

DIN ISO 18400-104

ICS 13.080.05

Ersatzvermerk
siehe unten**Bodenbeschaffenheit –
Probenahme –
Teil 104: Strategien (ISO 18400-104:2018)**

Soil quality –
Sampling –
Part 104: Strategies (ISO 18400-104:2018)

Qualité du sol –
Échantillonnage –
Partie 104: Stratégies (ISO 18400-104:2018)

Ersatzvermerk

Mit DIN ISO 18400-102:2020-11, DIN ISO 18400-105:2020-11 und DIN ISO 18400-206:2020-11 Ersatz für DIN ISO 10381-6:2009-09;
mit DIN ISO 18400-101:2020-11 und DIN ISO 18400-107:2020-11 Ersatz für DIN ISO 10381-1:2003-08;
mit DIN ISO 18400-202:2020-11 und DIN ISO 18400-203:2020-11 Ersatz für DIN ISO 10381-5:2007-02;
mit DIN ISO 18400-202:2020-11 Ersatz für DIN ISO 10381-4:2004-04

Gesamtumfang 163 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	5
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	7
Vorwort	9
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich.....	13
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe	13
4 Übergeordnete Untersuchungsstrategie.....	17
4.1 Allgemeines	17
4.2 Flächenunterteilung	20
4.3 Arten der Untersuchung.....	20
4.3.1 Allgemeines	20
4.3.2 Erfassung	24
4.3.3 Orientierende Untersuchung	25
4.3.4 Detailuntersuchung.....	25
4.3.5 Ergänzende Untersuchungen	25
4.4 Konzeptionelles Standortmodell.....	26
4.5 Vorläufige Risikobeurteilung.....	26
5 Probenahmestrategien — Allgemeine Aspekte	27
5.1 Probenahmeziele.....	27
5.2 Anwendungsbereich der Probenahmestrategie	28
5.3 Entwickeln der Probenahmestrategie.....	29
5.4 Grundlegende Probenahmesituationen.....	30
5.5 Repräsentative und ausreichend repräsentative Proben	31
5.6 Merkmale der räumlichen Verteilung.....	32
5.7 Statistische Aspekte.....	33
5.8 Durch Probenahme und Analyse bedingte Ergebnisunsicherheit	33
5.9 Sicherheit und Umweltschutz	34
5.10 Hindernisse bei der Probenahme.....	34
5.11 Zeitliche Planung von Untersuchungen.....	35
6 Probenahmestrategien — Schwerpunkte und Schlüsselkonzepte	35
6.1 Statistik und Geostatistik.....	35
6.1.1 Allgemeines	35
6.1.2 Statistik	36
6.1.3 Geostatistik.....	36
6.2 Probenahmeansätze	37
6.2.1 Allgemeines	37
6.2.2 Kenntnisbasierte Probenahme.....	38
6.2.3 Systematische Probenahme.....	39
6.2.4 Willkürliche Probenahme	40
6.3 Durchschnittliche Eigenschaften	40
6.4 Probenarten.....	40
6.4.1 Allgemeines	40
6.4.2 Proben in gestörter und ungestörter Lagerung	40

6.4.3	Punktproben (Einzelproben).....	41
6.4.4	Gruppenproben.....	41
6.4.5	Räumliche (Misch-)Proben.....	41
6.4.6	Selektive Proben.....	43
6.5	Anzahl von Proben.....	44
6.5.1	Allgemeines.....	44
6.5.2	Anzahl der Proben an diskreten Probenahmepunkten.....	45
6.5.3	Anzahl von Sammelproben.....	45
6.5.4	Anzahl von Mischproben.....	45
6.6	Probenumfang.....	46
6.6.1	Allgemeines.....	46
6.6.2	Praktische Erwägungen.....	47
7	Entscheidung über die Anzahl der zu entnehmenden Proben.....	49
7.1	Allgemeines.....	49
7.2	Ausgangssituationen.....	50
7.3	Bestimmung von mittleren Konzentrationen.....	51
7.3.1	Allgemeines.....	51
7.3.2	Verwendung von raumbezogenen Mischproben.....	52
7.3.3	Verwendung von Punktproben.....	53
7.3.4	Bestimmung des Verhältnisses zum Schwellengrenzwert.....	53
7.4	Auffinden von (Hot Spots und) „interessierenden Flächen“ mit einer festgelegten Mindestgröße.....	54
7.5	Probenahme für bestimmte Zwecke.....	54
7.5.1	Bestimmung von Hintergrundwerten.....	54
7.5.2	Klassifizierung von Abfällen.....	55
7.5.3	Ergänzende Untersuchungen in Bezug auf eine Sanierung.....	55
7.5.4	Validierung der Sanierung und anderer Arbeiten.....	56
8	Probenahmestrategien für die unterirdische Probenahme.....	57
8.1	Probenahmeansatz.....	57
8.2	Probenahmemuster.....	57
8.2.1	Allgemeines.....	57
8.2.2	Kontaminationsverdächtige Flächen.....	58
8.2.3	Hot-Spot-Erkennung, Flächenuntersuchungsplan und Probenahme.....	59
8.3	Probenarten.....	60
8.4	Probenahmetiefen.....	61
8.4.1	Allgemeines.....	61
8.4.2	Kontaminationsverdächtige Flächen.....	62
8.4.3	Probenahme im Zusammenhang mit dem Grundwasserprofil und dem Grundwasserleiter.....	63
8.5	Probenumfang.....	64
8.6	Anzahl von Proben.....	65
8.6.1	Allgemeines.....	65
8.6.2	Anzahl der Proben an einzelnen Probenahmepunkten.....	65
8.6.3	Anzahl von Mischproben.....	66
9	Beprobung von oberirdischen Ablagerungen.....	66
9.1	Allgemeines.....	66
9.2	Probenahmemuster.....	67
9.3	Probenarten.....	67
9.3.1	Allgemeines.....	67
9.3.2	Entnahme von Bequemlichkeitsproben.....	67
9.4	Probenahmetiefen.....	68
9.5	Probenumfang.....	68
9.6	Anzahl von Proben.....	68

Anhang A (informativ) Grundlegende statistische Begriffe.....	69
Anhang B (informativ) Probenahmemuster	76
Anhang C (informativ) Bewertung und Änderung der Unsicherheit bei der Probenahme.....	91
Anhang D (informativ) Beispiele für die Probenahme für bestimmte Zwecke	96
Anhang E (informativ) Maßstab der Probenahme	101
Anhang F (informativ) Bestimmung von Umfang und Anzahl der Proben und Einzelproben	107
Anhang G (informativ) Statistische Verfahren zur Schätzung von Bodenparametern.....	116
Anhang H (informativ) Geostatistische Verfahren für den Probenahmeentwurf und die Bewertung der Bodenbeschaffenheit.....	131
Anhang I (informativ) Probenahmestrategien für die Gefährdungseinschätzung	148
Literaturhinweise.....	160

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 18400-104:2018, die vom Technischen Komitee ISO/TC 190 „Soil quality“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 119-01-02-01 UA „Probenahme“ des Arbeitsausschusses NA 119-01-02 AA „Abfall- und Bodenuntersuchung (Koordinierung ISO/TC 190; ISO/TC 275, CEN/TC 292, CEN/TC 308, CEN/TC 345, CEN/TC 444, CEN/SABE/ENV)“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 10381-6	siehe	DIN ISO 10381-6
ISO 11074	siehe	DIN EN ISO 11074
ISO 11504	siehe	DIN EN ISO 11504
ISO 12404	siehe	DIN EN ISO 12404
ISO 14688-1	siehe	DIN EN ISO 14688-1
ISO 15175	siehe	DIN EN ISO 15175
ISO 15799	siehe	DIN ISO 15799
ISO 15800	siehe	DIN ISO 15800
ISO 16133	siehe	DIN EN ISO 16133
ISO 18400-100	siehe	DIN ISO 18400-100
ISO 18400-101	siehe	DIN ISO 18400-101
ISO 18400-102	siehe	DIN ISO 18400-102
ISO 18400-105	siehe	DIN ISO 18400-105
ISO 18400-106	siehe	DIN ISO 18400-106
ISO 18400-107	siehe	DIN ISO 18400-107
ISO 18400-202	siehe	DIN ISO 18400-202
ISO 18400-203	siehe	DIN ISO 18400-203
ISO 18400-206	siehe	DIN ISO 18400-206
ISO 18512	siehe	DIN EN ISO 18512
ISO 19258	siehe	DIN EN ISO 19258
ISO 22475-1	siehe	DIN EN ISO 22475-1

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 10381-1:2003-08, DIN ISO 10381-4:2004-04, DIN ISO 10381-5:2007-02 und DIN ISO 10381-6:2009-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Sämtliche Teile der Normenreihe DIN ISO 10381 wurden technisch und hinsichtlich des Aufbaus überarbeitet. Die neue Normenreihe DIN ISO 18400 beruht auf einem modularen Aufbau und kann nicht, wie sonst üblich, abschnittsweise mit der Normenreihe DIN ISO 10381 verglichen werden. Deshalb können hier keine genaueren Angaben zu den Änderungen gemacht werden.

Frühere Ausgaben

DIN 4222: 1944-01

DIN 19680: 1970-05

DIN 19681: 1970-05

DIN ISO 10381-6: 1997-05, 2009-09

DIN 10381-1: 2003-08

DIN ISO 10381-4: 2004-04

DIN ISO 10381-5: 2007-02

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 11074, *Bodenbeschaffenheit — Wörterbuch*

DIN EN ISO 11504, *Bodenbeschaffenheit — Beurteilung der Wirkung von mit Mineralölkohlenwasserstoffen verunreinigten Böden*

DIN EN ISO 12404, *Bodenbeschaffenheit — Anleitung für Auswahl und Anwendung von Vor-Ort-Verfahren*

DIN EN ISO 14688-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden — Teil 1: Benennung und Beschreibung*

DIN EN ISO 15175, *Bodenbeschaffenheit — Charakterisierung von kontaminiertem Boden hinsichtlich des Grundwasserschutzes*

DIN EN ISO 16133, *Bodenbeschaffenheit — Leitfaden zur Einrichtung und zum Betrieb von Beobachtungsprogrammen*

DIN EN ISO 19258, *Bodenbeschaffenheit — Leitfaden zur Bestimmung von Hintergrundwerten*

DIN EN ISO 22475-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen — Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung*

DIN ISO 10381-6, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 6: Anleitung zur Entnahme, Behandlung und Lagerung von Boden unter aeroben Bedingungen für die Beurteilung mikrobiologischer Prozesse sowie der Biomasse und der Diversität unter Laboratoriumsbedingungen*

DIN ISO 15799, *Bodenbeschaffenheit — Anleitung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Böden und Bodenmaterialien*

DIN ISO 15800, *Bodenbeschaffenheit — Charakterisierung von Böden im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden — Mensch*

DIN ISO 18400-100, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 100: Anleitung für die Auswahl von Normen für die Probenahme*

DIN ISO 18400-101, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 101: Grundzüge der Vorbereitung und Anwendung eines Probenahmeplans*

DIN ISO 18400-102, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 102: Auswahl und Anwendung von Probenahmetechniken*

DIN ISO 18400-105, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 105: Verpackung, Transport, Lagerung, Konservierung*

DIN ISO 18400-106, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 106: Qualitätskontrolle und Qualitätssicherheit*

DIN ISO 18400-107, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 107: Aufzeichnung und Berichtswesen*

DIN ISO 18400-201, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 201: Probenvorbehandlung im Gelände*

DIN ISO 18400-202, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 202: Erfassung*

DIN ISO 18400-203, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 203: Untersuchungen kontaminationsverdächtiger Flächen*

DIN ISO 18400-206, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 206: Anleitung zur Entnahme, Behandlung und Lagerung von Boden für die Beurteilung von biologischen funktionalen und strukturellen Endpunkten im Labor*

DIN ISO 18512, *Bodenbeschaffenheit — Anleitung für die Lang- und Kurzzeitlagerung von Bodenproben*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 190, *Soil quality*, Unterkomitee SC 2, *Sampling*, erarbeitet.

Diese erste Ausgabe von ISO 18400-104 ersetzt zusammen mit ISO 18400-101, ISO 18400-102, ISO 18400-105, ISO 18400-107, ISO 18400-202, ISO 18400-203 und ISO 18400-206 die jeweils erste Ausgabe von ISO 10381-1:2002, ISO 10381-4:2003, ISO 10381-5:2005, ISO 10381-6:2009 und ISO 10381-8:2006, die technisch und hinsichtlich des Aufbaus überarbeitet wurden.

Die neue Normenreihe ISO 18400 beruht auf einem modularen Aufbau und kann nicht abschnittsweise mit der Normenreihe ISO 10381 verglichen werden.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 18400 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Dieses Dokument ist Teil einer Normenreihe zur Bodenprobenahme (die Rolle/Stellung der einzelnen Normen innerhalb des gesamten Untersuchungsprogramms ist in Bild 1 dargestellt). Es enthält eine allgemeine Anleitung zur Entwicklung von Strategien zur Flächenuntersuchung (eine spezifischere Anleitung ist in anderen Normen enthalten) und zur Probenahmestrategie [z. B. was beprobt wird, wo die Probe entnommen wird (Orte und Tiefen) und die Arten der zu entnehmenden Proben] unter Berücksichtigung der Notwendigkeit, repräsentative Proben zu erhalten und relevanten statistischen Grundsätzen Rechnung zu tragen.

Böden (und andere Bodenmaterialien) bestehen aus einer Mischung von mineralischen Partikeln, organischer Substanz, Wasser, Luft (Bodenluft) und lebenden Organismen. Bei einigen kontaminierten Böden liegt möglicherweise eine nichtwässrige flüssige Phase vor. Die feste Matrix (Phase) besteht aus Partikeln unterschiedlicher Größe, Form und mit unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften. Ziel bei der Durchführung der Bodenprobenahme ist üblicherweise der Erhalt von ausreichend repräsentativen Proben, die zur Charakterisierung der Eigenschaften der gesamten Bodeneinheit (z. B. anstehender Boden in Form eines Volumens oder Horizonts oder eine oberflächennahe Ablagerung, wie z. B. ein Haufwerk) oder des als für die Untersuchungsziele relevant betrachteten Anteils (z. B. die Fraktion $< 0,1$ mm zur Expositionsbeurteilung einer Hand-zu-Mund-Aktivität) verwendet werden können. Die Eigenschaften von Einzelteilen, wie z. B. einzelner Bodenpartikel, werden nicht behandelt. Da der Boden nicht als Ganzes analysiert werden kann, werden stattdessen Bodenproben entnommen. Die Annahme, dass die Ergebnisse dieser Untersuchungen an Proben das gesamte betrachtete Bodenvolumen repräsentieren, ist immer eine Schätzung, deren Zuverlässigkeit von zusätzlichen Informationen über den Boden und die Fläche sowie von der Anwendung einer geeigneten Probenahmestrategie abhängt. Anders formuliert sollte die Probenahmestrategie sicherstellen, dass die Ergebnisse für die analysierten Proben zusammen mit weiteren Informationen (Vor-Ort-Beobachtungen, Hintergrundinformationen, Ergebnisse vorausgegangener Untersuchungen usw.) das Entwickeln eines Modells der relevanten Eigenschaften des betrachteten Bodenvolumens hinreichend zuverlässig und in Übereinstimmung mit den Untersuchungszielen ermöglichen.

Unabhängig vom Zweck der Untersuchung ist ein aussagekräftiges konzeptionelles Standortmodell erforderlich. Jede Eigenschaft eines Bodens oder Bodenmaterials ist das Ergebnis von dessen dynamischer Entwicklung, beeinflusst durch natürliche und von Menschen verursachte Prozesse, wie z. B. Verwitterung, Auslaugung, Umlagerung, Kontamination und viele andere. Ohne deren Berücksichtigung können die Ergebnisse einer beliebigen Untersuchung von Proben nicht ordnungsgemäß ausgewertet und bewertet werden. Wenn die räumliche Variabilität von Bodeneigenschaften (einschließlich Kontamination) von besonderem Interesse ist, schließt das konzeptionelle Standortmodell bekannte bzw. als bekannt angenommene Informationen über die Prozesse ein, die zu der voraussichtlichen räumlichen Verteilung der Eigenschaften geführt haben.

Die Probenahmestrategie sollte, besonders, wenn durchschnittliche Eigenschaften von Interesse sind, vorzugsweise auf statistischen Verfahren basieren, soweit sie praktisch anwendbar und geeignet sind.

Nachdem zuerst die Schlüsselemente, wie z. B. Beteiligte, Ziele, betrachtete Eigenschaften, Untersuchungsphase, Hintergrund- und Flächeninformationen sowie gesundheits- und sicherheitsbezogene Aspekte, festgelegt wurden, wird eine Probenahmestrategie entwickelt, die die Grundlage eines Probenahmeplans nach ISO 18400-101 bilden kann (der Probenahmeplan umfasst eine Reihe von praktischen Aspekten sowie die Probenahmestrategie).

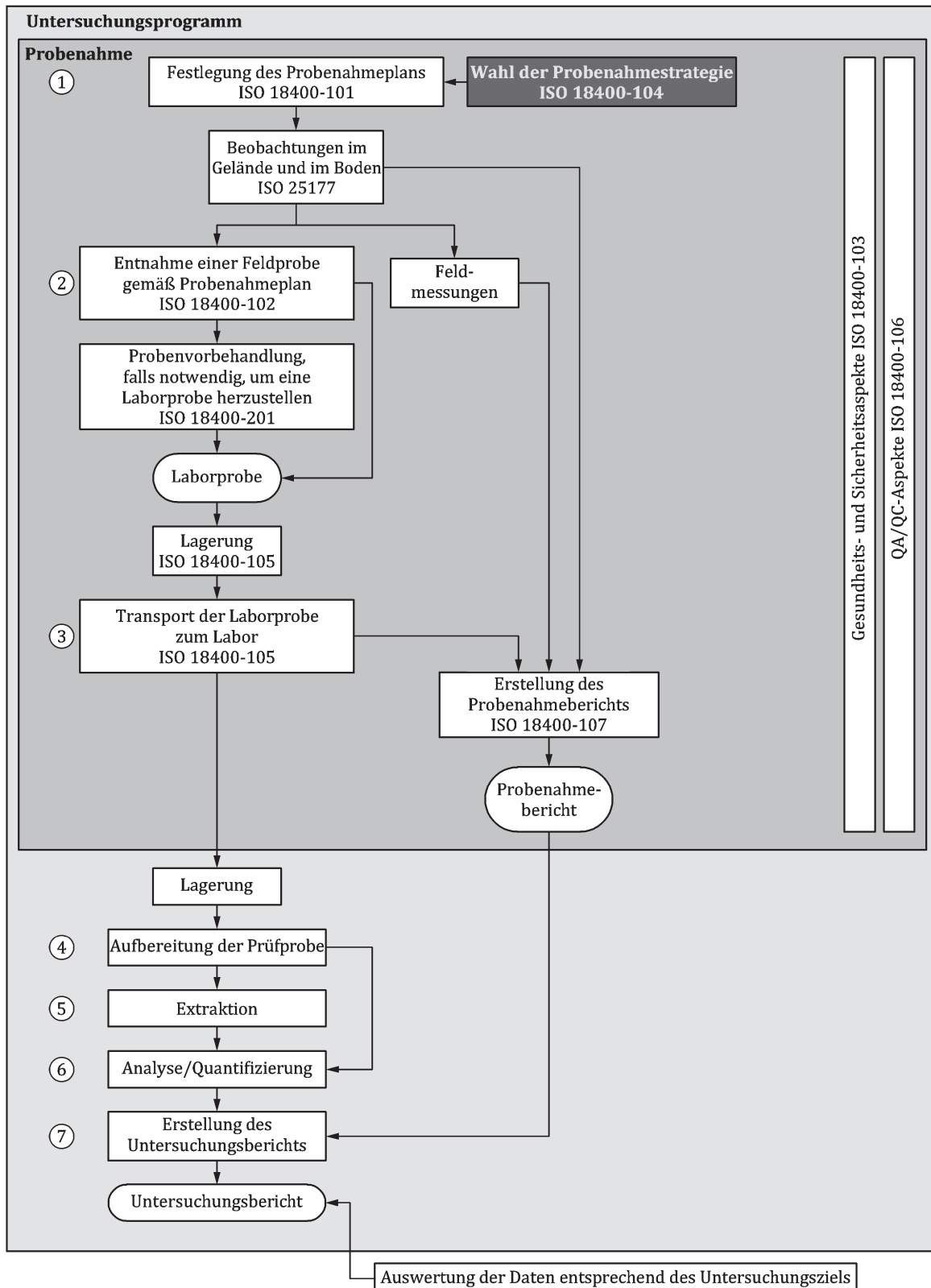
Die geeignete Probenahmestrategie hängt in jedem Einzelfall von Folgendem ab:

- den Untersuchungszielen;
- den konkreten Gegebenheiten und Eigenschaften des zu beprobenden Materials;
- den betrachteten Eigenschaften und
- dem erforderlichen Grad an Präzision und Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

Viele andere Faktoren können außerdem die Gestaltung der Probenahmestrategie beeinflussen, einschließlich:

- der Zugänglichkeit der Fläche sowie des beprobten Materials;
- finanzieller, personeller und technischer Ressourcen;
- der Witterungsbedingungen;
- des Zeitplans/-rahmens;
- gesetzlicher Beschränkungen/Umweltauflagen.

