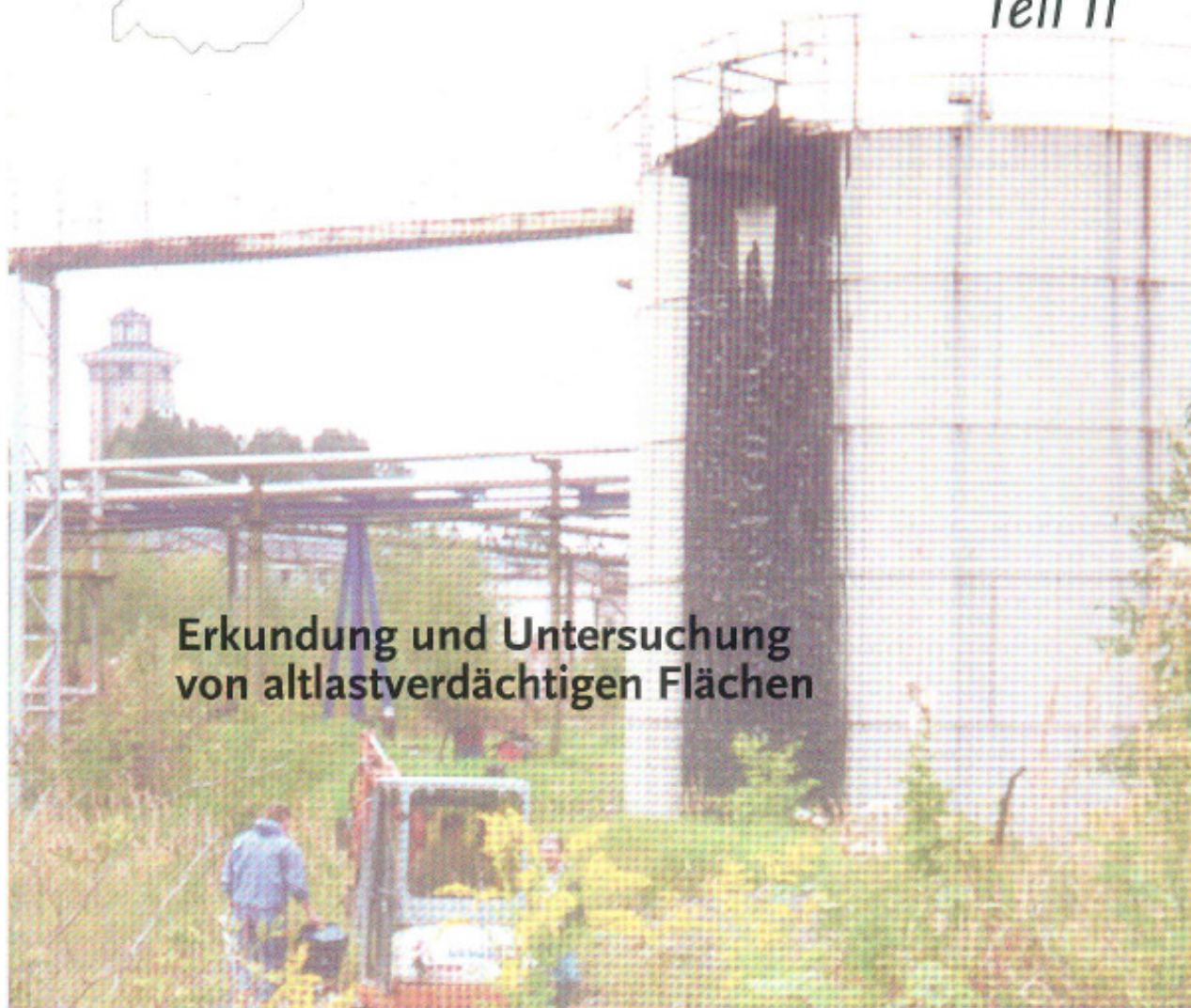


Thüringer Landesanstalt
für Umwelt und Geologie



Altlastenleitfaden Teil II

**Erkundung und Untersuchung
von altlastverdächtigen Flächen**



Ministerium für Landwirtschaft,
Naturschutz und Umwelt

FREISTAAT
THÜRINGEN



Altlastenleitfaden, Teil II
Erkundung und Untersuchung von altlastverdächti-
gen Flächen

2. Auflage
Oktober 2009

Inhaltsverzeichnis

Altlastenleitfaden Teil II

Erkundung und Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen

Verzeichnis der Anhänge, Abbildungen, Tabellen	I
Abkürzungsverzeichnis	II
Vorwort zur 2. Auflage	VIII
1 GLOSSAR	1
2 GRUNDSÄTZE DER ALTLASTENBEARBEITUNG IN THÜRINGEN	10
2.1 Inhaltliche Zielstellung	10
2.2 Rechtsvorschriften und Behördenzuständigkeiten	10
2.2.1 Bundesgesetzliche Regelungen	10
2.2.1.1 Bundes-Bodenschutzgesetz und Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung	10
2.2.1.2 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz	12
2.2.1.3 Wasserhaushaltsgesetz	13
2.2.1.4 Bundesberggesetz	13
2.2.1.5 Bundes-Immissionsschutzgesetz	14
2.2.1.6 Baugesetzbuch	14
2.2.1.7 Umweltschadensgesetz (USchadG)	15
2.2.2 Gesetzliche Regelungen des Freistaates Thüringen	15
2.2.2.1 Thüringer Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (ThürBodSchG)	15
2.2.2.2 Thüringer Wassergesetz	16
2.2.2.3 Thüringer Ordnungsbehördengesetz und Polizeiaufgabengesetz	17
2.2.3 Zuständigkeiten in Thüringen	17
2.2.3.1 Thüringer Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes	17
2.2.3.2 Thüringer Wassergesetz	18
2.2.3.3 Polizeiaufgaben- und Ordnungsbehördengesetz	19
2.2.3.4 Bundes-Immissionsschutzgesetz	19
2.2.3.5 Bundes-Berggesetz	20
2.2.3.6 Baugesetzbuch	20
2.2.4 Datenschutz und Informationszugang	20
2.2.4.1 Verarbeitung personenbezogener Daten	20
2.2.4.2 Akteneinsicht nach dem Thüringer Verwaltungsverfahrensgesetz (ThürVwVfG)	21
2.2.4.3 Informationszugang nach dem Umweltinformationsgesetz (UIG)	21
2.2.4.4 Informationszugang nach dem Thüringer Informationsfreiheitsgesetz (ThürIFG)	21
2.2.4.5 Schutz von Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen	21
Verhältnis der zentralen Begriffe Altlasten und schädliche Bodenveränderungen untereinander und zum Gefahrenbegriff	22
2.2.6 Vorsorge, Gefahrenforschung, Gefahrenabwehr	24
2.2.7 Gefahrenbegriff in der Altlastenpraxis	24
2.3 Vorgehensweise in Thüringen	28
2.3.1 Erfassung und Erstbewertung	28
2.3.2 Gefährdungsabschätzung	28
2.3.2.1 Historische Erkundung	28
2.3.2.2 Orientierende Untersuchung	29
2.3.2.3 Detailuntersuchung	29
Sofortmaßnahmen	29
2.3.4 Sanierung	31

2.3.5	Überwachungsmaßnahmen	31
3	GRUNDLAGEN FÜR DIE ERKUNDUNG UND UNTERSUCHUNG	32
3.1	Landestypische Regionalisierung	32
3.1.1	Überblick	32
3.1.2	Hydrogeologie und Grundwasserbeschaffenheit (nach Seidel 1995)	33
3.1.3	Böden und Bodenbelastungen	33
3.2	Wirkungspfade und Gefahrenpotenziale	34
3.2.1	Gesundheitsrisiken über den Direktpfad	35
3.2.2	Wirkungspfad Boden - Pflanze	36
3.2.3	Wirkungspfad Boden - Grundwasser	37
3.3	Gefährdungsabschätzung, gutachterliche Beurteilung und behördliche Bewertung	38
3.3.1	Stoffeigenschaften	40
3.3.2	Wirkungspfadbezogene Standorteinflüsse	41
3.3.2.1	Wirkungspfad Boden - Mensch (direkter Kontakt)	41
3.3.2.2	Wirkungspfad Boden - Pflanze	42
3.3.2.3	Wirkungspfad Boden - Grundwasser	42
3.3.3	Kriterien für die gutachterliche Beurteilung	44
3.3.4	Behördliche Bewertung von Ergebnissen der orientierenden Untersuchung sowie der Detailuntersuchung	44
	Behördliche Bewertung von Ergebnissen der orientierenden Untersuchung	45
3.3.4.2	Behördliche Bewertung von Ergebnissen der Detailuntersuchung	45
4	HISTORISCHE ERKUNDUNG	47
4.1	Begriffsbestimmung und Zielsetzung	47
4.2	Grundlagen zur Durchführung der historischen Erkundung	48
4.2.1	Aufgabenstellung und grundsätzliche Informationen	48
4.2.2	Aufstellung des Erkundungsumfanges	48
4.2.3	Zeitaufwand	48
4.3	Durchführung der Material- und Datenrecherche	50
4.3.1	Ortsbesichtigung	50
4.3.2	Informationsbeschaffung	51
4.3.3	Spezifische Informationsquellen im Freistaat Thüringen	53
4.3.4	Geodaten	54
4.3.5	Auswertung	55
4.3.5.1	Topographische Karten	56
4.3.5.2	Liegenschaftskarten	58
4.3.5.3	Geologische Karten	59
4.3.5.4	Bodengeologische Karten	59
4.3.5.5	Hydrogeologische Karten	60
4.3.5.6	Niederschlagskarten	60
4.3.5	Luftbildauswertung	60
4.3.6	Zeitzeugenbefragung	63
4.3.7	Ermittlung von naturräumlichen Daten (Umweltmedien/Schutzgüter)	65
4.3.8	Kombination der Erfassungsverfahren	66
4.3.9	Auswertung der ermittelten Informationen	68
4.4	Dokumentation und Präsentation der Ergebnisse	70
4.4.1	Ergebnisbericht	70
4.4.2	Ergebnisdarstellung	71
4.4.3	Rahmengliederung	72
5	ORIENTIERENDE UNTERSUCHUNG UND DETAILUNTERSUCHUNG	81

5.1	Einleitung	81
5.2	Ablauf der orientierenden Untersuchung	82
5.2.1	Zielsetzung	82
5.2.2	Untersuchungsstrategie	83
5.2.2.1	Wirkungspfadspezifische Beprobung von Boden/Feststoff	83
5.2.2.2	Probennahmestrategie Boden und Bodenluft bei Altstandorten	84
5.2.2.3	Probennahmestrategie Feststoffe, Deponiegas und Bodenluft bei Altablagerungen	88
5.2.2.4	Probennahmestrategie Grund- und Oberflächenwasser	90
	Durchführung der Sickerwasserprognose	92
5.2.2.6	Untersuchungsverfahren	104
5.2.2.7	Analysenstrategie	106
5.3	Ablauf der Detailuntersuchung	112
5.3.1	Zielsetzung	112
5.3.2	Untersuchungsstrategie	113
5.3.2.1	Probennahmestrategie Boden und Bodenluft bei Altstandorten	113
5.3.2.2	Probennahmestrategie Feststoffe, Bodenluft, Deponiegas bei Altablagerungen	115
5.3.2.3	Probennahmestrategie Grund-, Sicker- und Oberflächenwasser	115
5.3.2.4	Probennahmestrategie Staub	117
5.3.2.5	Probennahmestrategie Pflanzenmaterial	118
5.3.2.6	Analysenstrategie	119
5.4	Grundlagen der Probengewinnung	120
5.4.1	Boden- und Feststoffproben	122
5.4.2	Bodenluft und Deponiegas	125
5.4.3	Grund-, Sicker- und Oberflächenwasser	128
5.4.4	Raumluft	129
5.4.5	Staub	130
5.4.6	Pflanzenmaterial	131
5.5	Auswertung der Untersuchungsergebnisse	131
5.5.1	Plausibilitätsprüfung	131
5.5.2	Darstellung der Untersuchungsergebnisse	136
5.6	Interpretation der Untersuchungsergebnisse und Gefährdungsabschätzung	138
5.7	Arbeitsschutz	140
5.8	Rahmengliederung für die Untersuchung von Altlasten/altlastverdächtigen Flächen	147
6	BESONDERHEITEN VON SPEZIELLEN ALTLASTENFALLGRUPPEN	151
6.1	Militärische Altlasten	151
6.2	Rüstungsaltlasten	154
6.3	Bergbaualtlasten	157
7	LITERATURVERZEICHNIS	159

- Anhang 1: Bodenlandschaften Thüringens
- Anhang 2: Hintergrundkonzentrationen für emissionsferne Oberböden Thüringens
- Anhang 3: Thüringer Behörden und Archive
- Anhang 4: Normen, Technische Regeln und sonstige Untersuchungsmethoden
- Anhang 5: Analysenverfahren
- Anhang 6: Probennahmeprotokolle Boden, Bodenluft, Grundwasser, Fließgewässer und stehende Gewässer

Verzeichnis der Anhänge, Abbildungen, Tabellen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zuständige Bodenschutzbehörden in Thüringen	18
Abbildung 2: Zuständige Wasserbehörden nach dem Thüringer Wassergesetz	19
Abbildung 3: Zuständige Ordnungsbehörden	19
Abbildung 4: Unterschiedliche Gefahrenbegriffe	25
Abbildung 5: Altlastverdächtige Fläche mit schädlichen Bodenveränderungen in der ungesättigten Bodenzone	38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufgliederung des Altlastenbegriffs nach BBodSchG	22
Tabelle 2: Checkliste zur Durchführung der Grundlagenermittlung	50
Tabelle 3: Regelumfang zur Informationsbeschaffung der historischen Erkundung	52
Tabelle 4: Checkliste zur Durchführung der Material- und Datenrecherche	67
Tabelle 5: Kriterien zur Auswertung der historischen Entwicklung	69
Tabelle 6: Kriterien zur Beurteilung der Ergebnisse im Hinblick auf die Aufgabenstellung	70
Tabelle 7: Rahmengliederung für die Historische Erkundung von altlastverdächtigen Flächen (Altstandorte)	73
Tabelle 8: Rahmengliederung für die Historische Erkundung von altlastverdächtigen Flächen (Altablagerungen)	76
Tabelle 9: Wirkungspfadspezifische und nutzungsorientierte Beprobungstiefen (nach AG "QS" 2001)	85
Tabelle 10: Orientierungshilfe für die Anzahl der Beprobungspunkte im Bereich von vermuteten Kontaminationsschwerpunkten (nutzungsabhängig)	86
Tabelle 11: Orientierungshilfe für die Anzahl der Beprobungspunkte (= Beprobungsteilflächen) für die oberflächennahe Beprobung für Flächen mit allgemeinen Verdachtshinweisen (nutzungsabhängig) nach AG "QS" 2001	87
Tabelle 12: Vor- und Nachteile von Bodenluftuntersuchungen	88
Tabelle 13: Anzahl der Einzelproben in Abhängigkeit von der Haufwerkgröße bei der Beprobung von Feststoffen aus altlastverdächtigen Flächen (Reichert und Roemer 1997)	89
Tabelle 14: Orientierungshilfe für die Anzahl der Beprobungspunkte für Bodenluft/Deponiegasuntersuchungen auf Altablagerungen	90
Tabelle 15: Eigenschaften der Austauscher im Boden (nach Kuntze/Roeschmann/Schwerdtfeger 1994)	96
Tabelle 16: pH- der Austauschlösung und relative Änderung der KAK (nach Kuntze/Roeschmann/Schwerdtfeger 1994)	96
Tabelle 17: Verfahren für die Elution/Extraktion anorganischer Schadstoffe aus Böden	102
Tabelle 18: Auswahl von Gefäßen für Bodenproben	124
Tabelle 19: Parameterbezogene Konzentrationsbereiche, die sich erfahrungsgemäß ausschließen (DVWK 1992)	135
Tabelle 20: Bevorzugte Einsatzgebiete graphischer Darstellungsmöglichkeiten in der Altlastenerkundung und -untersuchung	138

Tabelle 21: Auswahl von Technischen Regeln für Gefahrstoffe/gefährliche Arbeitsstoffe (TRGS/TRgA) mit Bezug zur technischen Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen/Altlasten.....	141
Tabelle 22: Auswahl von berufsgenossenschaftlichen Vorschriften, Regeln und Informationen mit Bezug zur technischen Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten.....	141
Tabelle 23: Zentrale Inhalte eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzplanes	145
Tabelle 24: Rahmengliederung für die Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen/Altlasten - orientierende Untersuchung und Detailuntersuchung.	148

Abkürzungsverzeichnis

AHO	Ausschuss der Ingenieurverbände und Ingenieurkammern für die Honorarordnung e. V.
ALA-AG „QS“	Arbeitsgemeinschaft „Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbearbeitung“
ALA	Altlastenausschuss der Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO)
ALK	Automatisiertes digitales Liegenschaftskataster
AOX	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene
ATKIS®	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
ATV	Abwassertechnische Vereinigung
ATV-DVWK	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
BAT	Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte
BauGB	Baugesetzbuch
BaustellV	Verordnung über Sicherheit - und Gesundheitsschutz auf Baustellen
BBergG	Bundesberggesetz
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BG	Bestimmungsgrenze

BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGR	Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BMBau	Bundesministerium für Bauwesen
BTEX	aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol)
BVerwGE	Entscheidung/Urteil des Bundesverwaltungsgerichts
CKW	Chlorierte Kohlenwasserstoffe
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DEV	Deutsche Einheitsverfahren
DGK	Deutsche Grundkarte
DGM	Digitales Geländemodell
DHM	Digitales Höhenmodell
DIN	Deutsche Industrienorm
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DN	Nenndurchmesser
DNB	Dinitrobenzol
DOC	Gelöster organischer Kohlenstoff (<u>D</u> issolved <u>O</u> rganic <u>C</u> arbon)
DV	Datenverarbeitung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
DVWK	Deutscher Verein für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (ab 01.01.2000 STV-DVWK)
ECD	Elektroneneinfangdetektor (Electron Capture Detector)
EOX	Extrahierbare organisch gebundene Halogene
FID	Flammen-Ionisations-Detektor

GC	Gaschromatographie
GFS	Geringfügigkeitsschwelle
GFS-Wert	Geringfügigkeitsschwellenwert
GG	Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland
GK	Geologische Karte
GOK	Geländeoberkante
GW	Grundwasser
HCH	Hexachlorcyclohexan
HK	Historische Karte
HPLC	Hochdruckflüssigkeitschromatographie
IR	Infrarot
ITVA	Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V.
KampfMGAVO	Ordnungsbehördliche Verordnung über die Abwehr Gefahren durch Kampfmittel
K_d	Boden-/Wasserverteilungskoeffizient
K_{ow}	Oktanol-/Wasserverteilungskoeffizient
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LFU BW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
LFU SA	Landesamt für Umwelt Sachsen-Anhalt
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
LÖLF NRW	Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
MTB	Messtischblatt

MS	Massenspektrometrie
MURL NRW	Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen
OBG	Ordnungsbehördengesetz
OdB	Ort der Beurteilung (im Hinblick auf die Sickerwasserprognose)
OVGE	Entscheidung/Urteil des Oberverwaltungsgerichts
PAG	Polizeiaufgabengesetz
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PBT	Polybutyenterephthalat
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PID	Photo-Ionisations-Detektor
PP	Polypropylen=Polypropen
PTFE	Polytetrafluorethylen= Polytetrafluorethen
SGB	Sozialgesetzbuch
SI-konform	Systeme International d'Unite's (Internationales Maß- und Einheitensystem)
SLUG	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
SRU	Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen
StGB	Strafgesetzbuch
StMLU BY	Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
SUA	Staatliches Umweltamt (bis 30.04.2008)
TC	Gesamtkohlenstoff (Total Carbon)
TIC	Gesamter anorganischer Kohlenstoff (Total Inorganic Carbon)
ThAbfAG	Thüringer Abfallwirtschafts- und Altlasten-Gesetz (außer Kraft)

THALIS	Thüringer Altlasteninformationssystem
ThürBodSchG	Thüringer Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes
ThürDSG	Thüringer Datenschutzgesetz
ThürStAnz	Thüringer Staatsanzeiger
ThürVfIdVO	Thüringer Verordnung zur Verdachtsflächendatei (außer Kraft)
ThürWG	Thüringer Wassergesetz
TIM	Thüringer Innenministerium
TK	Topographische Karte
TLG	Thüringer Landesanstalt für Geologie (bis 31.05.2001)
TLU	Thüringer Landesanstalt für Umwelt (bis 31.05.2001)
TLUG	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
TLVermGeo	Thüringer Landesamt für Vermessung und Geoinformation
TMLNU	Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt
TNT	Trinitrotoluol
TOC	Gesamter organischer Kohlenstoff (<u>T</u> otal <u>O</u> rganic <u>C</u> arbon)
TRgA	Technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TRK	Technische Richtkonzentration
TS	Trockensubstanz
TSP	Topographischer Stadtplan
UA	Unterausschuss
UBA	Umweltbundesamt
UVEG	Unfallversicherungseinordnungsgesetz
UIG	Umweltinformationsgesetz des Bundes

UVV	Unfallverhütungsvorschrift
VBG	Verband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
VDI	Verein deutscher Ingenieure
VOB	Verdingungsordnung für Bauleistungen
WGT	Westgruppe der sowjetischen bzw. russischen Truppen
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WLD	Wärmeleitfähigkeitsdetektor
ZH	Zentralstelle für Unfallverhütung und Arbeitsmedizin beim Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften

Vorwort zur 2. Auflage

Seit Drucklegung der 1. Auflage des Altlastenleitfadens Teil II im August 2002 sind inzwischen mehr als sieben Jahre vergangen. Im Bereich der Altlastenbearbeitung hat es in dieser Zeit eine Reihe von gesetzgeberischen Veränderungen und fachlich-wissenschaftliche Weiterentwicklungen gegeben.

Im gesetzgeberischen Bereich wurde mit In-Kraft-Treten des Thüringer Gesetzes zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes zum 01.01.2004 die Anpassung landesrechtlicher Regelungen zum Vollzug des Bodenschutzrechtes vollendet.

Mit dem Umweltschadensgesetz (USchadG) vom 10.05.2007 wurde die Richtlinie 2004/35/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.04.2004 über Umwelthaftung zur Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden in nationales Recht umgesetzt, welche auch Regelungen bezüglich Umweltschäden auf Grund schädlicher Bodenveränderungen trifft.

Strukturellen Änderungen in der Umweltverwaltung des Freistaates Thüringen zum 01.05.2008 bedingten die Übertragung wesentlicher Teile des Vollzugs des Altlastenrechts auf die Landkreise und kreisfreien Städte.

Im fachlich-wissenschaftlichen Bereich ist vor allem das Thema der Sickerwasserprognose – die Wirkungspfadbetrachtung Boden-Grundwasser- als Mittel der Gefährdungsabschätzung Gegenstand umfangreicher Forschungen und kontroverser Diskussionen.

Die Schnittstelle Bodenschutzrecht-Wasserrecht ist im Hinblick auf die wasserrechtlichen Anforderungen - Vorsorgegrundsatz, Geringfügigkeitsschwellenwerte als Kriterium zur Feststellung eines Grundwasserschadens - und Versuchen zur Aufstellung von Kriterien bezüglich der in § 4 Abs. 7 BBodSchV gebrauchten, unbestimmten Rechtsbegriffe „geringer Schadstofffrachten“ und „nur lokal begrenzter Schadstoffkonzentrationen in Gewässern“ aktuell thematisiert.

Die inzwischen weit verbreitete Nutzung geographischer Informationssysteme (GIS) und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten gab Anlass, Ergänzungen bezüglich Beschaffung und Nutzung von digitalen Geodaten vorzunehmen, zumal letztere die analogen Geodaten auf Karten, Folien u. ä. zunehmend verdrängen oder ersetzen.

Soweit zu einzelnen Themen weiterführende Arbeitshilfen im Internet verfügbar sind, beschränkt sich der Leitfaden auf eine Übersicht und die Vermittlung von Basisinformationen und verweist auf die ausführlicheren Quellen.

Dabei soll dieser Leitfaden eine Arbeitshilfe für den Bearbeiter in Behörde oder Ingenieurbüro sein, die es ermöglicht die methodische Altlastenbearbeitung von der historischen Erkundung über die orientierende Erkundung bis zur Detailerkundung nachvollziehbar darzustellen.

Eine Neubearbeitung/Neufassung einzelner Kapitel war nicht Ziel. Vielmehr sollte Bestehendes beibehalten und lediglich bei Bedarf angepasst oder ergänzt werden.

1 Glossar

A

Altablagerungen

Stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen sowie sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind.

Altlasten

im Sinne des BBodSchG sind

- stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen sowie sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind (Altablagerungen) und
- Grundstücke stillgelegter Anlagen und sonstige Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist, ausgenommen Anlagen, deren Stilllegung einer Genehmigung nach dem Atomgesetz bedarf (Altstandorte),

durch die schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit hervorgerufen werden (§ 2 Abs. 5 BBodSchG).

