

Einleitung:

Für die Untersuchung von Umweltproben in einem Labor oder vor Ort ist es unabdingbar notwendig, der Probenmatrix entsprechende repräsentative Probennahmen durchzuführen. Nur wenn bekannt ist, welchen Einflußfaktoren eine Beprobung von Umweltmaterialien (Böden, Wässer, Baustoffe, Abfälle, Reststoffe etc.) unterliegt, sind die aus diesen Proben resultierenden Meßwerte zu akzeptieren.

Im Vergleich zum meßtechnischen / apparativen Aufwand und den Verfahren der analytischen Qualitätssicherung bei der Untersuchung von Umweltproben (1) genügen die bekannten Methoden zur Beprobung heterogener Matrices, auch in sog. „amtlichen Vorschriften oder Regelwerken (LAGA-, DIN-Vorschriften etc.)“, häufig nicht einem hohen technischen Standard. Instrumente und Verfahren zur Qualitätssicherung von Beprobungsmaßnahmen sind, obwohl sie von großer Bedeutung wären, praktisch nicht bekannt.

Die Praxis der Überwachung und Untersuchung von Umweltproben zeigt, daß ein in einer Umweltprobe ermitteltes Meßergebnis sämtliche Fehler, die bei der Beprobung gemacht wurden, beinhaltet und diese Fehler durch hochtechnisierte Meßverfahren nicht eliminierbar sind. Fehler bei der Beprobung einer Umweltprobe können sowohl systematisch als auch statistisch sein. Besonders die systematischen Fehler sind sehr schwer zu erkennen und zu beseitigen.

Im Rahmen dieser Informationsschrift sollen bestimmte Aspekte der Beprobung von Umweltproben vorgestellt und erläutert werden. Für einige Kompartimente weisen die beschriebenen Beprobungstechniken, die heutzutage routinemäßig angewandt werden, noch erhebliche wissenschaftliche Defizite auf. Gerade im Bereich der Probennahme von Umweltproben besteht noch ein erheblicher Forschungsbedarf zur Optimierung und Weiterentwicklung vorhandener Methoden und zur Festlegung von Maßnahmen der Qualitätssicherung.

Unter Probennahme versteht man die Entnahme von Teilmengen aus einer Grundgesamtheit, um Informationen über deren Zusammensetzung wie Elementgehalt, Ascheanteil, Feuchte etc. zu erhalten. Die Konzeption einer Probennahmestrategie umfaßt immer statistische, technische und chemische Teilbereiche, die möglichst ineinandergreifen sollten. Im statistischen Bereich sind Größe und Anzahl der notwendigen Einzelproben und deren zeitlich-räumliche Intervalle abzuschätzen, wobei die Entnahme zufällig oder systematisch erfolgen kann. Bei der Zufallsbeprobung werden die Einzelproben mit gleicher Wahrscheinlichkeit der Grundgesamtheit entnommen, während bei der systematischen Probennahme die einzelnen Proben äquidistante zeitliche bzw. räumliche Stützstellen haben oder proportional dem Massenstrom des Gutes entstammen. Im technischen Bereich sind Methoden und Gerätschaften der Probennahme auszuwählen. Dabei sind die anschließende

chemische Analytik und die zu bestimmenden Parameter zu berücksichtigen. Hierzu gehört auch die Probenlagerung und -konservierung. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich, der Einfachheit halber, auf Abfälle und Reststoffe.

1. Das Problem repräsentativer Proben

Abfallstoffe oder Reststoffe können homogen oder heterogen zusammengesetzt sein. Da mehrphasige Systeme nicht selten auftreten, muß die Probennahme von Abfallstoffen sorgfältig geplant und durchgeführt werden.

Ein Analysenwert kann im Optimum repräsentativ sein für die Grundgesamtheit und die daraus gewonnene Probe. Deshalb ist die Probennahme ein entscheidender Schritt der analytischen Arbeiten in Abhängigkeit von der Zielvorgabe und Kenntnis der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Materials.

Die Varianz der gesamten Analysenprozedur - bestehend aus Probennahme, Probenaufbereitung und Analytik - ergibt sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz durch Addition der Einzelvarianzen

$$S^2_{\text{Gesamt}} = S^2_{\text{Probennahme}} + S^2_{\text{Probenaufbereitung}} + S^2_{\text{Analyse}}$$

Beispiel:

Bei einem Probennahmefehler von 25 %, einem Probenaufbereitungsfehler von 10 % sowie einem analytischen Fehler von 5 % ergibt sich ein Gesamtfehler von 27 %. Wird der Probenaufbereitungs- und Analysenfehler um jeweils die Hälfte vermindert, verringert sich der Gesamtfehler lediglich um 2 %.

Im Hinblick auf die Repräsentativität des Analysenergebnisses bedeutet dies, daß auch die genaueste Messung im Labor wenig sinnvoll ist, wenn die Fehler bei der Probennahme und der Probenaufbereitung wesentlich größer sind als der Fehler bei der Messung. Es ist davon auszugehen, daß Probennahmefehler in der Vorbehandlung des Abfalls i. d. R. wesentlich größer sind als Fehler, die im Labor gemacht werden.

Grundsätzlich sollte eine Probe qualitativ und quantitativ dem beprobten Material vollkommen entsprechen. Diese Forderung ist leichter bei einer einzigen Charge zu realisieren, als bei zeitlich hintereinander anfallenden (z. B. Asche-Förderband) oder räumlich strukturierten Materialien (z. B. Altlasten). Hier sind für die Optimierung der Probennahme Bedingungen der autokorrelativen Zusammenhänge zu berücksichtigen.

Ein zweckmäßiges Probennahmeprogramm sollte folgende Punkte berücksichtigen:

- **statistische Begleitung aller Arbeiten;**
- **Anweisungen zur Entnahme, Bezeichnung, Transport und Lagerung der Probe;**
- **Training von Personal in der Technik der Probennahme.**

Diese Forderungen sind für einige analytische Bereiche bereits zusammengefaßt und als Verfahren nach der Good Laboratory Practice (GLP) eingeführt worden. Für die Probennahme existieren derartige Verfahren noch nicht.

Bei gasförmigen und flüssigen Abfallstoffen ist eine repräsentative Probe vergleichsweise einfach zu entnehmen, obgleich auch hier (z. B. Gasmessungen in Abfallkörpern) Probleme auftreten können.