Nach der Festlegung des Probenahmeansatzes werden die geeigneten Probenahmetechniken entsprechend der Anleitung in ISO 18400-102 unter Berücksichtigung gesundheits- und sicherheitsbezogener (ISO 18400-103) sowie verschiedener praktischer Erwägungen ausgewählt. Die in Bezug auf die Probenahmetechniken getroffenen Entscheidungen sind Teil des Probenahmeplans.



ANMERKUNG 1 Die Nummern in den Kreisen in Bild 1 legen die Schlüsselemente (1 bis 7) des Untersuchungsprogramms fest.

ANMERKUNG 2 In Bild 1 ist ein allgemeiner Prozess dargestellt, der bei Bedarf geändert werden kann.

Bild 1 — Zusammenhang zwischen den wesentlichen Elementen eines Untersuchungsprogramms

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt eine allgemeine Anleitung zum Entwickeln von Strategien zur Flächenuntersuchung und eine ausführliche Anleitung zur Entwicklung von Probenahmestrategien fest beim Erfassen von Informationen über:

- durchschnittliche Bodeneigenschaften;
- die Variabilität von Bodeneigenschaften und
- die räumliche Verteilung von Bodeneigenschaften.

Es ist anzuwenden, wenn Bodenproben für die chemische Untersuchung und die Bestimmung einer Vielzahl von anderen Eigenschaften (z. B. physikalische) vorgesehen sind.

Obwohl der Schwerpunkt dieses Dokuments auf der Entnahme von Material (Feldproben) für eine Laboruntersuchung liegt, ist es auch anzuwenden, wenn die Messungen direkt im Gelände erfolgen.

ANMERKUNG 1 Dieses Dokument enthält auch Informationen zu den statistischen Grundsätzen, die der Entwicklung geeigneter Probenahmestrategien und statistischen Methoden zugrunde liegen.

ANMERKUNG 2 Anleitungen zu anderen Arten von zugehörigen Probenahmetätigkeiten sind in anderen Internationalen Normen (für Bodenluft (ISO 18400-204) und zur biologischen Untersuchung (ISO 18400-206)) enthalten. Eine Anleitung zur Probenahme von Grundwasser ist in ISO 5667-11 und ISO 5667-22 und zu Probenahmeverfahren und Grundwassermessungen bei geotechnischen Erkundungen in ISO 22475-1 enthalten.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 11074, *Soil quality — Vocabulary*

ISO 11464, *Soil quality — Pretreatment of samples for physico-chemical analysis*

ISO 18400-201, *Soil quality — Sampling — Part 201: Physical pretreatment in the field*

ISO 18400-202, *Soil quality — Sampling — Part 202: Preliminary investigations*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 11074 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

ANMERKUNG Der hierarchische Ansatz und die in diesem Dokument verwendeten Begriffe sowie die Beziehungen zwischen den in diesem Dokument verwendeten Probenahmeansätzen und -mustern sind in Tabelle 1 dargestellt.

3.1

oberirdische Probenahme

Entnahme von Proben aus Material, das auf der Geländeoberfläche abgelagert wurde

BEISPIEL Entnahme von Proben aus einem Haufwerk (einschließlich Gesamtvolumina von Bodenaushub), Ablagerung von Abfällen oder Böschung/Damm.

3.2

anthropogener Boden

Ablagerungen, die durch menschliche Aktivitäten verursacht wurden

3.3

Gruppenprobe

Mischprobe (3.4), für die die *Einstiche* (3.8) über eine kleine Fläche um einen vorbestimmten Probenahmepunkt herum entnommen wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die beprobte Fläche beträgt üblicherweise etwa 0,5 m² bis 1,0 m².

Anmerkung 2 zum Begriff: Das beprobte Material wird aus derselben Schicht oder aus Material mit denselben Eigenschaften entnommen.

3.4

Mischprobe

aus einer Reihe von Einzelproben hergestellte Probe (*Gruppenprobe* (3.3) oder *räumliche Mischprobe* (3.22))

3.5

willkürliche Probenahme

Entnahme von Proben auf der Grundlage der Zugangsmöglichkeiten, Transportmöglichkeiten, Kosten, Effizienz oder anderen Gründen, die nicht direkt mit den Probenahmeparametern zusammenhängen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Proben können möglicherweise nach einem vorgegebenen Plan (Orte, Tiefen usw.) entnommen oder von vor Ort festgelegten Orten und/oder Tiefen entnommen werden.

3.6

Auffüllung

anthropogener Boden (3.2), bei dem das Material nach einer technischen Spezifikation gewählt, eingebracht und verdichtet wurde

3.7

Untergrund

sämtliche Materialien unterhalb der Geländeoberfläche, einschließlich natürlicher Materialien (Boden und Fels) und anthropogener Materialien

3.8

Einstich

Material, das Bestandteil einer *Mischprobe* (3.4) ist und mit einem einzigen Arbeitsgang eines Probenahmegerätes erhalten wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Zum Beispiel das Füllen einer Schaufel oder eines Schneckenbohrers.

3.9

Bodenprobenahme

Entnahme von Proben aus der Bodenoberfläche und/oder aus dem Untergrund unterhalb der Oberfläche

3.10

kenntnisbasierte Probenahme

zielorientierte Probenahme

Entnahme von Proben aus bestimmten Teilflächen oder Strukturen einer Fläche unter Berücksichtigung von Vorkenntnissen, einschließlich dessen, was über die Historie und (räumliche) Anordnung/Lage einer Fläche oder einer Teilfläche innerhalb einer Fläche bekannt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine kenntnisbasierte Probenahme könnte zum Beispiel rund um unterirdische Lagertanks oder Rohrleitungen an Stellen, an denen möglicherweise Leckagen aufgetreten sind, rund um oberirdische Tanks an Stellen mit möglichen Havarien und bei Flächen notwendig sein, auf denen Rohstoffe oder Abfälle gelagert oder abgelagert wurden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Probenahmeorte werden üblicherweise auf der Grundlage dessen, was über die Zielfläche bekannt ist, im Voraus festgelegt, einige Stellen dürfen jedoch im Gelände als Reaktion auf Vor-Ort-Beobachtungen ausgewählt werden.

3.11

Kippe

Anschüttung

anthropogener Boden (3.2), bei dem das Material ohne technische Überwachung eingebracht und/oder auf bestimmte Art vom Menschen hergestellt wurde, wie z. B. durch Brechen oder Auswaschen, oder aus einem industriellen Prozess stammend

3.12

Makroaggregat

Bodenaggregat, bestehend aus Mikroaggregaten, die durch organische Substanz, mikrobielle Polysaccharide, Pilzhyphe, Regenwurmausscheidungen oder Pflanzenwurzeln miteinander verklebt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen sind die Aggregate > 0,25 mm bis 5 mm groß.

Anmerkung 2 zum Begriff: Makroaggregate kommen typischerweise in ungestörten Böden vor.

3.13

Mikroaggregat

Bodenaggregate, bestehend aus Primärpartikeln, Pflanzenwurzeln und Humin, die miteinander verklebt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen sind die Aggregate kleiner als 0,25 mm.

Anmerkung 2 zum Begriff: Mikroaggregate kommen typischerweise in gestörten oder landwirtschaftlich genutzten Böden vor. Durch mikrobielle Aktivität, Pflanzenwurzelabsonderungen und -wirkungen, Pilzhyphe und Regenwurmkremente können mehrere Mikroaggregate größere *Makroaggregate* (3.12) bilden.

3.14

Grundgesamtheit

<Bodenprobenahme> Gesamtheit eines Volumens oder einer Masse an Boden, über die durch die Probenahme Informationen erhalten werden sollen

BEISPIEL Eine bestimmte Fläche, ein anstehendes Bodenvolumen, ein Haufwerk, eine LKW-Ladung.

3.15

grundlegende Probenahmesituation

eine von vier Probenahmesituationen, die durch eine Kombination dessen, ob Informationen zur räumlichen Verteilung oder zu durchschnittlichen Eigenschaften erforderlich sind und ob eine *Bodenprobenahme* (3.9) oder eine *oberirdische Probenahme* (3.1) erforderlich ist, charakterisiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Konzept ist in Tabelle 2 dargestellt.

3.16

wahrscheinlichkeitsbasierte Probenahme

Probenahme, die dazu dient, sicherzustellen, dass für jeden Partikel oder jedes Element in der *Grundgesamtheit* (3.14) dieselbe Wahrscheinlichkeit besteht, Teil der Probe zu werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Das bedeutet, dass es einfach ist, einen quantifizierbaren Grad an Zuverlässigkeit (oder Unsicherheit) des geschätzten Mittelwerts zu erhalten und die Schätzung der Variabilität der Ergebnisse für die untersuchte Grundgesamtheit zu ermöglichen.

[QUELLE: ISO 11074:2015, 4.2.10, geändert]

3.17

Zufallsprobenahme

einfache Zufallsprobenahme

Entnahme von Proben an zufällig ausgewählten Stellen in dem zu untersuchenden Bereich

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Koordinaten der vorgesehenen Probenahmestellen werden unter Nutzung von Pseudozufalls- oder Quasizufallszahlen abgeleitet, die Tabellen in Handbüchern zur Statistik entnommen oder mit Computerprogrammen generiert werden können.

3.18

regelmäßige Probenahme

Prozess der Entnahme von Proben an Knotenpunkten eines regelmäßigen Rasters, wie z. B. eines viereckigen oder dreieckigen Rasters, d. h. die Probenahmestellen weisen gleiche Abstände zueinander auf

3.19

Probenahmeraster

eine Menge vorbestimmter Probenahmepunkte

3.20

selektive Probe

Probe, die bewusst auf der Grundlage einiger spezifischer Eigenschaften des zu beprobenden Materials gewählt oder gebildet wird

BEISPIEL Aussehen, Geruch, Korngröße.

[QUELLE: ISO 11074:2015, 4.2.16, geändert]

3.21

Ziel der Flächentuntersuchung

Benennen der Informationen, die während der Untersuchung zu erhalten sind

3.22

räumliche Mischprobe

Mischprobe (3.4) aus kleinen einzelnen Punktproben, die über eine Fläche (wie z. B. ein Feld) entnommen wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die allgemeine Voraussetzung ist, dass die Verteilung der Bodenbestandteile verhältnismäßig homogen ist. Die Lage der *Einstiche* (3.8) darf einem regelmäßigen Raster, dem Zufallsprinzip oder einem anderen Muster entsprechen. Bei Untersuchungen von landwirtschaftlich/gartenbaulich genutzten Flächen werden üblicherweise „N“- , „S“- , „W“- und „X“-*Probenahmeraster* (3.19) angewendet. Entlang des Umrisses solcher Raster wird eine Anzahl von Proben oder Einstichen entnommen, die dann vereinigt und gemischt werden, um nur eine (Misch-)Probe für die Analyse zu erhalten.

3.23**Punktprobe**

Probe von einer abgegrenzten Stelle

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Probe kann aus einem oder mehreren zusammenhängenden Materialanteilen gebildet werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Hierbei darf es sich um eine *gestörte* oder *ungestörte* Probe handeln.

3.24**geschichtete Zufallsprobenahme**

Aufteilen der zu beprobenden Fläche in eine Reihe von identischen Rasterzellen (Schichten) und zufällige Entnahme der Proben in jeder Zelle

3.25**systematische Probenahme**

Entnahme von Proben aus Stellen, die nach einem geometrischen Raster oder einem anderen statistisch abgeleiteten Raster vorbestimmt wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die systematische Probenahme kann eine zufällige Lagekomponente einschließen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Einige systematische Probenahmeraster werden als „*probabilistisch*“ (siehe 3.16) angesehen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Diese Definition ist weiter gefasst als die übliche Definition in der Literatur, in der systematische Probenahme üblicherweise *regelmäßige Probenahme* (3.18) bedeutet.

3.26**systematische nichtlineare Probenahme**

systematische nicht ausgerichtete Probenahme

Entnahme von Proben unter Anwendung eines *Probenahmerasters* (3.19), das zwischen einem regelmäßigen Gitter und einer *geschichteten Zufallsprobenahme* (3.24) liegt und bei dem jede Reihe (bzw. Spalte) des Gitters ein ähnliches Raster von unausgerichteten Punkten aufweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.8.

4 Übergeordnete Untersuchungsstrategie**4.1 Allgemeines**

Die Probenahmestrategie für Böden und Bodenmaterialien ist üblicherweise Teil einer übergeordneten Untersuchungsstrategie. Sie umfasst üblicherweise eine Reihe von Phasen, wie in 4.3 beschrieben.

ANMERKUNG 1 Die geplante Durchführung von Bodenprobenahmen könnte nur Teil einer umfassenderen Untersuchungsstrategie sein, die auch das Sammeln von Informationen, zum Beispiel in Bezug auf Grundwasser, geotechnische Eigenschaften des Bodens, Archäologie, Ökologie und Bodenluft, erfordern kann, und dass aus praktischen und logistischen Gründen ein bestimmtes Maß an Integration der Untersuchungen unterschiedlicher Aspekte der Fläche erforderlich sein kann. Wie dies gemacht werden kann, fällt nicht in den Anwendungsbereich dieses Dokuments.

ANMERKUNG 2 Böden (und andere Bodenmaterialien) bestehen aus einer Mischung von mineralischen Partikeln, organischen Substanzen, Wasser, Luft (Bodenluft) und lebenden Organismen. Bei einigen kontaminierten Böden liegt möglicherweise eine nichtwässrige flüssige Phase vor. Die feste Matrix (Phase) besteht aus Partikeln unterschiedlicher Größe, Form und mit unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften. Ziel bei der Durchführung der Bodenprobenahme ist üblicherweise der Erhalt von ausreichend repräsentativen Proben, die zur Charakterisierung der Eigenschaften der gesamten Bodeneinheit (z. B. anstehender Boden in Form eines Volumens oder Horizonts oder eine oberflächennahe Ablagerung, wie z. B. ein Haufwerk) oder des als für die Untersuchungsziele relevant betrachteten Anteils (z. B. die Fraktion < 0,1 mm zur Expositionsbeurteilung einer Hand-zu-Mund-Aktivität) verwendet werden können. Die Eigenschaften von Einzelteilen, wie z. B. einzelner Bodenpartikel, werden nicht behandelt.

Die Benennung „Probe“ wird in diesem Dokument im Allgemeinen verwendet, um die Feldprobe zu bezeichnen. Probenahme bedeutet deshalb die Entnahme von einer oder mehreren Feldproben. Die Feldprobe wird üblicherweise der Laborprobe (d. h. dem Material, das an das Labor versendet wird (ISO 11074:2015, 4.3.7)) gleichgesetzt, obwohl die Feldprobe in einigen Fällen einer Vorbehandlung im Gelände nach ISO 18400-201 unterzogen wird, um eine Probe geringeren Umfangs für den Versand an das Labor zu erhalten. Die Laborprobe wird üblicherweise, zumindest bei einer chemischen Analyse, einer Vorbehandlung im Labor (z. B. nach ISO 11464) unterzogen, um eine Untersuchungsprobe zu erhalten. Physikalische und biologische Untersuchungen erfordern üblicherweise unterschiedliche Ansätze und häufig die Verwendung der gesamten Laborprobe. Informationen zu den Bodenmengen, die vor allem im Zusammenhang mit chemischen Untersuchungen, jedoch auch für bestimmte physikalische Prüfungen erforderlich sind, sind in 6.6 und Abschnitt 7 enthalten.

Tabelle 1 — Probenahmeansätze und -raster

Willkürliche Probenahme	Kenntnisbasierte Probenahme	Proben werden an vorbestimmten Stellen entnommen							Entnahme von räumlichen Mischproben
		Systematische Probenahme							
		Lineare Raster	Kreisförmige Raster	Einfache Zufallsprobenahme	Geschichtete Zufallsprobenahme	Nichtausgerichtete Probenahme	Regelmäßige Probenahme		
Rechteckiges Gitter	Nichtrechteckiges Gitter								

ANMERKUNG 3 Die zur Beschreibung der Ansätze für die Probenahme und Probenahmeraster usw. verwendete Terminologie wird nicht immer einheitlich angewendet. Aufgrund der Variabilität beim Gebrauch und Verständnis der mit der Probenahme verbundenen Begriffe ist es wichtig, dass die Personen, die Flächenuntersuchungen planen oder durchführen, ihr Vorhaben oder ihre Handlungen auf eine Weise erläutern, die von Nichtfachleuten verstanden wird, und eine Abhängigkeit von der Fachsprache vermeiden.

Die übergeordnete Strategie für die Flächenuntersuchung sollte Folgendes berücksichtigen:

- die Gründe des Auftraggebers für die Beauftragung der durchzuführenden Untersuchung (diese sollten vom Auftraggeber eindeutig dargelegt werden);
- die Entscheidungen, die in Bezug auf das zu untersuchende Grundstück oder eine andere zu untersuchende Fläche zu treffen sind;
- die Sicherheit, die zum Treffen dieser Entscheidungen erforderlich ist (das bestimmt den erforderlichen Detaillierungs- und Genauigkeitsgrad von Messungen);
- die Ergebnisse aller bereits durchgeführten Untersuchungen;
- bekannte Datenlücken und Unsicherheiten (z. B. im konzeptionellen Standortmodell, siehe 4.4);
- die Ergebnisse von bisher abgeschlossenen Gefahrenbeurteilungen.

Vor der Durchführung einer Probenahme oder anderer technischer Erkundungen sollte immer eine Erfassung/Ersterkundung (siehe 4.3.2) nach ISO 18400-202 erfolgen.

Nach Abschluss der Erfassung sollte entschieden werden, ob:

- a) eine orientierende und/oder Detailuntersuchung (Hauptuntersuchung) durchzuführen ist, und in beiden Fällen, ob eine einziger Probenahmeschritt oder zwei oder mehr Probenahmeschritte durchgeführt wird/werden;
- b) die Fläche in Zonen aufgeteilt wird, z. B. auf der Grundlage der ehemaligen oder derzeitigen Nutzung, der vorgesehenen Nutzung oder der Topographie (wenn die Fläche in Teilflächen eingeteilt wird, ist für jede Teilfläche eine getrennte Probenahmestrategie erforderlich), siehe 4.2;
- c) Sicherheits- und Umweltaspekte vorliegen, die die Art und Weise der Durchführung der Probenahme einschränken könnten, siehe 5.9.

Die Ziele der Flächenuntersuchung sollten ausgearbeitet sein, bevor die Untersuchungsstrategie bestimmt wird.