Altlastenerkundung/-untersuchung

Umfang von Maßnahmen, die der Vertiefung des Kenntnisstandes über eine Altlast dienen. Ihre stufenweise Durchführung anhand vorgegebener Richtlinien führt zur Erreichung verschiedener Beweismileaus. Bestandteile der Altlastenbearbeitung sind die historische Erkundung, die orientierende Untersuchung und die Detailuntersuchung.

Altlasteninformationssystem

Sammlung von Daten und Erkenntnissen über Altlasten und altlastverdächtige Flächen, die bei der Landesanstalt für Umwelt und Geologie geführt wird. Aufgaben und Umfang sind in § 7 ThürBodSchG geregelt. Die bisherigen nach den Rechtsgrundlagen des ThAbfAG und der Verdachtsflächendateiverordnung erhobenen, im THALIS= Thüringer Altlasten-Informationssystem gesammelten Daten, sind Bestandteil des Altlasteninformationssystems geworden.

Altlastverdächtige Flächen

im Sinne des BBodSchG sind Altablagerungen und Altstandorte, bei denen der Verdacht schädlicher Bodenveränderungen oder sonstiger Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit besteht (§ 2 Abs. 6 BBodSchG).

Altlastverdachtsflächendatei

→ Verdachtsflächendatei

Altstandorte

Grundstücke stillgelegter Anlagen und sonstige Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist, ausgenommen Anlagen, deren Stilllegung einer Genehmigung nach dem Atomgesetz bedarf .

Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem

Das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS®) ist ein Projekt der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland und stellt Geobasisdaten in digitaler Form bereit. ATKIS® umfasst derzeit Digitale Landschaftsmodelle (DLM), Digitale Geländemodelle (DGM), Digitale Orthophotos (DOP) sowie Digitale Topographische Karten (DTK).

Aquifer

Grundwasserleiter: Ein Locker- oder Festgestein, das in der Lage ist, das infolge Versickerung von Niederschlägen oder Versinkung von Oberflächenwasser eingedrungene Wasser aufzunehmen und ihm eine dem Gefälle entsprechende Bewegung zu geben.

Ausbreitungsmedien

Oberbegriff für Umweltmedien, in die aus einer Altablagerung oder aus einem Altstandort freigesetzte Schadstoffe eingetragen werden und innerhalb derer oder mit deren Hilfe sich die Schadstoffe ausbreiten, z.B. Grundwasser, Oberflächenwasser, Bodenluft und atmosphärische Luft.

B

Bestimmungsgrenze

(Limit of quantification) Der kleinste mit festzulegender statistischer Aussagewahrscheinlichkeit erkennbare Gehalt eines Stoffes, der bei einmaliger Messung quantitativ nachgewiesen werden kann. Die Bestimmungsgrenze ist üblicherweise ein Mehrfaches der → Nachweisgrenze.

Beurteilung, fachliche

Auswertung von Ergebnissen (Daten und Erkenntnisse) unter fachlichen Gesichtspunkten. Das Resultat einer fachlichen Beurteilung wird im Regelfall in einer Gefährdungsabschätzung zusammengefasst.

Bewertung, rechtliche

Rechtliche Auswertung der Erkenntnisse, insbesondere der im Rahmen einer Gefährdungsabschätzung zusammengefassten durch die zuständige Behörde. Die rechtliche Bewertung knüpft als separater Schritt an die fachliche Beurteilung an.

Beweisniveau

Definierter Umfang der für die Bewertung erforderlichen Datenbasis. Für das Erreichen eines Beweisniveaus ist die jeweilige Erkundungs- bzw. Untersuchungsstufe notwendig.

Bodenfunktionen

Als wesentliche Bodenfunktionen gelten

- Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
- Teil des Naturhaushaltes, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
- Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften,
- Rohstofflagerstätte,
- Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
- Fläche für Siedlung und Erholung,
- Standort für wirtschaftliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung und
- Archiv der Natur- und Kulturgeschichte (nach BBodSchG).

Bodensättigungsextrakt

Extraktionsverfahren für anorganische Schadstoffe aus Bodenmaterial.

Bodenveränderungen, schädliche

sind nach BBodSchG Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen (§ 2 Abs. 3 BBodSchG). Neben den durch klassische Schadstoffe verursachten stofflichen schädlichen Bodenveränderungen („Bodenverunreinigungen“) umfasst die Begriffsdefinition auch nichtstoffliche schädliche Bodenveränderungen z.B. Erosion, Verdichtung, Vernässung.

Bodenverunreinigungen

In § 87 des Thüringer Wassergesetzes (ThürWG) verwendeter Begriff, der dem Begriff der stofflichen schädlichen Bodenveränderung gleichzusetzen ist.

D

Datenerhebung

Beschaffung qualitativer und quantitativer Angaben durch begründete und nachvollziehbare Schätzung (weiche Daten, Beobachtungen, Recherchen) oder physikalische und chemische Mess- und Analyseverfahren (harte Daten, direkter und indirekter Nachweis).

Detailuntersuchung

vertiefte weitere Untersuchung zur abschließenden Gefährdungsabschätzung, die insbesondere der Feststellung von Menge und räumlicher Verteilung von Schadstoffen, ihrer mobilen oder mobilisierbaren Anteile, ihrer Ausbreitungsmöglichkeiten in

Boden, Gewässer und Luft sowie der Möglichkeit ihrer Aufnahme durch Menschen, Tiere und Pflanzen dient (§ 2 Nr. 4 BBodSchV).

E

Einwirkungsbereich

Bereich, in dem von einem Grundstück im Sinne des § 2 Abs.3 -6 des Bundes-Bodenschutzgesetzes Einwirkungen auf Schutzgüter zu erwarten sind oder in dem durch Einwirkungen auf den Boden die Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen hervorgerufen wird (§ 2 Nr. 2 BBodSchV).

Einzelfallbewertung

Jede Altlast und die von ihr ausgehende akute, konkrete und latente Gefahr wird einzeln (objektbezogen) bewertet.

Einzugsgebiet (Grundwasser)

Durch topographische, geologische, hydrologische Bedingungen (ggf. auch technische Maßnahmen wie Überleitungen, GW-Absenkungen und Infiltration) abgegrenztes Gebiet, aus dem einer bestimmten Abflussmessstelle Wasser zufließt.

Elution

Verfahren, bei dem lösliche Verbindungen mit Hilfe von Flüssigkeiten oder Gasen aus einem Feststoff ausgewaschen werden. Nach der Abtrennung (z. B. Filtration, Sedimentation oder Zentrifugation) gewonnene flüssige oder gasförmige Phasen (Eluat) können zur Untersuchung der unter den Versuchsbedingungen erfassten Stoffe eingesetzt werden.

Erfassung

Erste Stufe der Altlastenbearbeitung, bei der durch beprobungslose Datenerhebung altlastverdächtige Flächen in Datenbanken erfasst und der Erstbewertung zugänglich gemacht werden.

Expositionsbedingungen

Durch örtliche Gegebenheiten und die Grundstücksnutzung im Einzelfall geprägte Art und Weise, in der Schutzgüter der Wirkung von Schadstoffen ausgesetzt sein können (§ 2 Nr. 7 BBodSchV).

F

Formalisierte Bewertung

Abschätzung des Gefährdungspotenzials von altlastverdächtigen Flächen durch wissenschaftlich vertretbare, auf weitgehenden Vereinfachungen und Abstraktionen beruhende Algorithmen.

Feldkapazität

Wassergehalt eines natürlich gelagerten Bodens, der sich zwei bis drei Tage nach voller Wassersättigung gegen die Schwerkraft einstellt (DIN 19862 Teil 6). Wird im Rahmen der Bundes-Bodenschutzverordnung bei der Ermittlung des Bodensättigungsextraktes eingesetzt.

Fließgrenze

Wassergehalt eines bindigen Bodens, bei dem die Konsistenz von breiig zu flüssig wechselt, d.h. der Zusammenhalt des Bodengefüges infolge Wasserzugabe verloren geht.

G

Gefährdungsabschätzung

Abschätzung von schädlichen Wirkungen einer Altlast bzw. altlastverdächtigen Fläche auf die Schutzgüter, insbesondere auf den Menschen, das Grundwasser und Nutzpflanzen unter Berücksichtigung der Art, des Ausmaßes und der Wahrscheinlichkeit ihres Eintrittes.

Geobasisdaten

Geobasisdaten sind Daten des amtlichen Vermessungswesens, welche die Landschaft, die Liegenschaften und den einheitlichen geodätischen Raumbezug anwendungsneutral nachweisen und beschreiben. Sie sind Grundlage für Fachanwendungen mit Raumbezug (Definition gemäß Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland).

Geofachdaten

Geofachdaten sind raumbezogene Daten aus einem wissenschaftlichen oder administrativen Fachgebiet.

Georeferenzierung

Zuweisung von Koordinaten z.B. zu Luftbildern, Lageplänen, um diese mit Geoinformationssystemen richtig eingepasst in geodätischen Bezugssystemen darstellen zu können.

Geringfügigkeitsschwellenwert

Schwellenwert, der die Grenze zwischen einer anthropogen bedingten geringfügigen Veränderung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers und einer Grundwasserverunreinigung aus wasserrechtlicher Sicht festlegt. Die Geringfügigkeitsschwelle ist die Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden (LAWA 2004).

Grundwasserpfad

Begriff für die gerichtete Ausbreitung von Stoffen durch das aktive Transportmedium Wasser in der gesättigten Zone.

H

Henry-Konstante – Henry Koeffizient

Die Henry-Konstante (der Henry-Koeffizient) ist ein Maß für die Löslichkeit eines Gases in einer Flüssigkeit. Der flüchtige gasförmige Stoff steht mit der Flüssigkeit im Lösungsgleichgewicht, das vom Partialdruck des Gases und von der Temperatur abhängig ist. Altlastenfachliche Anwendungen betreffen insbesondere die Verteilung leichtflüchtiger Schadstoffe (z.B. LHKW) zwischen Bodenluft und Sickerwasser sowohl im Bereich der Erkundung als auch bei Bodenluftsanierungen.

Hintergrundgehalt

Schadstoffgehalt eines Bodens, der sich aus dem geogenen (natürlichen) Grundgehalt eines Bodens und der ubiquitären Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden zusammensetzt (§ 2 Nr. 9 BBodSchV).

Historische Erkundung

Unter Verzicht auf technische Erkundungsmaßnahmen und chemisch-physikalische Untersuchungen durchgeführte, standortspezifische und umfassende Ermittlung relevanter Informationen für ein abgegrenztes Untersuchungsgebiet, in der Regel eine altlastverdächtige Fläche. Bewährte Methoden sind dabei z.B. die Auswertung von Archivunterlagen, Katastern, Adress- und Telefonbüchern, historischen Karten bzw. Luftbildern sowie die Befragung von Zeitzeugen. Sie dient als Grundlage für die Erstellung einer zielgerichteten Untersuchungsstrategie bzw. zur Ausräumung eines Altlastverdacht.

M

Maßnahmenwerte

Werte für Einwirkungen oder Belastungen, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Bodennutzung in der Regel von einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast auszugehen ist und Maßnahmen erforderlich sind (§ 8 Abs. 1 Nr. 2 BBodSchG).

Militärische Altlast

Bei militärischen Altlasten handelt sich um Standorte des Militärbetriebes, auf denen sich stillgelegte militärische Anlagen zur Erprobung und Anwendung von militärischen Ausrüstungsgütern oder zur Ausübung sonstiger militärischer Aktivitäten aus der Zeit nach dem Ende des 2. Weltkrieges befinden.

Monitoring

Unter Monitoring ist die Überwachung der von einem kontaminierten Gelände ausgehenden Schadstoffemissionen über die relevanten Wirkungspfade zu Schutzgütern zu verstehen. Weiterhin kommt ein Monitoring auch zur Kontrolle des Sanierungsverlaufes und des Erreichens von Sanierungszielen sowie im Rahmen der Nachsorge zur Kontrolle der dauerhaften Einhaltung von festgelegten Sanierungszielen zum Schutz der betroffenen Schutzgüter in Betracht.

N

Nachweisgrenze

(Limit of detection) Der kleinste mit festzulegender Aussagewahrscheinlichkeit bestimmbare Gehalt eines Stoffes, der bei einmaliger Messung nachgewiesen werden kann.

O

Orientierende Untersuchung

Die orientierende Untersuchung umfasst nach BBodSchV örtliche Untersuchungen, insbesondere Messungen, auf der Grundlage der Ergebnisse der Erfassung und der historischen Erkundung zum Zweck der Feststellung, ob der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgeräumt ist oder ein hinreichender Verdacht im Sinne von § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG besteht.

P

Prüfwerte

Werte, bei deren Überschreitung unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen ist, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt (§ 8 Abs. 1 Nr. 1 BBodSchG). Bei Unterschreiten der Prüfwerte ist insoweit der Gefahrenverdacht ausgeräumt.

R

Rüstungsaltlasten

Altlasten, die aus schädlichen Bodenveränderungen durch rüstungsspezifische Schadstoffe (Sprengstoffe, chemische Kampfstoffe) resultieren. Grundstücke, auf denen sich zwar stillgelegte Anlagen zur Rüstungsproduktion befinden, die jedoch ausschließlich durch nichtrüstungsspezifische Schadstoffe (etwa MKW aus der mechanischen Fertigung von Rüstungsgütern) verunreinigt sind, werden in Thüringen nicht als Rüstungsaltlasten geführt.

S

Schädliche Bodenveränderung

Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen (hier z.B. seiner Funktion als Lebensraum für den Menschen, als schützendes Medium für das Grundwasser oder als Standort für den Nutzpflanzenanbau), die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen.

Schadstoffe

Stoffe und Zubereitungen, die auf Grund ihrer Gesundheitsschädlichkeit, ihrer Langlebigkeit oder Bioverfügbarkeit im Boden oder auf Grund anderer Eigenschaften und ihrer Konzentration geeignet sind, den Boden in seinen Funktionen zu schädigen oder sonstige Gefahren hervorzurufen (BBodSchV).

Schadstoffinventar

Gesamtheit der in einer Altablagerung/an einem Altstandort vorhandenen Schadstoffe. Das Schadstoffinventar ist charakterisiert durch Art, Menge, Beschaffenheit und Verteilung der vorhandenen umweltgefährdenden Stoffe.

Sickerwasserprognose

Abschätzung der von einer Verdachtsfläche, altlastverdächtigen Fläche schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgehenden oder in überschaubarer Zukunft zu erwartenden Schadstoffeinträge über das Sickerwasser in das Grundwasser, unter Berücksichtigung von Konzentrationen und Frachten und bezogen auf den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone (§ 2 Nr. 5 BBodSchV). Die Sickerwasserprognose ist ein spezielles Instrument zur Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser.

Aktuelle Arbeitshilfen zur Sickerwasserprognose berücksichtigen zusätzlich zum Stoffeintrag über Sickerwasser den Stoffeintrag durch mobile Phasen, Bodenluft sowie den Stoffaustrag von kontaminierten Bodenkörpern, die teilweise oder vollständig im Grundwasser liegen.

Spartenerkundung

Feststellung und Dokumentation des Verlaufs von Ver-, Entsorgungs- und Kommunikationsleitungen im Vorfeld von technischen Erkundungsmaßnahmen.

T

Technische Untersuchung

Steht als Oberbegriff für die beiden Untersuchungsphasen orientierende Untersuchung und Detailuntersuchung, in denen die Altlast beprobt und die Proben analysiert werden.

Verdachtsflächendatei

Bei der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie geführtes Dateisystem (THALIS = Thüringer Altlasten-Informationssystem), in dem die dezentral erhobenen Daten über altlastverdächtige Flächen und Altlasten zusammengeführt und für die Bewertung bereitgestellt werden. Sie wird auch als Altlastkataster bezeichnet und ist Bestandteil des →Altlasteninformationssystems.

Vorsorgewert

Bodenwert, bei dessen Überschreitung unter Berücksichtigung von geogenen und großflächig siedlungsbedingten Schadstoffgehalten in der Regel davon auszugehen ist, dass die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht. (§ 8 Abs. 2 Nr. 1 BBodSchG)

W

Wirkungspfad

Weg eines Schadstoffes von der Schadstoffquelle bis zu dem Ort einer möglichen Wirkung auf ein Schutzgut.

2 Grundsätze der Altlastenbearbeitung in Thüringen

2.1 Inhaltliche Zielstellung

Dimension und Komplexität der mit Altlasten in Zusammenhang zu bringenden Probleme sind zunehmend in das Bewusstsein der Verantwortlichen und der Bevölkerung gedrungen. Deshalb sind in den letzten Jahren umfassende und intensive Aktivitäten auf Bundes- und Länderebene zur Erfassung und Beseitigung derartiger Probleme vorangetrieben worden.

Die Bearbeitung ist dabei durch ein stufenweises Vorgehen, beginnend mit der flächendeckenden Erfassung aller altlastverdächtigen Flächen über die Erkundung bis hin zur Sanierung gekennzeichnet (TMLNU 1995). Eine abgestufte Bearbeitung von altlastverdächtigen Flächen bietet die Möglichkeit

- einen Überblick über die Gesamtzahl an altlastverdächtigen Flächen zu erhalten,
- Aussagen bezüglich der von ihnen ausgehenden Gefährdungen zu treffen,
- Gefahren für die Schutzgüter abzuwenden und
- die finanziellen Mittel gezielt und effektiv einzusetzen.

Die Abwicklung dieser Tätigkeiten greift auf verschiedene rechtliche und fachliche Grundlagen zurück, die nachfolgend in Hinblick auf die Erkundung und Untersuchung zusammengefasst sind.

2.2 Rechtsvorschriften und Behördenzuständigkeiten

Rechtsgrundlagen für behördliche Maßnahmen im Zusammenhang mit Altlasten stellen Bundesgesetze und landesgesetzliche Regelungen dar. Diese Regelungen werden in Hinblick auf die Erkundung und Untersuchung nachfolgend erörtert.

2.2.1 Bundesgesetzliche Regelungen

2.2.1.1 Bundes-Bodenschutzgesetz und Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung

Das am 1. März 1999 in seinen wesentlichen Teilen in Kraft getretene Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) legt erstmals bundeseinheitliche Anforderungen für den Schutz des Bodens in einem Gesetz fest. Zweck des Gesetzes ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen (§ 1 Satz 1 BBodSchG).

Das BBodSchG ermächtigt in §§ 6, 8 Abs. 1 und 2 und § 13 Abs. 1 Satz 2 zum Erlass eines untergesetzlichen Regelwerkes in Form einer Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), welche am 17. Juli 1999 in Kraft getreten ist. Diese Rechtsverordnung gilt u. a. für die Untersuchung und Bewertung von altlastverdächtigen Flächen sowie für die Anforderungen an die Probennahme, Analytik und Qualitätssicherung (§ 1 Abs. 1 BBodSchG) und legt Prüf- und Maßnahmenwerte fest (§ 1 Abs. 5 BBodSchG).

Nach § 11 BBodSchG können die Länder die Erfassung der Altlasten und altlastverdächtigen Flächen regeln.

Außerdem können durch die Länder ergänzende Verfahrensregelungen auf Grundlage des § 21 BBodSchG erlassen werden. Von dieser Ermächtigung hat Thüringen beim Erlass des ThürBodSchG (s. 2.2.2.1) Gebrauch gemacht.

Im ersten Teil (Allgemeine Vorschriften) des BBodSchG werden in § 2 wichtige Begriffe definiert, um eine präzise Gesetzesanwendung im Rahmen der Bearbeitung von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten zu ermöglichen. Diese Begriffsdefinitionen umfassen:

Altlastverdächtige Flächen im Sinne dieses Gesetzes sind nach § 2 Abs. 6 BBodSchG Altablagerungen und Altstandorte, bei denen der Verdacht schädlicher Bodenveränderungen oder sonstiger Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit besteht.

Altlasten im Sinne dieses Gesetzes sind nach § 2 Abs. 5 BBodSchG

- stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen sowie sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind (Altablagerungen) und
- Grundstücke stillgelegter Anlagen und sonstige Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist, ausgenommen Anlagen, deren Stilllegung einer Genehmigung nach dem Atomgesetz bedarf (Altstandorte),

durch die schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit hervorgerufen werden.

Liegen der zuständigen Behörde Anhaltspunkte vor, dass eine Altlast gegeben ist, so soll sie nach § 9 Abs. 1 Satz 1 BBodSchG zur Ermittlung des Sachverhaltes die geeigneten Maßnahmen ergreifen. Die Untersuchung und Bewertung soll insbesondere Art und Konzentration der Schadstoffe, die Möglichkeit ihrer Ausbreitung in die Umwelt und ihrer Aufnahme durch Menschen, Tiere und Pflanzen sowie die Nutzung des Grundstücks berücksichtigen.

Darüber hinaus bestimmt § 9 Abs. 1 Satz 2 BBodSchG, dass die zuständige Behörde die notwendigen Maßnahmen treffen soll, um festzustellen, ob eine Altlast vorliegt, wenn die in der BBodSchV festgesetzten Prüfwerte überschritten werden.

Diese **Prüfwerte** stellen somit eine Belastungsschwelle dar, deren Erreichen das Erfordernis einer einzelfallbezogenen Prüfung indiziert. Sie sind in § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 BBodSchG definiert als Werte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen ist, ob eine Altlast vorliegt.

Bei Unterschreiten der Prüfwerte ist hingegen der Gefahrenverdacht insoweit ausgeräumt (§ 4 Abs. 2 Satz 1 BBodSchV).

Besteht auf Grund konkreter Anhaltspunkte der hinreichende Verdacht einer Altlast, so kann die zuständige Behörde nach § 9 Abs. 2 BBodSchG anordnen, dass die Sanierungspflichtigen die notwendigen Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung durchzuführen haben.

Maßnahmenwerte sind nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 BBodSchG Werte, für Einwirkungen oder Belastungen, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Bodennutzung in der Regel von einer Altlast auszugehen ist und Maßnahmen erforderlich sind.

Soweit in der BBodSchV keine Prüf- oder Maßnahmenwerte festgesetzt sind, sind die zur Ableitung dieser Werte herangezogenen Maßstäbe zu beachten. Diese sind im Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28. August 1999 veröffentlicht.

Nach § 2 Abs. 3 BBodSchV umfasst die **orientierende Untersuchung** örtliche Untersuchungen, insbesondere Messungen, auf der Grundlage der Ergebnisse der Erfassung zum Zweck der Feststellung, ob der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgeräumt ist oder ein hinreichender Verdacht im Sinne von § 9 Abs. 2 Satz 1 des BBodSchG besteht.

Als **Detailuntersuchung** wird nach § 2 Abs. 4 BBodSchV die vertiefte weitere Untersuchung zur abschließenden Gefährdungsabschätzung, die insbesondere der Feststellung von Menge und räumlicher Verteilung von Schadstoffen, ihrer mobilen oder mobilisierbaren Anteile, ihrer Ausbreitungsmöglichkeiten in Boden, Gewässer und Luft sowie der Möglichkeit ihrer Aufnahme durch Menschen, Tiere und Pflanzen dient, bezeichnet.

Die Untersuchungen nach § 3 BBodSchV beziehen sich auf die Wirkungspfade, für die sich auf Grund der im Einzelfall vorliegenden Informationen der Verdacht einer Gefahr ergibt. Bei der Festlegung des Untersuchungsumfangs sind insbesondere die Kenntnisse oder begründeten Vermutungen über das Vorkommen bestimmter Schadstoffe und deren Verteilung, die gegenwärtige Nutzung und die planungsrechtlich zulässige Nutzung gemäß § 4 Abs. 4 des BBodSchG und die sich daraus ergebenden Schutzbedürfnisse sowie die sonstigen beurteilungserheblichen örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen (Anhang 1 BBodSchV).

Für folgende Wirkungspfade wurden dabei Prüf- und Maßnahmenwerte für ausgewählte Schadstoffe abgeleitet (Anhang 2 BBodSchV):

- Boden - Mensch (direkter Übergang),
- Boden - Nutzpflanze,
- Boden - Grundwasser.

2.2.1.2 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz

Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) vom 27.09.1994, zuletzt geändert am 19.07.2007 trifft Regelungen im Zusammenhang mit der Stilllegung von Abfallentsorgungsanlagen (§ 36 KrW-/AbfG).

Bei der Abgrenzung zwischen den Geltungsbereichen des KrW-/AbfG (Abfallbeseitigungsanlagen/Deponien) und des BBodSchG ist zunächst die Stichtagsregelung des 01.07.1990 von Belang. Bei dem Stichtag handelt es sich um den durch das Umweltrahmengesetz angeordneten Zeitpunkt des Inkrafttretens des Abfallgesetzes (AbfG) in der DDR. Bis zu diesem Stichtag stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen und sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle gelagert oder abgelagert worden sind, als Altablagerungen im Sinne des BBodSchG anzusehen.

Für nach diesem Stichtag betriebene Abfallbeseitigungsanlagen im Sinne des KrW-/AbfG gelten die Regelungen dieses Gesetzes. Der Geltungsbereich des KrW-/AbfG endet erst mit der behördlichen Feststellung der endgültigen Stilllegung gemäß § 36 Abs. 3 KrW-/AbfG durch die zuständige Abfallbehörde sowie des Abschlusses einer etwaigen Nachsorgephase (§ 36 Abs. 5 KrW-/AbfG).