Bei festen Stoffen besteht die Gefahr, daß infolge der Körnigkeit von einzelnen Fraktionen zu große oder zu kleine Anteile erfaßt werden. Der Probenfehler S_S für eine zu messende Größe wird sich bei einem aus zwei Komponenten bestehenden Gemisch wie folgt verhalten:

$$S_S = \frac{(1-x)}{x} \cdot \frac{m}{m_S}$$

x = Gehalt Komponente 1

m = mittlere Masse eines Kornes

m_S = Masse der Probe

Der Probennahmefehler wächst daher mit abnehmendem Gehalt von x, mit abnehmendem Probenumfang und mit steigender mittlerer Masse eines Korns. Durch Erhöhen der Probenzahl wird weiterhin der Gesamtfehler stärker abnehmen als durch eine größere Zahl von Parallelmessungen. Systematische Fehler bleiben bei dieser Betrachtung unberücksichtigt. Sie müssen z. B. durch Ringversuche aufgedeckt und ausgeschaltet werden. Weiterhin werden die Verhältnisse komplizierter bei Gemischen mit mehr als zwei unterschiedlich körnigen Komponenten.

Um genaue und zuverlässige Aussagen zu ermöglichen, muß bei der Entnahme einer repräsentativen Probe aus einer Grundgesamtheit eine Mindestzahl und -größe der Einzelprobe eingehalten werden. Für die Zahl η der Einzelproben gilt

$$\eta = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{E^2}$$

t = STUDENT-Faktor

σ = Schätzung der Standardabweichung

E = Zufallsabweichung von x

σ sollte aus Voruntersuchungen unter vergleichbaren Bedingungen geschätzt werden, t wird aus t-Test-Tabellen (für zweiseitige Fragestellung) entnommen und ist abhängig von der gewählten Signifikanzschwelle. Die Gleichung zeigt, daß bei großer Standardabweichung des Gesamtverfahrens (bestehend aus Probennahme, Probenaufbereitung und Analyse) eine große Zahl Einzelproben zu wählen ist.

Das Mindestgewicht einer Probe steigt sowohl mit der Teilchengröße als auch mit der Inhomogenität der Untersuchungsmatrix stark an. Bei stückigen oder körnigen Materialien wird hinsichtlich der Menge vorgeschlagen, daß die entnommene Probe mindestens das zehnfache Gewicht des größten Korns haben muß. Bei Hausmüllproben ist dieser Wert jedoch nicht ausreichend. Vielmehr geht man hier von Rohproben mit einem Einzelgewicht von ca. 100-250 kg aus, eine Größenordnung, die oft nur schwer zu handhaben ist. Näherungsweise kann das Mindestgewicht von Abfallproben gemäß der LAGA-Richtlinie PN 2/78 K nach folgender Formel ermittelt werden, wobei in der genannten Richtlinie auch Beispiele für die Mindestanzahl der Einzelproben in Abhängigkeit von der zu beprobenden Menge und der Korngröße angegeben werden:

$$G \text{ (kg)} = 0,06 \cdot d \text{ (mm)}$$

Abfallprobennahmen, bei denen eine Korrelation räumlich oder zeitlich benachbarter Proben erwartet werden kann (Förderbänder, Bodenverunreinigungen), sollten hinsichtlich ihres Abstandes und der Probengröße sorgfältig geplant werden, um Kosten zu sparen. Benachbarte Proben sind in ihren Eigenschaften meist ähnlicher als weit voneinander entfernte. Die Meßwerte der einzelnen Proben sind dann durch einen Autokorrelationskoeffizienten, der zwischen - 1 und + 1 liegen kann, miteinander verknüpft.

Bei zwei- oder dreidimensionalen Probennahmen, z. B. zur Erkundung flächenhafter Kontaminationen unter Berücksichtigung der vertikalen Schadstoffverteilung, können autokorrelative Zusammenhänge sowohl die Wahl der Meßstellendichte als auch die Schätzung von Meßstellenwerten aus den Werten benachbarter Stellen erleichtern. Diese Verfahren werden bisher in der Abfallprobennahme noch kaum angewandt, im Bereich der Lagerstättenkunde jedoch schon eingesetzt.

Bei unbekannter Schadstoffverteilung im Untergrund hat sich die Festlegung eines der örtlichen Situation und dem Untersuchungsziel angepaßten Probenpunktrasters bewährt. Bei dessen Festlegung ist je-

doch darauf zu achten, daß es problemlos verdichtet werden kann, wenn die vorliegenden Untersuchungsergebnisse eine Verengung erfordern.

Die höchste Wahrscheinlichkeit, kugelförmige oder elliptisch geformte Schadstoffquellen mit Hilfe von quadratischen, rechteckigen oder dreieckigen Rastern aufzuspüren, ist mit dem Anlegen eines Dreieckrasters zu erzielen. Grundsätzlich bestimmt bei der flächenhaften Probennahme die Meßnetzgeometrie die notwendige Dichte der Meßpunkte. Dreiecksnetze benötigen 13 % weniger Entnahmestellen als quadratische Netze bei gleicher Anzahl von Punkten pro Flächeneinheit. Bei gleicher Punktdichte lösen Dreiecksraster feiner auf als Quadrat- und Rechteckraster. Für eine statistisch effiziente Beprobung gemäß ISO/CD 10381-1.3 gewährleistet ein Gitternetz aus regelmäßigen, gleichförmigen Dreiecken die beste Auswahl an Beprobungspunkten. Bei Zufallsverteilungen von Schadstoffen ist ein systematisches Meßnetz mit äquidistanten Stützstellen sinnvoll, während bei regulärer Verteilung ein Zufallsnetz oft bessere Resultate liefert.

Probennahmestrategien, die neben den räumlichen Aspekten auch Aspekte der Kostenminimierung einfließen lassen, sind bekannt. Im Sondergutachten „Altlasten“ des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen (1990) wird auf die Untersuchungsmaßnahmen ebenfalls eingegangen.

2. Planung und Durchführung der Probennahme

2.1 Feststoffe

2.1.1 Feststoffe, z. B. aus Hausmüll- und Sonderabfalldetonen

Aufgrund seiner Heterogenität muß bei unsortiertem Hausmüll eine Sortieranalyse vor der Entnahme repräsentativer Proben durchgeführt werden. Nach der Einführung einer teilweisen oder vollständigen Aussortierung von Wertstoffen direkt beim Abfallerzeuger ist oft nur noch ein „Restabfall“ vorhanden, der eine größere Homogenität aufweist als der unsortierte. Die deutsche TA Siedlungsabfall stellt für die Probennahme das Homogenitätsproblem besonders heraus und fordert unter Hinweis auf die LAGA-Richtlinie PN 2/78 K für die Entnahme von Abfällen, die sich nicht in Behältern befinden, folgende Anzahl von Einzelproben bzw. Mindestprobenmengen :

- bei homogenem Abfall: 1 Probe je Lieferung von mindestens 1 kg,
- bei heterogenem Abfall: 1 Probe je angefangene 5 t (bzw. 5 m³) von mindestens 1 kg,

es sei denn, die große Stückigkeit des Abfalls erfordert eine größere Probenmenge.

Bei unzerkleinertem Gewerbemüll, Hausmüll oder Sperrmüll treten durch die Inhomogenitäten erhebliche Probleme bei der Probennahme auf, so daß aussagefähige Proben nur durch Sortieranalyse zu gewinnen sind.