Die Ziele einer Flächenuntersuchung unterscheiden sich in Abhängigkeit von der erreichten Stufe im Prozess und den zugrundeliegenden Absichten in Bezug auf das betreffende Grundstück, könnten jedoch zum Beispiel dazu dienen, Folgendes zur Verfügung zu stellen:

- Informationen zum pedologischen Zustand der zu beprobenden Fläche;
- Informationen zur potentiellen landwirtschaftlichen Produktivität;
- Informationen zum physikalischen und chemischen Zustand der zu beprobenden Fläche;
- Informationen zur Kontamination des Bodens und des Grundwassers;
- Informationen zu den natürlichen Konzentrationen potentiell bodengefährdender Stoffe;
- Informationen, die notwendig sind, um ein konzeptionelles Standortmodell zu entwerfen oder weiterzuentwickeln, einschließlich der Ermittlung potentieller Pfade und Rezeptoren (Schutzgüter) zum Zweck einer kontaminationsbezogenen Risikobewertung;
- Unterstützung einer Risikobewertung;
- Bereitstellung von Daten für die Planung von Sanierungsarbeiten oder Schutzmaßnahmen;
- Bereitstellung von Daten für die Wiederverwendung von Bodenmaterialien (siehe ISO 15176) oder für deren Entsorgung als Abfall.

Während die Informationen im Laufe einer Untersuchung entwickelt werden, sollten die Auswirkung auf die Ziele und die Ziele selber überprüft werden, um zu bestimmen, ob sie eine geändert oder erweitert werden müssen.

Das Formulieren oder Weiterentwickeln eines konzeptionellen Standortmodells, siehe 4.4, sollte immer eines der Untersuchungsziele sein, und das Modell sollte als Reaktion auf die Ergebnisse der Flächenuntersuchung überprüft und überarbeitet werden.

ANMERKUNG 4 Das konzeptionelle Standortmodell braucht nicht ausführlicher zu sein als durch die vorliegende Aufgabe gefordert.

ANMERKUNG 5 Anleitungen zu Untersuchungen von bestimmten Arten von Flächen und in Verbindung mit der Beurteilung für bestimmte Zwecke sind in mehreren anderen Internationalen Normen angeführt, einschließlich: ISO 18400-205, ISO 18400-206, ISO 11504, ISO 15175, ISO 15176, ISO 15799, ISO 15800, ISO 16133, ISO 19258 und ISO 18400-203.

ANMERKUNG 6 Eine Untersuchung (von kontaminationsverdächtigen Flächen) wird oft in einem der folgenden Zusammenhänge durchgeführt (siehe ISO 18400-203):

- zur Unterstützung eines Vorschlags, eine Fläche im Auftrag eines Auftraggebers (der der Eigentümer der Fläche sein kann oder nicht) zu entwickeln oder wieder nutzbar zu machen;
- in Verbindung mit einem möglichen Verkauf und Erwerb einer Fläche, um die Schätzung des Werts unter Berücksichtigung potentieller Verantwortlichkeiten für kontaminierten Boden und möglichen Sanierungsbedarfs zu ermöglichen;
- um den Zustand einer Fläche (z. B. Kontaminationsgrade) für künftige Referenzzwecke zu dokumentieren;
- um zu bestimmen, ob die Fläche unter Zuständigkeiten fällt, die eine Sanierung oder andere Maßnahme erfordern.

4.2 Flächenunterteilung

Wo sinnvoll und geeignet sollte die Fläche in Teilflächen aufgeteilt und für jede Teilfläche sollten getrennte konzeptionelle Standortmodelle und Untersuchungsstrategien erarbeitet werden. Die Aufteilung in Teilflächen kann zum Beispiel auf Folgendem beruhen:

- oberflächennaher geologischer Aufbau (z. B. Aufschüttung oder natürlicher Boden);
- tiefere geologische Situation;
- Topographie;
- voraussichtliche An- oder Abwesenheit von Kontamination;
- vorherige, derzeitige oder geplante Nutzungen;
- Beschaffenheit möglicher Schadstoffe [z. B. flüchtige organische Verbindungen (VOC, en: volatile organic compounds) oder anorganische Verbindungen];
- bekannte Unterschiede von Bodentypen;
- Beobachtungen von Vegetationsschäden;
- vorgesehene künftige Nutzung.

Die Aufteilung in Teilflächen sollte nach jeder Phase (und Stufe) der Untersuchung überprüft werden.

ANMERKUNG Ein Haufwerk oder eine andere oberirdische Ablagerung kann als einzelne Teilfläche angesehen werden, die eine getrennte Untersuchung erfordert, oder kann in eine Reihe von Teilflächen aufgeteilt werden, um zum Beispiel die Art der Entstehung (z. B. in Schichten oder durch Vorschütten) oder Unterschiede im Erscheinungsbild widerzuspiegeln, oder auf willkürliche Weise.

4.3 Arten der Untersuchung

4.3.1 Allgemeines

In 4.3.2 bis 4.3.5 werden vier Hauptphasen der Untersuchung beschrieben. Die Beziehung zwischen diesen Phasen und anderen untersuchungsbezogenen Tätigkeiten ist in Bild 2 bis Bild 4 dargestellt. Die Person, die die gesamte Flächenuntersuchung plant, sollte entscheiden, welche Untersuchungsphasen erforderlich sind, ob eine oder mehrere der Phasen stufenweise durchgeführt werden sollten sowie den Anwendungsbereich jeder Phase oder Stufe der Untersuchung.

Typischerweise sollten Untersuchungen Folgendes umfassen:

- eine Erfassung (immer erforderlich), siehe 4.3.2;
- eine orientierende Untersuchung (nicht zwangsläufig erforderlich), siehe 4.3.3;
- eine Detailuntersuchung (erforderlich, sofern die orientierende Untersuchung nichts anderes ergibt), siehe 4.3.4;
- eine ergänzende Untersuchung (manchmal erforderlich), siehe 4.3.5.

ANMERKUNG 4.3.2 bis 4.3.5 wurden mit besonderer Betonung auf Kontaminationsverdachtsflächen geschrieben, weil deren Untersuchung im Allgemeinen komplexer ist als bei anderen Flächen, zum Beispiel ist die Untersuchung eines landwirtschaftlich genutzten Feldes zur Bestimmung der Nährstoffsituation üblicherweise eine ziemlich einfache Aufgabe. Die Grundsätze gelten jedoch für alle Flächen und sollen dementsprechend in Einzelfällen angewendet werden.

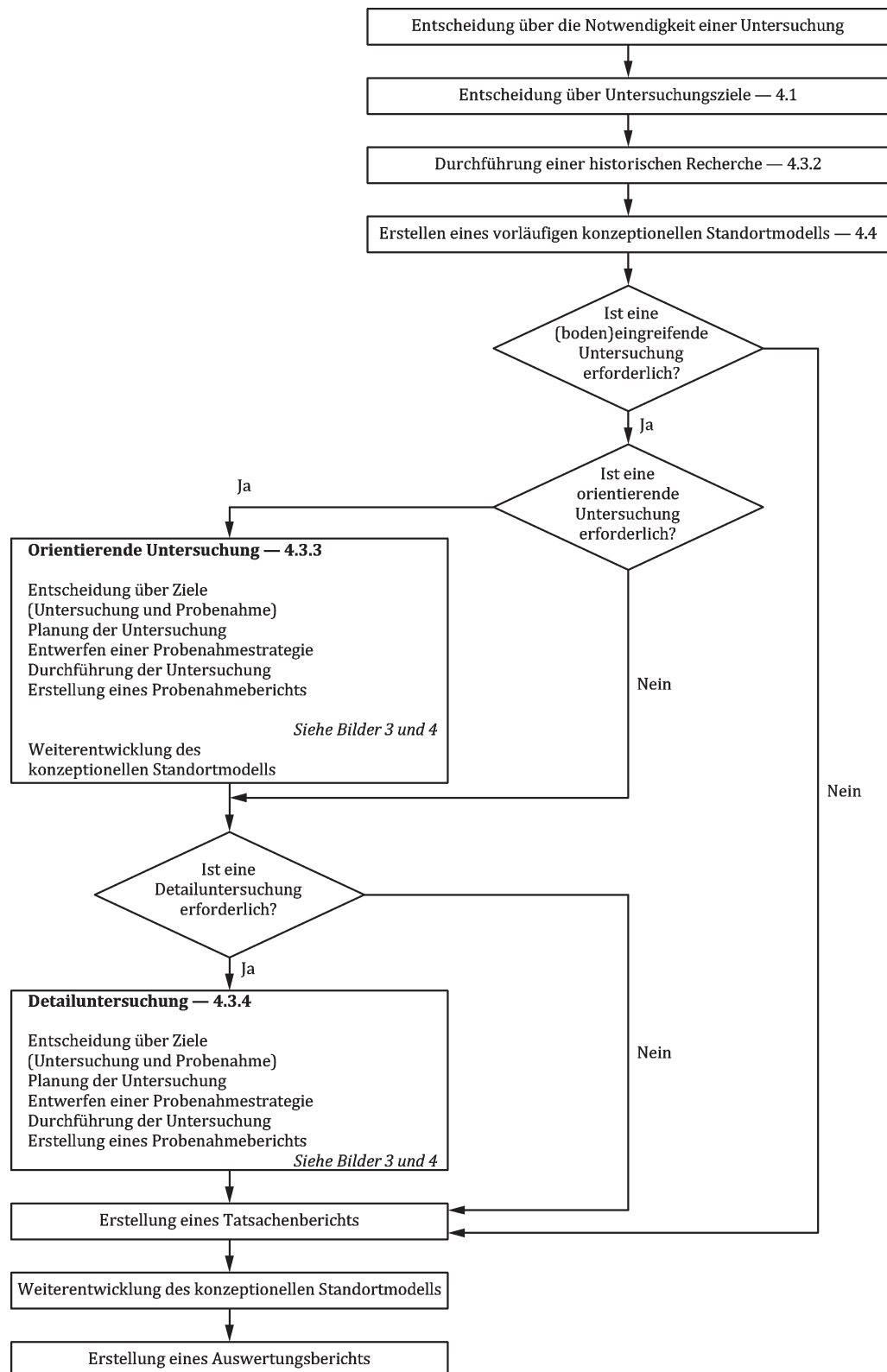


Bild 2 — Prozess der Flächenuntersuchung

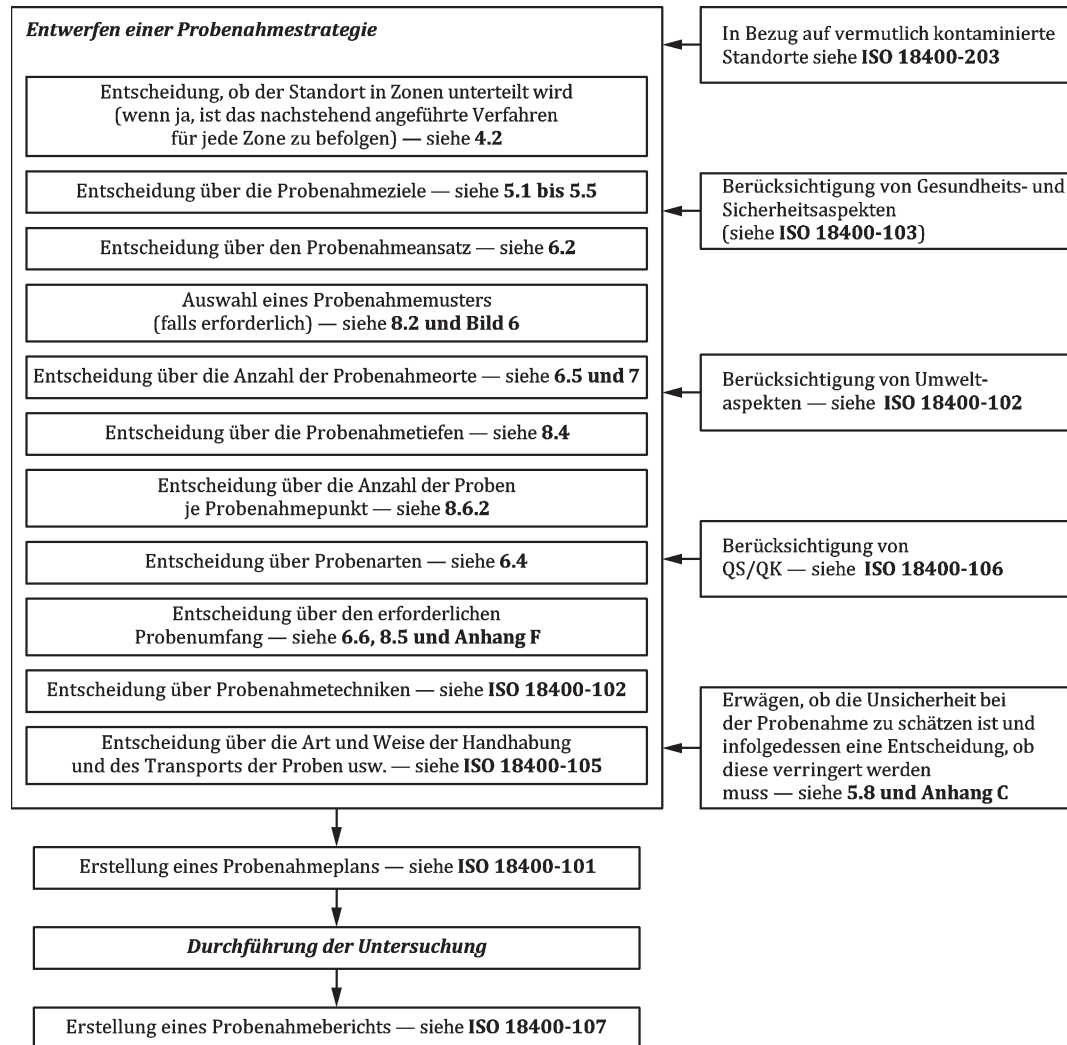


Bild 3 — Prozess technischer Erkundungen bei Kontaminationsverdachtsflächen oder oberirdischen Ablagerungen

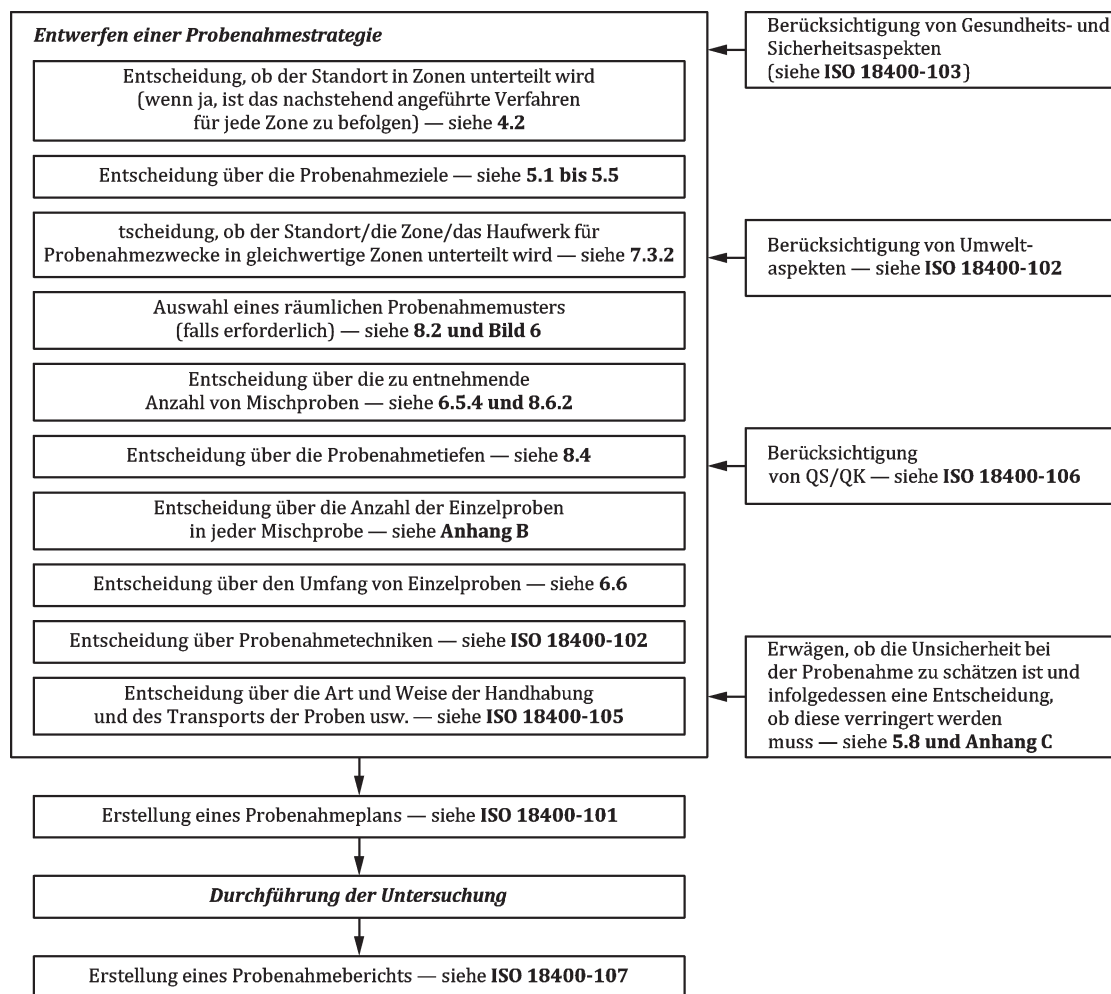


Bild 4 — Prozess bei der Entnahme räumlicher Mischproben zur Bestimmung durchschnittlicher Eigenschaften

4.3.2 Erfassung

Die erste Phase im gesamten Untersuchungsprozess sollte immer eine Erfassung sein. Diese sollte Verweise auf historische Aufzeichnungen und andere Informationsquellen, das Befragen relevanter Zeitzeugen und eine Ortsbegehung nach ISO 18400-202 einschließen.

Die übergeordnete Untersuchungsstrategie sollte eine Überprüfung der am Ende der Erfassung erhaltenen Informationen vorsehen, um zu bestimmen, ob die Ziele erreicht wurden (und noch angemessen sind) und ob die Notwendigkeit der Durchführung einer orientierenden Untersuchung (siehe 4.3.3) und/oder einer Detailuntersuchung (siehe 4.3.4) besteht.

Das Ergebnis der Erfassung sollte ein vorläufiges konzeptionelles Standortmodell (siehe 4.4) umfassen und kann eine vorläufige Risikobewertung (siehe 4.5) auf der Grundlage der verfügbaren Informationen enthalten.

ANMERKUNG 1 Eine ausführliche Anleitung zur Erfassung ist in ISO 18400-202 enthalten, einschließlich der Art der Informationen, die in Bezug auf bestimmte Arten von Flächen, z. B. landwirtschaftlich genutzte und naturnahe Flächen, bewaldete Flächen und vermutlich kontaminierte Flächen, erforderlich sein könnten.

ANMERKUNG 2 Die Erstellung einer vorläufigen Risikobewertung erfordert die Auswertung der während der Erfassung gesammelten Informationen. Obwohl im Fall einer vermutlich kontaminierten Fläche eine vorläufige Risikobewertung eine wesentliche Voraussetzung für die Planung der weiteren Untersuchungsphasen darstellt, fällt die Anleitung, wie dies vorzunehmen ist, nicht in den Anwendungsbereich dieses Dokuments.

4.3.3 Orientierende Untersuchung

Eine orientierende Untersuchung ist eine begrenzte Untersuchung und sollte geeignet sein,

- die Unsicherheit bezüglich der Kenntnisse über die Fläche zu verringern, einschließlich der Bestimmung der Gültigkeit oder anderer Einzelheiten der bei der Erfassung aufgestellten kontaminationsbezogenen und anderen Hypothesen, wodurch das vorläufige konzeptionelle Standortmodell weiterentwickelt werden kann;
- Informationen bereitzustellen, die bei der Planung einer anschließenden Detailuntersuchung helfen.

ANMERKUNG 1 Orientierende Untersuchungen umfassen üblicherweise eine oder mehrere kenntnisbasierte Probenahmen (zielorientierte Probenahmen), obgleich manchmal auch eine systematische Probenahme oder die Entnahme von Mischproben durchgeführt wird.