Die Verpflichtung, im Rahmen der Stilllegung zu prüfen, ob von der Deponie schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit ausgehen, hat die zuständige Abfallbehörde dem Inhaber der Deponie auf-

zuerlegen. Dies im Übrigen unabhängig davon, ob es sich um eine genehmigte oder eine ungenehmigte Deponie handelt.

Ziel ist es hierbei, dass im Zuge des Stilllegungsverfahrens sichergestellt wird, dass das Grundstück nach erfolgter Stilllegung nicht als im Sinne des BBodSchG zu bearbeitende Verdachtsfläche zurückbleibt.

Im Regelfall wird sich daher an die Stilllegung einer Deponie nach KrW-/AbfG keine Bearbeitung durch die zuständige Bodenschutzbehörde anschließen müssen.

Der irreguläre Fall tritt dann ein, wenn – insbesondere bei ungenehmigten Deponien - kein Inhaber mehr existiert, d.h. alle Maßnahmen zur Ermittlung eines Inhabers ins Leere gelaufen sind. In diesem Fall kann es sich als notwendig erweisen, mit dem Instrumentarium des Bodenschutzrechtes fortzufahren.

2.2.1.3 Wasserhaushaltsgesetz

Die Schnittstelle zwischen Bodenschutz und Wasserrecht ist besonders bedeutsam, da im Zusammenhang mit dem Gefährdungspfad Boden-Grundwasser fast immer wasserrechtliche Fragen berührt werden.

Schadstoffeinträge ins Grundwasser sind in der Regel unzulässige **Gewässerbenutzungen** i. S. v. § 3 Abs. 1 WHG. Eingriffsbefugnisse der Wasserbehörde sind landesrechtlich geregelt (Gewässeraufsicht 7. Teil des ThürWG).

Der im Jahr 2007 neu aufgenommene § 22 a WHG regelt zusätzlich Pflichten von Verantwortlichen bei Schädigungen von Gewässern im Sinne des Umweltschadengesetzes.

2.2.1.4 Bundesberggesetz

Solange die vorrangig vom Bundesberggesetz (BBergG) betroffenen Bergbaubetriebe gemäß § 69 Abs. 1 BBergG vom 13.08.1980 der **Bergaufsicht** unterliegen, gehen die bergbaurechtlichen Regelungen den abfallrechtlichen und allgemein ordnungsrechtlichen Regelungen vor.

Nach dem BBergG haben die zuständigen Bergbehörden **Überwachungs- und sonstige Eingriffsbefugnisse**.

Nach § 69 Abs. 2 BBergG **endet die Bergaufsicht** nach der Durchführung des Abschlussbetriebsplanes (§ 53 BBergG) oder entsprechender Anordnungen der zuständigen Behörde (§ 71 Abs. 3 BBergG) zu dem Zeitpunkt, in dem nach allgemeiner Erfahrung nicht mehr damit zu rechnen ist, dass durch den Betrieb Gefahren für Leben und Gesundheit Dritter, andere Bergbaubetriebe und für Lagerstätten, deren Schutz im öffentlichen Interesse liegt, oder gemeinschädliche Einwirkungen eintreten werden.

Nach § 55 Abs. 2 i. V. m. Abs. 1 BBergG ist ein **Abschlussbetriebsplan** unter anderem dann zuzulassen, wenn sichergestellt ist, dass

- auch nach der Einstellung des Betriebes Schutz für Dritte vor Gefahren für Leben und Gesundheit, die durch den Betrieb verursacht wurden, besteht und
- die durch den einzustellenden Betrieb beanspruchte Oberfläche wiedernutzbar gemacht wird.

Nach § 71 Abs. 3 BBergG kann die zuständige Bergbehörde **notwendige Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren** anordnen, wenn der Bergbaubetrieb ohne zugelassenen Abschlussbetriebsplan eingestellt wurde und als direkte Folgewirkung der Bergbautätigkeiten Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung entstehen.

2.2.1.5 Bundes-Immissionsschutzgesetz

Nach § 5 Abs. 3 Nr. 1 **Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 26.09.2002 hat der Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen sicherzustellen, dass auch **nach einer Betriebseinstellung keine schädlichen Umwelteinwirkungen oder sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft** von der Anlage oder dem Grundstück **hervorgerufen werden können**. Die zuständige Behörde kann auch nach Erteilung der Genehmigung durch **nachträgliche Anordnung** nach § 17 Abs. 1 i. V. m. § 17 Abs. 4a BImSchG zur Erfüllung der o. g. Verpflichtungen Festlegungen treffen. Zu den notwendigen Maßnahmen erfolgt im BImSchG keine Konkretisierung. **Anordnungen** können auch noch **nach Betriebseinstellung**, aber nur während eines Zeitraumes von 1 Jahr getroffen werden (§ 17 Abs. 4a BImSchG).

Die Anordnungsermächtigung berechtigt die Behörde u. a. den Anlagenbetreiber zur Vornahme von **Untersuchungen** zu verpflichten, wenn konkrete Anzeichen für eine Kontamination des Bodens oder des Grundwassers vorliegen.

Für **nicht genehmigungsbedürftige Anlagen** findet sich eine § 17 Abs. 1 und 4a BImSchG entsprechende Regelung im Bundes-Immissionsschutzgesetz nicht. Die nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen sind daher in Bezug auf die Ermittlung und Abwehr von Gefahren, die von der Anlage oder dem Anlagengrundstück **nach Betriebseinstellung** ausgehen können, nach Vorschriften des BBodSchG zu beurteilen.

2.2.1.6 Baugesetzbuch

Zur Ermittlung und Abwehr von Gefahren im Zusammenhang mit Altlasten sind im Baugesetzbuch (BauGB) keine speziellen Vorschriften enthalten. Auf Grund des **planungsrechtlichen Abwägungsgebotes** nach § 1 Abs. 6 BauGB in der Fassung der Bekanntmachung vom 23.09.2004, zuletzt geändert durch Art. 4 des Gesetzes vom 24.12.2008 (BGBl. I, S. 3018) ist die zuständige Behörde verpflichtet, das Vorhandensein von Altlasten zu ermitteln und in die Abwägung einzubeziehen.

Abwägungsrelevant im Hinblick auf die in der Bauleitplanung zu berücksichtigenden allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse, die Sicherheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung und die Belange des Umweltschutzes (§ 1 Abs. 5 Satz 2 Nr. 1 und 7 BauGB) sind **Belastungen mit umweltgefährdenden Stoffen**. Nach § 5 Abs. 3 Nr. 3 und § 9 Abs. 5 Nr. 3 BauGB müssen Flächen, deren Böden erheblich mit umweltgefährdenden Stoffen belastet sind, in Bauleitplänen **gekennzeichnet** werden.

Die Gemeinde ist im Rahmen der städtebaulichen Planung bei **Vorliegen von Anhaltspunkten** für das Vorhandensein von Gefahrenpotenzialen verpflichtet, diese zu erfassen sowie Untersuchungen zu Art und Umfang der Schadstoffbelastung einzuleiten. Der Umfang der Untersuchungspflicht richtet sich danach, welche Gefahrenpotenziale der Gemeinde bei Beschluss des Bebauungsplanes bekannt waren oder hätten bekannt sein müssen.

Zu den der Gemeinde zurechenbaren Kenntnissen gehören Kenntnisse

- aus der Erfassung der altlastverdächtigen Fläche in der Altlastverdachtsflächendatei,
- aus Verwaltungs- oder Gerichtsverfahren,
- aus Kaufverträgen oder
- aus Hinweisen aus der Bevölkerung.

Im Einzelfall kann bei städtebaulichen Planungen die Beauftragung einer historischen Recherche oder orientierenden Erkundung durch den Planungsträger erforderlich sein.

2.2.1.7 Umweltschadensgesetz (USchadG)

Mit dem Umweltschadensgesetz (USchadG) vom 10.05.2007 wurde die Richtlinie 2004/35/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.04.2004 über Umwelthaftung zur Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden in nationales Recht umgesetzt. Gemäß § 2 Nr. 1 c) USchadG fallen unter Umweltschäden auch Schädigungen des Bodens durch Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen im Sinn des § 2 Abs. 2 der BBodSchV. Voraussetzung der Anwendbarkeit ist, dass der Umweltschaden durch eine in Anlage 1 USchadG aufgeführte Tätigkeit zurückzuführen ist. Das Gesetz ist wegen des Rückwirkungsverbotes erst anwendbar auf Schäden, Emissionen, Ereignisse und Vorfälle, die nach dem 30.04.2007 stattgefunden haben (§ 13 Abs. 1 USchadG). Geregelt werden Informationspflichten (§ 4 USchadG) und Gefahrenabwehrpflichten (§ 5 USchadG) des Verursachers sowie Sanierungspflichten (§ 8 USchadG).

Neben einem Tätigwerden der zuständigen Behörde von Amts wegen, kann die Durchsetzung von Sanierungspflichten durch Betroffene oder Vereinigungen gemäß § 3 Abs. 1 des Umwelt-Rechtsbehelfgesetzes beantragt werden (§ 10 USchadG). Auf das Bodenschutzrecht bezogen kommt eine Prüfung der Anwendung des USchadG von Amts wegen dann in Betracht, wenn es für nach dem 30.04.2007 herbeigeführte Schäden, Emissionen, Ereignisse oder Vorfälle über den in § 4 BBodSchG aufgeführten Kreis möglicher Störer weitere natürliche oder juristische Personen gibt, die als Verantwortliche gemäß § 2 Abs. 3 USchadG herangezogen werden können.

Bei einer Aufforderung zum Tätigwerden gemäß § 10 USchadG wäre zunächst die Anwendbarkeit des BBodSchG zu prüfen.

2.2.2 Gesetzliche Regelungen des Freistaates Thüringen

2.2.2.1 Thüringer Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (ThürBodSchG)

Mit dem Thüringer Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes wurden die noch ausstehenden landesrechtlichen Regelungen gemäß den Ermächtigungen des § 11 BBodSchG (Erfassung der Altlasten und altlastverdächtigen Flächen) sowie § 21 BBodSchG (ergänzende Verfahrensregelungen) umgesetzt. Damit wurden Regelungsgegenstände aus dem Thüringer Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz (ThAbfAG), soweit nicht bereits bundesgesetzlich neu geregelt, den neuen gesetzlichen Ermächtigungen angepasst.

§ 2 ThürBodSchG regelt Auskunftspflichten gegenüber Behörden, nach denen konkrete Anhaltspunkte zum Vorliegen einer Altlast oder schädlichen Bodenveränderung unverzüglich den genannten zuständigen Behörden mitzuteilen sind.

Zusätzlich zu Eigentümer und Besitzer bestehen auch behördliche Betretungsrechte gegenüber den Betroffenen im Sinne von § 12 BBodSchG nebst Duldungspflichten (§ 3 ThürBodSchG). Mit Hilfe dieser Ermächtigungen ist es beispielsweise möglich die Ausdehnung von Schadstofffahnen im Grundwasser durch Bohrungen und Messungen auf Nachbargrundstücken zu ermitteln. Ein weiterer möglicher Anwendungsfall ist gegeben, wenn im Zuge einer Altlastsanierung nicht öffentliche Zuwegungen in Anspruch genommen werden müssen.

Bezüglich eines Schadensausgleichs sowie etwaiger Erstattungs- und Ersatzansprüche verweist § 3 Abs. 2 Satz 2 ThürBodSchG auf die jeweiligen Regelungen des Polizeiaufgabengesetzes (PAG).

Für schädliche Bodenveränderungen können nach § 4 ThürBodSchG auch Sanierungsuntersuchungen, Sanierungspläne und Eigenkontrollmaßnahmen verlangt werden. Schädliche Bodenveränderungen, die keine Altlasten sind können somit mit Hilfe derselben Instrumentarien bearbeitet werden, wie Altlasten.

§ 5 ThürBodSchG regelt Anforderungen an Sachverständige und Untersuchungsstellen.

§ 6 ThürBodSchG bildet die gesetzliche Grundlage für das bei der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie geführte Bodeninformationssystem.

Die ursprünglich auf der Grundlage des § 17 Abs. 1 ThAbfAG durch Rechtsverordnung errichtete (Thüringer Verdachtsflächendateiverordnung -

ThürVfIdVO) Verdachtsflächendatei wurde mit Inkrafttreten des ThürBodSchG, in das Altlasteninformationssystem (§ 7 ThürBodSchG) übernommen.

2.2.2.2 Thüringer Wassergesetz

Regelungen, die im Zusammenhang mit der Erkundung und Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten von Bedeutung sein können, enthält der 7. Teil des Thüringer Wassergesetzes in der Form der Bekanntmachung vom 23. Februar 2004 (zuletzt geändert 20. Dezember 2007). Nach § 84 Abs. 1 ThürWG haben die Wasserbehörden die nach pflichtgemäßem Ermessen erforderlichen Maßnahmen zu treffen, um von der Allgemeinheit, dem Einzelnen oder den Gewässern **Gefahren abzuwehren**, die u. a. durch den Zustand der Ufer hervorgerufen werden. Soweit von Ablagerungen und Unfallstellen Gefahren für Gewässer zu besorgen sind, können nach § 84 Abs. 3 ThürWG insbesondere die Errichtung und der Betrieb von Mess- und Kontrollstellen sowie die Untersuchung von Wasser- und Bodenproben auf Kosten des Verantwortlichen angeordnet werden.

Nach § 85 ThürWG bestehen im Interesse der Gewässeraufsicht **Betretungsrechte, Auskunftspflichten** und die Verpflichtung zur **Duldung der Entnahme von Untersuchungsproben**. Nach § 86 Satz 1 ThürWG hat derjenige, der Stoffe in den Boden einbringt, von denen eine schädliche Einwirkung auf ein Gewässer zu besorgen ist, die dadurch verursachten Kosten der Behörde oder des von ihr beauftragten Dritten zu tragen.

Nach § 87 Abs. 1 ThürWG haben die für Gewässerverunreinigungen Verantwortlichen die erforderlichen Maßnahmen zur Schadensermittlung und Schadensbegrenzung und zur Beseitigung von Verunreinigungen durchzuführen. Das Gleiche gilt für Bodenverunreinigungen, die eine nachhaltige Gewässerverunreinigung oder Beeinträchtigung von Bodeneigenschaften besorgen lassen.

2.2.2.3 Thüringer Ordnungsbehördengesetz und Polizeiaufgabengesetz

Soweit nicht die Regelungen in den Fachgesetzen des speziellen Verwaltungsrechts (insbesondere BBodSchG, BImSchG, ThürBodSchG, ThürWG) greifen, finden die allgemeinen Regelungen des Ordnungsbehördengesetzes (OBG) vom 18. Juni 1993, zuletzt geändert am 20.06.2002 (GVBl. S. 247) Anwendung.

Nach § 5 Abs. 1 OBG können die Ordnungsbehörden die notwendigen Maßnahmen treffen, um eine im einzelnen Fall bestehende Gefahr für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung abzuwehren, soweit nicht dieses Gesetz oder andere Rechtsvorschriften die Befugnisse der Ordnungsbehörden besonders regeln.

Danach haben die spezialgesetzlichen Regelungen Vorrang, daneben kann aber - soweit die Fachgesetze Lücken enthalten - auf die Regelungen des OBG zurückgegriffen werden (§ 5 Abs. 2 OBG).

Die allgemeinen ordnungsbehördlichen Befugnisse nach § 5 Abs. 1 OBG werden durch die allgemeinen Befugnisse der Polizei nach § 12 Abs. 1 Polizeiaufgabengesetz vom 04.06.1992 (PAG) ergänzt. Danach kann die Polizei die notwendigen Maßnahmen treffen, um eine im einzelnen Fall bestehende Gefahr für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung abzuwehren. Nach § 3 PAG wird die Polizei nur tätig, soweit die Abwehr der Gefahr durch eine andere Behörde nicht oder nicht rechtzeitig möglich erscheint. Ein polizeiliches Tätigwerden im Zusammenhang mit Altlasten wird danach nur in besonders gelagerten Einzelfällen in Betracht kommen, in denen ein sofortiges Einschreiten geboten ist (siehe 2.3.3). Auch § 3 Abs. 1 OBG bestimmt, dass Maßnahmen der Ordnungsbehörden Vorrang gegenüber Maßnahmen der Polizei haben, die nach § 3 Abs. 2 OBG den Ordnungsbehörden aber Vollzugshilfe leistet.

2.2.3 Zuständigkeiten in Thüringen

Nach Art. 30 des Grundgesetzes (GG) ist die Ausübung der staatlichen Befugnisse und die Erfüllung der staatlichen Aufgaben Sache der Länder. Daraus ergibt sich die alleinige Zuständigkeit der Länder für die Ausführung der Landesgesetze. Nach Art. 83 GG führen die Länder auch die Bundesgesetze als eigene Angelegenheiten aus. Die Zuständigkeiten in Thüringen sind in folgenden Gesetzen geregelt:

2.2.3.1 Thüringer Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes

Die Bestimmung der zuständigen **Bodenschutzbehörden** erfolgt in §§ 9 f des Thüringer Gesetzes zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (ThürBodSchG), zuletzt geändert durch das Thüringer Haushaltsbegleitgesetz 2008/2009 vom 20.12.2007 (siehe Abb. 1).

Abbildung 1: Zuständige Bodenschutzbehörden in Thüringen**Oberste Bodenschutzbehörde**

- Das für Bodenschutzrecht zuständige Ministerium (§ 9 Abs. 1 ThürBodSchG) (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt)

Obere Abfall- und Bodenschutzbehörde

- Landesverwaltungsamt, Landesbergamt (§ 9 Abs. 2 ThürBodSchG)

Untere Bodenschutzbehörde

- Landkreis und kreisfreie Stadt im übertragenen Wirkungskreis (§ 9 Abs. 3 ThürBodSchG)

Landesanstalt für Umwelt und Geologie

- Technische Fachbehörde für die Ermittlung von wissenschaftlichen Grundlagen des Bodenschutzes, der Entwicklung der Böden sowie der fachlichen Grundlagen für die Erforschung und Abwehr von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten (§ 10 Abs. 1 ThürBodSchG)

Die Bestimmung der **sachlichen Zuständigkeit** erfolgt durch § 11 ThürBodSchG.

§ 11 Abs. 1 Satz 1 ThürBodSchG legt fest, dass die Wahrnehmung der bodenschutzrechtlichen Aufgaben den Unteren Bodenschutzbehörden obliegt, soweit das Gesetz nicht etwas anderes bestimmt.

§ 11 Absatz 1 Satz 2 regelt den Fall, dass der Landkreis oder die kreisfreie Stadt selbst als Betroffener von Vollzugsmaßnahmen in Betracht kommt. In diesem Fall ist die Zuständigkeit der oberen Bodenschutzbehörde gegeben.

§ 11 Abs. 2 bestimmt, dass das Landesbergamt bei Objekten des untertägigen Altbergbaus und bei untertägigen Hohlräumen im Sinne des Thüringer Altbergbau und Unterirdische-Hohlräume-Gesetzes sachlich zuständig ist.

Bei landesgrenzübergreifenden Fällen kann die oberste Bodenschutzbehörde mit der zuständigen Behörde des anderen Landes eine gemeinsame zuständige Behörde vereinbaren (§ 11 Abs. 3 ThürBodSchG).

Nach § 11 Abs. 6 ThürBodSchG kann die Oberste Bodenschutzbehörde durch Rechtsverordnung Zuständigkeiten nach den Absätzen 1 und 2 an andere Behörden übertragen. Soweit durch die Zuständigkeitsübertragung Kommunen betroffen sind, ist das Einvernehmen des für kommunale Angelegenheiten zuständigen Ministeriums einzuholen.

Die **örtliche Zuständigkeit** für Anordnungen und sonstige Maßnahmen im Vollzug des Bodenschutzrechtes richtet sich nach der örtlichen Lage der betroffenen Fläche.

Die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie nimmt als wissenschaftlich-technische Fachbehörde keine Vollzugsaufgaben wahr.

Gemäß § 6 ThürBodSchG führt die Landesanstalt für Umwelt und Geologie ein Bodeninformationssystem.

Außerdem führt die Landesanstalt für Umwelt und Geologie ein Altlasteninformationssystem über Altlasten und altlastverdächtige Flächen, die dem Anwendungsbereich des Bundes-Bodenschutzgesetzes unterliegen (§ 7 ThürBodSchG).

2.2.3.2 Thüringer Wassergesetz

Die zuständigen Wasserbehörden werden im § 105 des Thüringer Wassergesetzes (ThürWG) bestimmt (Abb. 2).

Abbildung 2: Zuständige Wasserbehörden nach dem Thüringer Wassergesetz**Oberste Wasserbehörde**

- Das für Wasserwirtschaft zuständige Ministerium (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt)

Obere Wasserbehörde

- Landesverwaltungsamt

Untere Wasserbehörde

- Landkreise und kreisfreie Städte im übertragenen Wirkungskreis

Technische Fachbehörde

- Landesanstalt für Umwelt und Geologie

Die Verteilung der sachlichen Zuständigkeiten auf die verschiedenen Wasserbehörden erfolgt durch § 105 ThürWG. Danach ist grundsätzlich die Untere Wasserbehörde zuständig, sofern nichts anderes bestimmt ist.

Durch Rechtsverordnung des Ministers für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt kann die Zuständigkeit abweichend geregelt werden (§ 105 Abs. 5 ThürWG).

2.2.3.3 Polizeiaufgaben- und Ordnungsbehördengesetz

Die Ordnungsbehörden werden in § 1 des Ordnungsbehördengesetzes (OBG) bestimmt (Abb. 3).

Abbildung 3: Zuständige Ordnungsbehörden**Ordnungsbehörden im Sinne des OBG**

- Gemeinden und Verwaltungsgemeinschaften im übertragenen Wirkungskreis
- Landkreise im übertragenen Wirkungskreis
- Landesverwaltungsamt
- Innenministerium

Die **sachliche Zuständigkeit** der Ordnungsbehörden regelt § 4 OBG. Danach ist für die Ausübung der Befugnisse der Ordnungsbehörden grundsätzlich die **Gemeinde** oder Verwaltungsgemeinschaft zuständig, soweit sich nicht aus anderen Vorschriften eine andere Zuständigkeit ergibt. Bei **Gefahr im Verzug** kann nach § 4 Abs. 2 OBG auch jede andere Ordnungsbehörde in ihrem Gebiet die Befugnisse einer anderen Ordnungsbehörde vorläufig ausüben. Die **Polizei** ist für Maßnahmen der Gefahrenabwehr nur subsidiär zuständig, soweit die Abwehr einer Gefahr durch eine andere Behörde nicht oder nicht rechtzeitig möglich erscheint (§ 3 PAG).

Die Zuständigkeiten und Befugnisse der **Abfall-, Bodenschutz und Wasserbehörden** gehen den Zuständigkeiten und Befugnissen der allgemeinen Ordnungsbehörden und der Polizei **vor**. Soweit die spezialgesetzlichen Vorschriften des Abfall-/Altlasten- oder Wasserrechts greifen, kommt ein Tätigwerden der allgemeinen Ordnungsbehörden oder der Polizei nur bei Gefahr im Verzug in Betracht.

2.2.3.4 Bundes-Immissionsschutzgesetz

Die Zuständigkeit für den Vollzug der Regelungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) ist in der Thüringer Verordnung Änderung von Zuständigkeiten im Bereich der Umweltverwaltung vom 06. April 2008 geregelt. Grundsätzlich sind nach § 2 Abs. 1 dieser Verordnung die Landkreise und kreisfreien Städte jeweils im übertragenen Wirkungskreis zuständig. Ausnahmen bilden Anlagen der Spalte 1 der

Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) sowie Fälle, in denen der Kreis bzw. die kreisfreie Stadt selbst bzw. über eine Beteiligung an Unternehmen von Vollzugsmaßnahmen betroffen wäre (§ 2 Abs. 4 dieser Verordnung).

2.2.3.5 Bundes-Berggesetz

Die Bergämter sind für Maßnahmen nach dem Bundesberggesetz (BBergG) zuständig.

Nach § 11 Abs. 2 ThürBodSchG ist das Landesbergamt zuständige Bodenschutzbehörde bei Objekten des untertägigen Altbergbaus und bei untertägigen Hohlräumen im Sinne des Thüringer Altbergbau- und Unterirdische-Hohlräume-Gesetzes vom 23. Mai 2001.

2.2.3.6 Baugesetzbuch

Die Gemeinden sind nach § 1 Abs. 3 Baugesetzbuch (BauGB) zuständig für die Aufstellung von Bauleitplänen und für die Abwägung von öffentlichen und privaten Belangen. Für diese Abwägung ist durch die Gemeinde vorbereitend zu klären, ob zu dem Planungsgebiet von Altlasten oder Altlastverdacht betroffene Flächen gehören. Zu den Untersuchungspflichten der Gemeinden sind Ausführungen in Kap. 2.2.1.6 enthalten. Erkenntnisse anderer Behörden sind durch die Gemeinden im Rahmen ihrer Untersuchungspflicht einzubeziehen.

