig für die Entscheidungsfindung ist eine Information über die Spannweite der vorkommenden Gehalte sowie über die vorhandenen und mobilisierbaren Schadstoffmengen. Das nur vereinzelt Auftreten hoher Gehalte ist anders zu bewerten als z. B. viele erhöhte Werte, selbst wenn diese bestimmte Extremwerte nicht erreichen. Der arithmetische Mittelwert einer Messreihe kann z. B. einen überhöhten Gehalt vortäuschen, wenn bei geringer Anzahl von Messungen zufällig sehr hohe Messwerte aus dem Verteilungsspektrum erfasst wurden. Sehr hilfreich sind in diesem Zusammenhang Darstellungen der gemessenen Werte in Histogrammen oder anderen Darstellungen der Häufigkeitsverteilung.

### Bezugsgrößen der Analyseergebnisse

- (9) Bei Analysen des festen Bodens ist immer zu beachten, ob sich das Ergebnis auf den feldfrischen Boden oder die Trockensubstanz, auf das Bodenvolumen oder die Bodenmasse, auf den Gesamtboden oder auf die Feinfraktion bezieht. Allein durch unterschiedliche Bezugsgrößen können erhebliche Konzentrationsunterschiede zustande kommen.

### Bewertung durch numerischen Vergleich

- (10) Bei der Bewertung durch numerischen Wertevergleich sind u. a. folgende Aspekte zu beachten:

#### Messunsicherheit

Eine chemische Analyse ist wie jede Messung mit verfahrensbedingten Messunsicherheiten verbunden, d. h., Wiederholungsmessungen einer Messgröße (eines Parameters) führen zu mehr oder weniger abweichenden Werten. Die Streubreite der Messwerte an einem Messobjekt (einer Probe) kann je nach Messverfahren und Konzentrationsbereich kleiner als ein Prozent des Messwertes, aber auch ein Vielfaches des Messwertes sein, ohne dass die Messung als falsch zu bezeichnen wäre. Dies gilt sinngemäß auch für Doppelbestimmungen.

Daher ist es zur Beurteilung von Analysenwerten wichtig, mit dem Wert auch eine Angabe über die Messunsicherheit zu erhalten. Das Ermitteln einer Messunsicherheit wird von der BBodSchV und der DIN EN ISO/IEC 17025 gefordert. Weitere Konsequenz daraus ist, dass diese Unschärfen der Analysenwerte auch bei der Anwendung von Prüfwerten, Maßnahmenwerten, Sanierungszielwerten usw. berücksichtigt werden müssen.

#### Vergleichbarkeit von Werten nur bei vergleichbaren Prüfverfahren

Analysenergebnisse sind vom Probenahmeverfahren, von der Probenvorbehandlung, vom chemischen Aufschlussverfahren und von der Analysemethode abhängig. Der Vergleich mit Wertelisten ist daher nur zulässig, wenn gesichert ist, dass für die Werte der Liste diese Randbedingungen die gleichen bzw. zumindest vergleichbare sind. Dies wird in der Praxis oft übersehen. Das BBodSchG fordert daher in § 8 (3), dass mit der Festlegung von Prüf-, Maßnahmen- und Vorsorgewerten auch Bestimmungsverfahren und „Anforderungen an eine repräsentative Probenahme, Probenbehandlung und Qualitätssicherung“ festgelegt werden. Dies wurde in

der BBodSchV in Abschnitt 4 umgesetzt. Für das Ziel einer repräsentativen Probenahme sind zu berücksichtigen (§19 BBodSchV):

- die Qualifikationen der an der Probenahme Beteiligten,
- das Ziel der Untersuchung,
- die örtlichen Umstände,
- die Eigenarten des zu untersuchenden Materials,
- die zu untersuchenden Parameter sowie
- den erforderlichen Umfang an Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

Daraus wird ersichtlich, dass es kein einheitlich vorgeschriebenes Vorgehen bei der Probenahme geben kann, weil diese sich nach den Gegebenheiten des Einzelfalls richten muss. Damit sind Prüf- und Maßnahmenwerte für eine Gefahrenbeurteilung durch numerischen Wertevergleich nur eingeschränkt anwendbar. Vorsorgewerte sind ohnehin nicht für die Gefahrenbeurteilung geeignet.