Bei Sonderabfällen handelt es sich im rechtlichen Sinne um besonders überwachungsbedürftige Abfallstoffe. Meist sind sie industrieller oder gewerblicher Herkunft, wobei sie in fester, schlammig/pastöser oder flüssiger Konsistenz anfallen und darüber hinaus Gase und Dämpfe freisetzen können. Wegen ihrer großen Vielfalt sind die jeweiligen Probennahmeverfahren kaum standardisiert, so daß eine erhebliche Erfahrung für die repräsentative Entnahme aus der Grundgesamtheit erforderlich ist.

Am günstigsten ist die Entnahme aus dem bewegten Gut, wenn die Abfallstoffe von einer Halde oder einem Haufwerk in Container, Fässer oder Fahrzeuge umgeladen werden. Dort kann dann je nach der Gesamtmenge z. B. jede hundertste Schaufel oder Greiferfüllung als Probe abgezweigt werden. Bei Förder-

bändern oder deren Abwurf ist darauf zu achten, daß der gesamte Förderquerschnitt erfaßt wird. Als allgemeine Regel gilt, wegen einer möglichen Entmischung des ruhenden Abfalls hier mehr Proben zu entnehmen als aus einem Förderstrom.

Sollen Proben von bestehenden Müllhalden entnommen werden, lassen sich die Probennahmerichtlinien für Lagerstätten sinngemäß einsetzen. Es empfiehlt sich in solchen Fällen, eine Schablone über die Gesamtfläche zu legen, die Entnahmestellen festzulegen, das Probegut entweder mit einem Bohrgerät oder Greifer zu entnehmen und dabei Probegut abzuzweigen.

Die so erhaltene Rohprobe ist nach der äußeren Beschaffenheit des Materials, der Korngröße, der Homogenität etc. zu verjüngen. Inerte Materialien wie Holz, größere Kunststoffteile oder Haushaltsgegenstände können nach dem anteilmäßigen Verwiegen bereits aussortiert werden und brauchen nicht in die weiter aufzuarbeitende Probe gelangen. Werden derartige Probennahmen häufiger an einem Standort durchgeführt, hat sich der Einsatz einer mobilen Schneid- oder Hammermühle zur Vorzerkleinerung bewährt.

Vorzerkleinerter Müll oder Kompost stellen immer noch recht heterogene Stoffe dar. Trotzdem ist die Probennahme hier einfacher als bei nicht zerkleinertem Material. Bei der Kompostierung wird Hausmüll in seiner Struktur und Konsistenz deutlich verändert, wodurch die meisten Probennahmetechniken erleichtert werden.

Schwierigkeiten ergeben sich durch die Forderung, den Gehalt von Stoffen (z. B. Schwermetalle) in Abfällen unterschiedlicher Herkunft miteinander zu vergleichen. Hierbei sollte per Konvention festgelegt werden, ob z. B. eine geschichtete Probennahme mit separater Aufarbeitung der Einzelfractionen einzusetzen ist. Ein solches Verfahren wurde beschrieben: schwere Müllbestandteile mit > 1 mm werden durch die Kombination von Siebung und Windsichtung abgetrennt, wodurch u. a. Metallstücke separat anfallen und ein Metallabrieb während der Aufarbeitung der Proben vermieden wird.

Bei einem Vergleich des Feinmaterials von Hausmüll vor und nach einem Rottevorgang findet man oft einen überraschenden Anstieg der Schwermetallkonzentrationen gegenüber dem Ausgangsmaterial. Dies ist auf die Zerkleinerung von Metallen während der Rotte durch Korrosions- und Lösevorgänge beim Einsatz gleicher Sortiertechnik und Siebgröße zurückzuführen.

Bei Komposthaufen oder -mieten ist zu beachten, daß sich während des aeroben Abbauvorganges Zonen mit unterschiedlichem Zersetzungsgrad bilden, die möglichst gleichgewichtig zu beproben sind.

Zur Probennahme sind die Haufwerke so mit Schaufellader oder manuell aufzugraben, daß diese Zonen angeschnitten werden. Bei kleineren Mieten sind die Zonen c und d mindestens 0,5 m, bei großen Mieten ca. 1 m von der Oberfläche entfernt. Man entnimmt das Material mit einer Schaufel an mehreren Stellen aus jeder Zone und vereinigt es zu einer Mischprobe von etwa 20 - 50 kg. Komposthaufen sollten bis zur Mitte, Mieten mindestens 1 m von einem Ende entfernt - am besten aus dem zentralen Bereich - aufzugraben werden. Der Mischprobenhaufen wird nach dem Kegelverfahren durchmischt und durch mehrfaches Vierteln und Teilen zu einer fertigen Probe von 2 - 3 kg aufbereitet.

Die größten Probleme für die Gewinnung einer repräsentativen Probe ergeben sich bei homogenen Schüttgütern und bei Sonderabfalldeponien. Die neben den eigentlichen Abfallstoffen häufig auftretenden inerten Materialien wie Böden, Ziegel oder Beton können die Entnahme erschweren, so daß die für relativ homogene Materialien erarbeiteten Probennahmetechniken kaum verwendbar sind. Das Grundproblem in Haufwerken und Deponien ist deren Inhomogenität, wobei Korngröße, deren Verteilung und die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Komponenten eine wesentliche Rolle spielen.

Der Probennahmeplan erfordert in solchen Fällen die Berücksichtigung statistischer Regeln zur Festlegung von Zahl und Position der Schürfe oder Bohrung, aber auch eine angemessene Entnahmetechnik, die ähnlich wie die bei der Altlastenbeprobung sein kann. Sind die zu untersuchenden Sonderabfälle in Struktur und Konsistenz hausmüllähnlich, lassen sich die für diese Abfallart getroffenen Aussagen analog anwenden.

Bei der Probennahme von Haufwerken, die hinter Sortier- und Zerkleinerungsanlagen aufgehaldet werden, kann man Einzelproben an mindestens 10 Stellen gleichmäßig über den Haufen verteilt aus verschiedenen Schichten (direkt an der Oberfläche sowie nach Freilegen tieferer Schichten) und in verschiedenen Höhen entnehmen. Als Probennahmegefäß kann ein 10 - 20 L-Eimer aus Polyethylen benutzt werden. Bei Probennahme lediglich an der Haldenoberfläche erfaßt man nur den Ausstoß einer kurzen Laufzeit der Aufbereitungs- oder Sortieranlage, da frisches Material ständig nach unten rutscht. Erst wenn am Boden eine neue Basis für die Vergrößerung des Schüttkegels vorhanden ist, bildet sich eine neue Deckschicht. Durch die höhengestufte Entnahme der Einzelproben wird darüber hinaus das unterschiedliche Roll- und Rutschverhalten der einzelnen Kornanteile in Abhängigkeit von Dichte und Form berücksichtigt. Die Einzelproben werden durch Kegeln, Vierteln und Mahlen zu analysefertigen Proben aufbereitet.