2.2.4 Datenschutz und Informationszugang

Daten und Informationen über altlastverdächtige Flächen und Altlasten dürfen nicht uneingeschränkt genutzt, verarbeitet oder weitergegeben werden. Bei diesen Daten und Informationen kann es sich um personenbezogene Daten im datenschutzrechtlichen Sinne handeln. Das Thüringer Datenschutzgesetz (ThürDSG) in der Form seiner Neubekanntmachung vom 10.10.2001 regelt den Schutz personenbezogener Daten.

2.2.4.1 Verarbeitung personenbezogener Daten

Personenbezogene Daten dürfen gemäß § 4 ThürDSG nur erhoben, weiterverarbeitet oder genutzt werden, wenn dies durch Gesetz oder Verordnung erlaubt oder angeordnet wird oder wenn der Betroffene seine Einwilligung gibt.

Nach § 3 Abs. 1 ThürDSG sind Daten personenbezogen, wenn sie über die persönlichen oder sachlichen Verhältnisse einer bestimmten oder bestimmbaren natürlichen Person Auskunft geben. Sachbezogene Informationen sind nur dann gleichzeitig auch personenbezogen, wenn sie einer bestimmten Person eindeutig zugeordnet werden können.

Angaben von Eigentümern von Grundstücken, die mit Altlasten kontaminiert sind, oder der Verursacher von Altlasten stellen grundsätzlich personenbezogene Daten dar. Sachbezogene Angaben zur Kontaminationssituation eines Grundstückes sind bei Zuordnung zum Grundstückseigentümer ebenfalls als personenbezogen einzustufen. Ist dagegen der Eigentümer eine juristische Person, handelt es sich nicht um personenbezogene Daten i. S. v. § 3 ThürDSG.

2.2.4.2 Akteneinsicht nach dem Thüringer Verwaltungsverfahrensgesetz (ThürVwVfG)

Die Akteneinsicht durch Beteiligte wird in § 29 des Thüringer Verwaltungsverfahrensgesetzes (ThürVwVfG) geregelt. Der Begriff des Beteiligten ist in § 13 ThürVwVfG definiert. Bei Verfahren nach dem BBodSchG sind als Beteiligte regelmäßig Personen des Personenkreises nach § 4 Abs. 2 ff BBodSchG anzusehen. Als weitere Beteiligte kommen im Einzelfall auch Betroffene i. S. von § 12 BBodSchG in Frage.

2.2.4.3 Informationszugang nach dem Umweltinformationsgesetz (UIG)

Das UIG gewährt Auskunftssuchenden weit reichende Auskunftsmöglichkeiten über Informationen über die Umwelt gegenüber informationspflichtigen Stellen, ohne dass ein berechtigtes Interesse darzulegen ist.

Zu den **Informationen über die Umwelt im Sinne des UIG** zählen nach § 3 Abs. 2 UIG alle in Schrift, Bild oder auf sonstigen Informationsträgern vorliegenden Daten über

- den Zustand der Gewässer, der Luft, des Bodens, der Tier- und Pflanzenwelt und der natürlichen Lebensräume,
- Tätigkeiten oder Maßnahmen, die diesen Zustand beeinträchtigen oder beeinträchtigen können und
- Tätigkeiten oder Maßnahmen zum Schutz dieser Umweltbereiche.

Damit sind alle sich auf Altlasten beziehende, also sachbezogenen Angaben über die Kontaminationssituation auf einem Grundstück und ihre möglichen Ursachen Informationen über die Umwelt i. S. d. UIG.

Ausschlussgründe für den Zugang zu Umweltinformationen sind in den §§ 8 f UIG benannt. Es ist jeweils eine Abwägung im Einzelfall zwischen dem Interesse an der Veröffentlichung der Informationen sowie der schutzwürdigen Belange, die gegen eine Informationserteilung sprechen, vorzunehmen.

2.2.4.4 Informationszugang nach dem Thüringer Informationsfreiheitsgesetz (ThürIFG)

Das Thüringer Informationsfreiheitsgesetz (ThürIFG) vom 20. Dezember 2007 regelt den Zugang zu amtlichen Informationen von Behörden des Landes sowie von Körperschaften, Stiftungen und Anstalten des öffentlichen Rechts, die seiner Aufsicht unterstehen. Bezüglich der wesentlichen Regelungen wird auf das Informationsfreiheitsgesetz (IFG) des Bundes verwiesen. Antragsberechtigt sind Unionsbürger sowie Antragsteller mit Sitz in einem Mitgliedstaat der Europäischen Union.

2.2.4.5 Schutz von Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen

Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse sind solche Tatsachen, die

- im Zusammenhang mit einem wirtschaftlichen Geschäftsbetrieb stehen,
- nur einem eng begrenzten Personenkreis bekannt, also nicht offenkundig sind,
- nach dem Willen des Unternehmers geheim gehalten werden sollen und

- bezüglich derer ein berechtigtes wirtschaftliches Geheimhaltungsinteresse des Unternehmers besteht.

Nur wenn diese Voraussetzungen kumulativ vorliegen, handelt es sich bei bestimmten Informationen um ein Betriebs- und Geschäftsgeheimnis.

Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse dürfen nach § 8 Abs. 1 Satz 2 UIG, § 30 ThürVwVfG und § 203 Abs. 2 StGB nicht unbefugt offenbart werden. Im Fall des § 8 Abs. Nr. – 1. Variante UIG ist daher zu ermitteln, ob tatsächlich ein Betriebs-/Geschäftsgeheimnis vorliegt und ob das öffentliche Interesse an der Bekanntgabe ggf. überwiegt.

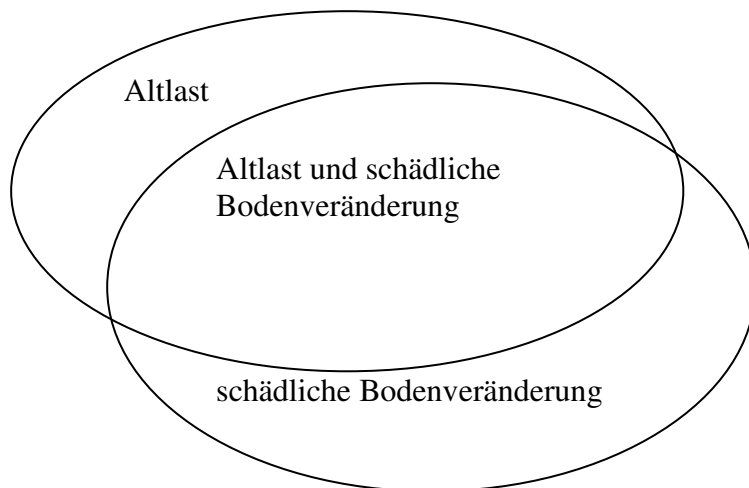
Verhältnis der zentralen Begriffe Altlasten und schädliche Bodenveränderungen untereinander und zum Gefahrenbegriff

Tabelle 1: Aufgliederung des Altlastenbegriffs nach BBodSchG

1. Differenzierung nach der altlastenbedingten Grundstücksnutzung			
1a) Altablagerungen			1b) Altstandorte
1aa) Stillgelegte Abfallbeseitigungsanlage			1ba) Grundstücke stillgelegter Anlagen
1ab) Sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle, behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind			1 bb) Sonstige Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen wurde
2. Differenzierung nach der Art der Gefährdung			
2a) Schädliche Bodenveränderung Beeinträchtigung von Bodenfunktionen			2b) Sonstige Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit
2aa) Gefahr	2ab) Erheb- liche Nachteile	2ac) Erheb- liche Belästigung	
Für den einzelnen oder die Allgemeinheit			

Das grundstücksbezogene Zuordnungsmerkmal des § 5 Abs. 5 BBodSchG, das letztlich 4 Alternativen umfasst, ist weit gefasst, so dass durch Schadstoffumgang verursachte Beeinträchtigungen meist in die Kategorie Altlasten fallen.

Da zudem durch die Beeinträchtigung zumeist das Schutzgut Boden betroffen ist, stellen die meisten Altlasten in der Praxis zugleich auch schädliche Bodenveränderungen im Sinne des BBodSchG dar.



Sonderfälle sind:

- Altlasten, die keine schädliche Bodenveränderung umfassen. Dies bedeutet definitionsgemäß, dass 2b) zutrifft, nicht jedoch 2a). Denkbar wäre hier die Nichtstandsicherheit des Ablagerungskörpers einer Altablagerung, dessen Abrutschung benachbarte Grundstücke gefährdet. Sofern Rekultivierungsschichten betroffen wären, kämen wieder Bodenfunktionen zum Tragen.
- Schädliche Bodenveränderungen, die keine Altlast sind, d.h. 2a) trifft zu, nicht jedoch 1). Am ehesten ist dies bei nicht stofflichen schädlichen Bodenveränderungen möglich, z.B. Flächen deren Böden durch Erosion, Verdichtung und Vernässung erheblich beeinträchtigt sind.
Bei stofflichen schädlichen Bodenveränderungen müssten außergewöhnliche Eintragspfade vorliegen z.B. Deposition aus der Luft, Überschwemmungsergebnisse o.ä.,
- Für die Altlastenbearbeitung in Thüringen bedeutsam ist die Regelung in § 4 ThürBodSchG. Danach sind die für Altlasten geltenden Regelungen des Dritten Teils des BBodSchG (Ergänzende Vorschriften für Altlasten) auch sinngemäß auf schädliche Bodenveränderungen anwendbar. Damit kann in der Vollzugspraxis für schädliche Bodenveränderungen dasselbe Instrumentarium eingesetzt werden, wie für Altlasten.
- Da hinsichtlich der Zuständigkeiten keine Unterscheidung zwischen originären „Altlastenbehörden“ und originären „Bodenschutzbehörden“ mehr erforderlich ist, spielt die Differenzierung bei der Zuständigkeitsprüfung auch keine Rolle mehr.
- Im Rahmen der Begründung von Anordnungen wird jedoch auf das Vorliegen der Tatbestandsmerkmale nach 1, 2a) und 2b) einzugehen sein.

2.2.6 Vorsorge, Gefahrenforschung, Gefahrenabwehr

Das behördliche Handeln im Rahmen der Altlastenbearbeitung lässt sich in die Bereiche Vorsorge, Gefahrenforschung und Gefahrenabwehr gliedern.

Erfassung und **Erstbewertung** (Altlastenleitfaden Teil I) sind dem Bereich der **Vorsorge** im weiteren Sinne zuzuordnen. Das eingesetzte Handlungsinstrumentarium dient dazu, die Flächen zu ermitteln, die am wahrscheinlichsten als Träger von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen in Frage kommen und eine Bearbeitungsreihenfolge festzulegen. Der vorsorgende Bodenschutz im engeren Sinne wird in den Altlastenleitfäden I-III nicht behandelt.

Die **Gefahrenforschung** ist Gegenstand dieses Leitfadens. Ausgehend von der Voraussetzung von Anhaltspunkten oder sogar konkreten Anhaltspunkten auf das Vorliegen einer Altlast oder schädlichen Bodenveränderung stehen der Behörde im ersten Fall die Instrumente des § 9 Abs. 1 BBodSchG und im zweiten Fall (zusätzlich) die des § 9 Abs. 2 BBodSchG zur Verfügung. Das Vorgehen sieht im erstgenannten Fall eine behördliche Sachverhaltsaufklärung und im zweiten Fall auch die Möglichkeit einer Anordnung zur Detailerkundung vor.

Bei beiden Konstellationen wird zunächst eine naturwissenschaftlich-technische Sachverhaltsaufklärung (Beurteilung) vorgenommen, an die sich eine behördliche Entscheidung (Bewertung) ggf. verbunden mit weiteren Vollzugshandlungen anschließt.

Unter **Gefahrenabwehr** sind diejenigen Arbeitsschritte und Maßnahmen einzuordnen, die sich beim Vorliegen einer Altlast oder schädlichen Bodenveränderung anschließen. Diese werden im Altlastenleitfaden Teil III behandelt.

2.2.7 Gefahrenbegriff in der Altlastenpraxis

Unter Gefahr wird nach der allgemeinen ordnungsrechtlichen Terminologie, die erkennbare, objektive, nicht entfernte **Möglichkeit des Schadenseintrittes** verstanden. Eine Gefahr liegt vor, wenn für die überschaubare Zukunft eine hinreichende Wahrscheinlichkeit des Schadenseintrittes besteht.

Die **Schutzgüter**, deren Schädigung durch Gefahrenabwehrmaßnahmen verhindert werden soll, sind insbesondere die menschliche Gesundheit, Bodenfunktionen, der Wasserhaushalt (Grundwasser und Oberflächengewässer), die öffentliche Wasserversorgung und unter Umständen Eigentumsrechte an Sachgütern.

Im Bodenschutzrecht der **Gefahr** gleichgestellt sind **erhebliche Nachteile** sowie **erhebliche Belästigungen** für den einzelnen oder die Allgemeinheit.

Bezogen auf den nachsorgenden Bodenschutz muss für den Gefahrenbegriff durch spezielle Erheblichkeitsmerkmale für die Überschreitung der Eingriffsschwelle gegeben sein. Erheblichkeitsmerkmale können im Einzelfall Prüf-/Maßnahmenwertüberschreitungen sein.

Im Polizei- und Ordnungsrecht werden Arten von „Gefahren“ unterschieden, bei denen unterschiedliche Eingriffsschwellen und Rechtsfolgen gegeben sind (Abb. 4).

Abbildung 4: Unterschiedliche Gefahrenbegriffe

Gefahrenbegriff	Erläuterung
zur zeitlichen Nähe des Schadenseintritts:	
Akute Gefahr	Gefahrenlage, bei der der Schadenseintritt sofort und fast mit Gewissheit zu erwarten ist; der Gefahrenzustand ist durch die besondere Nähe zum Schadenseintritt gekennzeichnet (BVerwGE)
Gegenwärtige Gefahr	liegt vor, wenn die Einwirkung des schädigenden Ereignisses begonnen hat oder unmittelbar bevorsteht (BVerwGE)
zur Schwere der Gefahr oder die Art der zu erwartenden Rechtsgutbeeinträchtigung:	
Erhebliche Gefahr	liegt vor, wenn die Gefahr einem bedeutsamen Rechtsgut (insbesondere Leben, körperliche Unversehrtheit, wichtige öffentliche Einrichtungen u. ä.) droht
Gefahr für Leib und Leben	liegt vor, wenn auf Grund der gegebenen Sachlage eine nicht nur leichte Körperverletzung oder der Tod einzutreten droht
zur Konkretisierung der Gefahr:	
Abstrakte Gefahr	liegt im rechtlichen Sinne vor, wenn infolge von Handlungen oder Zuständen losgelöst vom Einzelfall nach der Lebenserfahrung mit überwiegender Wahrscheinlichkeit eine konkrete Gefahr für die öffentliche Sicherheit zu erwarten ist (OVGE). Zur Bekämpfung können ordnungsbehördliche Verordnungen erlassen werden (OBG). Dieser Begriff ist im Einzelfall einer Altlast nicht relevant, wohl aber im Zusammenhang mit den Erhebungen über altlastverdächtigen Flächen.
Konkrete Gefahr	ist die im einzelnen Fall bestehende Gefahr, die sich aus einem konkret vorliegenden Sachverhalt ergibt (z.B. der Übergang eines bestimmten Schadstoffes vom Boden ins Grundwasser an einem speziellen Standort).
Gefahr im Verzug	ist eine Form der akuten Gefahr. Gefahr ist im Verzug, wenn zur Verhinderung eines erheblichen Schadens auf der Stelle eingegriffen werden muss. Sofern eine an sich zuständige Sonderbehörde nicht oder nicht rechtzeitig eingreifen kann, können Ordnungsbehörden tätig werden (OBG).

Gefahrenbegriff	Eingriffsschwellen/Rechtsfolgen – Anwendung im Bodenschutzrecht
Gefahrenverdacht	BBodSchG differenziert nach Anhaltspunkten und konkreten Anhaltspunkten auf das Vorliegen einer Altlast/schädlichen Bodenveränderung
Anhaltspunkte für Altlast/schädliche Bodenveränderung	Gefahrerforschungsmaßnahmen Orientierende Erkundung gem. § 9 Abs. 1 BBodSchG
Konkrete Anhaltspunkte für Altlast/schädliche Bodenveränderung	Ggf. Anordnung Detailerkundung § 9 Abs. 2 BBodSchG
zur zeitlichen Nähe des Schadenseintritts:	
(Konkrete) Gefahr	Altlast und oder schädliche Bodenveränderung liegt vor; Anordnungen nach §§ 10, 13, 15 Abs. 2, 16 Abs. 1
Akute Gefahr	Altlast und oder schädliche Bodenveränderung liegt vor; Anordnungen nach §§ 10, 13, 15 Abs. 2, 16 Abs. 1 Wegen der zeitlichen Nähe zum zu erwartenden Schadenseintritt ist im Einzelfall die Anordnung der sofortigen Vollziehbarkeit von Verwaltungsakten prüfenswert
Gegenwärtige Gefahr	Altlast und oder schädliche Bodenveränderung liegt vor; Anordnungen nach §§ 10, 13, 15 Abs. 2, 16 Abs. 1 wegen der zeitlichen Nähe zum zu erwartenden Schadenseintritt ist im Einzelfall die Anordnung der sofortigen Vollziehbarkeit von Verwaltungsakten prüfenswert
zur Schwere der Gefahr oder die Art der zu erwartenden Rechtsgutbeeinträchtigung:	
Erhebliche/dringende Gefahr	Altlast und oder schädliche Bodenveränderung liegt vor; Anordnungen nach §§ 10, 13, 15 Abs. 2, 16 Abs. 1 wegen der zeitlichen Nähe zum zu erwartenden Schadenseintritt ist im Einzelfall die Anordnung der sofortigen Vollziehbarkeit von Verwaltungsakten prüfenswert § 3 Abs. 1 Satz 2 ThürBodSchG ermöglicht u.a. Zutritt zu Betriebs- und Geschäftsräumen außerhalb der Geschäftszeiten sowie zu Wohnungen und Prüfungen in diesen Räumen
Gefahr für Leib und Leben	Altlast und oder schädliche Bodenveränderung liegt vor; Anordnungen nach §§ 10, 13, 15 Abs. 2, 16 Abs. 1 wegen der zeitlichen Nähe zum zu erwartenden Schadenseintritt ist im Einzelfall die Anordnung der sofortigen Vollziehbarkeit von Verwaltungsakten prüfenswert § 3 Abs. 1 Satz 2 ThürBodSchG ermöglicht u.a. Zutritt zu Betriebs- und Geschäftsräumen außerhalb der Geschäftszeiten sowie zu Wohnungen und Prüfungen in diesen Räumen

Gefahrenbegriff	Eingriffsschwellen/Rechtsfolgen – Anwendung im Bodenschutzrecht (Forts.)
zur Konkretisierung der Gefahr:	
Abstrakte Gefahr	Eine abstrakte Gefahr geht von der Gesamtheit der Verdachtsflächen Thüringens aus. Mit hinreichender Wahrscheinlichkeit befinden sich hierunter Flächen, die Altlasten/schädliche Bodenveränderungen darstellen. Bezüglich der einzelnen Verdachtsflächen bestehen jedoch Unsicherheiten in örtlicher und zeitlicher Hinsicht im Hinblick auf den konkreten Gefahrenbegriff. Die abstrakte Gefahr begründet im Bodenschutzrecht insbesondere Amtsermittlungspflichten.
Konkrete Gefahr	ist die im einzelnen Fall bestehende Gefahr, die sich aus einem konkret vorliegenden Sachverhalt ergibt.
Gefahr im Verzug	Spezialfall der akuten Gefahr bei dem das Tätigwerden der zuständigen Behörde nicht abgewartet werden kann bzw. zeitlich nicht rechtzeitig erfolgen kann; zusätzlich Eingriffsmöglichkeiten der Ordnungsbehörden/Polizeibehörden gemäß OBG bzw. PAG

Die Anwendung des ordnungs- und polizeirechtlichen Gefahrenbegriffs sowie der anderen o. g. Gefahrenbegriffe beinhaltet zwingend eine rechtliche Bewertung und ist insoweit originäre Aufgabe der zuständigen Behörde.

Diese rechtliche Bewertung ist von der fachlichen Beurteilung eines naturwissenschaftlich-technischen Sachverhaltes durch einen Gutachter bzw. Sachverständigen zu unterscheiden.

Insofern wird empfohlen bereits bei der Abfassung von Gutachten dafür Sorge zu tragen, dass diese Unterscheidung gewahrt wird. Es ist zuweilen sprachlich nicht einfach, diese Differenzierung zu gewährleisten.

Der Gebrauch des Begriffes „Gefahr“ in Untersuchungsberichten, Sachverständigen-gutachten und (ausschließlich) fachbehördlichen Stellungnahmen kann zu Missverständnissen führen und so die Urteilsbildung der zuständigen Behörden wie Betroffenen erschweren. In Beschreibungen und fachlichen Beurteilungen von Sachverhalten, insbesondere in Prognosen des zu erwartenden Geschehens (Szenario) wird empfohlen, den Begriff „Gefahr“ durch den Begriff „Risiko“ zu ersetzen. Soweit sich ein Schadereignis bereits realisiert oder realisiert hat, ist der Begriff „Schaden“ zutreffend.

Dabei sollten die folgenden risikobezogenen Begrifflichkeiten ohne Rückgriff auf die Gesetzessprache objektiv beschrieben und soweit wie möglich im Hinblick auf folgende Faktoren quantifiziert werden:

- zeitliche Nähe eines voraussichtlichen Schadenseintritts,
- Schwere und Art einer zu erwartenden Schutzgutbeeinträchtigung und
- andere, dem Risikobegriff innewohnende Faktoren.

Die Bedeutung der Differenzierung zwischen fachlicher Beurteilung und rechtlicher Bewertung mag in einfachen Fällen wie z.B. bei einer einfachen Prüfwertüberschreitung nicht unmittelbar ersichtlich sein. Wenn der Transferschritt von der fachlichen Beurteilung zur rechtlichen Bewertung eine Ermessensausübung beinhaltet, ist es

jedoch unverzichtbar, dass das Ergebnis der fachlichen Beurteilung unmittelbar aus dem Gutachten hervorgeht.

Grundsätzlich verantwortet der Fachgutachter die korrekte Feststellung des Sachverhaltes. Die zuständige Vollzugsbehörde ist für die zutreffenden rechtlichen Folgen verantwortlich.

Die o.g. Differenzierung schließt im Übrigen nicht aus, dass auch behördlicherseits fachliche Beurteilungen vorgenommen werden bzw. dass auch in Gutachten Aussagen zur rechtlichen Bewertung zu finden sind, beispielsweise weil ein privater Auftraggeber eines solchen Gutachtens dies mit beauftragt hat.

2.3 Vorgehensweise in Thüringen

Das als Grundlage für die länderspezifische Vorgehensweise dienende stufenweise Vorgehen der Altlastenbearbeitung in Thüringen sieht vor, als Abschluss einer jeden Phase die erforderlichen Entscheidungen für das weitere Vorgehen zu treffen. Diese Entscheidungen fallen auf der Basis unterschiedlicher Beweisniveaus (Kenntnisstand) und ermöglichen es, den von Stufe zu Stufe ansteigenden Kosten Rechnung zu tragen.

Der Ablauf erfolgt nach Thüringer Altlastenleitfaden Bd. 1, Erfassung und Erstbewertung (2. Auflage 2008) in drei Phasen mit teilweise mehreren Bearbeitungsschritten, denen sich jeweils eine Bewertung anschließt. Damit wird sichergestellt, dass besondere Gefährdungsfälle erkannt und vorrangig behandelt werden.

2.3.1 Erfassung und Erstbewertung

Die systematische und flächendeckende Erfassung aller altlastverdächtigen Flächen bildet in der Phase I die Grundlage für ein zielorientiertes und effizientes Bearbeiten der Altlastenproblematik. Dabei finden insbesondere Informationen aus

- der Akteneinsicht bei Behörden,
- der Auswertung von Betriebsunterlagen,
- der Zeitzeugenbefragung und

der multitemporalen Karten- und Luftbildauswertung Verwendung.

Die erfassten altlastverdächtigen Flächen werden unter Verwendung einheitlicher Kriterien in die bei der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie computergestützt geführte Verdachtsflächendatei, dem zentralen Bestandteil des Altlasteninformationssystems gemäß § 7 ThürBodSchG, eingegeben. Den Abschluss dieser Phase bildet die formalisierte Erstbewertung.

Die Phase I der Altlastenbearbeitung wird im Altlastenleitfaden Teil I behandelt.

2.3.2 Gefährdungsabschätzung

2.3.2.1 Historische Erkundung

Vorrangiges Ziel der historischen Erkundung als erster Bearbeitungsschritt der Phase II ist die möglichst umfassende Ermittlung altlastrelevanter Informationen über die betreffende Fläche.

Dabei sind bei

- Altablagerungen Aussagen über Art, Menge und Herkunft der Abfälle und das Ablagerungsregime, bei
- Altstandorten Aussagen über Produktionstechnologien, Art und Menge der Ausgangs- und Endprodukte sowie über aufgetretene Havarien

von besonderer Bedeutung. Weiterhin sind Aussagen zu den Standorteigenschaften und zu relevanten Schutzgütern als wichtige Teilaspekte einzubeziehen.