ANMERKUNG 2 Eine ausführliche Anleitung zur Planung und Durchführung von orientierenden und Detailuntersuchungen von vermutlich kontaminierten Flächen ist in ISO 18400-203 und von natürlichen und naturnahen (z. B. landwirtschaftlich genutzten) Flächen in ISO 18400-205 enthalten.

ANMERKUNG 3 Im Falle einer landwirtschaftlich genutzten Fläche könnte eine orientierende Untersuchung genutzt werden, um die Schlussfolgerungen aus der Erfassung über den/die vorliegenden Bodentyp(en) zu bestätigen oder eine Hypothese, z. B. dass das mangelhafte Wachstum der Vegetation durch Verdichtung und/oder Staunässe bedingt ist, zu prüfen. Mit diesen verfügbaren Informationen kann der Untersuchende entscheiden, ob eine ausführlichere Untersuchung erforderlich ist oder ob ausreichend Informationen zur Verfügung stehen, um den Auftraggeber (z. B. den Landwirt) zu beraten.

4.3.4 Detailuntersuchung

Die Detailuntersuchung sollte, soweit wie möglich, alle Informationen liefern, die notwendig sind, um die Ziele der Gesamtuntersuchung zu erfüllen.

Bei vermutlich kontaminierten Flächen sollte sie Folgendes umfassen:

- sämtliche Informationen, die zur Prüfung der Gültigkeit oder anderer Einzelheiten von kontaminationsbezogenen oder anderen Hypothesen, die in früheren Phasen der Gesamtuntersuchung entwickelt wurden, notwendig sind;
- sämtliche Informationen, die zur Einschätzung von Gefährdungen für alle potentiellen Schutzgüter notwendig sind;
- Informationen, die für die Auswahl, Planung und Kostenberechnung von Sanierungsarbeiten oder Schutzmaßnahmen erforderlich sind.

ANMERKUNG 1 Der erforderliche Detaillierungsgrad hängt von den Untersuchungszielen ab.

ANMERKUNG 2 Wenn keine orientierende Untersuchung durchgeführt wurde, könnte es notwendig sein, eine Reihe von kontaminationsbezogenen und anderen Hypothesen in der Detailuntersuchung zu prüfen, ähnlich wie bei einer orientierenden Untersuchung.

ANMERKUNG 3 Detailuntersuchungen von vermutlich kontaminierten Flächen umfassen üblicherweise eine Kombination aus kenntnisbasierten- und systematischen Probenahmen.

4.3.5 Ergänzende Untersuchungen

Eine Überprüfung des Ergebnisses der Detailuntersuchung könnte Aspekte und Bereiche ermitteln, bei denen ein nicht annehmbarer Unsicherheitsgrad oder ein Mangel an Information verbleibt. Wenn derartige Unsicherheiten oder Mängel festgestellt werden, sollte eine ergänzende Untersuchung durchgeführt werden. Diese sollte so geplant sein, dass spezifische Informationen gewonnen werden. Dabei sollte eine kenntnisbasierte (zielorientierte) Probenahme und/oder eine systematische Probenahme je nach Bedarf angewendet werden.

ANMERKUNG Im Fall einer vermutlich kontaminierten Fläche kann eine ergänzende Untersuchung erforderlich sein, um zum Beispiel:

- zusätzliche Informationen zur Planung und zu den Kosten von Sanierungsarbeiten zu erhalten, um zum Beispiel Bodenvolumina abzugrenzen, die einer Sanierung bedürfen, oder um Eignungsprüfungen zur Bewertung bestimmter Sanierungstechniken durchzuführen;
- Daten aus chemischen Untersuchungen für die Klassifizierung von Abfällen zu erhalten;
- die Grundwasserqualität und -wasserstände und/oder Bodenluftverhältnisse nach Abschluss der Detailuntersuchung zu überwachen, um Änderungen in den örtlichen Bedingungen zu bestimmen und zusätzliche Daten zu erhalten, um die Gefährdung einzuschätzen und die Planung von Schutzmaßnahmen zu unterstützen;
- die Grundwasser- und Bodenluftverhältnisse während des und nach dem Bau(s) oder während und nach der Sanierung zu überwachen, um zu bestimmen, ob sich die örtlichen Bedingungen nachteilig verändert haben.

4.4 Konzeptionelles Standortmodell

Vor der Entwicklung der Probenahmestrategie sollte ein konzeptionelles Standortmodell erstellt werden, das alle für die Untersuchungsziele relevanten Informationen umfasst. Es sollte je nach Bedarf in Text-, Bild- oder Tabellenform oder einer Kombination davon dargestellt werden.

Das konzeptionelle Standortmodell sollte zunächst während der Erfassung (vorbereitende Arbeiten und Ortsbegehung) formal aufgestellt werden und Informationen für nachfolgende Untersuchungen bereitstellen, wenn diese notwendig sind, um die Ziele der Gesamtuntersuchung zu erreichen. Eine der Zielsetzungen der Gesamtuntersuchung sollte immer die Verringerung der Unsicherheit im konzeptionellen Standortmodell sein.

ANMERKUNG 1 Obwohl das konzeptionelle Standortmodell üblicherweise im Anschluss an eine Erfassung zunächst formal aufgestellt wird, kommt es schon in dem Moment zustande, in dem nach der Notwendigkeit der Untersuchung gefragt wird. Auf der Stufe kann zum Beispiel erkannt werden, dass die Fläche eine landwirtschaftlich oder gewerblich genutzte Fläche ist, und der Gutachter macht sich ein erstes Bild darüber, wie die Fläche beschaffen sein könnte, und handelt dementsprechend.

ANMERKUNG 2 Wie weit der Anwendungsbereich und der Detaillierungsgrad des konzeptionellen Standortmodells hängen von den Untersuchungszielen ab, erfordert eine Festlegung seitens der Person, die das Modell erstellt.

ANMERKUNG 3 Das konzeptionelle Standortmodell ist im Fall einer vermutlich kontaminierten Fläche eine Beschreibung und/oder Darstellung der Fläche, die einschließt, was über die Boden- und Grundwasserverhältnisse, die tatsächliche und vermutliche Kontamination, die physikalischen Bedingungen und Umweltgegebenheiten, die derzeitigen und letzten Nutzungsarten der Fläche, die Rezeptoren und mögliche Pfadverknüpfungen zwischen Kontaminationsquellen und Rezeptoren, vorhersehbare Ereignisse, wie z.B. Überflutung, Änderungen des Grundwasserspiegels, globale Erwärmung, extreme Witterungsbedingungen, die Schließung von Bergwerken usw. bekannt ist — genau genommen alle für die vorliegende Aufgabe relevanten Informationen. In Abhängigkeit von den Untersuchungszielen könnte es relevant sein, neue künftige Rezeptoren, die mit dem Bau und der Fertigstellung einer Bebauung verbunden sind, sowie vorhandene Rezeptoren in Betracht zu ziehen. Das konzeptionelle Standortmodell führt zum Beispiel zur Formulierung von kontaminationsbezogenen Hypothesen (siehe ISO 18400-203:2018, Anhang A), die im Untersuchungsprozess durch die Sammlung relevanter Daten überprüft werden.

ANMERKUNG 4 Es ist geplant, eine ISO-Norm zu erarbeiten, die eine allgemeine Anleitung darüber enthält, wie ein geeignetes konzeptionelles Standortmodell zu entwickeln ist. Eine Anleitung in Bezug auf bestimmte Zielsetzungen oder Flächenarten ist in den einschlägigen Normen angeführt.

4.5 Vorläufige Risikobeurteilung

Im Fall einer kontaminationsverdächtigen Fläche sollte eine vorläufige Risikobeurteilung erfolgen, sobald das vorläufige konzeptionelle Standortmodell Flächenmodell ausgearbeitet wurde und die Verbindungen zwischen Quelle, Wirkungspfad und Schutzgut ermittelt wurden. Wenn bei der Erfassung geeignete Informationen für die Flächenuntersuchung erhalten wurden, kann eine qualitative oder allgemein quantitative Risikobeurteilung vorgenommen werden. Informationen aus vorausgegangenen Untersuchungsarbeiten sollten entweder verifiziert oder mit Vorsicht verwendet werden.

Wenn eine unzureichende oder keine vorherige Untersuchung durchgeführt wurde, kann nur eine qualitative Einschätzung erfolgen. Die Auswirkungen von Unsicherheiten in den verfügbaren Informationen auf das Ergebnis einer Risikobeurteilung sollten ermittelt werden.

ANMERKUNG Eine Anleitung zur Durchführung einer formalen Risikobeurteilung fällt nicht in den Anwendungsbereich dieses Dokuments (siehe auch ISO 18400-203). Eine Risikobeurteilung umfasst:

- a) die Ermittlung von Kontaminanten, Wirkungspfaden und Rezeptoren;
- b) eine Schätzung der Wahrscheinlichkeit, der Art und des Ausmaßes einer Exposition gegenüber einer Gefährdung und das Risiko von nachteiligen Auswirkungen;
- c) eine Beurteilung der wahrscheinlichen Wirkungspfade der Schadstoffe (Kombinationen von Quelle, Pfad und Rezeptor) und des Risikogrades;
- d) eine Bewertung in Bezug auf die Notwendigkeit der Überwachung der ermittelten Risiken.

Die Flächenuntersuchung liefert grundlegende Informationen für Stufe a) des Prozesses.

5 Probenahmestrategien — Allgemeine Aspekte

5.1 Probenahmeziele

Die Probenahmestrategie, die die Grundlage für den Probenahmeplan darstellt (siehe ISO 18400-101), legt fest, welche Proben zu entnehmen sind und wo sie zu entnehmen sind. Bevor eine Strategie für die Bodenprobenahme entwickelt wird:

- sollte eine Erfassung nach ISO 18400-202 durchgeführt werden;
- sollte ein vorläufiges konzeptionelles Standortmodell entwickelt werden, siehe 4.4;
- sollten alle Sicherheits- und Umweltaspekte (5.9) oder andere Faktoren (5.10), die die Art der Durchführung der Probenahme einschränken können, ermittelt werden;
- sollten eindeutige und angemessene Ziele gesetzt werden.

Die Probenahmeziele sollten aus den „Zielen“ der Flächenuntersuchung (siehe 4.1) entwickelt werden, wobei zu berücksichtigen ist, welche der in 5.4 festgelegten grundlegenden Situationen auf die Fläche zutreffen, ob davon auszugehen ist, dass voraussichtlich eine der in 5.6 beschriebenen charakteristischen Verteilungen von Eigenschaften vorliegt, und welche Bestimmungen oder Anleitungen anzuwenden sind.

Die Ziele sollten Aussagen darüber enthalten, welche Informationen erforderlich sind, einschließlich:

- ob Informationen über die räumliche Verteilung von Bodeneigenschaften erforderlich sind (siehe 5.6);
- ob Informationen über die durchschnittlichen Eigenschaften erforderlich sind (siehe 6.3 und 7.3);
- welche Eigenschaften und Merkmale von Interesse sind;
- welche Aspekte der Variabilität von Interesse sind;
- welcher „Maßstab der Probenahme“ erforderlich ist (siehe Anhang D und Anhang E).

Sollen durchschnittliche Eigenschaften bestimmt werden, sollte die Fläche, das Volumen oder die Struktur, für die/das der Mittelwert gefordert wird, unter Berücksichtigung des Zwecks der Gesamtuntersuchung sorgfältig festgelegt werden. Sobald die Ergebnisse der Untersuchung vorliegen, sollte deren Eignung für die Berechnung eines Mittelwerts für die zuvor festgelegte Einheit sorgfältig überprüft werden.

ANMERKUNG 1 Es kann zum Beispiel entschieden werden, dass das Ziel darin besteht, den Mittelwert einer Eigenschaft im Oberboden eines Feldes zu bestimmen. Die Untersuchung kann jedoch zeigen, dass dort zwei unterschiedliche Bodentypen vorliegen und es deshalb angemessener ist, für die beiden Bodentypen getrennte Mittelwerte zu berechnen (das ist natürlich nicht möglich, wenn ausschließlich Mischproben entnommen wurden, die das gesamte Feld erfassen — siehe 6.4.5 und 7.3).

ANMERKUNG 2 Es kann Anlässe geben, bei denen möglicherweise die Bestimmung anderer Parameter der Grundgesamtheit erforderlich ist.

Es kann vor allem für eine kontaminationsverdächtige Fläche verschiedene Gründe geben, warum Informationen erforderlich sind, zum Beispiel um analytische und andere Daten zu erhalten, um die Einschätzung von Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu unterstützen, Materialien für die Abfallbeseitigung zu beurteilen und Anforderungen in Bezug auf die Gesundheit und Sicherheit von Bauarbeitern einzuhalten. Es ist wahrscheinlich wirtschaftlicher, wenn einzelne Proben oder mindestens ein Satz von Proben entnommen werden können, um alle Zwecke in einem Arbeitsvorgang abzudecken. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, dass das Erreichen der unterschiedlichen Ziele bei der Probenahme nicht gefährdet wird.

5.2 Anwendungsbereich der Probenahmestrategie

Die Probenahmeziele bestimmen üblicherweise, welche Art der Probenahmestrategie geeignet ist und wie zuverlässig die Probenahme sein sollte. Wenn nur ein indirekter Zusammenhang zwischen Probenahmezielen und Probenahmestrategie besteht, muss der Projektleiter die Qualität und Art der Probenahme explizit festlegen.

In Abhängigkeit von den Probenahmezielen sollte die Probenahmestrategie spezifische Elemente in Bezug auf die Durchführung festlegen, die anschließend die Grundlage des Probenahmeplans bilden (siehe ISO 18400-101), einschließlich:

- des zu beprobenden Bodens (der Grundgesamtheit), (das kann zum Beispiel die Fläche, eine Teilfläche, ein Horizont oder eine oberirdische Ablagerung (z. B. ein Haufwerk)) sein;
- der Angabe, ob der gesamte Boden zu beproben ist oder ob es bestimmte Fraktionen (z. B. auf der Grundlage von Größe oder Erscheinungsbild) gibt, die für die Untersuchungsziele relevant sind, einschließlich einer Angabe, ob eine selektive Probenahme erforderlich ist (siehe 6.4.6);
- der zu bestimmenden Bestandteile und/oder der an den Proben durchzuführenden Prüfungen;
- der zu bestimmenden statistischen Parameter (z. B. Mittelwert, Grad der Heterogenität, Perzentilwert);
- der wahrscheinlichen Ergebnisunsicherheit, die sich aus unterschiedlichen Probenahmeansätzen ergibt, siehe 5.8;
- der Art der Probenahme (z. B. kenntnisbasierte Probenahme, systematische Probenahme oder Entnahme von Mischproben, siehe 6.2.2 und 6.2.3);
- der Art(en) der zu entnehmenden Probe(n), siehe 6.4;
- der Probenahmedichte (z. B. Abstände zwischen Probenahmepunkten);
- der Probenahmeorte einschließlich Probenahmeraster;
- der Probenahmetiefe;
- des Umfangs der Probe(n), siehe 6.6;

- der im Fall einer Entnahme von Mischproben an jedem Probenahmepunkt oder über eine Fläche zu entnehmenden Anzahl an Proben, siehe 6.5 und Abschnitt 7;
- der Festlegung des gewünschten Unsicherheitsgrades (d. h. systematische Abweichung und Präzision, siehe A.5.2, A.5.3) und des erforderlichen Vertrauens (siehe auch Anhang C);
- der Einteilung der Untersuchung in Phasen und Schritte (siehe Abschnitt 4).

Es ist wichtig zu erkennen, dass die durchführbaren Arbeiten einer Vielzahl von Beschränkungen unterliegen könnten, die bei der Umsetzung der idealen Probenahmestrategie in einen Probenahmeplan berücksichtigt werden sollten. Dazu zählen zum Beispiel Zugang, Standsicherheit des Untergrunds, die Sicherheit der die Arbeiten ausführenden Personen und der Bevölkerung und mögliche Auswirkungen auf die Umwelt während der Arbeiten oder zu einem späteren Zeitpunkt (siehe 5.9 und 5.10).

ANMERKUNG Entscheidungen darüber, wie die Proben zu entnehmen sind, sind üblicherweise Teil der Entwicklung des Probenahmeplans. Die Person, die die Probenahmestrategie entwickelt, kann jedoch wünschen, Präferenzen hinsichtlich der anzuwendenden Techniken aufzunehmen. Eine Anleitung zu den anwendbaren Probenahmetechniken und deren Umsetzung ist in ISO 18400-102 enthalten.

5.3 Entwickeln der Probenahmestrategie

Der Probenahmeplaner sollte wissen, wie die zu erfassenden Informationen zu verwenden sind, einschließlich statistischer Analysen, die voraussichtlich anzuwenden sind (siehe 5.6), der Faktoren, die zu Probenahme Fehlern und zur Unsicherheit bei der Probenahme beitragen können (siehe 5.7), und was eine ausreichend repräsentative Probe im Rahmen der Untersuchung darstellt (siehe 5.5).

Die Probenahmestrategie sollte Folgendes berücksichtigen:

- die Untersuchungsziele;
- die mögliche Aufteilung der Fläche in Teilflächen (siehe 4.2);
- das bisher entwickelte konzeptionelle Flächenmodell (siehe 4.4);
- flächenspezifische Faktoren (z. B. Flächengröße und Topographie, physische Hindernisse);
- die Lage von unterirdischen Versorgungseinrichtungen usw.;
- die Notwendigkeit, das Schaffen von Migrationspfaden für Gas oder (kontaminiertes) Grundwasser zu vermeiden;
- Schutz der Gesundheit und Sicherheit sowie der Umwelt (siehe 5.9 und ISO 18400-103);
- zeitliche Effekte und die Bedeutung derartiger Effekte auf die Untersuchungsergebnisse;
- Lage und Ausmaß geplanter Gebäude und Infrastruktur;
- Betrachtungen, die die Umgebung der Fläche betreffen;
- wie Daten und andere Informationen, die eine Risikobeurteilung untermauern, auszuwerten und darzustellen sind, um die Daten besser zu verstehen.

5.4 Grundlegende Probenahmesituationen

Bei der Probenahmestrategie und den anzuwendenden statistischen Verfahren sollte berücksichtigt werden, welche der folgenden zwei Probenahmesituationen auf der Fläche oder Teilfläche, die zu beproben ist, zutrifft:

- a) es ist eine Probenahme an der Geländeoberfläche und/oder im Bodenmaterial unterhalb der Oberfläche erforderlich, d. h. eine unterirdische Probenahme;
- b) es ist eine Probenahme von auf der Geländeoberfläche abgelagerten Materialien erforderlich, d. h. eine oberirdische Probenahme.

ANMERKUNG 1 Bodenmaterial wird hier verwendet, um sämtliche Materialien unterhalb der Geländeoberfläche zu bezeichnen, einschließlich natürlicher Materialien und anthropogener Materialien (d. h. Materialien, die durch menschliche Aktivitäten entstanden sind). Die Geländeoberfläche kann durch natürlich anstehende Materialien oder anthropogene Ablagerungen in Form einer (ingenieurmäßigen) Verfüllung oder Aufschüttung gebildet werden.

Für jede dieser Probenahmesituationen sollte entschieden werden, ob Informationen erforderlich sind über:

- die räumliche Verteilung von Bodeneigenschaften;
- durchschnittliche Eigenschaften.

Folglich gibt es vier grundlegende Probenahmesituationen, die angetroffen werden können, wie in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 — Grundlegende Probenahmesituationen

	Unterirdische Probenahme	Oberirdische Probenahme
Räumliche Verteilung	I Unterirdische Probenahme zur Bestimmung der räumlichen Verteilung von Eigenschaften	III Oberirdische Probenahme zur Bestimmung der räumlichen Verteilung von Eigenschaften
Durchschnittliche Eigenschaften	II Unterirdische Probenahme zur Bestimmung der durchschnittlichen Eigenschaften	IV Oberirdische Probenahme zur Bestimmung der durchschnittlichen Eigenschaften
ANMERKUNG „Räumliche Verteilung“ wird hier im Allgemeinen, geographischen Sinn verwendet: die Anordnung oder das Muster von Bereichen, in denen eine Bodeneigenschaft hohe Werte aufweist (z. B. einen Schwellenwert überschreitet), oder die Anordnung oder das Muster von kontaminierten Bereichen (siehe auch 5.6).		