Für die spätere Analyse des Materials auf flüchtige Lösemittel muß man entweder eine größere Menge der Originalprobe ohne weitere Zerkleinerung extrahieren oder man entnimmt ein Probenaliquot in einer gasdichten Ampullenflasche, die für Head-space-Meßtechniken geeignet ist. Alternativ können die zu bestimmenden flüchtigen Lösemittel analog der Technik für die Bodenluft-Sondierung angereichert werden.

Sind feste Sonderabfälle in Fässern oder Säcken (z. B. „big bags“) verpackt, wird die Anzahl der zu beprobenden Behälter nach dem Zufallsprinzip festgelegt und danach der Inhalt über die gesamte Tiefe mit einem Probenstecher, Spiralbohrer o. ä. an mehreren Stellen beprobt. Werden Proben aus Fässern mit einer Schaufel entnommen, so ist der einzelne Behälter unter Umständen mindestens bis zur Hälfte zu entleeren.

2.1.2 Heterogene Stoffmischungen, z. B. aus Altlasten

Orientierungsuntersuchungen oder detaillierte Untersuchungen sind bei Altlasten und Altstandorten dann durchzuführen, wenn ein Kontaminationspotential in einer Erstbewertung festgestellt wurde. Hierzu sind an ausgewählten Probennahmepunkten Feststoff-, Bodengas- und/oder Grundwasserproben zu entnehmen. Schon in dieser Phase ist die Entnahme von Zusatzproben zur Beurteilung der geogen und anthropogen bedingten Hintergrundbelastung im Gebiet der Verdachtsfläche zweckmäßig.

Die Entnahme von Probenmaterial ist meist schwieriger als bei anderen Abfallstoffen. Es wird unterschieden

- Entnahme des oberflächennahen Profilbereichs;
- Feststoffentnahme im vorhandenen Verfüllungsbereich;
- Feststoffentnahme über den Verfüllungsbereich hinaus;
- Feststoffentnahme bis zur Grundwasseroberfläche;
- Feststoffentnahme im gesättigten Bereich des Grundwasserleiters;
- Entnahme von Bodengasproben;
- Entnahme von Luftproben unmittelbar an der Bodenoberfläche;
- Entnahme von Grundwasser und Sickerwasser.

Schürfe und Bohrungen eignen sich zur Erschließung der eigentlichen Probennahmestelle. Schürfe können im Lockergestein i. d. R. bis in eine Tiefe von ca. 3 m angelegt werden. Sie erlauben die Entnahme auch großer Mengen ungestörter Proben, z. B. mit Stechzylindern von 100 mm Durchmesser. Bei Tiefen von mehr als 1,5 m ist in Schürfen nach den Unfallverhütungsvorschriften ein Verbau vorzusehen.

Geht die Probennahme über die Schürftiefe hinaus, erfolgt ein Aufschluß durch Bohrungen. Es lassen sich unterscheiden:

- Verfahren mit durchgehender Gewinnung gekernter Proben (möglichst Schlauchkernproben);
- Verfahren mit durchgehender Gewinnung nichtgekernter Proben;
- Verfahren mit Gewinnung unvollständiger Proben;
- Verfahren mit Kleingeräten und Gewinnung geringer Probenmengen.

Für die meisten Fragestellungen sind vor allem Verfahren mit durchgehender Probengewinnung von Bedeutung, in manchen Fällen eignen sich auch Greifer- und Schneckenbohrungen.

Die Gewinnung von Proben durch Bohrmaßnahmen weisen gegenüber Schürfen jedoch einige Nachteile auf:

- Es lassen sich nur begrenzt Schlüsse auf mechanische Eigenschaften des Untergrundes ziehen.
- Beim Bohren können sich Schadstoffgehalt, Korngrößenspektrum und Wassergehalt der Proben verändern.
- Es wird nur ein kleiner Ausschnitt des Untergrundes erfaßt.

Für die Auswahl und Anordnung von Meßstellen gibt es keine eindeutigen Vorgaben. Für Flächen, bei denen nur ein Hinweis auf eine Kontamination ohne exakte Lokalisierung vorliegt, wird eine nutzungsabhängige Probennahmedichte (Bohraster) nach folgenden Richtwerten empfohlen:

- bebaute Fläche, Gärten, Spielplätze und Freizeitanlagen: alle 200 m₂ ein Probennahmepunkt;
- sonstige Flächen: alle 1.000 - 5.000 m₂ ein Probennahmepunkt;
- bei Bodenuntersuchungen auf Kinderspielplätzen sollte nach dem Erlaß des Landes Nordrhein-Westfalen vorgegangen werden.

Die sukzessive Erkundung der Grundwassersituation im Oberstrom und Unterstrom des zu untersuchenden Geländes hat sich als vorteilhaft erwiesen. Die Zahl der einzurichtenden Meßstellen sollte sich dabei an der Größe und Form des zu untersuchenden Geländes richten.

Auch für Bodengase existieren Vorschläge zur Meßstellenanordnung für orientierende Untersuchungen bei Altablagerungen. Je nach Fragestellungen und örtlichen Gegebenheiten werden neben gezielten Probepunkten in Verdachtsflächenbereichen Rastergrößen von 25 x 25 m bzw. 100 x 100 m vorgeschlagen. Hier spielen die Kenntnisse aus der Erfassung und Erstbewertung hinsichtlich der Rasterpunktanordnung eine entscheidende Rolle.

Bei Flächen mit Eintrag von Schadstoffen aus punktuellen Quellen bekannter Positionen ist ein schematisiertes Vorgehen weniger ratsam. Zahl und Anordnung der Entnahmepunkte richten sich nach der Größe der Gesamtfläche und den Abständen der Punktquellen. Zur Eingrenzung haben sich bei flüchtigen Schadstoffen Bodengasmessungen bewährt. Bei Vorliegen einer bekannten Punktquelle (z. B. undichter Tank) empfiehlt sich zur Eingrenzung des Schadens ein kreisförmig angelegtes Probepunktraster.

Zur Vorerkundung auf Altlasten-Verdachtsflächen lassen sich vor Festlegung von Probennahmepunkten geophysikalische Methoden oft mit Erfolg einsetzen. Dadurch können die physikalischen Eigenschaften des Bodens, seine Inhaltsstoffe und Makrostruktur sowie Inhomogenitäten und Schichtgrenzen zwischen Ton-, Sand- und Kiesschichten erkannt werden. Auch ehemalige Verfüllungsbereiche, Rohrleitungen, Fässer, Fundamente alter Gebäude sind u. U. lokalisierbar. Allerdings läßt die Aussagekraft geophysikalischer Techniken bei hoher Komplexität des Untergrundes oder beim Fehlen physikalischer Unterschiede des Bodenmaterials deutlich nach.