Diese Informationen bilden die Grundlage für die Bewertung auf Beweisniveau 1 und sind Voraussetzung für die Festlegung von Untersuchungsbereichen sowie der Inhalte des Untersuchungsprogrammes.

2.3.2.2 Orientierende Untersuchung

Die orientierende Untersuchung (Phase II, Bearbeitungsschritt 2) liefert erste Aussagen über Art und Umfang der vorliegenden Kontaminationen auf der Basis technischer Maßnahmen und chemisch-physikalischer Untersuchungen insbesondere an potenziellen Kontaminationsschwerpunkten. Diese Informationen sind die Grundlage für eine erste Gefährdungsabschätzung auf Beweisniveau 2. Das Ergebnis dieser Bewertung begründet ggf. den Handlungsbedarf für die Detailuntersuchung.

2.3.2.3 Detailuntersuchung

In der Detailuntersuchung (Phase II, Bearbeitungsschritt 3) werden durch ergänzende Untersuchungen detaillierte Erkenntnisse, insbesondere zu Menge und räumlicher Verteilung, zur Möglichkeit der Ausbreitung von Schadstoffen im Boden, in Gewässer oder in die Luft sowie die Möglichkeit einer Aufnahme der Schadstoffe durch Menschen, Tiere und Pflanzen gewonnen. Ziel dabei ist es, unter Berücksichtigung relevanter Expositionspfade zu einer abschließenden standortspezifischen Gefahrenbeurteilung zu kommen (Beweisniveau 3). Diese Gefahrenbeurteilung dient als Grundlage für die Entscheidung der Notwendigkeit weiterer Maßnahmen.

Sofortmaßnahmen

Während der Bearbeitung von altlastverdächtigen Flächen bzw. Altlasten ist fortlaufend zu prüfen, ob Sofortmaßnahmen zur Abwehr von akuten Gefahren zu treffen sind. Durch diese Maßnahmen wird der klassische Verlauf der Untersuchung verändert. Als generelle Ermächtigungsgrundlage für Sofortmaßnahmen im Sinne der Gefahrenabwehr gilt das allgemeine Polizei- und Ordnungsrecht (siehe 2.2.2.3). Die wichtigsten Kriterien für die Charakterisierung von Sofortmaßnahmen sind (Franz et al. 1993):

- Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung (insbesondere akute unmittelbare Gefahren für den Menschen),
- sofortige Einleitung und Durchführung (in der Regel ohne weitere Aufklärung des Sachverhaltes, Untersuchungen),
- Einleitung und Durchführung jederzeit unabhängig vom Bearbeitungsstand (in der Regel auf Grund von Erkenntnissen aus der Erfassung, Erstbewertung, Erkundung und Untersuchung).

- **Sofortmaßnahmen** werden in der Regel eingeleitet, wenn eine akute, erhebliche Gefahr vorliegt, mit deren Abwehr nicht bis zur planmäßigen Abarbeitung abgewartet werden kann.

Für akute Gefahrenlagen kommen hinsichtlich der menschlichen Gesundheit **direkte Gefährdungen** wie

- Explosionsgefahr durch Sprengstoffe, Munition, unter Druck stehendes Gas, Lösungsmittel,
- Brandgefahren durch Treibstoffe und Lösungsmittel,
- Vergiftungs- und Verätzungsgefahr durch Säuren, Laugen, Kampfstoffe, Dekontaminationsmittel,
- Verseuchungsgefahr durch Bakterien, Pilze und Viren bei nicht entsorgten Tierkadavern und Krankenhausabfällen,
- Absturzgefahren in baulichen Einrichtungen

und indirekte Gefährdungen wie

- Kontaminationsgefahr für Grund- und Oberflächenwasser durch wassergefährdende Stoffe

grundsätzlich in Frage.

Bei der Durchführung von Sofortmaßnahmen wird unterschieden in (Franzius et al. 1993)

- nicht bauliche Sofortmaßnahmen (z. B. Entsorgung, Bergung, Beräumung, Absperrung, Abdeckung, Verfüllung) und
- bauliche Sofortmaßnahmen, einschließlich der erforderlichen Detailuntersuchungen. Solche Sofortmaßnahmen können Untersuchungsmaßnahmen (Sondierung, Beprobung, Analytik, hydrogeologische Untersuchungen), Sicherungsmaßnahmen zur Unterbrechung der Kontaminationspfade (Abdecken, Abdichten, Immobilisieren) oder Dekontaminationsmaßnahmen zur Reduzierung oder Beseitigung des Schadstoffpotenzials (thermische-, mikrobiologische-, chemisch-physikalische Behandlung) umfassen.

Zu beachten ist, dass notwendige Sofortmaßnahmen häufig nicht originär dem Bodenschutzrecht unterfallen. In diesem Fall ist die zuständige Behörde zu informieren. Eine Zusammenarbeit und Abstimmungsbedarf ergibt sich auch in den Fällen, in denen die Sachzuständigkeit bei der Bodenschutzbehörde liegt, jedoch auf Grund der Dringlichkeit (beispielsweise weil ein Bescheid einem Pflichtigen nicht rechtzeitig bekannt gegeben werden kann) ein ordnungsbehördliches Handeln erforderlich ist.

2.3.4 Sanierung

Als erster Bearbeitungsschritt der Phase III (Sanierung und Überwachung) dient die Sanierungsuntersuchung zur

- Präzisierung der Abgrenzung der unterschiedlich stark belasteten Bereiche,
- Prüfung der möglichen Sanierungstechniken,
- Erarbeitung von Sanierungsvarianten,
- Durchführung einer Kosten- und Kostenwirksamkeitsschätzung und
- als Grundlage für die Erstellung des Sanierungsplans.

Eine eventuell erforderliche Sanierung kann sowohl durch Sicherung als auch durch Dekontamination erfolgen. Diese Entscheidung erfolgt unter Berücksichtigung der durch die zuständige Behörde nutzungs- und schutzgutbezogen festgelegten Sanierungsziele.

Als verbindliche Vorgabe für sämtliche Sanierungsaktivitäten dient der von der zuständigen Behörde für verbindlich erklärte Sanierungsplan, ggf. auch ein Sanierungsvertrag. Die Sanierung ist durch eine ständige Fachbegleitung zu dokumentieren und nach Abschluss einer Erfolgskontrolle zu unterziehen.

2.3.5 Überwachungsmaßnahmen

Das Erfordernis von Überwachungsmaßnahmen kann sich sowohl nach Abschluss einer Sanierung ergeben, als auch bei Altlasten, die nicht saniert oder nur teilsaniert bzw. in der Bearbeitung zurückgestellt wurden.

Grundsätzlich ist zu unterscheiden, ob aktiv Sicherungs- oder Dekontaminationsmaßnahmen durchgeführt wurden oder natürliche Selbstreinigungskräfte im Vordergrund stehen.

Ist nach **Dekontaminationsmaßnahmen** keine Restbelastung nachweisbar, entfällt in der Regel eine technische Nachsorge. Wurde eine Altlast nur teilweise dekontaminiert, unterliegt das Gelände Nutzungsbeschränkungen und die verbleibenden Schadstoffe sind im Hinblick auf Konzentration und Mobilität zu überwachen. Derartige Überwachungsmaßnahmen sind z. B. die Messung von Bodenluftkonzentrationen, der Sickerwassermenge und –zusammensetzung, der Grundwasserbeschaffenheit sowie arbeitsmedizinische Untersuchungen.

Diese Erhebungen können auch bei der Überwachung **nicht sanierter Flächen** erforderlich sein.

Bei **Sicherungsmaßnahmen** sind zusätzliche Überwachungen notwendig, da die Sicherungselemente eine endliche Funktionsdauer aufweisen. Diese Maßnahmen sind z. B. die Überprüfung der Langzeitstabilität von Bauwerken, die Funktionskontrolle von Sicherungselementen, die Kontrolle der Langzeitstabilität der Immobilisierungen usw.

Die Zeitdauer, die Parameter und die Intensität der Überwachung müssen fallspezifisch gestaltet werden und die Untersuchungsintervalle können von täglichen bis zu jährlichen Messungen variieren.

Überwachungsmaßnahmen erfordern einen personellen sowie finanziellen Aufwand und sind bereits in der Entwurfsplanung zu berücksichtigen.

3 Grundlagen für die Erkundung und Untersuchung

Die Erkundung und Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen bzw. Altlasten erfordert als Querschnittsaufgabe interdisziplinäre Kenntnisse. In der praktischen Abwicklung sind die Durchführung von Erkundungen/Untersuchungen sowie die Beurteilung der Ergebnisse deshalb häufig nur durch ein fachübergreifend ausgerichtetes Gutachterteam zu realisieren. Dabei sind Kenntnisse zur

- Geologie, Hydrogeologie und Pedologie,
- Chemie und
- Toxikologie
- erforderlich.
- Ausgehend von einem begründeten Verdacht (siehe Altlastenleitfaden Thüringen, Band 1 Erfassung und Erstbewertung, TMLNU 2. Auflage 2008) finden im Rahmen der Untersuchung insbesondere
- die Lage der Altlast,
- die Auswirkungen der Standort- und Schadstoffeigenschaften auf die Schadstofffreisetzung und -ausbreitung,
- toxikologische Aspekte der relevanten Parameter und
- die Möglichkeit der Exposition betroffener Schutzgüter

für eine Beurteilung der von der altlastverdächtigen Fläche ausgehenden Risiken Berücksichtigung.

Im Rahmen der nachfolgenden Kapitel werden diese Aspekte hinsichtlich der naturräumlichen Bedingungen in Thüringen, der von Altlasten ausgehenden Risiken sowie deren Beurteilung näher beleuchtet.

3.1 Landestypische Regionalisierung

3.1.1 Überblick

Thüringen wird geologisch überwiegend durch die vier großen Einheiten

- Thüringer Schiefergebirge,
- Thüringer Wald,
- Thüringer Becken und
- Südwestthüringisches Triasgebiet

bestimmt. Das Land steigt von Tieflandsbereichen bis hoch in den Mittelgebirgsbereich (Thüringer Gebirge) an. Das Kennzeichen der Vorländer beiderseits des Thüringer Gebirges sind Landstufen und Landterrassen, niedrige Hügel, flache Niederungen und breitsohlige Täler (Weber 1955).

Die geomorphologischen Strukturen prägen entscheidend den meteorologischen und hydrologischen Gebietscharakter. So bestimmen der Harz im Norden und der Kamm des Thüringer Waldes bzw. des Thüringer Schiefergebirges im Südwesten bzw. Südosten als bedeutende Wetter- und Wasserscheiden das Niederschlags- und Abflussgeschehen. Die Niederschlagshöhe beträgt in Thüringen im Jahresmittel

693 mm bei großen regionalen Unterschieden auf Grund der intensiven geomorphologischen Gliederung von < 500 mm bis > 1.500 mm (TMLNU 1997).

3.1.2 Hydrogeologie und Grundwasserbeschaffenheit (nach Seidel 1995)

Der Untergrund von Thüringen besteht zu annähernd 95 % aus Festgesteinen, die zumeist nur geringmächtig überdeckt sind. Die Gesteine der Mittelgebirge (Harz, Thüringer Schiefergebirge, Thüringer Wald) werden von einem schmalen Saum gut wasserführender Gesteine umschlossen, der hydrodynamisch zum Tafelgebirgstockwerk überleitet. Dieser Saum bzw. Zechstein-Gürtel ist oft verkarstet und sammelt an vielen Stellen die zufließenden Gebirgswässer, um sie dränageartig abzuführen.

Daneben treten in den Auebereichen der Werra, Unstrut und ihrer Nebenflüsse Zorge und Helme, der Gera sowie im Raum nördlich von Altenburg ergiebige Lockergesteingrundwasserleiter auf.

Als Differenz aus Niederschlag und Verdunstung liegen im Jahresdurchschnitt ca. 300 mm als Gesamtdargebot für die Grundwasserneubildung vor. Davon fließen ca. 70 % über die Oberflächengewässer als Direktabfluss ab. Die Grundwasserneubildung beträgt ca. 90 mm/Jahr.

Das zur Trink- und Brauchwasserversorgung genutzte Grundwasser wird in Thüringen sowohl aus Festgesteinen (Kluft-, Karst-, untergeordnet Porenwasser) als auch aus Lockergesteinen (Porenwasser) gewonnen.

Zahlreiche Tätigkeiten des Menschen verursachen Veränderungen der natürlichen physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Eigenschaften des Grundwassers. Dies sind

- flächenhafte Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit infolge atmosphärischer Stoffeinträge in einigen Gebieten des Thüringer Schiefergebirges und des Thüringer Beckens. Hier ist die Grundwasserversauerung am weitesten fortgeschritten (niedrige pH-Werte, Mobilisierung von Al^{3+}).
- flächenhafte Grundwasserbelastungen durch intensive land- und forstwirtschaftliche Nutzung (Überdüngung mit Agrochemikalien und Gülle).
- Auswirkungen auf den Grundwasserpfad durch zivile und militärische Altlasten. Bisherige Untersuchungsergebnisse von Altablagerungen in Thüringen kennzeichnen die nachfolgenden Stoffe als häufig im Grundwasser auftretend:
- Anorganische Substanzen
Hydrogencarbonat, Bor, Natrium, Chlorid, Magnesium, Calcium, Kalium, Strontium, Sulfat, Nickel, Mangan, Arsen, Chrom, Ammonium, Fluorid, Kupfer, Nitrat
- Organische Substanzen
Tetrachlorethen, Trichlorethen, Dichlorethen, Benzol, Xylol, Trichlormethan, Vinylchlorid, Toluol, Tetrachlormethan, Phenole, PAK.
- Grundwasserbelastungen aus dem Bergbau (Uranerz, Kalisalz und Braunkohle) bzw. aus den industriellen Veredelungsprozessen für die gewonnenen Bodenschätze.

3.1.3 Böden und Bodenbelastungen

Thüringen gehört zu den folgenden Bodenregionen (BR) bzw. Bodengroßlandschaften der Bundesrepublik Deutschland (Seidel 1995):

- BR der vorwiegend paläozoischen Grundgebirge und der Schiefergebirge,
- BR der neozoischen Vulkangebiete (Hohe Rhön und Vorderrhön),
- BR der mesozoischen Berg- und Hügelländer,
- BR der mesozoischen Schichtstufenländer und der Kalkplatten,
- BR der lößbeeinflussten Becken und der Lößböden,
- BR der Niederterrassenebenen und Talauen.

Die jeweiligen Bodenregionen lassen sich in die Bodenlandschaften Thüringens untergliedern. Diese rund 37 Kartierungseinheiten umfassenden Bodenlandschaften stellen relativ einheitliche Gebiete dar (Anhang 1).

Bei der Ermittlung geogener Gehalte im Oberboden ist zu berücksichtigen, dass Oberböden im Regelfall anthropogenen Einflüssen ausgesetzt waren bzw. sind. Während z. B. Gehalte von Ni und Cr in Böden überwiegend geogen bedingt sind (d. h. nur in geringem Maße von Einträgen über Immissionen beeinflusst), sind die natürlichen Gehalte von Zn, Pb, Cd und Cu in Oberböden meist von anthropogenen Einträgen überlagert. Organische Stoffe gelangen fast ausschließlich durch anthropogene Verursachung ubiquitär in die Böden, ein geogenes (natürliches) Vorkommen dieser Stoffe ist für altlastentypische organische Schadstoffe nicht relevant.

Die geogenen Schwermetallgehalte in Böden bilden die Grundlage zur Beurteilung möglicher anthropogener Bodenverunreinigungen. Die bisherigen Ergebnisse zur Charakterisierung der substratbezogenen Hintergrundwerte Thüringer Böden sind in Anhang 2 zusammengefasst.

3.2 Wirkungspfade und Gefahrenpotenziale

Umwelt- und Gesundheitsrisiken durch Altlasten entstehen neben dem Direktkontakt mit dem Boden durch die Freisetzung (Emission) und Ausbreitung (Transmission) der vorhandenen Schadstoffe. Ausbreitungsmedien sind dabei vor allem Wasser und Luft. Zur Beurteilung möglicher Beeinträchtigungen durch Schadstoffe ist abzuwägen, inwieweit grundsätzlich Kontakt- und Ausbreitungsmöglichkeiten mit/durch schadstoffbelastete Medien bestehen. Mögliche Gefährdungen ergeben sich aus:

- direktem Kontakt mit belastetem Boden und Staub über die Haut, durch Verschlucken oder Einatmen,
- Ausbreitung über die Luft durch Emission von Gasen, Aerosolen und Stäuben,
- Belastung des Grundwassers durch verunreinigtes Sickerwasser oder das Eindringen eines Schadstoffes in Phase,
- Einträgen in Oberflächengewässer durch einfließendes Grundwasser, Niederschlagswasser (runoff) oder fließende Sickerwasseraustritte sowie durch direkte Ablagerungen von Schadstoffen im Gewässer, durch defekte Rohrleitungen oder durch Abschwemmungen bei starken Niederschlägen, Schneeschmelzen, Böschungsabbrüche und Staubverwehungen,
- Ausbreitung über die Nahrungskette in Pflanzen, Nutztieren, Milch usw.,
- Wirkungen auf Bauwerke durch physikalische (Setzungen, Verschiebungen und Rutschungen sowie biologischer Abbau und Volumenreduzierung oder

Veränderungen im Wasserhaushalt), chemische (aggressive Medien) und biologische Einflüsse (Mikroorganismen, Pilze und Algen).

Nach BBodSchV sind folgende Wirkungspfade, für die sich auf Grund der im Einzelfall vorliegenden Informationen der Verdacht einer Gefährdung ergibt, relevant:

- Boden - Mensch (direkter Übergang),
- Boden - Nutzpflanze,
- Boden - Grundwasser.

Für den Direktpfad Boden - Mensch wird dabei zwischen den Nutzungen Kinderspielflächen, Wohngebiete, Park- und Freizeitanlagen sowie Industrie- und Gewerbegrundstücke und für den Wirkungspfad Boden - Nutzpflanzen nach Ackerbau/Nutzgarten und Grünland unterschieden.

Bei Gefährdungsabschätzungen zum Wirkungspfad Boden - Grundwasser ist nicht nach der Art der Nutzung zu unterscheiden.

3.2.1 Gesundheitsrisiken über den Direktpfad

Risiken für die menschliche Gesundheit können sich grundsätzlich durch die orale, inhalative und dermale Aufnahme von Schadstoffen ergeben.

Orale Aufnahme

Das Risiko der oralen Schadstoffaufnahme aus dem Boden ist am ehesten bei spielenden Kleinkindern gegeben. Diese Form der Aufnahme von Schadstoffen über den Boden spielt gegenüber anderen Aufnahmemöglichkeiten sicher eine bedeutende Rolle und muss bei Wirkungseinschätzungen unbedingt Berücksichtigung finden.

Die orale Belastung Erwachsener durch Schadstoffe aus Altlasten kommt in den meisten Fällen durch Aufnahme belasteter Nutzpflanzen aus Haus- oder Kleingärten und/oder durch das Verschlucken von Staub bei Gartenarbeiten zustande.

Neben der Aufnahme der im Boden vorkommenden Schadstoffe über die Wurzeln kann eine zusätzliche Belastung der Pflanzen durch Deposition schadstoffhaltigen Staubes vorliegen. Besonders sind hier Gemüsesorten mit großer, unregelmäßiger Blattoberfläche wie Wirsing, Petersilie, Blumenkohl usw. betroffen. Der Weg der Schadstoffe von dem Emittenten über die Pflanze zum Menschen ist in diesem Fall nicht immer festzustellen und somit das Aufklären einer Ursache - Wirkungs-Beziehung erschwert.

Inhalative Aufnahme

Von einer potenziellen Aufnahme staubgebundener Schadstoffe ist immer dann auszugehen, wenn größere Teile oder auch die gesamte altlastverdächtige Fläche keine Vegetation oder eine andere Art von Bedeckung bzw. Versiegelung (z. B. Asphaltdecke) aufweisen. Das Fehlen von Pflanzenbewuchs tritt relativ häufig bei Hüttenhalde auf, bei denen hohe Konzentrationen an phytotoxischen Metallen vorliegen.

Weitere Möglichkeiten der Staubexposition ergeben sich bei Gartenarbeiten und bei staubemittierenden Arbeiten auf Industrieflächen sowie durch Hausstaub.

Eine wichtige Rolle bei der Schadstoffaufnahme spielt insbesondere die Korngröße der Partikel. Vor allem dies unterscheidet Stäube von Gasen und Dämpfen. Als biologisch besonders relevant ist der alveolengängige Feinstaub (Durchmesser von 1-7 µm) einzustufen. Dieser lungengängige Staub gelangt bis zu den Lungenbläschen und kann dort direkt in die Blutbahn übergehen.

Die Aufnahme von flüchtigen Schadstoffen aus dem Boden bildet eine weitere Expositionsmöglichkeit. Diese Möglichkeit der Belastung durch Gase bzw. Dämpfe aus Altlasten ist dann gegeben, wenn eine Bebauung direkt auf verunreinigten Bodenbereichen vorhanden ist. Aber auch Anwohner von Altlasten können durch die Migration der Schadstoffe über den direkten Bereich der Altlast hinaus nicht unerheblich gefährdet werden. Allerdings ist die Konzentration der flüchtigen Schadstoffe hier im Allgemeinen geringer als direkt auf dem Altlastgelände.

Von besonderer Relevanz ist die mögliche Gasanreicherung in Innenräumen. Ein Hinweis auf diese Gefahr bildet beispielsweise das Auftreten von Geruchsbelästigungen und/oder der Nachweis von Methan oder Anreicherungen von Kohlendioxid in Kellern von Altlastbebauungen.

Aufnahme über die Haut

Auf Grund der Heterogenität der Haut erweist sich die Abschätzung der dermalen Aufnahme von Schadstoffen in den Körper als komplexe Aufgabe. Grundsätzlich ist als Expositionsmöglichkeiten die dermale Schadstoffaufnahme

- über den Boden,
- aus Badegewässern und
- aus Hausstaub

denkbar. Insbesondere Schadstoffe, die durch einen niedrigen Henrykoeffizienten und niedrigen Octanol/Wasserverteilungskoeffizient gekennzeichnet sind, erweisen sich als relevant für die dermale Schadstoffaufnahme.

Bei einem Hautkontakt mit kontaminiertem Boden ist davon auszugehen, dass meist nicht die gesamte Körperoberfläche dem belasteten Material ausgesetzt ist. Bezüglich der exponierten Hautoberfläche ist allerdings beim Baden von einer 100 % exponierten Körperoberfläche auszugehen.

3.2.2 Wirkungspfad Boden - Pflanze

Gefährdungsabschätzungen möglicher schädlicher Wirkungen von Bodenverunreinigungen für Nutzpflanzen beziehen sich nach BBodSchV auf die Bodenfunktion „Standort für den Nutzpflanzenanbau“. Dabei sind die verschiedenen Fallgestaltungen

- Ausschluss von humantoxischen Wirkungen beim Verzehr von pflanzlichen Lebensmitteln,
- Vermarktbarkeit von Nahrungspflanzen aus Acker- und Erwerbsgartenbau als Lebensmittel und
- Verwertbarkeit von Ackerfutter und Grünlandaufwuchs als Futtermittel zu unterscheiden.

Als wichtigste Einflussgröße für die Bedeutung des Wirkungspfades Boden - Pflanze erweist sich hier der stoffspezifische Anteil der jeweiligen Bodenkonzentration, der von der Nahrungspflanze systemisch aufgenommen werden kann oder im Bodenmaterial an der Pflanze anhaftet.

Zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen Boden- und Pflanzengehalten wird für acker- und gartenbauliche Nutzung der mobile und leicht mobilisierbare Anteil des jeweiligen Stoffes (bei Schwermetallen z. B. auf der Grundlage von Ammoniumnitrat-extrahierbaren Gehalten) herangezogen. Für Böden, die als Grünland bewirtschaftet

werden, bilden die mit Königswasser aufgeschlossenen Gesamtgehalte von Metallen die Grundlage für die Bewertung.

Der Abgleich mit dem Prüfwert Benzo(a)pyren für Ackerbau/Nutzgarten und dem Maßnahmenwert PCB für Grünlandnutzung erfordert eine Analytik entsprechend Anhang 1 BBodSchV mit GC oder HPLC.

3.2.3 Wirkungspfad Boden - Grundwasser

Ist mit einer Schadstoffausbreitung durch Auswaschungen aus der Schadstoffquelle zu rechnen, sind die von der altlastverdächtigen Fläche/Altlast ausgehenden Gefahren für das Grundwasser mit Hilfe einer Sickerwasserprognose zu beurteilen.

Laut BBodSchV ist die Sickerwasserprognose die Abschätzung der von einer Verdachtsfläche, altlastverdächtigen Fläche, schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgehenden oder in überschaubarer Zukunft zu erwartenden Schadstoffeinträge über das Sickerwasser in das Grundwasser. Die Prognose hat unter Berücksichtigung von Konzentrationen und Frachten und bezogen auf den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone zu erfolgen.