Unabhängig von der grundlegenden Probenahmesituation sollte eine Entscheidung darüber getroffen werden, wie unter Berücksichtigung der Anleitung in 5.6 zum Maßstab usw. und in 5.8 zur Unsicherheit bei der Probenahme die Variabilität der Bodeneigenschaften behandelt wird.

Wenn eine unterirdische Probenahme durchzuführen ist, ist es nahezu immer möglich, in der Oberfläche Aufschluss(bohr)löcher zu errichten, um den Untergrund darunter zu untersuchen. Natürlich sind nicht alle Standorte eben, und die Fläche könnte geneigt oder uneben sein oder sich an Stellen mit geringer Tragfähigkeit befinden; aus einer Vielzahl von Gründen kann ein Zugang zu allen Teilen der Fläche erschwert sein. Dennoch kann man ein zweidimensionales Raster über die Fläche legen und anschließend an jeder Probenahmestelle eine Probenahme in unterschiedlichen Tiefen vorsehen. Die Tiefenintervalle für die Probenahme sind üblicherweise viel kleiner als die Abstände zwischen den Knotenpunkten des Probenahmerasters (siehe B.1.3 und B.12).

Im Gegensatz dazu wird bei der Beprobung eines Haufwerks oder einer anderen oberirdischen Ablagerung von der Annahme ausgegangen, dass das Hauptinteresse in den durchschnittlichen Eigenschaften liegt und dass ein isometrisches dreidimensionales Probenahmeraster erforderlich ist. In der Praxis ist das aus einer Vielzahl von Gründen oft schwer zu erreichen (siehe Abschnitt 9), und häufig ist ein pragmatischer Probenahmeansatz auf der Grundlage einer gutachterlichen Einschätzung erforderlich (siehe B.12). Eine der Hauptschwierigkeiten besteht darin, dass Haufwerke und ähnliche Ablagerungen üblicherweise unverfestigt und damit instabil sind.

Technisch ausgeführte Ablagerungen, wie z. B. Bahn- und Straßendämme, weisen andere Probleme auf. Obwohl hier eine ebene Oberfläche vorliegen könnte, ist diese häufig durch eine Straße oder Eisenbahntrasse eingenommen, wodurch der Zugang beschränkt wird, außer wenn es unumgänglich ist. In diesem Fall ist voraussichtlich eine Probenahme an den geneigten Flanken erforderlich. Das stellt beträchtliche praktische und sicherheitsbezogene Probleme dar, erfordert häufig die Nutzung von teurer Spezialausrüstung und erfordert somit auch eine gutachterliche Einschätzung dazu, wie und wo Proben zu entnehmen sind.

Einige natürliche Ablagerungen (z. B. Rutschungen, rezente Ablagerungen von Vulkanasche, Geröllhänge) können ähnliche Merkmale wie anthropogene Ablagerungen in der Hinsicht aufweisen, dass sie im Allgemeinen unverfestigt und instabil sind und sich unter ihnen häufig ein geneigter Untergrund befindet. Der Gutachter muss unter Berücksichtigung der zu ermittelnden Informationen und des vorrangigen Sicherheitsbedürfnisses eine Entscheidung bezüglich der besten Herangehensweise bei einem derartigen Gelände treffen.

ANMERKUNG 2 Probenahmesituationen vom Typ a), bei denen eine unterirdische Probenahme von Bodenmaterialien durchzuführen ist, umfassen zum Beispiel landwirtschaftlich oder forstwirtschaftlich genutzte Böden, kontaminationsverdächtige Flächen und abgelagerte Abfälle (siehe Anmerkung 4).

ANMERKUNG 3 Probenahmesituationen vom Typ b) umfassen zum Beispiel Böschungen, Abfalldeponien und Haufwerke von Materialien wie z. B. Abfälle, aufgearbeitete Böden, künstlich hergestellte Böden und Aushubmaterialien.

ANMERKUNG 4 Auf industriellen und anderen urbanen Flächen ist der Boden selten der ursprüngliche ungestörte Boden: Der Boden kann während Bau- oder anderer Arbeiten „gestört“ worden sein, Gebäude können abgerissen und die Abfälle rundherum verstreut worden sein, die Oberfläche kann mit einer Planierdrape geglättet worden sein. Folglich kann das Bodenmaterial sehr heterogen sein. Eine Halde von einem Bergwerk oder Stahlwerk ist in der Regel über mehrere Jahre (manchmal Jahrzehnte) mit einer veränderlichen Zusammensetzung der Abfälle (einige werden derzeit praktisch als Erzkörper abgebaut) entstanden. In beiden Fällen entstand der vorliegende Boden aus diesen Umwandlungen, und die Eigenschaften des Bodens können als von den Koordinaten x, y, z abhängig untersucht werden. Im Gegensatz dazu bedarf eine LKW-Ladung oder ein zeitweiliges Haufwerk aus losem Material, das auf der Oberfläche einer anderweitig ebenen Fläche abgelagert wurde, einer anderen Herangehensweise.

ANMERKUNG 5 Untersuchungen zur Bestimmung der räumlichen Verteilung von Eigenschaften können auch Informationen zu durchschnittlichen Eigenschaften liefern (siehe 6.3 und Abschnitt 7).

5.5 Repräsentative und ausreichend repräsentative Proben

Böden (und andere Bodenmaterialien) bestehen aus einer Mischung von mineralischen Partikeln, organischer Substanz, Wasser, Luft (Bodenluft) und lebenden Organismen (siehe Anmerkung 2 in 4.1). Da der Boden als Ganzes nicht analysiert werden kann, werden stattdessen Bodenproben entnommen und stellvertretend für den gesamten Boden untersucht. Die Annahme, dass die Ergebnisse dieser Untersuchungen an Proben das gesamte betrachtete Bodenvolumen repräsentieren, ist immer eine Schätzung, deren Zuverlässigkeit von zusätzlichen Informationen über den Boden und die Fläche sowie von der Anwendung einer geeigneten Probenahmestrategie abhängt. Anders formuliert sollte die Probenahmestrategie sicherstellen, dass die Ergebnisse für die analysierten Proben zusammen mit weiteren Informationen (Vor-Ort-Beobachtungen, Hintergrundinformationen, Ergebnisse vorausgegangener Untersuchungen usw.) die Schätzung der relevanten Eigenschaften des gesamten zu untersuchenden Bodenvolumens (oder des betrachteten Teils) mit einem hinreichenden Zuverlässigkeitsgrad und in Übereinstimmung mit den Probenahmezielen ermöglichen.

Unabhängig vom Zweck der Untersuchung sollte ein aussagekräftiges konzeptionelles Standortmodell entwickelt werden, das, wenn die räumliche Variabilität von Bodeneigenschaften (einschließlich Kontamination) von besonderem Interesse ist, einschließen sollte, was über die Prozesse, die zu der voraussichtlichen räumlichen Verteilung der Eigenschaften geführt haben, bekannt ist oder als bekannt angenommen wird. Soweit praktisch durchführbar und angemessen, sollte die Probenahmestrategie auf statistischen Verfahren beruhen, besonders wenn durchschnittliche Eigenschaften von Interesse sind.

5.6 Merkmale der räumlichen Verteilung

Bodenmaterialien sind in ihrer Zusammensetzung von Natur aus variabel. Ein Schlüsselement im Entwurf des Probenahmeprogramms ist die Kenntnis der Hauptbestandteile der Variabilität des zu beprobenden Boden (die Grundgesamtheit).

Es kann zwischen zwei Arten der Variabilität unterschieden werden:

- bei sehr kleinem Maßstab die der Bodenteilchen, d. h. Fundamentalvariabilität;
- bei großen Maßstäben, d. h. räumliche Variabilität.

ANMERKUNG 1 Der Maßstab ist ein wichtiger Ansatz, da die Heterogenität ein maßstabsabhängiges Merkmal ist: Bodeneigenschaften weisen bei großmaßstäblichen Messungen eine geringere Heterogenität auf als bei kleinmaßstäblichen Messungen. Üblicherweise werden zwei Maßstäbe der Probenahme betrachtet: der Maßstab der Probe und der Maßstab der Bewertung. Diese stimmen selten überein. Eine Erörterung zum Maßstab der Probenahme ist in Anhang E enthalten.

ANMERKUNG 2 Einer der Gründe für die räumliche Variabilität kann die zeitliche Variabilität der Beschaffenheit und Zusammensetzung des Bodens oder Bodenmaterials sein, aus dem das Bodenvolumen (zu beprobende Grundgesamtheit) besteht. Beispiele dafür, wann das der Fall sein kann, sind:

- wenn Materialien über einen bestimmten Zeitraum in Haufwerken abgelagert wurden;
- wenn Materialien durch Verteilen oder Vor-Kopf-Schüttung über einen bestimmten Zeitraum auf der Geländeoberfläche abgelagert wurden;
- wenn eine Reihe von Hochwasserereignissen aufgetreten ist;
- wenn eine Reihe von Rutschungen oder gleichartigen Ereignissen aufgetreten ist.

Wenn aufgrund des Prozesses, in dem das Haufwerk oder eine andere Ablagerung entstanden ist, zeitliche Wirkungen erwartet werden, sollten diese Wirkungen in den Annahmen zur räumlichen Variabilität berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 3 Die Fundamentalvariabilität und die räumliche Variabilität werden in Anhang A ausführlich erörtert.

ANMERKUNG 4 Die räumliche Variabilität tritt üblicherweise bei allen Maßstäben auf, von dem der Einstiche einer Probe bis zu dem von großen Volumina oder sogar der gesamten betrachteten Fläche.

ANMERKUNG 5 Von besonderer Bedeutung ist, wie eine Substanz oder ein bestimmtes Material im Boden verteilt ist. Zum Beispiel:

- ein Schadstoff (z. B. Cadmium) kann in der feineren Fraktion eines Bodens, die einen weitgehend konstanten Anteil des Bodens darstellt, angereichert sein. In diesem Fall wird stets ein ähnliches Analyseergebnis erhalten, unabhängig davon, ob einige hundert Gramm oder viele Kilogramm als Probe entnommen werden, d. h. es ist verhältnismäßig einfach, eine repräsentative Probe zu erhalten; oder
- der Schadstoff kann in Schlackepartikeln von etwa 10 mm Durchmesser angereichert sein, die ungleichmäßig im Boden verteilt sind. In diesem Fall kann die Laborprobe, wenn sie zu klein ist, keines der Schlackepartikel enthalten, oder die Fraktion > 10 mm kann, wenn im Voraus nicht erkannt wird, dass Cadmium vorhanden sein kann, als „Steine“ und „nicht von Interesse“ vom Labor verworfen werden, sofern dieses über keine anderen Anweisungen verfügt, was zu einem irreführenden Analyseergebnis führt. In diesem Fall ist möglicherweise eine Korngrößenanalyse und eine getrennte Analyse der Fraktionen der beste Ansatz. Für aussagekräftige Ergebnisse wäre es jedoch notwendig, große Proben zu entnehmen (wie groß hängt von der Anzahl der Partikel/m³ ab); oder

- die betrachtete Substanz kann in Form von ungleichmäßig im Boden verteilten Partikeln oder Materialfragmenten vorliegen, z. B. Bleischrot in Gegenden, in denen regelmäßig Federwild gejagt wird, Fragmente von asbesthaltigen Materialien, Asbestfasern oder Stücken von Kupferdraht, Pflanzenwurzeln.

Im dritten Beispiel gibt es üblicherweise keine räumliche Beziehung zwischen dem Vorkommen von einem Partikel/Fragment und einem anderen (z. B. liegt zwischen ihnen kein Konzentrationsgefälle vor), obwohl es manchmal möglich ist, Bereiche vorherzusagen, in denen das Vorkommen von Partikeln/Fragmenten wahrscheinlicher ist, wenn bekannt ist, wie sie in den Boden gelangt sind.

Ein analoger Fall zum dritten Beispiel ist das Vorliegen von verbrennbarem Kohlenstoff im Boden. Unabhängig davon, ob er gleichmäßig verteilt ist oder in einzelnen Klumpen (z. B. Fragmente von Kohle oder Holz) vorliegt, kann der Energiegehalt der gleiche sein. Die Entzündbarkeit, Brennbarkeit und die Fähigkeit, das Schwelen aufrechtzuerhalten, könnten jedoch sehr unterschiedlich sein.

Es ist wichtig zu berücksichtigen, dass die betrachtete Substanz:

- vorzugsweise in Lösung im Porenwasser vorkommen könnte und dass demzufolge darauf geachtet werden sollte, dass das Wasser bei der Probenahme aufgefangen und zurückgehalten wird;
- als eine nichtwässrige Phase vorliegen oder in einer solchen auftreten könnte;
- in Pflanzenwurzel angereichert sein könnte, indem sie aus dem Boden aufgenommen oder adsorbiert wurde.

Die erwartete Variabilität bei unterschiedlichen Maßstäben sollte bei der Entwicklung des konzeptionellen Standortmodells (siehe 4.4) berücksichtigt werden, und die anschließende Untersuchung sollte unter anderem zum Ziel haben, diese Variabilität „offenzulegen“. Zum Erreichen dieses Ziels ist es erforderlich, dass von ausreichenden Probenahmestellen, die unter Anwendung eines geeigneten Probenahmerasters ausgewählt werden, dass an jedem Ort genug Proben entnommen (siehe 6.5) und Proben von ausreichendem Umfang (siehe auch 6.6, Anhang B und Anhang F) entnommen werden.

5.7 Statistische Aspekte

Ein Verständnis von bestimmten grundlegenden statistischen Grundsätzen und Begriffen ist für das Entwerfen von Probenahmestrategien und die Aufbereitung, Darstellung, Auswertung und Beurteilung der Ergebnisse von Probenahmen entscheidend (siehe 6.1 und Anhang A und Anhang H, in denen grundlegende statistische Grundsätze und Begriffe und deren Anwendung in Bodenprobenahmeprogrammen beschrieben sind). Von besonderer Bedeutung ist ein Verständnis von Begriffen wie Fundamentalvariabilität (siehe A.3.3) und räumliche Variabilität (siehe A.3.4).

5.8 Durch Probenahme und Analyse bedingte Ergebnisunsicherheit

Ergebnisunsicherheiten in den während der Flächenuntersuchungen erhaltenen Ergebnissen stammen aus einer Kombination von Messunsicherheiten, die sich aus den Laborverfahren ergeben, und denen, die sich aus der Probenahme und Probenvorbehandlung vor der Analyse oder Prüfung ergeben. Unsicherheiten, die sich aus den Analyseverfahren des Labors ergeben, können zum Beispiel durch Nutzung eines Labors, das geeignete Verfahren zur Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle durchführt (siehe ISO 18400-106), geschätzt und kontrolliert werden.

Die mit der Probenahme verbundenen Unsicherheiten sind tendenziell viel größer als die Unsicherheiten, die sich aus Analyse und Prüfung ergeben, und sind schwieriger zu kontrollieren und zu schätzen. In Abhängigkeit von der Heterogenität der Fläche und der Art der Kontamination oder anderen betrachteten Eigenschaften könnte eine Änderung der Lage der Probenahmestelle um nur etwa 100 mm in einigen Fällen eine deutliche Auswirkung auf das Ergebnis haben.

Es gibt Verfahren, die zum Beispiel bei Schurferkundungen angewendet werden können, die zur Schätzung von Unsicherheiten bei der Probenahme genutzt werden können (siehe Anhang C). Obgleich zunächst eine ausreichende Anzahl von Probenahmestellen oberste Priorität hat, ist es auch wichtig, eine Annahme für die Unsicherheit bei der Probenahme zu haben, um zum Beispiel zu entscheiden, ob bei der Detailuntersuchung eine Entnahme von Gruppenproben angewendet werden kann, um diese Unsicherheit zu verringern.

Unsicherheiten entstehen auch, weil der Prozess der Probenvorbehandlung nicht immer gut kontrolliert ist und sich ungeachtet vorhandener einschlägiger Internationaler Normen, die den Prozess lenken sollen, zwischen Laboren unterscheidet. Zum Beispiel können Unterschiede in der Größe des Materials, das als „Steine“ abgetrennt wird, in den Verfahren zum Zerkleinern und zur Entnahme von Teilproben sowie in der Feinheit der Analysenprobe vorliegen.

Weitere Unsicherheiten können aus Fehlern bei der Entnahme von Proben im Gelände hervorgehen (siehe 5.10). Diese sollten durch Einführung von standardisierten Arbeitsabläufen kontrolliert werden (siehe ISO 18400-106 und Literaturhinweise [26] und [27]).

Aufgrund dieser inhärenten Messunsicherheiten ist es wichtig, Labormesswerte nicht als „wahre“ Werte zu behandeln oder kein unangemessenes Vertrauen in einzelne Analyseergebnisse zu setzen und auch, dass Gutachter bei der Interpretation der Daten ihre Erfahrungen und professionellen Einschätzungen einbringen.

5.9 Sicherheit und Umweltschutz

Probenahmestrategien sollten berücksichtigen, dass der Schutz der Gesundheit und Sicherheit der Personen, die die Arbeiten durchführen, sowie der Bevölkerung notwendig ist und dass ein Verursachen nachteiliger Umweltauswirkungen während der Arbeiten oder zu einem späteren Zeitpunkt (z. B. Kontamination von Grundwasser) zu vermeiden ist.

ANMERKUNG Eine Anleitung zu Sicherheitsaspekten von Flächenuntersuchungen ist in ISO 18400-103 enthalten. Eine Anleitung zur Auswahl und Anwendung von Probenahmetechniken unter Berücksichtigung von Gesundheit und Sicherheit sowie des Umweltschutzes ist in ISO 18400-102 enthalten.

5.10 Hindernisse bei der Probenahme

Aus verschiedenen Gründen (z. B. Vorhandensein eines Baumes, großen Felsblocks, Gebäudes, von unterirdischen Fundamenten oder Versorgungseinrichtungen, Schwierigkeit des Zugangs) ist es nicht immer möglich, an einem geplanten Ort (z. B. auf einem regelmäßigen Gitter) eine Probe zu nehmen. Alternativpläne für den Umgang mit derartigen Situationen sollten im Voraus erstellt werden. Das Vorgehen hängt von den Umständen ab. Der Gutachter kann den Probenahmepunkt auslassen oder vorbestimmten Regeln zur Wahl einer nahen Ausweichstelle folgen (z. B. alternative Positionen innerhalb 10 % der Gitterabstände oder den Rasterlinien folgende, paarweise Probenahme seitlich des Hindernisses). Ad-hoc-Entscheidungen, die spontan im Gelände getroffen werden, können zu einer systematischen Abweichung führen. Es sollte versucht werden, bei der Abgrenzung der Fläche derartige Hindernisse zu erfassen, bevor die eigentliche Geländearbeit beginnt.

Auf ähnliche Weise können bei einer kenntnisbasierten Probenahme flächenbedingte Zwänge mögliche Probenahmestellen einschränken, so dass bei der Auswahl von Probenahmestellen oft ein gewisser Anteil „Willkür“ unvermeidlich ist. Zum Beispiel wird der erforderliche Sicherheitsabstand bei unterirdischen Lagertanks einer Tankstelle die Ansatzpunkte für Bohrungen einschränken, so dass die Stellen, die genutzt werden müssen, nicht diejenigen sind, an denen mit der größten Wahrscheinlichkeit ein Leck gefunden werden kann. Die Bohransatzpunkte können aber dennoch vorab gewählt werden, so dass es sich nicht um eine „echte willkürliche Probenahme“ handelt.

In allen Fällen, in denen ein Probenahmepunkt verlegt werden muss, sollte dies unter Angabe der Gründe deutlich im Probenahmebericht vermerkt werden (siehe ISO 18400-107).

Erfassungen, wie in 4.3.2 beschrieben, sollten so viel Einzelheiten wie möglich über die zu erwartenden Bedingungen auf der Fläche liefern und dadurch die Planung und die Durchführung des Probenahme-programms lenken. Trotzdem schützt dies nicht vollständig vor der Gefahr der Fehlinterpretation der Ergebnisse technischer Erkundungen und die Wahl der Probenahmepunkte sollte dies berücksichtigen.