#### Vergleichbarkeit von Analysemethoden

Im Bereich der Umweltanalytik, insbesondere für das Medium Boden, werden ständig neue Analyseverfahren entwickelt bzw. bestehende Verfahren verbessert, um sichere und vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. Wird jedoch ein neues normiertes Verfahren (z. B. als DIN, DEV, ISO) offiziell eingeführt, mit dem z. B. im Vergleich zum bisherigen Verfahren nicht nur (leicht freisetzbare) Teilmengen eines Stoffes, sondern der gesamte Stoffgehalt erfasst werden kann, muss dies eine kritische Überprüfung und ggf. Änderung der Maßstäbe zur Folge haben. Unterbleibt dieser Abgleich, kann es vorkommen, dass die Entscheidung über eventuell notwendige Maßnahmen ausschließlich vom verwendeten Analyseverfahren abhängig ist.

### Repräsentativität

Ergebnisse von Laboranalysen charakterisieren die jeweils untersuchte (homogenisierte) Laborprobe, die nur einen Teil der im Gelände gewonnenen Probe umfasst. Für die Ergebnisdarstellung wird in der Regel der an der Laborprobe bestimmte Wert dann auf die Umgebung der Probenahmestelle im Gelände übertragen.

Es wird angenommen, dass diese Umgebung die gleichen Werte aufweist. Dies ist in der Praxis sicher nur mit Einschränkungen gegeben, insbesondere wenn Kontaminationen abgegrenzt werden sollen, also kontaminierter Boden dicht neben nicht kontaminiertem liegt. In jedem Fall ist eine gutachterliche Aussage zur Reichweite der Aussagen aus der Untersuchung von Proben erforderlich.

### Absicherung der Analyseergebnisse bei kritischen Entscheidungen

Die Bedeutung eines einzelnen Messwertes hängt ganz entscheidend von der Homogenität des beprobten Materials (Aufschüttung, Abfall, natürlicher Boden, Wasser, Luft) und der Repräsentativität der entnommenen Probe ab. Dies ist bei der Bewertung zu berücksichtigen. Daher werden als Grundlage für die besonders kritischen Entscheidungen Doppelbestimmungen bzw. Doppelbeprobungen gefordert (s. Anhang A-2.1.1).

### Die Konzentration ist nicht das einzige Bewertungskriterium

Die Konzentration eines Schadstoffes erlaubt keine Rückschlüsse auf:

- die vorhandene Stoffmenge,
- die Mobilität,
- die Freisetzungsrate,
- die Dauer der Freisetzung,
- die Ausbreitungsmöglichkeiten am Standort

und damit keine Aussage über die Expositionsintensität und Expositionsdauer der Schutzgüter. Die Schadstoffkonzentration als einziges Bewertungskriterium ist daher zur abschließenden Gefährdungsabschätzung nicht ausreichend.

### Beprobungstiefe abhängig von der Nutzung

Gemäß § 8 BBodSchG sind Prüf- und Maßnahmenwerte „unter Berücksichtigung der Bodennutzung“ anzuwenden. Anlage 3, Tabelle 3 der BBodSchV legt nutzungsorientierte Beprobungstiefen fest, für die die Prüf-, Maßnahmen- und Vorsorgewerte gelten. Sollen diese Werte zur Bewertung herangezogen werden, sind daher die Vorgaben zur Beprobungstiefe zwingend zu beachten, da sie Bestandteil der ihrer Ableitung zugrunde liegenden Expositionsszenarien sind.

In der Praxis werden diese Einschränkungen oft ignoriert und unabhängig von der Entnahmetiefe die Messergebnisse anhand von Bodenprüfwerten beurteilt. Dieses Vorgehen kann zu Fehlentscheidungen führen.

Wenn nicht auszuschließen ist, dass die zu Beginn der Untersuchung vorhandene Geländeoberfläche bei der späteren Nutzung verändert wird, ist dies bei der Festlegung der Beprobungstiefe zu berücksichtigen. Wird z. B. ein Teil des Bodens abgeschoben oder aus einer Baugrube ausgehoben, so ist im Allgemeinen eine Untersuchung allenfalls in abfallrechtlicher Hinsicht oder zur Entscheidung über Arbeitsschutzmaßnahmen sinnvoll, nicht aber eine Untersuchung zur Gefährdungsabschätzung für die zukünftige Nutzung. Wird z. B. eine Fläche vor ihrer Folgenutzung durch eine Anfüllung abgedeckt, so ist es wenig sinnvoll, sie vorher im Hinblick auf eine Gefährdung durch Staubverwehung zu untersuchen.