Die zur Gewinnung von Feststoffen angewandten Verfahren beschränken sich bei der Untersuchung von Altablagerungen und Altstandorten meist auf motorgetriebene Rammkernsondierungen, Rotations-Trockenkernbohrungen mit Einfach- oder Doppelkernrohr, Trockenkernbohrungen mit Inlinern (Schlauch oder Hülse) sowie Greiferbohrungen. Eine Anpassung an die Konsistenz des Untergrundes ist

durch eine Auswahl unterschiedlich geformter Geräte möglich. Vor allem Greiferbohrungen haben sich bei der Probengewinnung auf Hausmülldeponien aufgrund der Teilchengröße und Sperrigkeit des anfallenden Materials sowie der anfallenden Probenmengen bewährt. Sondierverfahren (Pürckhauer, Flügelbohrer, Spiralbohrer) kommen meist nur bei geringen Entnahmetiefen (< 1 m) zum Einsatz. Daneben können bei speziellen Fragestellungen oder bei ohnehin durchgeführten Tiefbaumaßnahmen begehbare Schürfe angelegt werden. Dadurch ist ein besserer Einblick in die Untergrundverhältnisse möglich. Kontaminationsherde können oft schon visuell erkannt werden. Die Probennahme wird an Schürfen mit Bohrstock, Schaufel, Spaten oder Stechzylinder vorgenommen.

Probennahmewerkzeuge sollten aus Werkstoffen bestehen, die zu keiner Sekundärverunreinigung der Analysenprobe führen (z. B. Metallabrieb bei Proben, die auf Schwermetalle zu untersuchen sind). Ferner sollten die Werkzeuge nach jeder Entnahme gereinigt werden, um Schadstoffverschleppungen zu vermeiden. Dies kann durch Abspülen mit Wasser über einem Sammelgefäß und einer Nachreinigung mit demineralisiertem Wasser und Zellstofftüchern, ggf. mit Aceton erfolgen. Vor der eigentlichen Probennahme wird die bodenkundlich-hydrogeologische Situation erfaßt, beispielsweise nach DIN 4022, einschließlich einer zeichnerischen Darstellung des Bohrergebnisses nach DIN 4023. Die Darstellung in Profilschnitten oder Blockbildern ist je nach Komplexität des Problems von Vorteil. Zusätzlich sind alle vor Ort gewonnenen Erkenntnisse zur Zusammensetzung des Bohrgutes, die über den Rahmen der DIN-Regelungen hinausgehen, für eine verbesserte Interpretation der später vorliegenden Analyseergebnisse vom Probennehmer zu protokollieren. Eine fotografische Dokumentation des Probenmaterials (z. B. Aufnahme von Bohrkernkisten mit beigelegter Farbskala und Bohrpunktbezeichnung) ist ebenfalls vorteilhaft.

Bei der Entnahme kontaminierter Feststoffe müssen die physiko-chemischen Eigenschaften der möglicherweise zu erwartenden Schadstoffe berücksichtigt werden. Dieses trifft vor allem auf flüchtige Stoffe wie chlorierte und fluoridierte Kohlenwasserstoffe und ölartige Substanzen zu. Zu erwähnen ist auch die Problematik bei Auftreten von metallischem Quecksilber. Bei derartigen Belastungen ist ein geeignetes Bohrverfahren auszuwählen. So kann die beim Bohren entstehende, mechanisch erzeugte Wärme zu einer Verfälschung der vorliegenden Schadstoffbelastung führen. Eine Verschleppung in tiefere Horizontbereiche ist unbedingt zu vermeiden. Vor der Entnahme aus Kernsonden ist die äußere Bodenschicht zu entfernen. Die Proben sollten nur aus dem Kerninneren entnommen werden. Dies gilt auch für die Entnahme aus Bohrkernkisten, Hülsen oder Schlauchkernen. Nach der Probennahme sind i. d. R. Bohr- bzw. Sondierlöcher sachgerecht zu verfüllen, um die Schaffung von bevorzugten Transportwegen für Schadstoffe in der Zukunft zu vermeiden.

Die bei der Altlastenbeprobung zu entnehmende Probenmenge hängt ab von Art und Umfang des analytischen Untersuchungsprogrammes und den bohrtechnischen Möglichkeiten. Können Mischproben gebildet oder großkalibrige Bohrungen durchgeführt werden, lassen sich meist 1 - 2 kg Probe entnehmen. In jedem Fall sollte die Probenmenge ausreichend sein für:

- alle der fertigen Analysenprobe vorgeschalteten Aufbereitungsschritte unter Berücksichtigung des Untersuchungsumfanges;
- alle Maßnahmen, die mit Absicherung und Wiederholbarkeit der Analyseergebnisse in Zusammenhang stehen;
- die Bildung von Mischproben aus einem geeigneten Einzelprobenkollektiv unter Einbehaltung eines Rückstellmusters der jeweiligen Einzelproben sowie der erstellten Mischprobe;
- eine mögliche Erweiterung des Untersuchungsumfanges.

Aus den entnommenen Einzelproben können bereits vor Ort Mischproben erstellt werden. Es ist darauf zu achten, daß nicht Horizonte mit unterschiedlicher Körnung und möglicherweise unterschiedlicher Kontamination (Auftreten von Verdünnungseffekten) gemischt werden. Eine Mischprobenbildung von Einzelproben aus Auffüllungen und anstehendem Untergrund ist in jedem Fall zu unterlassen. Aufgrund der besseren Arbeitsmöglichkeiten ist jedoch eine Mischprobenbildung im Labor vorzuziehen. Bei ober-

flächennaher Probennahme (etwa bis 30 cm Tiefe) kann durch mehrere Einstiche auf einer definierten Fläche (z. B. 10 Einstiche auf einer kreisförmigen Grundfläche mit dem Radius 10 m) eine Mischprobe in einem geeigneten Gefäß im Gelände hergestellt werden. Sollte eine Probenteilung bereits vor Ort notwendig sein, kann dies durch „Kegelbildung“ und „Vierteln“ auf einer geeigneten Unterlage geschehen.

Durch die Mischung eines Teiles der Einzelproben läßt sich die Zahl der Analysen verringern, allerdings unter Informationsverlust. Somit können gezielt Einzelproben, aber auch Mischproben - bei Aufbewahrung von Rückstellmustern - analysiert werden. Nach Vorliegen der ersten Untersuchungsergebnisse besteht dann die Möglichkeit, aus dem rückgestellten Einzelproben-Pool gezielt Proben zur Vervollständigung des Kenntnisstandes für die Analytik auszuwählen oder für bestimmte Fragestellungen vorzubereiten.