Beispiele möglicher Fehlinterpretationen sind:

- sehr geringmächtige Bodenschichten oder -horizonte, die in einer Kernprobe nicht erkannt werden, mitunter aufgrund von Verschmierungen im Kontakt mit der Zylinderwand;
- falsche Korrelation der Horizonte verschiedener Bodenprofile innerhalb derselben Fläche;
- Anomalien im Boden, die durch technische Erkundungen „übersehen“ wurden, z. B. Bauwerksfundamente, punktförmige Stellen mit Abfällen, Fässer, Tanks;
- falsche Angabe der Obergrenze des anstehenden Fels aufgrund des Antreffens von Gesteinsbrocken;
- falsche Angabe der Obergrenze des anstehenden Fels aufgrund des Antreffens einer Grabenschulter;
- Übersehen der natürlichen Schichten-/Horizontfolge aufgrund nahezu senkrechter Lagerung (tritt besonders im Festgestein sowie bei Verfüllungen und Abfällen auf, wenn sie vorgeschüttet wurden).

Bestimmte geophysikalische Verfahren können brauchbare Informationen liefern, die helfen, derartige Fehlinterpretationen zu vermeiden. Der Nutzen aus der Anwendung derartiger Verfahren hängt von den Untersuchungszielen und einer Reihe flächenspezifischer Faktoren ab (siehe ISO 18400-203:2018, Anhang B).

5.11 Zeitliche Planung von Untersuchungen

Unter Umständen ist es erforderlich, die Probenahme auf bestimmte Zeiträume des Jahres zu beschränken. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn die zu bestimmende Eigenschaft oder Substanz durch jahreszeitliche Faktoren oder menschliche Tätigkeiten (Wetter, Bodenverbesserung/Düngung, Einsatz von Pflanzenschutzmitteln oder Vorkommen von brütenden Vögeln) beeinflusst werden kann.

ANMERKUNG Dies ist besonders dort wichtig, wo eine Überwachung über Monate und Jahre erfolgt oder periodisch wiederholt wird und deshalb zu jedem Zeitpunkt der Probenahme gleichartige Randbedingungen erfordert.

6 Probenahmestrategien — Schwerpunkte und Schlüsselkonzepte

6.1 Statistik und Geostatistik

6.1.1 Allgemeines

ANMERKUNG Abschnitt 6 ist hauptsächlich informativ, in einigen Unterabschnitten (z. B. 6.6) sind jedoch einige Empfehlungen enthalten. Er ist im Haupttext dieses Dokuments enthalten, weil ein Verständnis bestimmter Schlüsselkonzepte für die Anwendung der in Abschnitt 7 bis Abschnitt 9 angeführten Anleitung unerlässlich ist.

Statistische und geostatistische Verfahren werden angewendet, um Parameter von betrachteten Variablen (z. B. Schadstoffkonzentrationen) und die Unsicherheiten bei diesen Parametern aus den Probendaten zu charakterisieren. Wenn die Unsicherheiten zu groß sind, werden diese Verfahren auch zur Planung der weiteren Probenahme angewendet, um das Ziel für die Parameter, wie z. B. die Konzentration in einer Rasterzelle, zu erreichen. Das kann auch auf einer frühen Probenahmestufe durch Bezugnahme auf ähnliche Situationen erfolgen.

Sowohl die räumliche Verteilung der Konzentration als auch die durch Probenahme und Analyse bedingte Messunsicherheit der Konzentration können als Standardabweichung (oder deren Quadrat, die Varianz) quantifiziert werden. Die Gesamtvarianz kann unterteilt werden, um deren Quelle (z. B. innerhalb einer Probe oder zwischen Proben) zu identifizieren (siehe Anhang C).

Im Fall einer kenntnisbasierten Probenahme (z. B. Daten speziell aus Bereichen, von denen angenommen wird, dass sie hohe Schadstoffkonzentrationen aufweisen) können weder statistische noch geostatistische Verfahren angewendet werden, außer in dem in 6.1.3 erwähnten Zusammenhang, wenn die kenntnisbasierte Probenahme in Kombination mit einem regelmäßigen Raster angewendet wird.

6.1.2 Statistik

Die Statistik von unabhängigen Zufallsvariablen bietet Techniken zur Schätzung von Parametern einer statistischen Verteilung und von Vertrauensbereichen: Mittelwert, Standardabweichung, Wahrscheinlichkeit, einen vorgegebene Schwellenwert nicht zu überschreiten, usw.

Der Ansatz ist gültig, wenn das Medium so heterogen ist, dass keine räumliche Struktur vorliegt. Eine weitere Möglichkeit, unabhängige Proben zu erhalten, ist die Anwendung eines zufälligen Probenahmerasters. Dies ist jedoch keinen Grund, von dieser Möglichkeit Gebrauch zu machen, weil ein geschichtetes Zufallsraster ebenso wie ein regelmäßiges Gitter zu präziseren Schätzwerten führt.

ANMERKUNG Ausführliche Informationen zu statistischen Begriffen sind in Anhang A und zu deren Anwendung in Anhang G angeführt.

6.1.3 Geostatistik

Eine Voraussetzung für die Anwendung der Geostatistik ist die Charakterisierung der räumlichen und/oder zeitlichen Variabilität mit dem Variogramm und anderen Werkzeugen für die räumliche explorative Auswertung.

ANMERKUNG 1 Werte von nahe beieinander liegenden Stellen sind ähnlicher als Werte von weiter auseinander liegenden Stellen. Sie sind in statistischer Weise voneinander abhängig. Diese Eigenschaft, bekannt als räumliche Abhängigkeit, stellt die Grundlage für die Geostatistik oder raumbezogene Statistik dar. Bei diesem Ansatz wird die Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit der von der betrachteten Variable an zwei verschiedenen Probenahmestellen angenommenen Werte statistisch durch eine Funktion des Abstands, dem Variogramm, dargestellt.

Ein geostatistischer Ansatz kann in den meisten Situationen verwendet werden, die nicht durch statistische Gleichungen abgedeckt sind, wenn:

- der betrachtete Maßstab nicht mit dem Maßstab der Probe übereinstimmt (z. B. das Interesse liegt in den Eigenschaften von großen Zellen, während nur Punktpuben zur Verfügung stehen);
- es eher um die lokalen Eigenschaften als um die globalen Eigenschaften geht (z. B. den Mittelwert einer Eigenschaft in einer bestimmten Zelle oder die Wahrscheinlichkeit, dass diese durchschnittliche Eigenschaft einen festgelegten Grenzwert überschreitet);
- das Probenahmeraster zufällig oder regelmäßig ist;

und auch:

- wenn die Probenahmestellen (innerhalb bestimmter Grenzen) ungleichmäßig verteilt sind, sofern die Probenahme nicht systematisch auf bestimmte Bereiche konzentriert ist, wie beispielsweise Stellen, an denen hohe Konzentrationen erwartet werden;

BEISPIEL 1 Entclusteringstechniken ermöglichen die Verwendung einer Kombination aus einem regelmäßigen Raster und von kenntnisbasierten Proben in Bereichen, in denen hohe Konzentrationen wahrscheinlich sind.

- zusätzliche Informationen einzubeziehen sind.

BEISPIEL 2 Eine qualitative Eigenschaft oder eine mit der betrachteten Eigenschaft verbundene und an jeder Stelle bekannte untergeordnete Eigenschaft.

Obwohl sich die Anwendung der Geostatistik bewährt hat, wenn bestimmte Kriterien erfüllt sind, kann sie nutzlos sein, wenn sie nicht erfüllt sind. Zum Beispiel:

- sollten die Ziele der Flächenuntersuchung räumlich aufgelöste Schätzwerte der Konzentration erfordern; wenn lediglich der Schätzung der mittleren Konzentration einer Fläche erforderlich ist, ist es unwahrscheinlich, dass sich die Extrakosten für die Anwendung der Geostatistik lohnen;
- sollte die Fläche in Bezug auf Größe und Komplexität geeignet sein; wenn die Fläche klein ist, könnte es Schwierigkeiten geben eine große Anzahl an Proben zu rechtfertigen ($n > 100$ ist wünschenswert, selbst wenn eine Auswertung von raumbezogenen explorativen Daten mit viel weniger Daten interessant sein kann), und wenn bekannt ist, dass sie aus mehreren Bereichen mit unterschiedlichen Materialien besteht, gibt es möglicherweise keine allgemeinen Trends geochemischer Variation, die ausreichend gut zu einem Variogramm-Modell passen. Es wird notwendig sein, jede Fläche einzeln zu untersuchen, mit dem Risiko, dass einige davon nicht ausreichend Proben für einen fundierten geostatistischen Ansatz enthalten.

Die Probenahmestrategie muss nicht nur die erforderliche Gesamtanzahl an Proben sicherstellen, sondern auch, dass diese die Fläche ausreichend gleichmäßig abdecken, um keine Lücken zu lassen, wo die Interpolation der Konzentrationswerte sehr unsicher ist. Wahrscheinlich ist die wichtigste Voraussetzung eine ausreichende Sachkenntnis des Personals, das die Gestaltung des Probenahmeplans und die anschließende geostatistische Auswertung vornimmt.

Viele Softwarepakete geben vor, eine geostatistische Auswertung von bei einer Flächenuntersuchung durchgeführten Messungen zu liefern, können in unerfahrenen Händen jedoch zu einem scheinbar überzeugenden Ergebnis führen, das kaum mit der Realität zu tun hat. Diese Kommentare gelten in allgemeinerer Form für alle Interpolationsverfahren und -modelle, die auf die Vorhersage von Schätzwerten für die Konzentration an nicht beprobten Stellen abzielen. Unabhängig vom Charakterisierungsansatz, der zur Unterstützung von Entscheidungen zur Sanierung gewählt wurde, sind Sachkenntnisse zur Planung der Probenahme und Erfahrung in der Flächenbeschreibung offenbar grundlegende Voraussetzungen für deren Anwendung.

ANMERKUNG 2 Zur ausführlichen Erläuterung der geostatistischen Verfahren für die Probenahmeplanung und einer Bewertung der Bodenbeschaffenheit siehe Anhang H.

Eine Reihe von geostatistischen Verfahren, bekannt als „Kriging“, ermöglicht die Berechnung von optimalen Schätzwerten (im statistischen Sinne) und der betrachteten Eigenschaft an nicht beprobten Stellen oder über Rasterzellen. Sie liefert außerdem Vertrauensbereiche. Eine Alternative zum Kriging, bezeichnet als „bedingte Simulationen“, besteht im Erzeugen von Feldern, die die Detailvielfalt der realen Variable nachahmen; sie werden als Ersatzdaten für die unbekannte Realität genutzt, zum Beispiel kontaminierte Volumina, Schadstoffmasse oder die Unsicherheit der Sanierungskosten. Diese Verfahren bieten die Möglichkeit, den Zugewinn an Präzision vorauszusagen, der mit Hilfe zusätzlicher Proben erreicht werden wird, und somit die Gestaltung weiterführender Probenahmepläne zu optimieren.

6.2 Probenahmeansätze

6.2.1 Allgemeines

Es gibt zwei grundlegende Ansätze zur Bestimmung räumlicher Verteilungen:

- die kenntnisbasierte Probenahme stützt sich auf bereits verfügbare Informationen (Vorkenntnisse) und gutachterlichen Einschätzungen — obgleich das zu wertvollen Ergebnissen führen kann, können diese Ergebnisse im statistischen Sinne nicht als repräsentativ angesehen werden;
- die systematische Probenahme basiert auf statistischen Überlegungen und erfordert vor Beginn der Geländearbeit ein vorher festgelegtes Probenahmeraster (in Abhängigkeit von der zu untersuchenden Situation steht eine Vielzahl von Probenahmerastern zur Verfügung).

Eine bewährte Praxis ist häufig die Kombination der beiden Ansätze.

ANMERKUNG Die in 6.2.2 bis 6.2.4 beschriebenen Probenahmeansätze und deren Beziehung zueinander sind in Tabelle 1 dargestellt.

6.2.2 Kenntnisbasierte Probenahme

„Kenntnisbasierte Probenahme“^{N1}, manchmal auch als „zielorientierte Probenahme“ oder „bevorzugende Probenahme“ bezeichnet, ist eine Probenahme, bei der Proben unter Berücksichtigung dessen, was über die Historie und Gestaltung einer Fläche oder einer Teilfläche bekannt ist, genommen werden. Das ist der beste Ansatz für Situationen, in denen ein Merkmal (z. B. Konzentration) eines Bestandteils an einer bestimmten Stelle zu bestimmen ist (z. B. ein kleiner Bereich, in dem eine Leckage aufgetreten ist, zur Abgrenzung der betroffenen Fläche oder des betroffenen Bodenvolumens). Andere Beispiele, in denen eine Ermessensprobenahme erforderlich sein kann, sind rund um unterirdische Lagertanks oder Rohrleitungen, an denen möglicherweise Leckagen aufgetreten sind, rund um oberirdische Vorratsbehälter mit möglichen Havarien, Flächen, auf denen Rohstoffe oder Abfälle gelagert wurden, und bekannte Ablagerungen von Abfällen im Boden.

Die kenntnisbasierte Probenahme kann durch die systematische Probenahme (siehe 6.2.3) unterstützt werden, um zu bestätigen, dass keine weiteren Kontaminationsbereiche vorliegen. Das ist besonders wichtig bei alten Industriestandorten und anderen kontaminationsverdächtigen Flächen, deren Historie nicht genau bekannt ist.

Innerhalb einer Teilfläche einer kenntnisbasiert zu beprobenden Fläche ist es dennoch möglich, und häufig sinnvoll, ein örtlich begrenztes Probenahmeraster anzuwenden, um sicherzustellen, dass die betreffende Fläche in ihrer Gesamtheit untersucht wird und die betroffene Fläche oder das betroffene Volumen soweit wie möglich abgegrenzt werden kann.

In Situationen, in denen ein durchschnittliches Merkmal zu bestimmen ist, führt die kenntnisbasierte Probenahme nahezu immer zu Proben, die einer Teilgesamtheit entnommen werden, die wesentlich einschränkender ist als die Grundgesamtheit. Innerhalb dieser Teilgesamtheit ist es jedoch möglich, die Probenahme „systematisch“ durchzuführen siehe 6.2.3. Vorausgesetzt, dass die Probenahme bei dieser Teilgesamtheit wirklich systematisch ist, bedeutet das, dass die Ergebnisse dennoch für den beprobten Teil der Grundgesamtheit (in dem die Bedingungen für die systematische Probenahme erfüllt sind) repräsentativ bleiben, obwohl für die gesamte Grundgesamtheit weiterhin das Risiko einer größeren Unsicherheit besteht.

Die kenntnisbasierte Probenahme sollte nicht mit der „willkürlichen Probenahme“ oder „Ad-hoc-Probenahme“ verwechselt werden, die auf der Grundlage der Zugangsmöglichkeiten, Transportmöglichkeiten, Kosten, Effizienz oder anderen Gründen erfolgt, die nicht direkt mit den Probenahmeparametern zusammenhängen (siehe 6.2.4). Es ist nicht möglich, die sich aus den Probenahmeschritten ergebende Unsicherheit der so gewonnenen Daten zu ermitteln.

Die Unsicherheit aus der kenntnisbasierten Probenahme ist stark von der Qualität der Hintergrundinformationen abhängig, auf denen jegliche gutachterliche Einschätzung und schließlich auch der Probenahmeplan beruhen. Dies ist insbesondere bei neuen Probenahmeszenarien von Bedeutung, für die keine geeigneten Informationen oder Validierungsergebnisse vorliegen.

Eine übermäßige Abhängigkeit von „Vorkenntnissen“ kann dazu führen, dass ungerechtfertigte Annahmen darüber getroffen werden, dass Teile einer Fläche nicht kontaminiert sind und deshalb nicht mit einer hohen räumlichen Dichte beprobt zu werden brauchen; daraus ergibt sich die Notwendigkeit, häufig die systematische und die kenntnisbasierte Probenahme zu kombinieren und/oder für nicht kontaminiert gehaltene Flächen ins Auge zu fassen.

N1 Nationale Fußnote: Wird im Deutschen auch als „Ermessensprobenahme“ bezeichnet.

6.2.3 Systematische Probenahme

Die systematische Probenahme, wie sie in diesem Dokument definiert ist, umfasst die Entnahme von Proben an vorbestimmten zufälligen Stellen (Zufallsprobenahme) oder nicht zufälligen Stellen, die unter Anwendung eines Probenahmerasters bestimmt wurden.

Einige systematische Probenahmeraster werden als „probabilistisch“ angesehen, d. h. sie stellen sicher, dass für jeden Partikel oder jedes Element in der Grundgesamtheit (z. B. anstehendes Bodenvolumen, Haufwerk) dieselbe Wahrscheinlichkeit besteht, Teil der Probe zu werden. Das bedeutet, dass es einfach ist, einen quantifizierbaren Grad an Zuverlässigkeit (oder Unsicherheit) des geschätzten Mittelwerts zu erhalten und die Schätzung der Variabilität der Ergebnisse für die untersuchte Grundgesamtheit zu ermöglichen. Diese Informationen können allerdings auch mit nicht-probabilistischen Probenahmerastern erhalten werden, wenn auf die Ergebnisse die geeigneten statistischen Verfahren angewendet werden.

Die Grundarten der systematischen Probenahme sind:

- einfache Zufallsprobenahme;
- geschichtete Zufallsprobenahme;
- regelmäßige Probenahme; und
- nichtlineare Probenahme.

Die einfache Zufallsprobenahme umfasst die Auswahl von Stellen im betrachteten Bereich (z. B. einem Feld oder anderen Fläche) nach dem Zufallsprinzip und unabhängig voneinander.

Die geschichtete Zufallsprobenahme umfasst die Auswahl jedes Probenahmepunkts nach dem Zufallsprinzip innerhalb der Zellen eines regelmäßigen Probenahmerasters.

Die regelmäßige (systematische) Probenahme umfasst die Entnahme von Proben an den Knotenpunkten eines regelmäßigen Rasters, wie z. B. eines quadratischen, dreieckigen oder hexagonalen Gitters.

Die systematische nichtlineare Probenahme umfasst die Entnahme von Proben beginnend sowohl systematisch als auch zufällig an den Knotenpunkten eines regelmäßigen Gitters (das erhöht die Chancen einen lang gestreckten Bereichs mit untypischen Eigenschaften zu lokalisieren).

Wird ein regelmäßiges Gitter angewendet, wird der Ausgangspunkt, von dem aus die Knotenpunkte des Gitters abgeleitet werden, zufällig gewählt.

Die systematische Probenahme kann schrittweise durchgeführt werden: Zeigen die Ergebnisse eine zu hohe Unsicherheit an, ist es möglich, zusätzlich Zufallsproben zu entnehmen oder das Gitter zu verdichten, was, bei zusätzlichen Prüfkosten, zu einem geringeren Maß an Unsicherheit führt.

Die systematische Probenahme kann an Stellen, an denen hohe Konzentrationen vermutet werden, durch eine kenntnisbasierte Probenahme ergänzt werden.

Bei dem gleichen Probenahmeaufwand (d. h. bei einer bestimmten Anzahl von Proben) ist die einfache Zufallsprobenahme immer weniger effektiv als die geschichtete Zufallsprobenahme, die wiederum üblicherweise weniger effektiv ist als die regelmäßige Probenahme (die Effizienz wird im Hinblick auf die Schätzung der Varianz der Konzentration und bei der Feststellung eines Hot Spots gemessen (siehe 8.2.3 und Anhang I)).

Im Sinne einer statistisch effizienten Probenahme liefert ein Gitter aus regelmäßigen gleichseitigen Dreiecken die beste Auswahl von Probenahmepunkten. Bei einem quadratischen Gitter mit einem Knotenpunkt je Flächeneinheit übersteigt die Entfernung eines Punktes zum nächsten Probenahmepunkt nie 0,707 Längeneinheiten, d. h. gegenüber der leichteren Anwendbarkeit des Quadratrasters stellt die etwas größere, nicht beprobte Fläche einen Nachteil dar.