Wenn zum Zeitpunkt der Untersuchungen die zukünftige Nutzung noch nicht bekannt ist, können entsprechend keine nutzungsbezogenen Prüfwerte verwendet werden. Allgemeingültige Prüfwerte widersprechen jedoch der Definition des BBodSchG. Ob die vielfach

geübte Praxis, in solchen Fällen die sensibelste denkbare Nutzung anzunehmen, angemessen ist, ist im Einzelfall vor der Festlegung eines Untersuchungsprogramms zu prüfen und zu begründen. Ggf. sind andere Nutzungsannahmen zu vereinbaren oder der Fortbestand der bestehenden Nutzung/ Nutzungskategorie anzunehmen.

In der Praxis wird die im Boden ermittelte Werteverteilung mit einer einzelnen Zahl (Orientierungswert) verglichen. Im Einzelfall ist zu entscheiden, ob der Gehalt eines Schadstoffs im Boden über das arithmetische oder geometrische Mittel, den Median, das 90- oder 95-Perzentil oder andere Repräsentanz-Ableitungen für den Vergleich mit den Prüf- oder Maßnahmenwerten heranzuziehen ist.

### **Bewertung nicht allein durch numerischen Wert**

- (11) Fazit: Bewertungen allein auf der Basis numerischer Vergleiche (gemessener Wert größer oder kleiner Wertemaßstab) sind nicht sachgerecht. Zwar kommt den gemessenen Schadstoffgehalten eine große Bedeutung zu (schließlich sind sie die Auslöser der schädlichen Auswirkungen), die Formulierung des §19 (1) BBodSchV, dass die Ergebnisse der orientierenden Untersuchung/Detailuntersuchung „unter Beachtung der Umstände des Einzelfalls insbesondere anhand der Prüf- und Maßnahmenwerte“ zu bewerten sind, stellt aber ausdrücklich klar, dass nicht die Werte allein das Maß sind. So können unter besonders ungünstigen Bedingungen (Betrachtung des Einzelfalls!) bereits bei geringfügiger Überschreitung eines Prüfwertes Maßnahmen erforderlich werden (§15 (3) BBodSchV)

### **Möglichkeiten sachgerechter Bewertung**

Die Bewertung: „Weil der (an anderer Stelle pauschal festgelegte) Wert überschritten wurde, muss ...“ ist also nicht akzeptabel.

Eine geeignete Form wäre z. B.: „Unter Berücksichtigung der Gegebenheiten des Einzelfalls (diese sind explizit zu benennen) sind Schadstoffgehalte oberhalb eines Wertes von xxx nicht tolerierbar, daher muss ...“. Dabei ist dieser Wert nicht irgendein Listenwert, sondern ein für den Einzelfall festgelegter Schwellenwert, für den zusätzlich definiert werden muss, wann er von einem Messwert als überschritten gilt und wie viele extreme Einzelwerte ihn ggf. überschreiten dürfen.

Die Festlegung dieses Schwellenwertes muss dabei nach den Vorgaben des §15 (4) BBodSchV bzw. nach der „Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)“ (Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28.08.1999) erfolgen.

Ausgehend von dem Szenario, für das der betreffende Prüf- bzw. Maßnahmenwert festgelegt wurde, werden die Abweichungen der Gegebenheiten des Einzelfalls davon herausgearbeitet und die Gefahrenschwelle dadurch angepasst. Der Schwellenwert des Einzelfalls liegt dann mehr oder weniger deutlich über dem Prüf- oder Maßnahmenwert.

### **Sicherheit beim Unterschreiten gesetzlich definierter Werte**

- (12) Auf der anderen Seite ist aufgrund der Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte als allgemeine Gefahrenschwellen deren Unterschreitung eine ausreichende Sicherheit. Ist nach den Ergebnissen einer Untersuchung ein Prüfwert sicher unterschritten, so ist für alle Einzelfälle bezüglich des betreffenden Parameters und Wirkungspfades keine schädliche Bodenveränderung anzunehmen. Weitere Maßnahmen sind nicht erforderlich.