2.2 Flüssigkeiten

2.2.1 Sickerwasser aus Deponien

Sickerwasser ist im Deponiekörper gebildetes Grundwasser, dessen Fließverhalten durch die Inhomogenität der abgelagerten Abfälle beeinflusst wird. Bei vielen älteren Deponien dringt ein großer Teil des Sickerwassers mangels bestehender Fassungen und Ableitungen an der Deponiebasis unkontrolliert und oft unkontrollierbar in den Untergrund. In Deutschland sind nach § 7a WHG Deponiesickerwässer als besonders belastete Abwässer anzusehen, zu fassen und vor der Verdünnung mit anderen Abwässern nach dem Stand der Technik zu behandeln. Dies geschieht möglichst ohne Zutritt von Fremdluft. Das gesamte System darf dabei nicht zur aktiven Deponieentgasung benutzt werden. Das Leitungsgefälle sollte nach Abklingen von Untergrundsetzungen 1,5 % möglichst nicht unterschreiten.

Die Beprobung von Sickerwasser kann zweierlei Zwecken dienen: erstens zur Schadensermittlung (z. B. Ausbreitung einer punktförmigen Grundwasserkontamination; Ermittlung des Verursachers einer Kontamination) und zweitens zur laufenden Überwachung der Qualität des Sickerwassers. Für die anfängliche Überwachung von Hausmülldeponien sind bestimmte Intervalle der Probennahme geeignet.

Das in geordneten Deponien anfallende Sickerwasser wird an der Deponiebasis über Drainageschichten den Sammelleitungen zugeführt, die manchmal über Schächte miteinander verbunden sind.

Man erhält so eine relativ frische Mischprobe, die nicht dem Einfluß der Atmosphäre ausgesetzt ist. Münden die Dränrohre in Sammelleitungen, so können Proben beim Zulauf in Sammelteiche o. ä. oder aus Schächten mit Hilfe automatischer Probennehmer zeit-, mengen- oder durchflußproportional entnommen werden. Im Bedarfsfall können moderne Automaten durch Gebersysteme von einer ereignisproportionalen Entnahme auf andere Entnahmekategorien umschalten, um so separate Proben zu erhalten. Bei der Entnahme aus Sammelbehältern oder -teichen reicht die Entnahme qualifizierter Stichproben aus. Hierbei ist zu beachten, daß das Sickerwasser oft eine erhebliche Verweilzeit hinter sich hat, so daß mit sekundären Veränderungen wie Ausfällungen zu rechnen ist.

Sickerwasserproben werden ebenso wie Proben aus Bohrungen mit Schläuchen in vorbereitete Flaschen gefüllt. Um Entgasungen zu vermeiden, sollte man auch hier nach der Methode des überstauten Trichters vorgehen. Bereits vor Ort ist das Sickerwasser möglichst auf mehrere Flaschen aufzuteilen. Alle Flaschen sollten randvoll gefüllt und sofort verschlossen werden. Eine kleine Luftblase ist allerdings für das Umschütteln im Labor z. B. zur homogenen Verteilung von Schwebstoffen günstig. Proben für anorganische Analysen werden in Polyethylen-Flaschen gefüllt, die gegebenenfalls schon die entsprechenden Konservierungszusätze enthalten. Proben für organische Analysen füllt man in Schliffflaschen aus Braunglas.

Neben der eigentlichen Probennahme müssen nicht konservierbare physikalisch-chemische Parameter während der Probennahme bestimmt werden. Dies sind Farbe, Geruch, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Redoxpotential, eventuell gelöster Sauerstoff.

2.2.2 Kontaminiertes Grundwasser, z. B. aus Altlasten und Altstandorten

Für orientierende Untersuchungen sind mindestens zwei Meßstellen notwendig, um Hinweise auf ein verändertes hydrochemisches Milieu durch Schadstoffeintrag aus der vermuteten Altlast zu erhalten. Eine der Meßstellen sollte im Grundwasserabstrom der Verdachtsfläche im Bereich der höchsten Belastung liegen. Der Abstand dieser Meßstelle zur Verdachtsfläche sollte $< 10\%$ der Fließstrecke des Grundwassers unterhalb der Verdachtsfläche sein. Die zweite Meßstelle soll im Zustrom der Verdachtsfläche liegen. Der

Abstand dieser Meßstelle zur Altlast sollte ungefähr 50 % der Fließstrecke des Grundwassers unterhalb der Verdachtsfläche betragen. Die Verbindungslinie zwischen beiden Meßstellen sollte senkrecht zu den aktuellen Grundwassergleichen verlaufen.

Um die Schadstofffahne einer Altlast genauer zu untersuchen, ist ein verdichtetes Meßstellennetz im Unterstrom erforderlich. Günstig ist eine gleichmäßige Verteilung der Meßstellen senkrecht zur Grundwasserfließrichtung mit einem maximalen seitlichen Abstand von 50 m zueinander. Für den Mindestabstand zweier Probennahmestellen sollte so vorgegangen werden, daß durch Pumpen zumindest der halbe Abstand bis zur nächsten Probennahmestelle erfaßt werden kann. Hierzu werden hydraulische Kennwerte wie Durchlässigkeitsbeiwert, Grundwassergefälle und Mächtigkeit des Grundwasserleiters benötigt.

Das Kaliber der Meßstellen sollte zur Vereinfachung der Probennahme nicht weniger als 50 mm, möglichst jedoch einen Durchmesser von DN 125 oder DN 150 betragen, da dies den Einbau handelsüblicher Tauchmotorpumpen erlaubt.

Die verwendeten Materialien der Meßstelle dürfen durch Inhaltsstoffe des Grundwassers nicht angegriffen werden und sollten umgekehrt nicht die chemische Beschaffenheit des Grundwassers verändern. Als geeignet aber teuer haben sich inerte Ausbaumaterialien wie Sonderstähle und fluorhaltige Kunststoffe erwiesen. Bedingt einsetzbar zur Kontrolle der Grundwasserbeschaffenheit, insbesondere bei Belastungen mit organischen Schadstoffen, ist das in Deutschland überwiegend aus Kostengründen eingesetzte PVC-hart.

Die für die Entnahme von Grundwasserproben benutzten Geräte sollen folgende Anforderungen erfüllen:

- Sie müssen für den Feldeinsatz tauglich sein. Dies erfordert eine robuste Ausführung, einfache Handhabung und möglichst geringes Gewicht, um auch schwer zugängliche Entnahmestellen beproben zu können.
- Sie sollten leicht zu säubern sein, damit sie ohne Verunreinigung wiederholt eingesetzt werden können.
- Das verwendete Material sollte nicht mit Inhaltsstoffen des zu beprobenden Wassers reagieren oder die spätere Analyse stören.