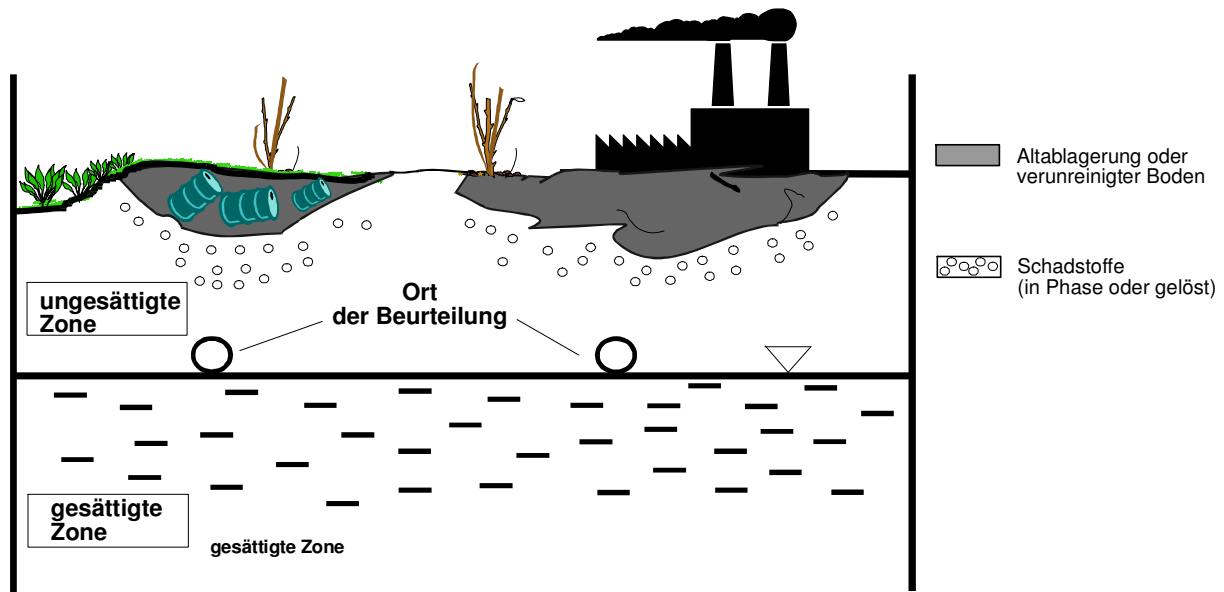
Die Sickerwasserprognose ist bei entsprechender Relevanz des Pfades Boden-Grundwasser sowohl Bestandteil der orientierenden Untersuchung als auch der Detailerkundung.

Die Stoffkonzentrationen und –frachten im Sickerwasser und der Schadstoffeintrag in das Grundwasser im Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone (**Ort der Beurteilung**) können nach BBodSchV abgeschätzt werden, es sei denn, günstige Umstände erlauben eine repräsentative Beprobung von Sickerwasser am Ort der Beurteilung.

Es sei darauf hingewiesen, dass in der Verordnung ausdrücklich von **Abschätzung**, nicht von **Errechnung eines „exakten“ Sickerwasserwertes** die Rede ist. Die Abschätzung muss selbstverständlich plausibel und wissenschaftlich korrekt sein.

Abbildung 5 skizziert die Lage von schädlichen Bodenveränderungen in der ungesättigten Bodenzone und den Ort der Beurteilung am Übergang zur gesättigten Bodenzone.

Abbildung 5: Altlastverdächtige Fläche mit schädlichen Bodenveränderungen in der ungesättigten Bodenzone



Bei einer Lage des Schadens in der gesättigten Zone erfolgt die Bewertung nach wasserrechtlichen Kriterien. Liegt dabei ein Teil der schädlichen Bodenveränderungen in der ungesättigten Zone ist mittels Sickerwasserprognose auch der zukünftige Schadstoffeintrag zu ermitteln.

Hinweise auf mögliche Grundwasserbeeinträchtigungen ergeben sich v. a. durch direkte Untersuchungen von Sickerwässern oder Grundwasser. Dabei können Grundwasseruntersuchungen bereits eingetretene Schäden nur aufzeigen, wenn stationäre Verhältnisse vorhanden sind und gleichzeitig die hydrogeologischen und hydraulischen Verhältnisse eine repräsentative Probennahme im Grundwasser ermöglichen. Bei der direkten Sickerwasseruntersuchung ist der Auftreffpunkt von Bodensickerwässern auf die Grundwasseroberfläche probennahmetechnisch nur schwer zu erreichen. Deshalb werden für eine Gefahrenabschätzung auch Prognosewerte auf der Basis geeigneter und verlässlicher Prognoseverfahren benötigt (Kerndorff et al. 1998). Die Möglichkeit zur Einbeziehung lokaler Kenntnisse über Minderungsprozesse durch die Pufferwirkung in der ungesättigten Zone und die konkrete Verteilung unterschiedlich wirksamer Gesteine sollte - um eine differenzierte Beurteilung zu ermöglichen - dabei gegeben sein (Dörhöfer et al. 1998).

Nähere Ausführungen zur Durchführung der Sickerwasserprognose werden in Kapitel 5.2.2.5 gemacht.

3.3 Gefährdungsabschätzung, gutachterliche Beurteilung und behördliche Bewertung

Die Begriffe Beurteilung und Bewertung werden im Zusammenhang mit der Gefährdungsabschätzung bei Altlasten häufig synonym gebraucht. Im Bundes-Bodenschutzgesetz wird jedoch zwischen den Begriffen differenziert: So unterscheidet etwa § 9 Abs. 1 4.: Satz BBodSchG zwischen Feststellungen einerseits und Ergebnissen der Bewertung andererseits. Auch § 4 BBodSchV unterscheidet beide Begriffe im Zusammenhang mit der Gefährdungsabschätzung, ebenso wie diverse Arbeitshilfen zur Sickerwasserprognose.

Im Rahmen dieses Leitfadens wird daher im Bedarfsfall zwischen der **gutachterlichen Beurteilung** und der **behördlichen Bewertung** als zwei unterschiedlichen Bearbeitungsteilschritten differenziert.

Der Begriff der **Gefährdungsabschätzung** umfasst dabei die Gesamtheit der Beurteilungen, die notwendig sind, um für den jeweiligen Bearbeitungsschritt die Sachlage hinreichend zu klären. Die Gefährdungsabschätzung ist somit wesentlicher Bestandteil der gutachterlichen Beurteilung. Eine abschließende Gefährdungsabschätzung wird im Regelfall im Ergebnis der Detailuntersuchung erstellt.

Ziel einer Gefährdungsabschätzung ist die Feststellung, ob von einer altlastverdächtigen Fläche Gefährdungen für Menschen, Umwelt oder die öffentliche Sicherheit ausgehen (können) bzw. ob ein hinreichender Verdacht einer derzeitigen oder künftigen Beeinträchtigung des Allgemeinwohls bzw. des Bodens, des Wassers oder der Luft besteht und welcher Art diese Gefährdungen sind.

Von einer Gefährdungsabschätzung altlastverdächtiger Flächen und Verdachtsflächen werden zudem sowohl Feststellungen eingetretener Schäden als auch Prognosen erwartet, welche Schäden in der Zukunft wahrscheinlich sind, wenn keine Maßnahmen zur Gefahrenabwehr ergriffen werden. Prognosen sind aber auch dann gefordert, wenn es bei beabsichtigten Nutzungsänderungen Gefahrensituationen zu vermeiden gilt (SRU 1995).

Die Aufgabe der fachlichen Beurteilung durch den Gutachter/Sachverständigen besteht demnach darin, die in den einzelnen Fällen eingetretenen Einwirkungen auf Schutzgüter und die bestehenden bzw. zukünftig zu erwartenden Risiken abzuschätzen sowie deren Ursachen aufzuklären.

Bei der Gefährdungsabschätzung beschränkt man sich bewusst auf die Analyse der Wirkungen einiger relevanter Stoffe bzw. Stoffgruppen, die maßgeblichen Einfluss auf die Beurteilung haben.

Zur Gefährdungsabschätzung herangezogene Vergleichswerte für die orientierende Untersuchung sind unter Beachtung der Gegebenheiten des Einzelfalles die in der BBodSchV festgelegten Prüf- und Maßnahmenwerte für die Wirkungspfade:

- Boden - Mensch (direkter Kontakt, Bodenkonzentration),
- Boden - Nutzpflanze (mobile und mobilisierbare Anteile der Bodengehalte),
- Boden - Grundwasser (Sickerwasserkonzentration).

Liegen der Gehalt oder die Konzentration eines Schadstoffes unterhalb des jeweiligen Prüfwertes, ist insoweit (d. h. jeweils nur für die betrachteten Schadstoffe und Wirkungspfade) der Verdacht einer Altlast ausgeräumt (BBodSchV).

Wird ein Prüfwert überschritten, sind nach BBodSchG insbesondere Daten hinsichtlich

- Art und Konzentration der Schadstoffe,
- der Möglichkeit ihrer Ausbreitung in die Umwelt und
- ihrer Aufnahme durch Menschen, Tiere, Pflanzen
- sowie der Nutzung des Grundstückes

zu erheben, um festzustellen, ob eine Altlast vorliegt.

Für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser bedeutet dies, dass die Überschreitung der Sickerwasserkonzentration für einen Schadstoff am Ort der Probennahme eine

Einzelfallermittlung, zur Prüfung ob die Schadstoffkonzentration im Sickerwasser am Ort der Beurteilung den Prüfwert übersteigt, erfordert.

Werden für die Interpretation der Untersuchungsergebnisse Vergleichswerte herangezogen, so ist ihre Verwendung unter dem Aspekt der Anwendbarkeit und Aussagekraft zu begründen.

Bei der Verwendung von Vergleichswerten ist somit grundsätzlich darzustellen, ob und inwieweit die bei der Ableitung dieser Werte zugrunde gelegten Annahmen und Konventionen zutreffen. Die Ableitung von Maßnahmen auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse erfordert die Diskussion des Ausmaßes (Höhe) der Prüfwertüberschreitung und der räumlichen Verteilung der Beprobungspunkte mit nachgewiesenen Schadstoffkonzentrationen, welche entsprechende Prüfwerte überschreiten.

Entscheidend für eine **Beurteilung** der ermittelten Schadstoffgehalte sind dann die **Stoffeigenschaften** im Hinblick auf ihr Freisetzungs- und Ausbreitungspotenzial in den Umweltmedien sowie ihre toxikologische Wirkung und die abiotischen und biotischen **Standortverhältnisse**.

Die stoffspezifischen Einflussgrößen bestimmen über die Mobilitätseigenschaften und Toxizitätseigenschaften die für eine vorliegende oder zukünftige Nutzung in die Risikobeurteilung einzubeziehenden Wirkungspfade. Die Bedeutung einzelner Wirkungspfade kann durch standortspezifische Eigenschaften erheblich modifiziert werden. Standortspezifische Betrachtungen sind deshalb grundlegende Bestandteile einer Einzelfallprüfung.

3.3.1 Stoffeigenschaften

Als kennzeichnende Größen der Stoffe sind folgende Eigenschaften zu unterscheiden:

- Physikalische Eigenschaften
- Struktur (Molekülgröße und -form),
- Aggregatzustand,
- Dichte,
- Dampfdruck (Flüchtigkeit),
- Viskosität (Konsistenz),
- Sorptions- (Haftungs-)fähigkeit am Bodenmaterial,
- Löslichkeit,
- Zündtemperatur und Explosionsgrenze,
- Mobilität und Auslaugbarkeit,
- Mischbarkeit.
- Chemische Eigenschaften
- Reaktivität mit Wasser, Boden und Untergrundmaterial,
- Stabilität/Alterung,
- Komplexbildungsfähigkeit,
- biologische und chemische Abbaubarkeit (Photolyse, Hydrolyse),

- Transfereigenschaften,
- Metabolitenbildung,
- Persistenz.
- Toxikologische und hygienische Eigenschaften
- humantoxische und maligne Eigenschaften,
- organoleptische Eigenschaften (Geruch, Geschmack usw.),
- ökotoxische Eigenschaften (Wirkung auf Flora und Fauna),
- synergistische (zusammenwirkende) und antagonistische (gegenwirkende) Eigenschaften,
- Bioakkumulierbarkeit und Persistenz in biotischen Systemen.

All diese Stoffeigenschaften müssen soweit wie möglich im Rahmen einer umfassenden Beurteilung Berücksichtigung finden, um eine weitestgehend realistische Einschätzung denkbarer Risiken vornehmen zu können.

Hinsichtlich des Schadstofftransfers sind die Schadstoffeigenschaften beim direkten Übergang bezogen auf die Nutzungen Kinderspielflächen und Park- und Freizeitanlagen insbesondere für den dermalen Kontakt von Bedeutung. Der Schadstofftransfer in Wohnhäuser sowie Industrie- und Gewerbegebäude durch gasförmige Belastungen wird dagegen entscheidend durch die Flüchtigkeit der jeweiligen Stoffe beeinflusst. Mögliche Beeinträchtigungen durch staubförmig gebundene Stoffe erfolgen insbesondere über nichtflüchtige Stoffe.

Der Schadstofftransfer für die Wirkungspfade Boden - Pflanze und Boden - Grundwasser wird entscheidend durch die Mobilität der Stoffe bestimmt.

3.3.2 Wirkungspfadbezogene Standorteinflüsse

3.3.2.1 Wirkungspfad Boden - Mensch (direkter Kontakt)

Das Risiko der oralen/dermalen Schadstoffaufnahme aus dem Boden bzw. durch das Verschlucken von Staub für Kleinkinder und Erwachsene wird durch die nachfolgenden standortabhängigen Eigenschaften beeinflusst:

- Grad der Bodenbedeckung (Einschränkung der Grabmöglichkeiten durch Versiegelung und Bedeckung durch Rasen),
- Bodentiefe (nur Bodenbereiche von 0-35 cm sind von Relevanz),
- Entfernung der betrachteten Fläche zum nächsten Wohngebiet,
- Zugänglichkeit der Fläche (mögliche Reduzierung der Expositionshäufigkeit).

Eine inhalative Schadstoffaufnahme über den Staub im Freien ist insbesondere von den Niederschlagsverhältnissen hinsichtlich der Menge und deren Verteilung, von der Intensität staubemittierender Arbeiten und der Oberflächenbeschaffenheit abhängig. Oberflächenabdichtungen durch Asphalt, Schlacke oder andere Beläge sind nur in den Fällen zu beurteilen, wenn eine Beprobung von staubbildendem Oberflächenmaterial möglich ist. Daneben beeinflussen die für die orale/dermale Schadstoffaufnahme aus dem Boden beschriebenen Standorteigenschaften die Schadstoffexposition.

Die inhalative Schadstoffaufnahme aus der Innenraumluft wird entscheidend durch die Intensität der Nutzung des betrachteten Raumes beeinflusst. So ist z. B. die durchschnittliche Aufenthaltszeit in Kellerräumen in der Regel weitaus kürzer als in Schlafräumen.

Für den Transfer der im Boden befindlichen Schadstoffe in das Gebäude ist weiterhin der Abstand von der Kontaminationsquelle zum Haus und das Ausmaß der im Haus vorhandenen Risse und Poren entscheidend.

3.3.2.2 Wirkungspfad Boden - Pflanze

Für den Schadstofftransfer vom Boden in die Pflanze sind neben den schadstoff- und standortspezifischen Transferfaktoren auch die pflanzen- und pflanzenteilspezifischen Transferfaktoren von Bedeutung.

Als expositionsbeeinflussende Faktoren sind weiterhin die Intensität der Gartennutzung und die Tiefe der Bodenbelastung zu berücksichtigen.

Der pH-Wert, der Tongehalt und der Gehalt an organischer Substanz des Bodens beeinflussen den Schadstofftransfer in die Pflanze in erheblichem Maße. In Abhängigkeit von diesen Bodeneigenschaften werden die Schwermetalle hinsichtlich ihrer Mobilität und damit auch hinsichtlich des Pflanzentransfers in drei Gruppen eingeteilt:

- wenig mobil: As, Cr, Hg, Pb,
- mäßig beweglich: Cu, Ni,
- gut mobil: Cd, Tl, Zn.

Als Hilfsgröße zur Beurteilung des Pflanzentransfers organischer Schadstoffe kann der stoffspezifische Oktanol-/Wasserverteilungskoeffizient (K_{ow}) bzw. der Boden-/Wasserverteilungskoeffizient (K_d) herangezogen werden.

3.3.2.3 Wirkungspfad Boden - Grundwasser

Der Wirkungspfad Boden - (Sickerwasser-) Grundwasser wird hinsichtlich der Gefährdung für das Grundwasser nach BBodSchV durch die Schadstoffkonzentration im Sickerwasser beurteilt. Im Rahmen der Gefährdungsabschätzung soll feststellen, ob mit hinreichender Wahrscheinlichkeit davon auszugehen ist, dass bei ungehindertem Geschehensablauf in absehbarer Zeit ein Schaden für das Grundwasser entsteht. Mit den Prüfwerten für das Sickerwasser wird diese Schwelle definiert.

Die Stoffkonzentrationen und -frachten im Sickerwasser und der Schadstoffeintrag in das Grundwasser im Übergangsbereich von der ungesättigten zur gesättigten Zone (Ort der Beurteilung) können abgeschätzt werden. Es sei denn, es ist eine direkte repräsentative Beprobung von Sickerwasser am Ort der Beurteilung möglich.

Für die Abschätzung sind insbesondere Verfahren heranzuziehen, die mit Erfolg bei praktischen Fragestellungen angewendet worden sind. Hierzu sind im Einzelfall gutachterliche Feststellungen zu treffen.

Die tatsächlich gemessenen sowie prognostizierten Gehalte sind beim Beurteilungsvorgang sowie beim späteren Bewertungsvorgang den bundeseinheitlichen Prüfwerten gegenüberzustellen.

Diese Prüfwerte bilden die Basis für nachfolgende Handlungsanleitungen:

- Ist von einer Überschreitung des Prüfwertes im **Sickerwasser**, das am **Ort der Probennahme** entsteht, auszugehen, liegt zunächst nur ein Gefahrenverdacht vor. Um diesen aufzuklären, ist zu prüfen, ob auch am Ende der Sickerstrecke von einer Überschreitung auszugehen ist.
- Ist von einer Überschreitung des Prüfwertes auch im **Sickerwasser** am **Ort der Beurteilung** auszugehen, liegt eine Gefahr für das Grundwasser vor.

Bei der Abschätzung des Schadstoffeintrages aus der ungesättigten in die gesättigte Zone ist insbesondere die Rückhalte- und Abbauwirkung der ungesättigten Zone die steuernde Größe. Folgende Standort- und Stoffeigenschaften sind dabei zu berücksichtigen (Anhang 1 BBodSchV):

- Grundwasserflurabstand,
- Bodenart (Porosität, Durchlässigkeitsbeiwert etc.),
- Gehalt an organischer Substanz,
- pH-Wert,
- Grundwasserneubildungsrate/Sickerwasserrate,
- Mobilität und Abbaubarkeit der Stoffe.

Zur Beurteilung und Bewertung von anthropogenen Grundwasserverunreinigungen wurden seitens der LAWA 2004 Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) für das Grundwasser abgeleitet (LAWA 2004 GFS). Nach den getroffenen Vorgaben soll dabei sichergestellt sein, dass bei Einhaltung dieser Werte keine relevanten ökotoxikologischen Wirkungen auftreten können und u. a. die Anforderungen der Trinkwasserverordnung eingehalten werden. GFS-Werte orientieren sich somit am wasserrechtlichen Vorsorgegrundsatz. Damit ergibt sich die Problematik der Folgen der Überschreitung der GFS (durch anthropogene Einflüsse) und die damit verbundene Einordnung im nachsorgenden Bodenschutz.

Seitens der LAWA/LABO wurden 2006 Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen erarbeitet.

Für den Vollzug stellt sich nun das Problem, dass Überschreitungen von GFS-Werten häufig bereits bei frühen Erkundungsstufen nachgewiesen werden. Daraus ergibt sich, dass man parallel mit zahlreichen Fällen konfrontiert sein kann, bei denen entsprechende Überschreitungen auftreten, andererseits aber absehbar ist, dass nur bei einer geringen Fallzahl im Anschluss an die Detailuntersuchung Maßnahmen wie etwa Grundwassersanierungen erfolgen werden.

Daher ist es sinnvoll, frühzeitig eine Gewichtung vorzunehmen und zu versuchen, die für den nachsorgenden Bodenschutz nicht ausschlaggebenden Fälle möglichst auszusondern.

§ 4 Abs. 7 BBodSchV legt fest, dass bei der Prüfung der Verhältnismäßigkeit von (weiteren) Untersuchungsmaßnahmen zu berücksichtigen ist, ob lediglich geringe Schadstofffrachten, lokal begrenzte Schadstoffkonzentrationen zu erwarten sind und ob diese Auswirkungen dauerhaft sind. Daher ist eine Berücksichtigung dieser unbestimmten Rechtsbegriffe erforderlich. In frühen Erkundungsstadien werden möglicherweise neben der Überschreitung eines GFS-Wertes lediglich allgemeine hydrogeologische Daten zum Grundwasserleiter sowie allgemeine Mobilität des betref-

fenden Schadstoffs und zur Nutzungshistorie des Standortes vorliegen. Es ist also abzuwägen, ob die Überschreitung im Einzelfall weitere Untersuchungen rechtfertigt. Dabei sollte eine Abstimmung mit der zuständigen Wasserbehörde erfolgen, bei der die wasserwirtschaftliche Bedeutung des betroffenen Grundwasserleiters zu berücksichtigen ist.

D.h. eine GFS-Wert Überschreitung bedingt nicht ohne weiteres nachfolgende Untersuchungsschritte beispielsweise eine Detailerkundung.

Für den Pfad Boden Grundwasser sind damit vier Wertekategorien zu beachten:

- Geringfügigkeitsschwellenwerte stellen einen (wasserrechtlichen) Maßstab dar, bis zu welchen Stoffkonzentrationen anthropogene, räumlich begrenzte Änderungen der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers als geringfügig einzustufen sind und ab welcher Konzentration eine Grundwasserverunreinigung vorliegt (LAWA 2004).
- Referenz- und Hintergrundwerte geben den geogenen Hintergrund einschließlich der ubiquitären Belastung an,
- Prüfwerte sind Werte, bei deren Unterschreitung der Gefahrenverdacht in der Regel als ausgeräumt gilt,
- Maßnahmenwerte sind Werte, deren Überschreitung in der Regel weitere Maßnahmen auslöst.

Somit ergeben sich in Abhängigkeit vom untersuchten Umweltmedium unterschiedliche Herangehensweisen für die Beurteilung des Wirkungspfades Boden - Grundwasser.

3.3.3 Kriterien für die gutachterliche Beurteilung

Für die Gefährdungsabschätzung von altlastverdächtigen Flächen/Altlasten durch den Fachgutachter sind die folgenden Aspekte als Beurteilungskriterien einzubeziehen:

- Signifikanz und Ausmaß der Überschreitung,
- Verteilung der Beprobungspunkte mit nachgewiesenen Überschreitungen,
- Ausmaß der schadstoff-, standort- und nutzungsabhängigen Exposition für Schutzgüter, insbesondere das zu betrachtende Schutzgut,
- eingetragene Sickerwasserkonzentration und Schadstofffracht in das Grundwasser unter Berücksichtigung von Aquifereigenschaften wie Grundwassermächtigkeit und Abstandsgeschwindigkeit.

3.3.4 Behördliche Bewertung von Ergebnissen der orientierenden Untersuchung sowie der Detailuntersuchung

Die behördliche Bewertung der gewonnenen Erkenntnisse aus Messungen und Prognosen knüpft an die gutachterliche Beurteilung an. Hierbei ist zunächst eine Plausibilitätsprüfung des gewonnenen Datenmaterials sowie der ggf. ergänzenden gutachterlichen Feststellungen vorzunehmen.

§ 4 BBodSchV legt Kriterien für die anschließende behördliche Bewertung von Ergebnissen der orientierenden Untersuchung sowie der Detailuntersuchung fest.

Behördliche Bewertung von Ergebnissen der orientierenden Untersuchung

Die behördliche Bewertung basiert insbesondere auf Prüfwerten unter Berücksichtigung des Einzelfalls (§ 4 Abs. 1 BBodSchV). Sofern keine Prüfwerte verfügbar sind, verweist § 4 Abs. 5 BBodSchV auf die im Bundesanzeiger veröffentlichten Methoden und Maßstäbe zur Ableitung von Prüf- und Maßnahmenwerten.

Im Ergebnis der behördlichen Bewertung sind folgende Fragen zu klären:

- Waren die durchgeführten Untersuchungen ausreichend für das Beweismiveau der orientierenden Erkundung?
- Ist der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgeräumt?
- Gibt es konkrete Anhaltspunkte für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast?

Sofern letzteres bejaht wird, kann die zuständige Bodenschutzbehörde im Rahmen ihrer Ermessensausübung mehrere Wege beschreiten:

- Bei hinreichendem Verdacht auf das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast kann gemäß § 9 Abs. 2 BBodSchG eine Detailuntersuchung angeordnet werden.
- Alternativ besteht die Möglichkeit, dass die zuständige Behörde die Detailuntersuchung durchführt bzw. in Auftrag gibt. § 3 Abs. 4 Satz 2 BBodSchV konkretisiert dahingehend, dass im Hinblick auf die Durchführung der Detailuntersuchung an sich nur ein intendiertes Ermessen besteht. Dadurch soll insbesondere die methodische Abarbeitung der Verdachtsflächen sichergestellt werden.
- Soweit die Behörde entscheidet, dass die Durchführung einer Detailerkundung auch zeitlich zurückgestellt werden kann, kann sie die Entwicklung im Rahmen der behördlichen Überwachung nach § 15 BBodSchG beobachten und im zeitlichen Verlauf ggf. zu neuen Erkenntnissen und einer Neubewertung gelangen.