ANMERKUNG Eine weiterführende Anleitung zu Probenahmerastern und deren Anwendung ist in 8.2 und 9.2 sowie in Anhang B und Anhang I enthalten.

6.2.4 Willkürliche Probenahme

Einige Untersuchungen werden ohne vorbestimmte Probenahmestellen durchgeführt. Es könnte zum Beispiel unter Umständen keiner der beiden vorstehend angeführten Ansätze anwendbar sein, weil zum Beispiel der Zugang rund um die Fläche stark eingeschränkt ist, so dass Proben nur in begrenzten Bereichen entnommen werden können, die möglicherweise nicht diejenigen sind, die auf der Grundlage der Flächenhistorie tatsächlich von größtem Interesse sind. Zum Beispiel könnten sich bei Autoverwertungsbetrieben die zu betrachtenden Flächen unter den gestapelten Fahrzeugen befinden oder es könnten Kulturpflanzen auf einem Feld angebaut sein, was den Zugang während der Saison, in der die Arbeiten durchgeführt werden, einschränkt (siehe 5.11). In derartigen Situationen kann nur eine *willkürliche* Probenahme durchgeführt werden. Das sollte nicht mit der Anwendung einer Zufallsverteilung von Probenahmepunkten verwechselt werden, weil Personen üblicherweise Probenahmepunkte ohne Vorbereitung nicht nach dem Zufallsprinzip verteilen können, d. h. sie können nicht sicherstellen, dass an jedem Punkt der Fläche, ungeachtet der Lage der anderen Probenahmepunkte, mit der gleichen Wahrscheinlichkeit eine Probe entnommen wird.

Wenn die Probenahme ohne vorher festgelegten Plan durchgeführt wird, sollte darauf geachtet werden, dass die Probenahme von einem Gutachter mit entsprechender Erfahrung ausgeführt wird.

6.3 Durchschnittliche Eigenschaften

Durchschnittliche Eigenschaften können unter Verwendung von Mischproben oder durch Mittelung der Untersuchungsergebnisse zur Bestimmung von räumlichen Verteilungen abgeleitet werden. In beiden Fällen ist es unerlässlich, die/das Fläche/Teilfläche/Volumen, die/das zu beproben ist, sorgfältig festzulegen und zu verstehen, was beprobt wird. Das kann besonders wichtig sein, wenn Vergleiche mit veröffentlichten Beurteilungskriterien vorzunehmen sind, die zum Beispiel die Beachtung von oberen und unteren Vertrauensgrenzen erfordern (siehe 7.3.4).

Bei der Mischprobenahme kann durch die Entnahme einer bestimmten Anzahl unabhängiger Proben und die Mittelung der Ergebnisse die Unsicherheit des geschätzten Mittelwerts verringert und die Schätzung der Variabilität ermöglicht werden.

Wenn durchschnittliche Konzentrationen und Variabilitätsparameter aus der Probenahme, die zur Bestimmung räumlicher Verteilungen genutzt wird, abzuleiten sind, ist es unerlässlich, sorgfältig das Bodenvolumen zu bestimmen, für das der Durchschnittswert berechnet wird. Obwohl ein Durchschnittswert immer ein gültiger Parameter ist, sind dessen praktische und theoretische Verwendbarkeit begrenzt, wenn er unterschiedliche Bodenarten, Probenahmehorizonte oder Teilflächen mit unterschiedlicher Kontaminationsentstehung umfasst.

ANMERKUNG Eine weiterführende Anleitung zur Bestimmung durchschnittlicher Eigenschaften und der zugehörigen Variabilität ist in 7.3, A.5.4 und Anhang E, Anhang F und Anhang H enthalten.

6.4 Probenarten

6.4.1 Allgemeines

ANMERKUNG Dieser Unterabschnitt ist hauptsächlich informativ. Eine Anleitung zur Auswahl von Probenart(en) für bestimmte Anwendungen ist in 8.2 und 9.2 enthalten.

6.4.2 Proben in gestörter und ungestörter Lagerung

Für die Untersuchung von Boden- und Untergrundverhältnissen werden zwei grundlegende Arten von Proben entnommen:

- gestörte Proben (ISO 11074:2015, 4.4.8); und
- ungestörte Proben (ISO 11074:2015, 4.4.31).

Gestörte Proben sind für die meisten Zwecke geeignet, mit Ausnahme einiger physikalischer Messungen, Analysen auf flüchtige Substanzen und mikrobiologischer Untersuchungen, für die möglicherweise ungestörte Proben erforderlich sind. Gestörte Proben können als einzelne Punktproben (6.4.3), Gruppenproben (6.4.4) oder als raumbezogene Mischproben (6.4.5) entnommen werden, wenn das den Zielsetzungen der Untersuchung entspricht.

Ungestörte Proben sind von Natur aus Punktproben, d. h. sie werden aus einem bestimmten Material an einem bestimmten Ort und bei einer bestimmten Tiefe entnommen, obwohl die anfänglich ungestörte Feldprobe manchmal über einen Tiefenbereich entnommen wird oder von größerer lateraler Ausdehnung sein kann (z. B. wenn ein Bohrkern zur späteren Untersuchung und Entnahme von Teilproben im Labor entnommen wird).

6.4.3 Punktproben (Einzelproben)

Punktproben werden mit einem Einstich entnommen oder aus einer begrenzten Anzahl von Einstichen aus Material gebildet, das sich in unmittelbarem Kontakt befindet. Wenn zwischen den Einzelproben ein nicht beprobter Zwischenraum verbleibt, ist das Ergebnis eine Gruppenprobe (6.4.4), die keine echte Punktprobe darstellt.

Punktproben sind erforderlich, wenn Informationen über die Verteilung eines Stoffes oder einer anderen Eigenschaft über eine bestimmte Fläche oder Tiefe erforderlich sind. Sie sind für die Schätzung des Grades der Heterogenität einer Grundgesamtheit oder für die Ermittlung der Grenzen von Anomalien unverzichtbar. Informationen, die sich aus Punktproben (Einzelproben) ergeben, sind im Allgemeinen ziemlich genau. Zur Charakterisierung einer Grundgesamtheit ist möglicherweise eine große Anzahl von Punktproben notwendig.

Eine kenntnisbasierte Probenahme rund um bekannte oder vermutete Kontaminationsquellen, Hot Spots oder andere anomale Bereiche erfordert ebenfalls einzelne Proben.

6.4.4 Gruppenproben

Gruppenproben, die aus einer geringen Anzahl von Einstichen bestehen, sind geeignet, wenn Oberböden auf Kontamination beprobt werden (eine Anzahl von kleinen Proben wird über eine festgelegte Fläche, wie z. B. 1 m², entnommen) oder wenn Maschinen zum Ausheben des Bodens für die Entnahme von Proben eingesetzt werden. Im letzteren Fall sollten die Proben gebildet werden, indem Anteile von Stellen innerhalb eines Eimers/Baggerlöffels mit ausgehobenem Material entnommen werden. Die Verwendung von Gruppenproben kann Unsicherheiten bei der Probenahme verringern. Diese Art der Entnahme von Mischproben ist besonders bei der Verwendung von Profilgruben geeignet, wenn Oberflächenproben (z. B. in Tiefen von 0,0 m bis 0,15 m) entnommen werden und wenn eine Probenahme zur Validierung von angelieferten Oberboden durchgeführt wird.

6.4.5 Räumliche (Misch-)Proben

6.4.5.1 Merkmale

In Abhängigkeit von der Art der Untersuchung, der festgelegten Probenahmestrategie und den Untersuchungszielen können räumliche Mischproben verwendet werden. In einigen Situationen könnte die Verwendung von Mischproben zur Verdünnung von oder zum Verlust an Bestandteilen führen, so dass die Gefahr besteht, dass eine Kontamination nicht festgestellt wird. Jedoch können Mischproben die Repräsentativität der Proben erhöhen und können bei vielen spezifischen Situationen in Betracht gezogen werden. Mischproben können im Gelände hergestellt werden, indem Einstiche von nicht identischen Stellen oder Punktproben oder Teilproben von Punktproben vereinigt werden (im Allgemeinen gilt, je größer die Anzahl der Einzelproben, desto zuverlässiger ist das durchschnittliche Ergebnis im Fall eher homogen verteilter Eigenschaften). Alternativ können Einzelproben auch im Labor vereinigt und gründlich vermischt werden.

Räumliche Mischproben werden üblicherweise erstellt, indem eine Reihe von in gleichmäßigen Abständen verteilten Einstichen des gleichen Umfangs nach einem vorgeschriebenen Raster über einen Probenahmebereich entnommen wird. Diese Proben werden vereinigt, um die Mischprobe zu bilden. Diese Probe repräsentiert die mittlere Qualität der beprobten Fläche. Die Mischprobenahme wird häufig angewendet, wenn eine Probe zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit für landwirtschaftliche Zwecke oder für die Charakterisierung von Abfällen eines Haufwerks erforderlich ist. Sie kann manchmal bei der Untersuchung kontaminierter Flächen angewendet werden, jedoch nur unter sehr sorgfältig festgelegten Bedingungen (siehe 6.4.5.3, Anmerkung 2).

Konkret darf die Verwendung von Mischproben in Betracht gezogen werden, wenn:

- eine homogene Verteilung vorliegt;
- wenn kleinräumig eine heterogene Verteilung, großräumig jedoch eine homogene Verteilung vorliegt;
- die Bestandteile nicht flüchtig oder halbflüchtig sind.

Mischproben liefern grundsätzlich gemittelte Informationen ohne Informationen zur Variabilität oder Unsicherheit bei der Probenahme (es sei denn, die Mischprobenahme wird wiederholt).

Die Verwendung von Mischproben könnte in Situationen hilfreich sein, in denen kleinräumig große Schwankungen in der Zusammensetzung bestehen könnten, großräumig die Verteilung jedoch als homogen angesehen werden kann, beispielsweise wenn Asche oder Schlacke mit Boden vermengt ist. In solchen Fällen können Mischproben zu repräsentativeren Analyseergebnissen führen.

Davon unabhängig, ob die Mischproben im Gelände oder im Labor hergestellt werden, sollten nur Einstiche aus derselben Bodenschicht vereinigt werden.

ANMERKUNG 1 Das Vereinigen von Proben/Einstichen aus unterschiedlichen Bodenschichten würde zu einem Informationsverlust führen, und nur das Vereinigen benachbarter Proben/Einstiche stellt darüber hinaus sicher, dass jede große räumliche Konzentrationsschwankung in der Ebene der Bodenschichten festgestellt wird.

ANMERKUNG 2 Es gibt verschiedene Formen der Entnahme von Mischproben, die hauptsächlich durch die Größe der Fläche charakterisiert sind, von der die Einstiche für die Bildung der Mischprobe entnommen werden. Diese könnte zum Beispiel von einigen Quadratmetern bis zu tausenden von Quadratmetern reichen. Gruppenproben (siehe 6.4.4) werden über eine sehr kleine Fläche (z. B. 1 m²) entnommen und als Alternative für Punktproben verwendet.

6.4.5.2 Vorteile, Nachteile, Einschränkungen

Mischproben werden häufig verwendet, um die Anzahl der erforderlichen Analysen zu verringern.

Informationen, die sich aus Mischproben ergeben, können weder Extremwerte noch örtliche Schwankungen oder Gradienten widerspiegeln. Wenn die Anzahl der Einstiche zu groß ist, können Anomalien verschleiert werden.

6.4.5.3 Anwendungsempfehlungen

Mischproben werden üblicherweise verwendet, um eine Grundgesamtheit insgesamt zu charakterisieren. Sorgfalt sollte jedoch geboten sein, wenn die Ergebnisse als repräsentativ betrachtet werden sollen. Die Einstiche sollten dann auch repräsentativ nach einem einheitlichen Ansatz entnommen und proportional vereinigt werden. Willkürliche oder kenntnisbasierte Teilproben ergeben keine repräsentative Mischprobe.

Mischproben sind nicht in allen Fällen geeignet, und die betrachtete Eigenschaft bestimmt weitgehend, ob es möglich ist, Mischproben zu bilden. Mischproben können nicht ohne erheblichen Verlust an flüchtigen Verbindungen hergestellt werden. Liegen halbflüchtige Verbindungen vor, dürfen Bodenmischproben im Labor hergestellt werden. Die geeignete Vorbehandlung der Mischproben (z. B. gründliches Durchmischen) ist von entscheidender Bedeutung für die Sicherstellung des Erhalts repräsentativer Ergebnisse.

Obwohl das Vereinigen einer Reihe von Einzelproben zu einer „Mischprobe“ zu Analysezwecken die Wahrscheinlichkeit erhöhen kann, dass eine großflächige Kontamination festgestellt wird, ist es ebenso möglich, dass durch den Mischvorgang eine Hot-Spot-Konzentration so stark verdünnt wird, dass sie nicht mehr nachweisbar ist, so dass sich hinsichtlich der Kontamination der Fläche ein falsches Bild ergibt. Sämtliche Werte, die der Abschätzung des Vorhandenseins einer Kontamination dienen, sollten nach unten korrigiert werden, um diesen Verdünnungseffekt zu berücksichtigen.

Es sollte außerdem darauf geachtet werden, dass das Vereinigen von Einstichen aus unterschiedlichen Grundgesamtheiten, Teilgesamtheiten oder Bodenschichten vermieden wird.

ANMERKUNG 1 Wenn eine Probe schrittweise aus einem Probenahmegerät (z. B. einer Sonde oder einem Schneckenbohrer) entnommen wird und das bequem durch Auswahl des losen Materials erfolgt, könnten die Ergebnisse stark verzerrt und nicht repräsentativ sein.

ANMERKUNG 2 Darüber, ob räumliche Mischproben zur Untersuchung von kontaminierten Flächen geeignet sind, gibt es verschiedene Meinungen. In einigen Ländern werden kontaminierte Flächen üblicherweise nur unter Verwendung von Punkt- oder Gruppenproben untersucht. In anderen Rechtsordnungen (z. B. den Niederlanden, siehe Literaturhinweis [28] und in bestimmten Fällen in den USA, siehe Literaturhinweis [29]) ist jedoch eine Form der Entnahme von Mischproben entweder aufgrund von Vorschriften gefordert oder in einer formellen Anleitung empfohlen, insbesondere wenn Kontaminationsniveaus mit Richtwerten verglichen werden.

ANMERKUNG 3 Eine Entnahme von Mischproben kann aus folgenden Gründen für die Untersuchung kontaminationsverdächtiger Flächen ungeeignet sein:

- Schwierigkeiten beim Vergleichen erhobener Daten mit Richtwertkonzentrationen, die sich auf Punktproben beziehen;
- Möglichkeit der Verschleierung isolierter Stellen mit hohen Konzentrationen durch das Vermischen mit Proben geringerer Konzentration;
- Möglichkeit des Verlustes an flüchtigen Verbindungen bei Prozessen zum Herstellen von Mischproben;
- Schwierigkeiten beim Erhalten einer angemessen durchmischten und repräsentativen Probe;
- Schwierigkeiten bei der Durchführung einer statistischen Analyse von zusammengesetzten Daten.

ANMERKUNG 4 Beispiele für die Anwendung von Mischproben bei der Beprobung von Haufwerken für mehrere verschiedene Zwecke sind in Anhang E und Anhang F enthalten. Die dargelegten Grundsätze gelten auch für anstehende Bodenvolumina.

ANMERKUNG 5 Die Fähigkeit, zuverlässige Mischproben zu bilden, hängt von der Bodenart ab, z. B. ist es möglicherweise nicht möglich, Mischproben aus einem tonhaltigen Boden zu bilden.

6.4.6 Selektive Proben

Selektive Proben werden durch Auswahl von Materialien auf der Grundlage von Partikelgröße, Farbe oder einer bestimmten anderen leicht erkennbaren Eigenschaft hergestellt. Zwei Verfahren für die selektive Entnahme von Teilproben, die im Gelände oder Labor angewendet werden können, sind in ISO 18400-201 beschrieben:

- Siebung (diese sollte nicht durchgeführt werden, wenn zu analysierende VOC vorhanden sind);
- Handsortierung.

Beide Verfahren können angewendet werden, unabhängig davon, ob die Fraktion mit den kleineren oder größeren Partikeln von Interesse ist. Die Handsortierung kann auch angewendet werden, wenn andere unterscheidende Merkmale des Materials die Grundlage für die Auswahl bilden (z. B. Farbe, Art des Materials).

Siebung wird bevorzugt, wenn das Massenverhältnis zwischen der Fraktion mit den größeren Partikeln und der zu betrachtenden Fraktion mit den kleineren Partikeln gering ist, sie ist jedoch nur möglich, wenn das Material angemessen trocken ist.

ANMERKUNG 1 Bei einem geringen Massenverhältnis zwischen den beiden Fraktionen ist der Arbeitsaufwand bei der Handsortierung größer, und die Wahrscheinlichkeit des Verlorengehens von Partikeln ist höher.

ANMERKUNG 2 Die selektive Entnahme von Teilproben führt per Definition zu einer Teilprobe mit einer starken systematischen Abweichung und kann nur zugelassen werden, wenn wirklich eine derartige Teilprobe gewünscht wird. Das kann zum Beispiel der Fall sein, wenn ein erwarteter signifikanter Unterschied zwischen größeren und kleineren Partikeln oder Elementen im beprobten Material vorliegt oder wenn neben dem Bodenmaterial auch Ziegelsteine oder andere anthropogene Materialien im beprobten Material vorliegen, bezüglich derer entschieden wurde, dass sie nicht analysiert zu werden brauchen oder getrennt zu analysieren sind.

6.5 Anzahl von Proben

6.5.1 Allgemeines

ANMERKUNG Siehe auch Abschnitt 7, 8.6 und 9.6

Die bei jeder Probenahme erforderliche Gesamtanzahl der Proben hängt von etlichen Faktoren ab. Bei einer unterirdischen Untersuchung, bei der Punkt- oder Sammelpunkten zu entnehmen sind, hängt sie von der Anzahl der Probenahmeorte (siehe nachstehend), der Tiefe, aus der die Proben an jedem Ort entnommen werden (8.4, 9.4), und davon ab, ob von jedem Probenahmepunkt eine oder mehrere Proben entnommen werden (6.5.2).

Wenn eine Entnahme von Mischproben durchzuführen ist, hängt die Gesamtanzahl der Proben von der Anzahl der Zonen ab, in die die Fläche aufgeteilt ist (7.3.2), und davon, ob von jeder Zone eine oder mehrere Proben entnommen werden.

Die Anzahl der Probenahmeorte, die bei der Anwendung der systematischen Probenahme erforderlich ist, hängt von dem angewendeten Probenahmemuster und dem Abstand zwischen Probenahmeorten (Probenahmedichte) ab. Wie in Abschnitt 7 beschrieben, gibt es eine Vielzahl von Faktoren, die die erforderliche Probenahmedichte (z. B. die Notwendigkeit, einen Hot Spot bestimmter Größe zu finden, sofern er vorhanden ist) und die erforderliche Gesamtanzahl der Proben bestimmen, um einen statistisch fundierten Schätzwert, zum Beispiel von durchschnittlichen Eigenschaften, zu ermöglichen (siehe auch 6.3). Einen Einfluss hat auch, ob geostatistische Daten zu verwenden sind (siehe 5.7 und Anhang H).

Abschnitt 7 enthält auch eine Anleitung zu einer Reihe von Situationen, in denen eine Probenahme für bestimmte Zwecke erforderlich ist (z. B. Klassifizierung von Materialien für die Entsorgung als Abfall (7.5.2)).

Wenn eine Ermessensprobenahme angewendet wird, ist die Anzahl der erforderlichen Probenahmepunkte per Definition eine Frage der gutachterlichen Stellungnahme, zu wichtigen Faktoren gehören jedoch:

- die Anzahl und der Umfang der anzuvisierenden Merkmale;
- die Notwendigkeit oder andernfalls der Versuch, ein Merkmal abzugrenzen (wie in 6.6.2 angemerkt, kann das durch die Nutzung eines örtlich begrenzten Probenahmemusters unterstützt werden);
- die notwendige Verfügbarkeit von Informationen über Nicht-Zielflächen.