Schöpfgeräte:

Schöpfgeräte sind die einfachsten Geräte zur Entnahme von Wasserproben. Sie werden vorwiegend bei orientierenden Probennahmen oder bei Sondereinsätzen verwendet. Schöpfgeräte lassen sich in gut durchströmten Grundwasserleitern auch dann einsetzen, wenn nur Parameter untersucht werden sollen, die keiner Beeinflussung durch die Probennahme unterliegen. Schöpfer mit Kopf- und Fußventil (Ruttner-Schöpfer) sind zylinderförmige Gefäße, die beim Einlassen in die Meßstelle vom Wasser durchströmt werden. Am Ort der Probennahme schließen sich durch einen Fallmechanismus die Ventile. Nach Hochziehen des Schöpfers kann man dann die Wasserprobe über einen Ablasshahn aus dem Schöpfer entnehmen. Deshalb eignen sich diese Geräte für gezielte Entnahmen in beliebiger Tiefe unterhalb des Grundwasserspiegels. Es ist auf einen guten Sitz der Dichtungen zu achten, damit sich die Geräte beim Herausziehen nicht entleeren.

Saugpumpen:

Bei Geräten, die nach dem Saugprinzip arbeiten, ist die Entnahmehöhe im günstigsten Fall auf etwa 9 m beschränkt. Bei tieferer Lage des Grundwasserspiegels reißt die Wassersäule im Saugschlauch ab und macht so eine Probennahme unmöglich. Saugpumpen sind i. d. R. mit einem Elektro- oder Benzinmotor angetriebene Kreiselpumpen. Die Wasserentnahme erfolgt über einen in die Entnahmestelle eingelassenen Saugschlauch. Bei größeren Wassertiefen und größerem Durchmesser der Schläuche ist ein Fußventil am Ende des Saugschlauches notwendig. Vor Inbetriebnahme muß die Pumpe mit Wasser gefüllt und anschließend eine vollständige Wasserzirkulation hergestellt werden, bis das System entlüftet ist. Danach läßt man den Saugschlauch bis zur gewünschten Tiefe in die Meßstelle ein und öffnet den Auslasshahn

unter allmählicher Steigerung der Motordrehzahl. Kreiselpumpen sind relativ robust, jedoch kann bei längerem Einsatz durch Abnutzung die Förderhöhe und -leistung sinken, insbesondere wenn oft feststoffhaltiges Wasser gefördert wird. Die Förderleistung derartiger Pumpen liegt zwischen 20 und 150 L/min. Sie eignen sich auch für längeres Abpumpen in Entnahmestellen mit geringem Durchmesser.

Tauchmotorpumpen:

Diese Pumpen sind Kreiselpumpen, die mit einem Unterwassermotor gekoppelt sind. Die Förderleistung ist abhängig vom Pumpentyp, der Versorgungsspannung, dem Durchmesser des Förderschlauches und der Förderhöhe. Sie werden überwiegend in gut durchströmten Grundwasserleitern eingesetzt. Bei geringer Ergiebigkeit der Meßstelle sollte auf ihren Einsatz verzichtet werden, da sonst der Wasserspiegel rasch absinken kann und die Pumpe trockenläuft.

Das Material der Probennahmegeräte und Förderschläuche kann die Meßergebnisse beeinflussen. Hinweise geben Remmler (1990) sowie die Europäischen Norm EN 25667, Teil 2, die auch Vorschläge für den Meßstellenausbau machen. Bezüglich ausgewählter Pflanzenschutzmittel und deren Wechselwirkung mit unterschiedlichen Schlauchmaterialien wird auf die Literatur verwiesen. In der Praxis werden oft Teflonschläuche für die Entnahme eingesetzt, die für viele Substanzen eine geringere Sorption als andere Materialien aufweisen. Sie sind nach der Probennahme außerdem leichter zu reinigen. Vor Beginn von Probennahmen sind die Gerätschaften immer auf Sauberkeit zu prüfen, um keine verfälschten Analyseergebnisse zu erhalten. Dies gilt auch dann, wenn mehrere Meßstellen nacheinander beprobt werden. Um mögliche Verschleppungen zu vermeiden, sollte - soweit Vorinformationen vorliegen - die Beprobung bei den Meßstellen beginnen, die die geringsten Schadstoffkonzentrationen aufweisen. Nach Probennahmen in hoch kontaminierten Bereichen sind Förderschläuche für die nachfolgenden Beprobungen möglichst auszutauschen.

2.3 Gase

Bodenluft-Messungen, z. B. aus kontaminierten Böden oder verunreinigten Grundwasserleitern

Das Verbindungsspektrum der im folgenden beschriebenen Probennahmetechnik ist begrenzt auf gasförmige oder flüssige leichtflüchtige Einzelverbindungen. Zu den möglichen Verbindungsklassen zählen z. B. leichtflüchtige chlorierte und gemischthalogenierte Kohlenwasserstoffe, BTEX-Aromaten, flüchtige polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (z. B. Naphthalin) oder substituierte einwertige Phenole. Außerdem zählen dazu Gase wie Methan, Wasserstoff, Kohlenstoffdioxid oder Schwefelwasserstoff. Die Siedepunkte der flüchtigen flüssigen Komponenten sollten etwa unter 180 °C liegen, die Wasserlöslichkeit sollte relativ gering sein.

Die Bezeichnung „Bodenluft“ für die zu bestimmenden gasförmigen Verbindungen entspricht einer gängigen Konvention (VDI 3865, Blatt 2, 1995), ist aber in der Literatur nicht einheitlich. So spricht man bei der Beprobung und Untersuchung von Deponien von „Deponiegas-Messungen“, bei Altlasten oder Altstandorten ebenfalls von Deponiegas-Messungen und bei „belasteten“ Böden von Bodenluft-, Bodenporengas- oder Deponiegas-Messungen. Unabhängig von der begrifflichen Vielfalt wird praktisch in allen Fällen meist das gleiche Verbindungsspektrum oder Teile davon beprobt und analysiert. Nachfolgend werden die im Untergrund gasförmig vorliegenden Verbindungen, unabhängig von der Matrix und den chemisch/physikalischen Eigenschaften, nur noch als *Bodenluft* bezeichnet.

Die einsetzbaren Techniken zur Beprobung der Bodenluft in kontaminierten Böden, Altlasten oder Altstandorten sind ausführlich in VDI 3865, Blatt 2, beschrieben. Unabhängig von der anwendbaren Technik der Bodenluftbeprobung gelten folgende allgemeine Grundsätze:

a) Die Bestimmung flüchtiger anorganischer und organischer Komponenten in der Bodenluft der ungesättigten Zone ermöglicht eine rasche qualitative Bestandsaufnahme von Schadstoffbelastungen im Untergrund. Unter günstigen Bedingungen ist aufgrund des physikalisch-chemischen Verhaltens der genannten Verbindungen auch eine Grundwasserbelastung feststellbar. Desweiteren ist mit Hilfe dieser Probennahmetechnik und nachfolgender Analytik der Proben eine Erkennung und Abgrenzung belasteter Grundwasserareale möglich (Bestimmung von Schadstoff-Fahnen im Untergrund).