Bei der Bewertung der zeitlichen Dringlichkeit wird die zuständige Behörde auch eine Priorisierung im Hinblick auf die Bearbeitungsreihenfolge der zu bearbeitenden Verdachtsflächen vornehmen.

Eine Detailuntersuchung ist auch entbehrlich wenn die von der schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgehenden Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen mit einfachen Mitteln abgewehrt oder beseitigt werden können (§ 3 Abs. 5 Satz 2 BBodSchV). In diesem Fall kann der Bearbeitungsschritt der Detailuntersuchung ausnahmsweise übersprungen werden.

3.3.4.2 Behördliche Bewertung von Ergebnissen der Detailuntersuchung

Kernstück der sich an die Detailuntersuchung anschließenden behördlichen Bewertung ist die Frage, ob sich der Verdacht des Vorliegens der schädlichen Bodenveränderung oder Altlast bestätigt hat.

Das Beweismiveau, das eine derartige Aussage erlaubt, liegt dabei im Regelfall wesentlich höher, als das Beweismiveau einer orientierenden Erkundung.

Vorausgesetzt, dass der Verdacht auf eine Altlast bzw. schädliche Bodenveränderung bestätigt wurde, ist gemäß § 4 Abs. 4 BBodSchV zu entscheiden,

- inwieweit Maßnahmen nach § 2 Abs. 7 (Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen) oder Abs. 8 BBodSchG (Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen) erforderlich sind.

Bezüglich des Pfades Boden-Grundwasser ist zusätzlich zu bewerten, ob

- Schadstoffausträge auf Dauer nur geringe Schadstofffrachten und nur lokal begrenzte Schadstoffkonzentrationen in Gewässern erwarten lassen (§ 4 Abs. 7 BBodSchV).

Dieses Bewertungsergebnis ist bei der Betrachtung der Verhältnismäßigkeit von weiteren Untersuchungs- und Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Im Einzelfall zu beachten sind geogene Hintergrundgehalte sowie großflächig siedlungsbedingt erhöhte Schadstoffgehalte (§ 4 Abs. 8 BBodSchV).

4 Historische Erkundung

4.1 Begriffsbestimmung und Zielsetzung

Der Begriff „historische Erkundung“ umfasst eine beprobungslose Datenaufnahme für einen räumlich abgegrenzten Untersuchungsbereich. Das Ziel der historischen Erkundung von altlastverdächtigen Flächen muss es sein, durch detaillierte Recherchen sämtliche Nutzungen auf dem Standort sowie seiner Umgebung zu erfassen und in Abhängigkeit von den konkreten Standorteigenschaften deren Auswirkungen auf die verschiedenen Umweltmedien (Boden, Bodenluft, Luft, Oberflächengewässer etc.) und/oder Schutzgüter (Mensch und Grundwasser) darzustellen und zu bewerten.

Im Einzelnen sind bei der Durchführung einer historischen Erkundung insbesondere folgende Teilaspekte auszuarbeiten:

- Ermittlung von Standortverhältnissen (naturräumliche Daten zur Geologie, Hydrogeologie usw.),
- Rekonstruktion von Arbeitsabläufen, Störfällen, Gebäudefunktionen, Abfall- und Abwasserbehandlung bzw. -beseitigung, Ver- und Entsorgungsleitungen,
- Ermittlung der standortspezifischen Schadstoffe mit Einsatzmengen sowie deren ökochemischen Eigenschaften (Toxizität, Mobilität und Abbauverhalten),
- Lokalisierung von Einsatzbereichen umweltrelevanter Schadstoffe,
- Ermittlung weiterer umweltrelevanter Nutzungen im Umgebungsbereich des Standortes,
- Lokalisierung und Eingrenzung von potenziell schadstoffbelasteten Bereichen,
- Darstellung von Rechtsverhältnissen im Hinblick auf mögliche Haftungsfragen (Schadensverursacher).

Bei Vorliegen eines Altlastenverdachtes muss die historische Erkundung die **Basisdaten** für sich anschließende Untersuchungen liefern. Aus den Ergebnissen der historischen Erkundung sind detaillierte Kenntnisse über potenzielle Emissionsquellen aus früheren und heutigen Nutzungen abzuleiten. Eine ausführliche historische Erkundung verringert die Wahrscheinlichkeit, dass Kontaminationsherde bei späteren Untersuchungen übersehen werden. Bei hinreichend differenzierter Erfassung von Untersuchungsbereichen sind nicht nur beträchtliche Zeiteinsparungen zu erzielen, sondern auch der Aufwand für Beprobungen und Analytik bei der Untersuchung kann reduziert werden. Aus der Praxis dokumentiert sind Einsparungen bis zu zwei Drittel der bei schematischer Rasterbeprobung erwachsenden Kosten (Dodt u. Mark 1994). Zudem kann der bei der Untersuchung erforderliche Arbeitsschutz durch die ermittelten Kenntnisse über ein vorliegendes Schadstoffpotenzial im Vorfeld abgeschätzt werden.

Als Ergebnis der historischen Erkundung muss eine erste Abschätzung des standortspezifischen Gefährdungspotenzials für Umweltmedien und Schutzgüter vor dem Hintergrund der aktuellen oder geplanten Nutzungen des Standortes vorliegen.

4.2 Grundlagen zur Durchführung der historischen Erkundung

4.2.1 Aufgabenstellung und grundsätzliche Informationen

Im Vorfeld der Beauftragung zur Durchführung einer historischen Erkundung ist eine klar definierte Aufgabenstellung durch den Auftraggeber notwendig. Dabei sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Festlegung des Leistungsumfanges:
Der angedachte Bearbeitungsumfang ist zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer im Vorfeld der Bearbeitung abzustimmen. Hierbei sind dem Auftragnehmer insbesondere Informationsquellen und Anlaufstationen, die dem Auftraggeber bereits bekannt sind, darzulegen. Sollte auf Wunsch des Auftraggebers eine Verkürzung des Leistungsumfanges der historischen Erkundung erfolgen, ist festzulegen und darzustellen, auf welche Informationsgehalte verzichtet werden kann und welche Konsequenzen dies für die späteren Arbeitsschritte hat.
- Festlegung der zu beachtenden Randbedingungen:
Dem Auftragnehmer sind der Zweck der Erkundung (Beweissicherung, Verkauf, geplante Sanierung etc.), die aktuelle und/oder beabsichtigte Nutzung (Besitzer, Pächter, Nutzer), der vorgesehene Zeitraum für die Bearbeitung, der Ansprechpartner beim Auftraggeber sowie die räumlichen Randbedingungen (Ort, Größe, Lage) darzustellen und in schriftlicher Form zu übergeben.

4.2.2 Aufstellung des Erkundungsumfanges

Um erste Aussagen zur Bearbeitungsdauer der historischen Erkundung zu erhalten, empfiehlt sich im Vorfeld einer Angebotsanfrage die Festlegung folgender Punkte:

- welche Informationsquellen sind zu recherchieren,
- welche Informationen sind nicht zu recherchieren,
- sind für die Informationsbeschaffung aus bestimmten Quellen besondere Aufwendungen erforderlich (z. B. bei Auslandsdienststellen etc.).

Anhand regionaler Behördenstrukturen und Verhältnisse kann ein Teil der zu Recherchierenden Informationsquellen aufgelistet und die zu erwartenden Sachbeiträge dargestellt werden. Darüber hinausgehende Informationsquellen sollten im Zuge der Angebotsanfrage zwischen Auftraggeber und Anbieter abgestimmt werden.

4.2.3 Zeitaufwand

Da die Anforderungen (und damit der Zeitaufwand) an die Durchführung einer historischen Erkundung von Fall zu Fall höchst unterschiedlich sind, lassen sich Angaben zum Zeitaufwand im Allgemeinen nur grob umreißen.

Der Zeitaufwand einer historischen Erkundung korreliert in der Realität nur bedingt mit der Größe des Untersuchungsgebietes. Im Allgemeinen sind für die Abschätzung des Zeitaufwandes der historischen Erkundung folgende weitere Faktoren zu berücksichtigen:

- das Spektrum der unterschiedlichen Nutzungen der Liegenschaft unter Berücksichtigung der zeitlichen und räumlichen Komponenten,
- die Gesamtnutzungsdauer für das Gelände,

- die Quantität und Qualität des auszuwertenden Quellenmaterials.

Um Aufwendungen für einzelne Arbeitsschritte vorab zu quantifizieren, müssen im Vorfeld zur Durchführung der historischen Erkundung soviel Informationsquellen wie möglich (nötig) festgelegt werden. Diese Informationen sollten umfassen:

- Festlegung von relevanten Archiven,
- Sichtung von Findbüchern,
- stichprobenhafte Sichtung von Akten,
- Abschätzung der Erfolgsaussichten einer Zeitzeugen-Befragung.

Eckdaten für den Zeitaufwand einer historischen Erkundung sind:

- Archivrecherche:
Arbeitstage in den Archiven (einschließlich An- und Abfahrten) sowie zusätzlich jeweils ca. 0,5 - 1 Tag pro Archivarbeitstag für die Aufbereitung der Daten,
- multitemporale Kartierung:
Auswertung einer Kartenfortführung je nach Komplexitätsgrad ca. 30 - 60 Minuten.
Auswertung eines Luftbildmodells - in Abhängigkeit von der inhaltlichen Komplexität, aber auch der Bildqualität - jeweils ca. 1 - 3 Stunden,
- Zeitzeugen-Befragung:
Pro Intensivinterview ca. 1,5 Stunden, unter Berücksichtigung von Zeitaufwand für Vorbereitung, eventuellen Vorinterviews (telefonisch), Aufbereitung von Ergebnissen sowie Fahrtzeiten zu den Interviewpartnern, der zu veranschlagende Zeitaufwand entspricht mindestens der Interviewdauer bzw. ist meistens zwei- bis dreimal größer,
- Ergebnisaufbereitung:
Bezogen auf die Gesamtzahl der „Erfassungstage“ (Archivrecherche, multitemporale Kartierung und eventuelle Befragungen) kann mit 0,5 - 1 weiteren Arbeitstagen für die systematische Zusammenstellung der ermittelten Daten/Informationen, deren Einordnung und den Abgleich sowie die Plausibilitätskontrolle gerechnet werden.
Hinzu kommen die Arbeitsstunden für die Erstellung (Entwurf, Reinzeichnung) der Karten sowie des Ergebnisberichts (Entwurf, Reinschrift) sowie Material- und Reprokosten für die Anfertigung von Karten (Kartierfolie, Herstellung von Sammelkopien der Einzelkarten usw.).

Der Bearbeitungszeitraum der historischen Erkundung kann für ein Betriebsgelände (altlastverdächtige Fläche) in durchschnittlicher Größenordnung und mit durchschnittlich komplexer Nutzung zwischen etwa einem und drei Monaten (nach Eingang der Karten und Luftbilder für die multitemporale Kartierung) betragen.

Die zu beachtenden Punkte bei der Grundlagenermittlung einer historischen Erkundung sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Checkliste zur Durchführung der Grundlagenermittlung

- Klären der Aufgabenstellung:
 - * Festlegung des Leistungsumfanges
 - bekannte Informationsquellen und Anlaufstationen
 - notwendige/erwartete Informationsgehalte
 - * Festlegung der zu beachtenden Randbedingungen
 - Zweck der Erkundung
 - aktuelle/beabsichtigte Nutzung
 - räumliche Randbedingungen
- Aufstellung des Untersuchungsumfanges:
 - * Informationsquellen festlegen
 - * Informationsspektrum festlegen
 - * besondere Aufwendungen
- Abschätzung von Zeit- und Kostenumfang:
 - * Archivauswertung
 - * Kartenauswertung
 - * Zeitzeugenbefragung
 - * Ergebnisbericht

4.3 Durchführung der Material- und Datenrecherche

4.3.1 Ortsbesichtigung

Zu Beginn der historischen Erkundung ist es in der Regel sinnvoll, dass Auftraggeber und Auftragnehmer gemeinsam eine Ortsbesichtigung durchführen. Hierbei soll ein erster Eindruck von der zu untersuchenden Fläche und deren Zugänglichkeiten vermittelt werden. Bei der Begehung ist das Hauptaugenmerk insbesondere auf die momentane Nutzung, die Umgebungsnutzung sowie auf den Zustand der zu untersuchenden Fläche zu legen. Häufig lassen sich oberflächige Kontaminationen, Vegetationsschäden, Abfallkippen und Verfüllungen direkt vor Ort erkennen, die dann direkt in eine Beurteilung aufgenommen werden können.

Folgende Aspekte sind bei der Bestandsaufnahme vor Ort besonders zu berücksichtigen:

- Untergliederung des Untersuchungsgebietes nach Flurstücken (bei Bedarf auch angrenzende Bereiche),
- Aufnahme bestehender Bebauung und Anlagen,
- Aufnahme vorgefundener Geräte und Maschinen,
- Verfahrenstechniken von Produktionsbereichen,
- Einsatz, Lagerung, Pfade und Entsorgung von umweltrelevanten Stoffen (gasförmig, flüssig, fest),
- Zugänglichkeiten zum Grundstück,
- Versiegelungen, Freiflächen, Vegetation.

Alle bei der Begehung vorgefundenen Sachverhalte sind in geeigneter Weise zu dokumentieren (Beschreibungen, Fotos, Lagepläne etc.).

4.3.2 Informationsbeschaffung

Nach Durchführung der Ortsbesichtigung sollten die einzelfallbezogenen Erhebungen mit der Ermittlung von einschlägigem Aktenmaterial auf lokaler Ebene beginnen. Die aufzusuchenden Archive ergeben sich aus dem zwischen Auftraggeber und Anbieter festgelegten Untersuchungsumfang.

Eine allgemeinverbindliche Festlegung, welches Archiv an erster Stelle aufgesucht werden soll, kann nicht gegeben werden. Über die im Einzelfall angemessene Vorgehensweise ist vielmehr in Abhängigkeit von den fallspezifischen Rahmenbedingungen zu entscheiden. In der Praxis hat es sich bewährt, zuerst in den Archivunterlagen des Auftraggebers zu recherchieren. Erfolgt die Beauftragung durch eine Behörde, so liegt es nahe, zunächst behördenintern, d. h. in den - meist nicht allgemein zugänglichen - Beständen der Altregistraturen sowie in den aktuellen Akten zu recherchieren.

Analog sollte bei der Beauftragung durch ein privates Unternehmen mit der Recherche zuerst in den entsprechenden Betriebs- bzw. Konzernarchiven begonnen werden.

Als nächste Anlaufstelle können öffentliche Archive der Städte bzw. Kreise dienen. Hier sind in aller Regel umfassendere Bestände unterschiedlichster Herkunft auch (und vor allem) aus weiter zurückliegenden Abschnitten der Nutzungsgeschichte einer Liegenschaft zu finden. Die dortigen Bestände sind meist gut erschlossen, schnell erfassbar und auswertbar.

Zeigen sich bei den oben dargestellten Archiven und Unterlagen offenkundige Überlieferungslücken, sind in den nächsten Arbeitsschritten Archive auf regionaler bzw. nationaler Ebene zu berücksichtigen.

Dort sind allerdings nur dann weitere relevante Aktenbestände zu erwarten, wenn es sich bei dem zu untersuchenden Bereich um einen Standort mit besonderer wirtschaftlicher, womöglich sogar wehrwirtschaftlicher oder militärischer Bedeutung handelt. Hierzu zählen zum Beispiel Produktionsstätten mit „problematischen“ (besonders gefährlichen) Fertigungsvorgängen.

Derartige Liegenschaften unterstanden nicht nur den Behörden vor Ort, sondern die Antrags-, Genehmigungs- und sonstigen Verwaltungsvorgänge wurden unter anderem von übergeordneten behördlichen Instanzen bearbeitet. Das archivwürdige Aktengut dieser Vorgänge findet sich dementsprechend in den jeweils zuständigen Regionalarchiven bzw. im Bundesarchiv wieder.

Um altlastenrelevante Informationen aus der Zeit des Zweiten Weltkrieges zu sammeln, muss u. U. auch in den Zentralarchiven der Besatzungsmächte recherchiert werden, da hier außer den Akten der Militärregierungen oft auch umfangreiches Schrift- und Dokumentationsgut über die Standortnutzung in den Kriegsjahren erhalten ist.

Um bei der Auswertung von Akten eine umfassende Erfassung altlastrelevanter Informationen und Erkenntnisse zu gewährleisten, hat sich der Einsatz von standardisierten Erfassungsbögen für das gesichtete Archivgut bewährt. Die Grundstruktur eines Erfassungsbogens ist einzelfallabhängig und kann von Objekt zu Objekt stark differieren. Im Mindestumfang eines Erfassungsbogens sollten folgende Eckdaten enthalten sein:

- Lokalisation:
räumliche Lage und Ausdehnung,
- Rechtsverhältnisse:
Eigentümer, Besitzer, sonstige Nutzer,

- Anlagen- und Gebäudebestand in räumlich-zeitlicher Entwicklung,
- Betriebsabläufe und Fertigungsverfahren,
- Stoffaufkommen:
Einsatz-, Hilfs- und Betriebsstoffe, Reststoffe und produzierte Stoffe nach Art und Menge,
- Stör- und Schadensfälle einschließlich Kriegsschäden,
- Altablagerungen:
liegenschaftsinterne Deponien und Geländeverfüllungen.

Zusätzlich sind auf dem Erfassungsbogen auch Angaben zu den Quellen der betreffenden Informationen (z. B. Archivsignatur) aufzunehmen.

Über ihre „Erinnerungsfunktion“ hinaus tragen die Erfassungsbögen dazu bei, die Vielfalt der dem Schrift- und Dokumentationsgut entnommenen Daten und Erkenntnisse sachlich wie zeitlich vorzustrukturieren, so dass der Mehrfachbeleg altlastrelevanter Sachverhalte ebenso schnell erkennbar wird, wie widersprüchliche Erkenntnisse oder Informationslücken. Zudem erleichtern detaillierte Quellennachweise eventuell notwendige Nachrecherchen.

Der Ausschuss der Ingenieurverbände und Ingenieurkammern für die Honorarordnung e. V. empfiehlt in seinem Vorschlag zum Leistungsbild und zur Honorarordnung „Altlasten“ den folgenden Regelumfang für die Informationsbeschaffung bei einer historischen Erkundung (Tabelle 3, nach AHO 1996).

Tabelle 3: Regelumfang zur Informationsbeschaffung der historischen Erkundung

Information	Anlaufstelle	Unterlagen
Eigentumsverhältnisse	Grundbuchamt Handelsregister Liegenschaftsamt	Grundbuchauszüge Aktenauszug Aktenauszug aus Verkauf und Verwertung, Flurkartenauszüge
Geologie/Hydrogeologie	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie eigenes Archiv	Schichtenverzeichnisse, geologische Übersichtskarten geologische Übersichtskarten
Nutzung	Handelsregister Baubehörde/-amt Umweltbehörde/-amt und Ordnungsamt Bibliotheken eigenes Archiv	Registerauszüge Aktenvermerke, Protokolle Genehmigung, Lage- und Baupläne, Vermerke Firmenbeschreibungen, Stadt- bzw. Ortsentwicklung Firmenunterlagen
Bebauung	Vermessungsamt Grundbuchamt Baubehörde/-amt Staats-/Landesarchive eigenes Archiv	Luftbilder, Grundkarten Flurkarten Lage- und Baupläne, Vermerke, Situationspläne, Grundrisse, Betriebsbeschreibungen Grundkarten, Kriegsschadenkarten Grundkarten, Altgutachten

Information	Anlaufstelle	Unterlagen
	Industrie- u. Handelskammer Literatur	Angaben über Firmen (Produktion, Produkte) Zusammenhänge bzgl. der Nutzung (z. B. Produktionsverfahren)
Ver- und Entsorgungs-Leitungen	Baubehörde/-amt Wasserbehörden Versorgungsunternehmen	Bestandspläne Bestandspläne Bestandspläne
Umweltrelevante Ereignisse	Umweltbehörde/-amt Gesundheitsamt Kampfmittelräumdienst Baubehörde/-amt	Gutachten, Berichte Schadensmeldungen, Beschwerden Luftbilder, Kriegsschadenkarten Kriegsschadenvermerke
Vorangegangene Untersuchungen	Umweltbehörde/-amt eigenes Archiv	Aktenvermerke Altgutachten

Der Begriff „eigenes Archiv“ beinhaltet sowohl das Archiv des Auftragnehmers als auch das des Auftraggebers.

4.3.3 Spezifische Informationsquellen im Freistaat Thüringen

In Thüringen können die nachfolgenden Institutionen hinsichtlich zielgerichteter Informationsbeschaffung aufgesucht werden (vgl. auch Anhang 3):

- Bauordnungsämter, Tiefbauämter,
- Landesbergamt,
- Gewerbeaufsichtsämter,
- Kampfmittelräumdienste,
- Katasterämter (Katasterbereiche des TLVermGeo),
- Ordnungsämter,
- Planungsämter,
- Staatliche Archive, Kommunal- und Wirtschaftsarchive,
- Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (Außenstelle Weimar),
- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Jena),
- Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (Jena),
- Thüringer Landesamt für Vermessung und Geoinformation (TLVermGeo),
- Thüringer Landesverwaltungsamt (Abteilung Umwelt u. Landesplanung, Weimar),
- Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (Erfurt),
- Umweltämter der Landkreise und kreisfreien Städte.

4.3.4 Geodaten

Seit der letzten Auflage des Altlastenleitfadens Teil II im August 2002 hat es beträchtliche Entwicklung im Hinblick auf die Digitalisierung und Bereitstellung von Geodaten gegeben. Durch die immer stärkere Verbreitung von leistungsfähiger Hard- und Software einerseits sowie die Verfügbarkeit von GPS-Geräten ist die Nutzung vorhandener digitalisierter Geodaten sowie die Erhebung zusätzlicher Geodaten zunehmend einfacher. Damit werden in vielen Einsatzbereichen analoge Darstellungen von Geodaten (analoge Karten) zunehmend verdrängt.

Man kann zwischen **Geobasisdaten** und **Geofachdaten** unterscheiden.

Geobasisdaten

Geobasisdaten gliedern sich in topographische und liegenschaftsbezogene Basisdaten. Zu den topographischen Basisdaten, hierzu zählen: Orthophotos, Digitale Topographische Karten, Digitales Landschaftsmodell. Zu den liegenschaftsbezogenen Basisdaten zählt die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK). Geobasisdaten können über das Thüringer Landesamt für Vermessung und Geoinformation bezogen werden. Für die Landes- und Kommunalverwaltung existieren jeweils eigenständige Vereinbarungen im Hinblick auf die Nutzung zu dienstlichen Zwecken. Gegenwärtig verfügen Kommunal- und Landesbehörden zumindest über Topographischen Karte TK10 sowie Liegenschaftskarten im Rasterdatenformat. Zusätzlich ist für Behörden ein Zugriff auf das Automatisierte Liegenschaftsbuch (ALB) möglich. Damit lassen sich Flurstücke den jeweiligen Grundeigentümern zuordnen. Die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) wird Ende 2009 flächendeckend vorliegen.

Geofachdaten

Geofachdaten können bei den zuständigen Behörden bezogen werden. Beispielsweise können Geofachdaten zu geologischen Themen über die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie bezogen werden.

Metadaten

sind Daten die Geodaten(-sätze beschreiben). Sie geben Auskunft, welche Geodaten in welchen Formaten/Datenstrukturen an welcher Stelle und in welcher Qualität zur Verfügung stehen. Metadaten werden in Metadatenbanken zusammengestellt, damit Geodatennutzer dort die für sie benötigten Daten recherchieren können. Ein wichtiges Metadateninformationssystem ist GeoMIS.Thüringen (www.geoportal-th.de).

Geodateninfrastruktur (GDI)

Die Geodateninfrastruktur ist ein komplexes Netzwerk zum Austausch von Geodaten, über das Geodatenproduzenten, Dienstleister und Geodatennutzer miteinander verbunden sind. Technisch wird das Netzwerk über das Internet oder das Landesdatennetz realisiert. Geodateninfrastrukturen werden in allen Bundesländern in enger Abstimmung aufgebaut. In Thüringen ist der Aufbau in das E-Government-Vorhaben eingebunden. Der Datenaustausch erfolgt über →Geoproxy.

Geoproxy

Für Thüringen ist ein zentrales Geodatenportal im Aufbau, in das behördliche Geodaten (Geobasisdaten, Geofachdaten und Metadaten) eingestellt und abgerufen werden können (<http://www.geoproxy.geoportal-th.de/geoclient/>)

Nutzung von (**digitalen**) Geodaten im Rahmen der Historischen Recherche

Wesentliche Vorteile der Nutzung digitaler Geodaten bei der stufenweisen Altlastbearbeitung sind:

- Wiederverwendbarkeit
- Anpassbarkeit
- Erweiterbarkeit

Es bietet sich an, bei neu zu bearbeitenden Altlastverdachtsflächen bereits auf der Stufe der historischen Erkundung grundlegende Geodaten in digitaler Form zu erheben bzw. erheben zu lassen.