ANMERKUNG Erläuternde Beispiele für die unter bestimmten Umständen erforderliche Anzahl von Proben sind in Anhang D, Anhang E, Anhang H und Anhang I enthalten.

6.5.2 Anzahl der Proben an diskreten Probenahmepunkten

Es ist möglicherweise notwendig, mehr als eine Probe von einem diskreten Probenahmepunkt zu entnehmen, um:

- die Schätzung der Messunsicherheit und von deren Quellen zu unterstützen (siehe 5.8 und Anhang C);
- Bereitstellung von verschiedenartigen Proben, um Prüfanforderungen zu erfüllen (z. B. gestörte und ungestörte Proben);
- Bereitstellung von Proben von unterschiedlichem Umfang für Prüfzwecke;
- Bereitstellung von Proben für unterschiedliche Analyse- und Prüfprogramme entsprechend den Forderungen des Labors (siehe Anmerkung 1);
- Bereitstellung von Doppelproben für Qualitätssicherungszwecke (siehe ISO 18400-106).

Die Durchführbarkeit der Bereitstellung von nahezu gleichwertigen Proben wird durch die Techniken, die zu deren Gewinnung eingesetzt werden (siehe ISO 18400-102), die Korngrößen (Maximum und Verteilung) und die Beschaffenheit des Bodens (z. B. tonig, körnig, reich an organischer Substanz) eingeschränkt.

ANMERKUNG 1 Häufig fordern Laboratorien, die die chemischen Analysen durchführen, statt einer einzelnen großen Probe, die im Labor geteilt werden kann oder von der dort Teilproben entnommen werden können, mehr als eine Probe von einer Stelle, die von geeignetem Umfang für die verschiedenen Prüfungen sind und in geeignete Behälter (z. B. Gefäß aus Kunststoff, Glasgefäß, Probenfläschchen) eingebracht werden.

ANMERKUNG 2 Es gibt offensichtliche praktische Schwierigkeiten bei der Gewinnung mehrerer gleichwertiger Proben, zum Beispiel, wenn das zu beprobende Material in Form eines Bohrkerns von 50 mm Durchmesser vorliegt.

ANMERKUNG 3 Doppelproben können in geringen Abständen zueinander entnommen werden, um die Wirkung einer kleinräumigen Heterogenität aufzuzeigen (siehe Anhang C).

6.5.3 Anzahl von Sammelproben

Es kann wünschenswert sein, mehr als eine Sammelprobe von einem Anteil (z. B. 10 %) der Probenahmepunkte innerhalb einer Untersuchung zu entnehmen, um die Unsicherheit der Messergebnisse zu schätzen (siehe Anhang C).

6.5.4 Anzahl von Mischproben

Es kann wünschenswert sein, mehr als eine Mischprobe von der zu untersuchenden Fläche, Zone oder oberirdischen Ablagerung zu entnehmen, um die Unsicherheit der Analyse- und anderen Ergebnisse zu verringern und/oder die zu untersuchende Fläche, Zone oder Ablagerung in eine Reihe von Teilzonen zu unterteilen (siehe Anhang C und Anhang G). Letzteres erleichtert die Ermittlung jeglicher Schwankungen von durchschnittlichen Eigenschaften über die Fläche, Zone oder Ablagerung, die möglicherweise eine weitere, ausführlichere Untersuchung benötigen.

ANMERKUNG 1 Siehe auch Abschnitt 7.

ANMERKUNG 2 Beispiele zur Anwendung der Entnahme von Mischproben, einschließlich der Wahl der Anzahl der zu entnehmenden Proben, sind in Anhang E und Anhang G enthalten.

6.6 Probenumfang

6.6.1 Allgemeines

Eine Reihe von Faktoren bestimmt den Umfang der Proben, die an Laboratorien außerhalb des Standorts gesendet werden, einschließlich:

- a) des Spektrums der durchzuführenden pedologischen (bodenkundlichen), chemischen, physikalischen und/oder biologischen Untersuchungen und Prüfungen;
- b) der besonderen Anforderungen des Labors/der Labore das/die die Untersuchungen und Prüfungen durchführt/durchführen; und
- c) der Notwendigkeit, dass die Proben unter Berücksichtigung der Korngrößenverteilung und der Konzentrationsverteilung des zu beprobenden Materials hinreichend repräsentativ sind (d. h. ein annehmbarer Grad der Unsicherheit bei der Probenahme).

ANMERKUNG 1 Üblicherweise werden mehr Proben entnommen, als für die vorgesehene Prüfabfolge erforderlich sind, falls infolge von Standortbeobachtungen und ersten Ergebnissen zusätzliche Analysen oder Prüfungen beschlossen werden.

Die Punkte a) und b) werden üblicherweise nach einer bewährten Verfahrensweise und/oder nach Erörterung mit dem Laboratorium/den Laboratorien festgelegt.

Punkt c) erfordert, dass

- 1) die Probenahmeausrüstung das Einbeziehen der größten Partikel in die Proben oder Einzelproben ermöglicht, und
- 2) der Probenumfang hinreichend groß ist, damit die Grundvariabilität annehmbar klein ist.

Inwieweit der Umfang von Einzelproben und Proben zu berücksichtigen ist, hängt stark von der Art des zu beprobenden Materials ab.

Der Zusammenhang zwischen der Korngrößenverteilung und dem Umfang der Probe oder Einzelprobe, der für den Erhalt zuverlässiger Analyseergebnisse erforderlich ist, unterliegt bei körnigem Material, in dem die betrachteten Eigenschaften für die Partikel charakteristisch sind, einer theoretischen Bestimmung. Die in Anhang F angeführte Anleitung ist anwendbar, wenn die betreffende Eigenschaft nur mit den trockenen Partikeln in dem zu beprobenden Material verbunden ist. Sie ist nicht anwendbar, wenn die betrachtete Substanz als nichtwässrige Phase vorliegt oder in der nichtwässrigen Phase gelöst ist. Sie ist außerdem nicht anwendbar, wenn es sich um ein von Natur aus komplexes Material, wie z. B. Boden, handelt, das feste Partikel unterschiedlicher Art, Wasser, Biota, an den Partikeln anhaftende Kontaminanten und sogar Flüssigkeiten in einer nichtwässrigen Phase enthalten kann.

In diesen komplexeren Fällen sollte die Person, die die Durchführung der Probenahme plant, in Abstimmung mit dem Labor, das die geplanten Prüfungen durchführt, den erforderlichen Mindestprobenumfang beurteilen (siehe 6.6.2). Es ist jedoch zu beachten, dass eine derartige Festlegung üblicherweise auf Annahmen über den Charakter des zu beprobenden Materials beruht. Der Probenehmer sollte den Probenumfang an die Beobachtungen im Gelände (oder die Ergebnisse einer früheren orientierenden Untersuchung, einschließlich Informationen über eine übermäßige Unsicherheit bei der Probenahme) anpassen.

Im Allgemeinen gilt:

- je kleiner die entnommene Probe ist, desto schwieriger ist es sicherzustellen, dass die Probe ausreichend repräsentativ ist;
- wenn die an das Labor zu sendende Probe aus mehreren Einzelproben besteht (d. h. eine Mischprobe ist), sollte jede Einzelprobe von geeignetem Umfang sein, um für das Material an der jeweiligen Stelle, an der sie entnommen wurde, repräsentativ zu sein;

- wenn die Probe aus grobkörnigem Material besteht, z. B. Kies, ist eine größere Probe erforderlich (zur Festlegung der Korngrößen siehe Anmerkung in 6.6.2);
- wenn der betrachtete Kontaminant oder die betrachtete Eigenschaft nur in einem kleinen Anteil der Partikel vorhanden ist, ist eine größere Probe erforderlich;
- je größer der Korngrößenbereich ist, desto schwieriger kann es aufgrund der Entmischung der verschiedenen Korngrößen während der Probenahme und der nachfolgenden Handhabung sein, eine ausreichend repräsentative Probe zu gewinnen;
- wenn ein größeres Volumen als eine Punktprobe entnommen wird, das dann homogenisiert und im Volumen reduziert wird, nimmt das Untersuchungsergebnis einen durchschnittlicheren Charakter an — hier liegt aus informativer Sicht ein Übergang zur Entnahme von Sammelproben vor.

Obwohl es wichtig ist, dass die aus dem Boden entnommene Probe ausreichend repräsentativ ist, ist es auch wichtig, dass der Anteil der Probe, der tatsächlich analysiert oder geprüft wird, der Anteil ist, der in Bezug auf das Untersuchungsziel von Bedeutung ist. Bei einer Einschätzung von Gefährdungen für die menschliche Gesundheit sind es zum Beispiel die feinsten Fraktionen, die von Bedeutung sind, weil nur diese voraussichtlich oral aufgenommen oder inhaliert werden oder an der Haut anhaften. Die Trennung der betrachteten Fraktionen erfolgt am besten im Labor, manchmal kann jedoch eine gewisse Selektivität im Gelände angemessen sein (d. h. möglicherweise wird absichtlich eine „Auswahlprobe“ entnommen). Einige Probenahmetechniken können nur Proben von begrenztem Umfang liefern und/oder weisen Mängel beim Erfassen größerer Partikelgrößen auf. Ungeachtet dessen, dass es wünschenswert ist, dass die an das Labor gesendeten Proben wirklich repräsentativ sind, müssen die Personen, die Untersuchungen planen und durchführen, möglicherweise die Entscheidung treffen, dass die Proben, die praktisch gewonnen werden können, im Zusammenhang mit der Untersuchung „für den Zweck geeignet“ oder mindestens „gut genug“ sind und/oder dass alle Mängel in der Qualität der Probe nicht die Entscheidungen gefährden, die zu gegebener Zeit zu treffen sind (z. B. die Unsicherheit bei der Probenahme ist auf einem Niveau, das „für den Zweck geeignet“ ist, siehe Literaturhinweis [30]).

Selbst wenn eine theoretische Bestimmung des Mindestumfangs einer Einzelprobe und Probe zur Verfügung steht, berücksichtigt sie nicht alle Komponenten der Unsicherheit bei der Probenahme (z. B. die Unsicherheit aufgrund der Vorbehandlung im Gelände oder im Labor und die Unsicherheit bei der Analyse). Auf jeden Fall sollten Doppelproben entnommen werden, um eine Schätzung der Gesamtunsicherheit bei der Probenahme, die sich aus den tatsächlich verwendeten Umfängen von Einzelproben und Proben ergibt, zu ermöglichen und um zu entscheiden, ob sie für die Detailuntersuchung geeignet sind (siehe Anhang C).

ANMERKUNG 2 Flüssigkeiten: Der Mindestumfang der Einzelprobe und Probe hat bei Flüssigkeiten keine besondere Bedeutung für die Erstellung des Probenahmeplans, da die möglichen Unterschiede im Vergleich zum Umfang der Proben auf molekularer Ebene vorliegen. Der Probenumfang wird in der Praxis durch die vom Labor für die Analyse geforderte Menge an Material bestimmt, während der Umfang der Einzelprobe weitgehend durch die Maße der Probenahmeausrüstung bestimmt wird.

ANMERKUNG 3 Pulver und Schlämme: Pulver und Schlämme sind grundsätzlich partikelförmige Materialien mit (sehr) kleiner Partikelgröße; Schlämme enthalten auch einen erheblichen Anteil an Flüssigkeit.

6.6.2 Praktische Erwägungen

Der in jedem einzelnen Fall erforderliche Mindestprobenumfang kann sein:

- das theoretische Minimum, um die erwartete Variabilität bei dem betrachteten Maßstab zu erfassen (siehe 6.6.1 und Anhang F); oder
- durch andere Erwägungen (siehe 6.6.1 und nachstehend) vorgegeben, je nachdem, was der größere Wert ist.

Häufig ist ein Mindestprobenumfang von 500 g bis 1 000 g erforderlich (das gilt sowohl für einzelne Proben als auch für Mischproben, bei Letzteren nach einer hinreichenden Homogenisierung). Der Probenehmer sollte den Probenumfang an die Beobachtungen im Gelände (oder die Ergebnisse einer früheren orientierenden Untersuchung, einschließlich Informationen über eine übermäßige Unsicherheit bei der Probenahme) anpassen. Wenn raumbezogene Mischproben (oder Sammelproben) herzustellen sind,

- sollte die kleinste Einzelprobe von ausreichendem Umfang sein, um den geforderten Mindestprobenumfang zu erreichen, wenn die Einzelproben vereinigt werden — wenn das nicht der Fall ist, sollte entweder der Umfang der einzelnen Einzelproben oder die Anzahl der Einzelproben erhöht werden (oder eine Kombination von beidem);
- sollten die zu vereinigenden einzelnen Einzelproben oder Proben von gleichem Umfang ($\pm 25\%$, Massenanteil) sein;
- sollte die Anzahl der Einzelproben in jeder Mischprobe im Probenahmeplan festgelegt sein; in den meisten Fällen sollte die Anzahl der Einzelproben für alle Mischproben innerhalb eines Probenahmeprogramms gleich sein — das vereinfacht die statistische Analyse.

Aus praktischen Gründen sollte der Mindestumfang einer im Gelände entnommenen Einzelprobe 200 g betragen.

Die eingesetzte Probenahmeausrüstung und die Tiefe der Schichten von Materialien unterschiedlichen Charakters beeinflussen den Umfang der Probe, der entnommen werden kann. Wenn zum Beispiel ein Bohrkern von 50 mm entnommen wird und die betrachtete Schicht nur 100 mm dick ist, ist voraussichtlich das gesamte Material für die Bildung einer Probe erforderlich, deren Masse möglicherweise geringer ist, als ansonsten als wünschenswert erachtet wird. Das kann als annehmbar angesehen werden, wenn diese Situation nicht die Regel ist. Andernfalls sollten Bohrkern mit einem größeren Durchmesser verwendet werden.

Häufig ist die Größe der Probenahmeausrüstung derart, dass mehr Bodenmaterial als notwendig erhalten wird. Dann ist eine Probenvorbehandlung „im Gelände“ erforderlich, um die Materialmenge, die zum Labor zu transportieren ist, unter Beibehaltung einer ausreichenden Repräsentativität zu begrenzen. Eine Anleitung zur Vorbehandlung im Gelände ist in ISO 18400-201 enthalten.

Zusätzlich zu dem vorstehend Angeführten sollte Folgendes berücksichtigt werden, wenn eine Entscheidung zu dem (den) praktischen Probenumfang (Probenumfängen) getroffen wird:

- **Volumen gegenüber Masse:** Der Mindestprobenumfang kann potentiell als ein Volumen oder als eine Masse definiert werden. Da jedoch das Verhältnis des Volumens zur Masse beträchtlich schwanken kann, ist ein Mindestprobenumfang auf der Grundlage des Volumens variabler als ein Mindestprobenumfang auf der Grundlage der Masse; daher sollte Letzterer als Grundlage angewendet werden.
- **Feldsteine und anderes großes Material:** Einige Böden enthalten (teilweise) (sehr) große Feldsteine und anderes großes Material (siehe Anmerkung und Tabelle 3 in Bezug auf benannte Größenklassifizierungen). Sofern diese als Teil der Probe angesehen werden sollten, würde dies zu extrem großen Proben führen, was sowohl vor Ort als auch für das zum Labor zu transportierende Material gilt. Häufig ist jedoch nur die kleinere Bodenfraktion von Interesse, weshalb diese größeren Materialien sowohl bei der Probenahme als auch bei der Probenvorbehandlung vernachlässigt werden können. Immer, wenn eine derartige Situation vorliegt, sollte im Probenahmeplan das Material, das zu beproben ist, eindeutig festgelegt werden. Es sollte beachtet werden, in welchem Ausmaß Feldsteine und andere große Materialien zum Gesamtvolumen des zu beprobenden Materials beitragen.
- **Kleine Partikelgrößen:** Bei kleinen Partikelgrößen kann der Mindestumfang der Probe sehr klein sein, was besonders bei der Probenteilung im Labor zum Erhalt der Analysenprobe von Bedeutung ist.

- **Laborproben:** Aus praktischen Gründen sollte der maximale Umfang der an das Labor zu schickenden Proben nicht mehr als etwa 20 kg bis 30 kg betragen. Werden aufgrund der großen Partikelgröße Proben mit größerem Umfang benötigt, sollte die Partikelgröße gegebenenfalls nach den in ISO 18400-201 und ISO 11464 beschriebenen Verfahren verringert werden. Da die Verringerung der Partikelgröße (grundsätzlich) nur unter Laborbedingungen zulässig ist, ist für diese Situationen entweder ein mobiles Labor oder ein vor Ort befindliches Labor erforderlich.
- **Integrität der Probenahme:** Die Teilung der Proben in eine Reihe von repräsentativen Teilproben kann nur dann vor Ort ausgeführt werden, wenn die Integrität der Proben und Teilproben sichergestellt werden kann. Um dies wirksam sicherzustellen, ist in den meisten Situationen ein abgeschirmter Bereich erforderlich. Ohne die angemessene Abschirmung können Witterungsbedingungen, wie z. B. Wind und Regen, eine ernsthafte Gefahr für die Qualität der Proben darstellen (siehe ISO 18400-201).
- **Zu analysierende/prüfende Verbindungen:** In einigen Fällen beeinträchtigen die in den (Teil-)Proben zu analysierenden Verbindungen oder die auszuführenden Prüfungen die Möglichkeiten oder Verfahren der Entnahme von Teilproben (z. B. schließt eine Anforderung zur Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) Ofentrocknung, Verringerung der Partikelgröße und Probenteilung aus — Teilproben werden von der Probe „im Anlieferungszustand“ entnommen).
- **Vom Labor bereitgestellte Behälter:** Analyselaboratorien stellen oft die Behälter bereit, deren Verwendung sie wünschen. Zum Beispiel: Gefäße aus Kunststoff mit einem Fassungsvermögen von 400 ml bis 600 ml für Material, das vor der Analyse z. B. auf Schwermetalle usw. im Labor zu trocknen und vorzubehandeln ist; 250-ml-Glasgefäße für Materialien, bei denen SVOC (halbflüchtige organische Verbindungen) ohne Trocknen oder andere Vorbehandlung zu bestimmen sind; und 70-ml-Glasgefäße für Materialien, bei denen VOC (flüchtige organische Verbindungen) ohne Trocknen oder andere Vorbehandlung zu bestimmen sind. Die Annahme besteht darin, dass das Material in jedem Behälter repräsentativ für den gleichen Anteil von Material im Gelände ist, was meist nur begrenzt zutrifft. Zum Beispiel beträgt der Durchmesser eines 70-ml-Glasgefäßes etwa 40 mm, so dass wahrscheinlich gröberes Material unausweichlich aus der Probe ausgeschlossen wird. Die Masse an feinem getrocknetem Sand, die von einem 70-ml-Glasgefäß aufgenommen werden kann, beträgt etwa 100 g (d. h. eine Rohdichte von etwa 1,4 g/ml), was weniger ist als der oben empfohlene Mindestumfang von 500 g.

ANMERKUNG In ISO 14688-1 sind die Grundprinzipien für die Benennung und Klassifizierung von Böden auf der Grundlage derjenigen Material- und Massebeschaffenheit dargestellt, die am häufigsten für Böden im Bauingenieurwesen verwendet werden. ISO 14688-1 gilt für natürliche Böden *in situ*, ähnliche vom Menschen hergestellte Materialien *in situ* und vom Menschen umgelagerte Böden. Die genannten Partikelgruppen sind in Tabelle 3 definiert.

Tabelle 3 — Definierte Korngrößenbereiche

Benennung	Größe mm	Benennung	Größe mm
Großer Block	> 630	Grobsand	0,63 bis 2,0
Block	200 bis 630	Mittelsand	0,2 bis 0,63
Stein	63 bis 200	Feinsand	0,063 bis 0,2
Grobkies	20 bis 63	Grobschluff	0,02 bis 0,063
Mittelkies	6,3 bis 20	Mittelschluff	0,006 3 bis 0,02
Feinkies	2,0 bis 6,3	Feinschluff	0,002 bis 0,006 3

7 Entscheidung über die Anzahl der zu entnehmenden Proben

7.1 Allgemeines