b) Durch den Nachweis der Verbindung Methan ergeben sich häufig Anhaltspunkte für die Anwesenheit organischer Abfallstoffe im Untergrund. Da sich Gase wie Methan und Kohlenstoffdioxid unter Fundamentplatten und in geschlossenen Räumen anreichern können, ist die Untersuchung vor allem bei bebauten Verdachtsflächen wichtig. (Vorsicht: Methan-/Luft-Mischungen sind zwischen 5 und 15 Vol.-% Methananteil explosiv.)

c) Allgemein ist zu berücksichtigen, daß bei Bodenluft-Messungen die Zusammensetzung der Komponenten bei der Probennahme erheblich von bodenphysikalischen Kenngrößen wie Wassergehalt, Porenform und -größe beeinflusst wird. Insofern sind für die Beurteilung von Meßergebnissen die Angaben zur standortspezifischen Situation im Untergrund, zu Witterungsdaten und Jahreszeit zu protokollieren, da die wesentlichen Transportmechanismen von Gasen im Untergrund - Diffusion und Dispersion - erheblich durch den vorhandenen Wassergehalt beeinflusst werden. Daraus folgt, daß Bodenluftuntersuchungen Relativmethoden sind.

d) Eine Korrelation zwischen den Meßwerten in der Bodenluft und den gelösten Anteilen im Grundwasser ist im Regelfall nicht möglich. In einigen Fällen empfiehlt es sich, neben den Bodenluftproben auch Bodenproben zu entnehmen und diese auf ihren absoluten Schadstoffgehalt zu untersuchen. Desweiteren bietet es sich in manchen Fällen an, eine Bodenluftsondierung in verschiedenen Tiefen durchzuführen, um z. B. den abschirmenden Einfluß von Tonschichten zu eliminieren. Der Gehalt der Komponenten in der Bodenluft ist abhängig von:

- Abstand zwischen der Bodenoberfläche und dem Grundwasserleiter (Flurabstand) oder der kontaminierten Bodenschicht;
- Bodenparametern wie Korndurchmesser und Art des geologischen Untergrundes;
- Wassergehalt der ungesättigten Zone.

Wenn der Flurabstand zwischen dem Grundwasserleiter oder der kontaminierten Bodenschicht der Bodenoberfläche zu groß wird (> 15 - 20 m), ist eine Bodenluftmessung kaum noch geeignet, Kontaminationen mit flüchtigen Schadstoffen im Untergrund festzustellen.

In Abhängigkeit von der Methode der Probennahme, der Probennahmestelle und der Bodenart oder der Beschaffenheit des Untergrundes wird ein nicht genau bestimmbarer vertikaler und horizontaler Einzugsbereich um den Probennahmepunkt erfaßt.

2.4 Aufbewahren von Proben

Abfall- und Reststoffproben sind möglichst bald nach ihrer Entnahme zu untersuchen, da manche Inhaltsstoffe einem biologischen Abbau oder einer chemischen Veränderung unterliegen können. Ist eine sofortige Untersuchung nicht möglich, müssen die Proben auf geeignete Weise zwischengelagert werden.

Bei größeren Probennahmeserien sollten die Gefäße bereits vor Ort mit der endgültigen Laborkontrollnummer versehen werden. Es ist ratsam, eine identische Kennzeichnung auf Gefäß und Deckel anzubringen, um Vertauschungen zu vermeiden. Grundsätzlich sollten alle Beschriftungen stabil gegenüber Umwelteinflüssen sein, die Reinigung verschmutzter Beschriftungen darf nicht zum Informationsverlust führen. Vor dem Transport und bei Ankunft im Labor sollte eine Überprüfung von Probenanzahl und Probenkennung anhand der vor Ort erstellten und mitzuliefernden Liste (Probenbegleitzettel) erfolgen. Bei Proben, die Bestandteil eines juristischen Verfahrens sind, ist die Verwendung von Formularen ratsam, die eine exakte Beschreibung des Weges von der Herkunft bis zur Analyse aufzeigen.

Für Entnahme, Transport und Lagerung fester Stoffe und Schlämme sollte man grundsätzlich Weithalsgefäße verwenden, damit Öffnung und Außenseite beim Befüllen nicht verschmutzt und gesundheitliche Probleme vermieden werden. Glasgefäße mit großer Öffnung, einem Dichtring aus Silikongummi und Schnappverschluß haben sich hierfür bewährt. Auch Einmachgläser von 0,5 - 2 L Inhalt sind geeignet. Bei größeren Probenmengen ist die Verwendung von mit Inlinern ausgekleideten Metall- oder Kunststoffeimern günstig. Für die spätere Untersuchung organischer Schadstoffe sind nur Glasgefäße zu verwenden. Alle Gefäße müssen dicht schließen, damit Substanzen mit höherem Dampfdruck nicht entweichen können. Kunststoffbehälter sind bei Anwesenheit solcher Stoffe ungeeignet.

Wäßrige Lösungen und Abwasserproben können sich durch biologische Umsetzung besonders rasch verändern, so daß in manchen Fällen eine Vorbehandlung oder Stabilisierung notwendig wird. Die Entscheidung über geeignete Maßnahmen hängt vom Einzelfall ab. Grundsätzlich ist eine Kühlung wäßriger Proben während Transport und Lagerung vorzusehen.

Oft ist die Kühlung bei ca. 4 °C, möglichst in einem begehbaren Kühlraum, für kürzere Zeiträume ausreichend. Sollen Abbauvorgänge vollständig unterbunden werden, empfiehlt sich das Einfrieren und Aufbewahren bei ca. -20 °C. Hierfür eignen sich allerdings nur Kunststoffbehälter. Einfrieren und Auftauen muß zügig erfolgen. Diese Art der Behandlung führt jedoch bei organischen Parametern in Wasserproben oft zu Entmischungen, die beim Erwärmen auf Raumtemperatur nicht rückgängig zu machen sind.

Trockene oder getrocknete Abfallproben werden in einem gesicherten Lager ohne Kühlung aufbewahrt. Bei gefährlichen und reaktiven Stoffen müssen zur Verhütung von Unfällen besondere Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, z. B.:

- separate Lagerung unverträglicher Stoffe;
- umlaufende Standflächenabgrenzung;
- Vermeiden elektrostatischer Aufladung (Erdung von Regalen, kein Umfüllen im Lager);
- keine Heizkörper in Probennähe;
- ex-geschützte Elektroinstallation im Probenlager;
- Brandmelder;
- abflußlose, flüssigkeitsdichte und chemikalienfeste Bodenwanne;
- Luftaustausch mit der freien Atmosphäre (mind. 5-facher Luftwechsel pro Stunde), der auch in Fußboden- nähe wirksam wird.

Es wird darauf hingewiesen, daß Angaben über die geeignete Probenkonservierung und -aufbewahrung manchmal in standardisierten Arbeitsvorschriften, z. B. DIN- oder EPA-Vorschriften, enthalten sind.

Weiterführende Literatur:

- (1) Rump, Scholz: Untersuchung von Abfällen, Reststoffen und Altlasten, VCH-Verlag, Weinheim (1995)