Zu Beginn der historischen Erkundung liegen zumeist lediglich Schwerpunktkoordinaten der altlastverdächtigen Fläche vor.

Diejenigen ergänzenden Geodaten, die bei Historischen Recherchen in der Vergangenheit üblicherweise auf beigefügten Karten graphisch dargestellt wurden, werden in Form von Themen (z.B. als SHAPE-File) aufbereitet und bereitgestellt.

Bei Altstandorten bietet es sich eventuell an, alte Gebäudebestandspläne einzuscannen, zu georeferenzieren und relevante Objekte zu vektorisieren.

Bei Altablagerungen können Konturen des Ablagerungskörpers oft durch Orthophotos oder Luftbilder ermittelt werden.

Ergänzend können im Einzelfall Betriebsangaben (Tabelle 8 Punkt 5.2) z.B.: die Lage von Versorgungseinrichtungen (Abwasserkanalsystem) oder Ergebnisse von Ortsbegehungen (Tabelle 8 Punkt 5.3) relevant sein.

Das Georeferenzieren und Vektorisieren der Daten bedingt zunächst einen Mehraufwand, der allerdings durch die Vereinfachung darauf folgender Arbeitsschritte mehr als wettgemacht wird.

Durch Hinzufügen der Liegenschaftskarte lässt sich der Flurstücksbezug herstellen. Idealerweise sollte bei einer Darstellung in Berichten der räumliche Umgriff auch die Nachbarschaft (Betroffene) umfassen.

Die Darstellung des Umfeldes sowie der Umgebungsnutzungen ist durch Projektion auf die Topographische Karte (TK 10) möglich.

Die Verwendung weiterer verfügbarer Geofachdaten (Trinkwasserschutzzonen, Natur- und Landschaftsschutzgebiete) kann automatisiert erfolgen.

Die so aufbereiteten Daten können bei späteren Untersuchungsetappen unkompliziert übernommen und weiterverwendet werden.

Bei Fremdvergabe ist eine Übergabe der Daten an einen neuen Auftragnehmer möglich. Ein aufwändiges Neudigitalisieren aus Berichten entfällt.

4.3.5 Auswertung

Im Rahmen der historischen Erkundung werden je nach Fragestellung sowohl analoge als auch digitale Kartenwerke eingesetzt werden. Digitale Kartenwerke sind einfacher weiterzuverarbeiten, jedoch nicht in jedem Fall verfügbar (z.B.: historische Karten).

Analoge Kartenwerke sind für manche Zwecke besser auswertbar (Übersichtlichkeit). Die Stereoskopie von Luftbildern erfordert Abzüge. Hochaufgelöste Orthophotos sind speicherintensiv. Die Verwendung in Geoinformationssystemen erfordert entsprechend leistungsfähige Hard- und Software. Insofern geht die Tendenz zur digitalisierten Fassung, im Einzelfall sind jedoch auch analoge Kartenwerke von Vorteil.

Die für die Erfassung des zu untersuchenden Bereiches eingesetzten Kartenwerke müssen im Allgemeinen folgenden Ansprüchen genügen:

- Geringer Generalisierungsgrad,
d. h. sowohl inhaltlich als auch räumlich-geometrisch möglichst detaillierte Darstellung der realen Geländebeziehungen.
- Großer zeitlicher Erfassungsraum,
d. h. zeitlich möglichst weit zurückreichend und Aktualisierung in möglichst kurzen Zeitintervallen.
- Einheitliche Regeln,
d. h. nach einheitlichen, obligatorischen Regeln gestaltet, so dass sie stets nachvollziehbar ausgewertet werden können.

4.3.5.1 Topographische Karten

Den oben dargestellten Anforderungen entsprechen (abgesehen von den Flur-/Katasterkarten) vor allem die größer maßstäbigen amtlichen topographischen Kartenwerke des Thüringer Landesamtes für Vermessung und Geoinformation:

- die Topographische Karte 1:25.000 (TK 25),
- die Topographische Karte 1:10.000 (TK 10) „gelbe“ und „braune“ Ausgabe
- die z. T. vorliegenden Historischen Karten von Thüringen 1:25.000 (HK 25 MTB).

Seit 1992 werden die topographischen Kartenwerke in staatlicher Ausgabe (AS (=Ausgabe Staat), d. h. im Blattschnittsystem der IWK) in einen bundeseinheitlichen Blattschnitt (Regelblattschnitt) überführt. Während die topographische Karte 1:25.000 für Thüringen seit längerem flächendeckend zur Verfügung steht (128 Kartenblätter), ist die Fertigstellung von insgesamt 587 Kartenblättern der TK 10 bzw. des TSP 10 im Jahr 2000 weitgehend erfolgt (=„gelbe“ Ausgabe). Für ein Restgebiet im Südwesten Thüringens steht derzeit nur die TK 10 AS zur Verfügung (Stand August 2007). Diese Ausgabe wird nicht fortgeführt, sondern durch eine auf aktuellen Daten des Basislandschaftsmodells abgeleitete Karte (DLM, ATKIS®) ersetzt (TK 10 „braune“ Ausgabe). Diese Printausgabe entspricht damit der im digitalen Topographischen Karte (DTK) s.u. Zu erwähnen ist, dass in dieser Ausgabe derzeit nur öffentliche Gebäude aufgeführt sind. Sobald die Daten der ALK übernommen sind, sind auch sonstige Gebäude enthalten.

Für größere Städte stehen Sonderkarten zur Verfügung, z.B. Stadtgebiet Erfurt Stadtkarte 1:500 (SGK 500).

Seit 1996 wird außerdem eine Repro-Ausgabe der Deutschen Grundkarte im Maßstab 1:5.000 (DGK 5) vorbereitet, wobei verfügbare Drucke reprotechnisch für den Nachdruck aufbereitet werden.

Unter den genannten Kartenwerken spielt die TK 25 eine herausgehobene Rolle, was die Dokumentation des zeitlichen Verlaufs betrifft. Die Aktualisierung des Kartenwerkes in einem Fortführungszyklus von durchschnittlich fünf bis sieben Jahren

ermöglicht eine zuverlässige Rekonstruktion zumindest großräumiger Strukturen (wie Gebäude- und Anlagenkomplexe, Halden u. a. m.) über einen Zeitraum von gut einem Jahrhundert, wobei die in den Musterblättern fixierten Auswahl- und Gestaltungsregeln eine jeweils einheitliche Darstellung und damit eine immer nachprüfbar Auswertung gewährleisten. Die TK 25 wurde von der TK 10 durch Generalisierung abgeleitet. Der Karteninhalt ist gegenüber dem Ausgangsmaßstab jedoch noch weitgehend unverändert.

Unter dem Gesichtspunkt der Standortchronologie können die in Thüringen verfügbaren Historischen Karten des ehemaligen Reichsamtes für Landesaufnahme im Maßstab 1:25.000 u. U. Grundlegende Informationen enthalten. Diese Karten entstanden um die Jahrhundertwende und wurden z. T. noch bis 1939 durch Berichtigungen und Nachträge aktualisiert. Die HK 25 MTB liegt für Thüringen flächendeckend vor.

Bei einer direkten Identifikation lassen sich altlastrelevante Karteninhalte durch einfaches Lesen der Inhalte/Objekte des Kartenfeldes lokalisieren und unter Heranziehung der Kartenlegende dekodieren. Eine weitere Möglichkeit ist die indirekte Identifikation durch weiterführende Interpretation charakteristischer Inhaltselemente der Karte, wie z. B.

- typische Gebäudeformen (Größe, Grundriss),
- typische Verteilungs- und Anordnungsmuster von Gebäuden und sonstigen Objekten und
- Vergesellschaftung mit weiteren Karteninhalten bzw. Geländeelementen.

So lassen sich beispielsweise auf einem Gaswerkgelände u. U. die kreisrunden Grundrisse der Gasometer sowie lang gestreckte Gebäudegrundrisse in Vergesellschaftung mit Schornsteinsignaturen (Ofenhaus) identifizieren.

Neben den offensichtlichen Vorteilen der Kartenauswertung, unter denen die frühe Dokumentation der Standortgeschichte allen anderen an Bedeutung voran steht, gibt es auch verschiedene Aspekte, die kritisch zu beurteilen sind. Problematisch sind z. B. Änderungen der Karteninhalte im Gefolge von Revisionen der Kartier- und Darstellungsvorschriften (sogen. Musterblätter) oder im Gefolge von Geheimhaltungsvorschriften während des Zweiten Weltkrieges. Bei Kartenfortführungen nach modifizierten Gestaltungsregeln lässt sich verständlicherweise nicht ohne weiteres feststellen, ob Veränderungen des Signaturenbestandes tatsächlich reale Nutzungsänderungen anzeigen, oder ob sie lediglich das Ergebnis neuer Musterblattvorschriften sind.

Der Maßstab 1:25.000 lässt zwar Aussagen über den Beginn bestimmter kontaminationsverdächtiger Nutzungen sowie deren Veränderungen zu, er ist aber zu klein, um zuverlässige Angaben über kleinräumige Ablagerungen und Verfüllungen machen zu können. Der kleine Maßstab bewirkt darüber hinaus eine nur annäherungsweise genaue Lage- und Grundrissdarstellung, da Gebäudevorsprünge zum Teil weggelassen und kleinere, dicht beieinander stehende Gebäude u. U. zusammengefasst werden. Außerdem können Gebäudeteile durch topographische Elemente höherer Darstellungspriorität, wie z. B. Straßen und Flüsse, verdrängt, d. h. in ihrer Lage „verschoben“ und damit ungenau wiedergegeben werden.

Für die Auswertung topographischer Karten sind - bis auf Hilfsinstrumente wie Handlupe - keine speziellen Geräte erforderlich. Allerdings sollten für die Übertragung der Auswertungsergebnisse in eine (meist größer maßstäbige) Basiskarte Reprokameras bzw. optomechanische Pantographen verwendet werden, die ein verzerrungsfreies Vergrößern bzw. Verkleinern der Karteninhalte ermöglichen.

Außer den genannten topographischen Karten liegen für das Land Thüringen weitere 31 Kartenblätter der TK 50 sowie 9 Kartenblätter der TK 100 vor, die jedoch im Rahmen der historischen Erkundung auf Grund der notwendigen Reduktion der Karteninhalte im kleineren Maßstab in der Regel nur selten Anwendung finden.

Topographische Karten können über das Thüringer Landesvermessungsamt, Katasterämter und über den Buchhandel bezogen werden.

Über das Thüringer Landesvermessungsamt sind außerdem digitale topographische Karten (DTK) als Rasterdaten sowie das Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) und das Landschaftsmodell 1:50.000 (DLM 50) in Form von Vektordaten verfügbar:

- **Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM)**
Das Basis-Landschaftsmodell ist das Landschaftsmodell mit den meisten Objekten und Attributen und enthält somit die größte Informationsdichte. Es ist für Anwendung im Maßstabsbereich 1:10.000 bis 1:25.000 geeignet. Digitales Geländemodell DGM 25
- Das DLM 50 enthält eine reduzierte Informationsdichte und wird für Anwendungen im Maßstab 1:50.000 bis 1:100.000 genutzt.
- **Rasterdaten topographischer Karten**
Für den Freistaat Thüringen liegen digitale Rasterdaten der Topographischen Karten 1:10.000 (DTK 10), 1:25.000 (DTK 25), 1:50.000 (DTK 50) und 1:100.000 (DTK 100) vor. Die digitalen Daten können in verschiedenen Rasterdatenformaten angefordert werden. Die Auflösung im Regelfall beträgt 508 dpi. Auflösungen bis 800 dpi sind möglich. Außerdem steht die Übersichtskarte von Thüringen (ÜK Th 250) im Rasterdatenformat zur Verfügung.

4.3.5.2 Liegenschaftskarten

Liegenschaftskarten beinhalten die Lage der Flurstücke mit Grenzen, Flurstücksbezeichnungen, Gebäude und Nutzungen. Durch den amtlichen Flurstücksbezug sind sie unverzichtbar bei der präzisen Zuordnung zu einzelnen Flurstücken sowie den damit verbundenen administrativ-eigentumsrechtlichen Informationen.

Auf Grund des kleinen Maßstabs können sie bei späteren Etappen als Darstellungsgrundlage bei späteren Untersuchungsetappen z. B. bei der Probenahmeplanung und der Darstellung von Probenahmepunkten dienen.

Früher war es bisweilen aufwändig, Liegenschaftskarten zu georeferenzieren, um sie im Rahmen geographischer Informationssysteme einsetzen zu können. Inzwischen liegen mit der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) zunehmend flächendeckend digitale Kartengrundlagen vor.

Unter

http://www.thueringen.de/de/tlvermgeo/online-service/uebersichten/alk_uebersicht/content.html

kann der aktuelle Bearbeitungsstand nach Landkreisen gegliedert abgerufen werden. In Verbindung mit dem Automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB) ist eine Eigentümerfeststellung möglich. Perspektivisch ist für Thüringen ein Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) (ab 2009) in Vorbereitung, welches die Daten aus ALK und ALB redundanzfrei verbindet. Über eine Historienverwaltung ist auch eine Zuordnungsmöglichkeit zu alten Flurstücksbezeichnungen gegeben.

4.3.5.3 Geologische Karten

Geologische Karten gestatten eine erste Charakterisierung der geologischen Verhältnisse am Standort. Sie können über die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Außenstelle Weimar beschafft oder dort eingesehen werden.

Für Thüringen liegen flächendeckend geologische Karten im Maßstab 1:25.000 (GK 25) mit textlichen Erläuterungen vor.

Die Zuordnung des zu untersuchenden Standortes zu den vorkommenden Hauptgesteinseinheiten (lithologischen Einheiten) ist in der Regel durch Abgleich mit der geologischen Karte möglich. Ob auch Karten mit einem kleineren Maßstab als 1:25.000 noch eine für das Erhebungsziel verwertbare Aussage liefern können, ist in erster Linie von der Komplexität der regionalen Geologie abhängig.

Für das Land Thüringen liegen kleinmaßstäbigere Geologische Übersichtskarten im Maßstab 1:100.000 (13 Blätter, z. T. russisch), im Maßstab 1:200.000 (5 Blätter) sowie eine Übersichtskarte im Maßstab 1:400.000 vor.

Zusätzlich zu den herkömmlichen geologischen Karten steht im Freistaat Thüringen ein Kartenwerk im Maßstab 1:50.000 mit der Bezeichnung „Kontaminationsanalyse - Geologie“ zur Verfügung. Dieses Kartenwerk umfasst 28 Einzelblätter, die jeweils aus

- einer Karte der Flächennutzung,
- Karten der Kontaminationsherde und
- einer Karte mit anthropogener und geogener Umweltbeeinflussung

bestehen.

Für altlastenrelevante Fragestellungen kann außerdem die Lithofazieskarte des Quartär im Maßstab 1:50.000 (mit Legende) eine wichtige Datenquelle darstellen, da sie Aussagen zur Geologie der oberflächennahen Untergrundbereiche bereitstellt. Zu 16 Einzelblättern existieren zwischen zwei und sieben thematische Karten, in denen die Verbreitung und die Ausbildung der verschiedenen stratigraphischen Einheiten des Quartärs dargestellt ist (z. B. Blatt 2726 Gotha: Weichsel-Holozän, Präweichsel, Darstellung der Quartärbasis).

Der Verkauf und Versand aller geologischen Karten erfolgt unmittelbar durch den Vertrieb der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG), Außenstelle Weimar.

4.3.5.4 Bodengeologische Karten

Unter dem Begriff bodengeologische Karten von Thüringen werden durch die Thüringer Landesanstalt für Geologie drei Typen von thematischen Karten subsumiert:

- die Bodengeologische Karte von Thüringen im Maßstab 1:25.000 als Arbeits- bzw. Konzeptkarte aus den Jahren 1969-1974,
- die Karte der Bodenschätzung (BOS) im Maßstab 1:10.000 (Arbeits- und Konzeptkarte),
- die Karte der Hangneigung (HN) im Maßstab 1:10.000 als Arbeits- und Konzeptkarte aus den Jahren nach 1974.

Während Bodengeologische Karten 1:25.000 für Thüringen flächendeckend von der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Außenstelle Weimar bezogen werden können, liegen BOS- und HN-Karten nicht für alle Gebiete vor. Die Karte der

Bodenschätzung (BOS) ist über die Thüringer Oberfinanzdirektion Erfurt, Referat Landwirtschaft zu beziehen.

Die Bodengeologische Karte gibt einen Überblick über die im Untersuchungsgebiet verbreiteten Bodenformen und erlaubt so eine grobe Einschätzung der Bodenverhältnisse im Untersuchungsgebiet. Neben dem für die Erkundung und Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen in der Regel relevanten Maßstab 1:25.000 liegt diese Karte auch in drei Blättern (Erfurt, Gera, Suhl) als Übersichtskarte im Maßstab 1:100.000 vor.

Bodengeologische Karten können ebenfalls über die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Außenstelle Weimar bezogen werden.

4.3.5.5 Hydrogeologische Karten

Für das Land Thüringen existiert ein Hydrogeologisches Kartenwerk im Maßstab 1:50.000. Die Einzelblätter bestehen aus folgenden thematischen Einheiten (nicht alle Karten sind als Druck lieferbar):

- Hydrogeologische Grundkarte,
- Karte der hydrogeologischen Kennwerte,
- Karte der Grundwasserisohypsen,
- Karte der Grundwassergefährdung.

Der Abgleich des zu untersuchenden Standortes mit den Bereichen verschmutzungsempfindlicher Grundwasserleiter ist mit Hilfe der genannten Karten möglich. Die hydrogeologischen Kartenwerke werden durch die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Außenstelle Weimar vertrieben.

4.3.4.6 Niederschlagskarten

Die jährliche Niederschlagsmenge gibt Aufschluss über die potenziell in den Boden eindringende Wassermenge, deren Höhe die Auswaschung und den Transport wasserlöslicher Stoffe beeinflussen kann.

Niederschlagsdaten und -karten können über die zuständigen Wetterämter beschafft und ohne besondere Vorkenntnisse ausgewertet werden. Im Allgemeinen empfiehlt sich eine Einstufung in hohe/mittlere/niedrige Niederschlagsmengen.

4.3.5 Luftbildauswertung

Als Ergänzung zur Auswertung Topographischer Karten ist in einem zweiten Schritt die Sichtung und Interpretation von für das Untersuchungsgebiet vorhandenen Luftbildern geeignet. Luftbilder geben einen erfassten Raumausschnitt in seiner Beschaffenheit „wertneutral“ und objektiv, d. h. ohne vorherige Informationsfilterung durch eine thematische Bearbeitung wieder. Durch die Momentaufnahme des Bereiches dokumentieren Luftbilder das aufgenommene Gelände mit seinen bildsichtbaren Objekten/Elementen im Zustand und Erscheinungsbild zum Zeitpunkt der Aufnahme. Durch diesen Umstand kann ihnen bei altlastrelevanten Fragestellungen im Einzelfall ein hoher Stellenwert zukommen.

Allerdings sind Luftbilder mit guter Aufnahmequalität bzw. Auflösung erst in jüngerer Zeit flächendeckend verfügbar.

Da die Inhalte der Luftbilder nicht in einem Zeichensystem kodiert und erläutert sind, müssen sie vom Bildauswerter eindeutig erfasst und benannt werden. Manche altlastrelevanten Nutzungen sind auf Grund von bildsichtbaren Merkmalen relativ sicher

identifizierbar. Zum Beispiel lassen sich Behälter, Kühltürme und sonstige markante Anlagenteile im Allgemeinen leicht ausmachen.

Altablagerungen hingegen können auf Grund ihres unspezifischen Aussehens nur mit entsprechender Unsicherheit oder gar nicht identifiziert werden.

Die Bedeutung von Kriegsluftbildern für die Altlastenerfassung

Die oft durch Archivalien nur unzureichend dokumentierte Zeit des Zweiten Weltkrieges wird durch die Auswertung von Kriegsluftbildern aus Befliegungen der Alliierten und/oder Sowjetischen Streitkräfte ausgeglichen.

Die Aufnahmen entstanden in den Kriegsjahren und in den ersten Nachkriegsmonaten in erster Linie für Zwecke der strategischen und taktischen Aufklärung. Daher wurden jene Standorte besonders häufig photographiert, die in „The Bomber's Baedeker. Guide to the Economic Importance of German Towns, Cities and Industries“ (Public Record Office, London, Bestand Air 14) als besonders kriegswichtig eingestuft waren. Für diese Liegenschaften können Luftbilder aus bis zu 40 und mehr Befliegungen verfügbar sein.

Durch Auswertung von Kriegsluftbildern und Luftbildern der Nachkriegsbefliegungen kann eine objektive Zustandsbeschreibung des untersuchten Standortes erreicht werden. Anlagen- und Gebäudetreffer bzw. -schäden können lokalisiert werden und lassen damit, je nach Funktion der beschädigten oder zerstörten Anlagen, Rückschlüsse auf mögliche Schadstoffbelastungen der einzelnen Bereiche zu. Zusätzlich lässt sich die Verbreitung von Bombentrichtern lagegenau erfassen. Diese können von Relevanz sein, da die Bombentrichter in der Nähe von Industrieanlagen häufig mit Produktionsrückständen und sonstigen Abfällen verfüllt wurden, die u. U. auch heute noch Risiken für die Umwelt bergen.

Einen wichtigen qualitätssichernden Aspekt bei der Bearbeitung von Kriegsluftbildern kann der Abgleich der ermittelten Bildinformationen mit Bodendaten, z. B. mit deutschen Kriegsakten (Zerstörungsprotokolle) oder mit den Aufklärungs- und Auswertberichten der Alliierten Streitkräfte darstellen.

Auswertegeräte

Um das Informationspotenzial von Luftbildern voll ausnutzen zu können und Fehlinterpretationen zu vermeiden, sind die Luftbilder als Stereomodelle (soweit vorhanden) unter Einsatz spezieller Auswertegeräte zu analysieren.

Zur Altlastverdachtsflächenerfassung anhand von Luftbildern sind die konventionellen Senkrechtaufnahmen am besten geeignet, die in der Regel mit speziellen Reihenmesskammern produziert und daher als Reihenmessbilder bezeichnet werden.

Als Gerätemindestausstattung für die Auswertung solcher Reihenmessbilder sind Spiegelstereoskope oder - zur Durchmusterung größerer Bildbestände - Scanningstereoskope erforderlich. Diese sollten wenigstens mit drei- und möglichst mit sechs- bis neunfach vergrößernden Okularen ausgestattet sein, damit auch typische Bilddetails, wie etwa Einzelheiten von Altanlagen, identifiziert werden können.

Sollen die Schütthöhen von Deponien bzw. die Tiefen von Abgrabungen oder Verfüllungen ausgemessen und für die Berechnung von Kubaturen herangezogen werden, sind als Mindestausstattung Stereomikrometer notwendig.

Die Erfassungsbefunde aus Luftbildern tragen - neben topographischen Karten und Plänen - zur Orientierungsbasis für die nachfolgende Geländebeprobung bei. Der Wert der Kartierungsergebnisse hängt daher in entscheidendem Maße davon ab, mit welcher Präzision die Übertragung der relevanten Luftbildinhalte in eine aktuelle topographische Basiskarte gelingt. Dabei können in der Praxis folgende Schwierigkeiten auftreten:

- Maßstabsunterschiede

Die Maßstäbe der aus verschiedenen Zeitschnitten stammenden Luftbilder variieren zum Teil erheblich. Daher ist es z. B. oft schwierig festzustellen, ob sich eine Ablagerung im Luftbild von 1957 des Maßstabes 1:13.000 gegenüber einem Luftbild von 1952 des Maßstabes 1:10.000 ausgedehnt hat oder in ihren Umrissen unverändert geblieben ist. Noch schwieriger ist es, diese Veränderungen lagegenau in eine topographische Basiskarte zu übertragen, die in der Regel einen wesentlich größeren Maßstab (1:2.500 bis 1:1.500) trägt als die ausgewerteten Luftbildreihen.

- Verzerrungen

Auf Grund der perspektivischen Abbildung des Geländes im Luftbild (Zentralprojektion) entstehen geometrische Verzerrungen, die eine lagegenaue Übertragung der Luftbildinhalte in eine topographische Karte (Parallelprojektion) erschweren. Dies gilt insbesondere für Geländebereiche mit kleinräumig wechselnden Höhenniveaus, wie dies z. B. bei Bergeholden, Deponien, etc. der Fall sein kann.

Um die Gefahr von Lageungenauigkeiten bei der Kartierung zu vermeiden, sollten nach Möglichkeit stereoskopisch arbeitende Spezialgeräte eingesetzt werden. Mit diesen Auswerte- und Kartiergeräten gemäß DIN 18716 - Teil 2 besteht die Möglichkeit, Luftbilder und topographische Basiskarten (Kartiergrundlage) gleichzeitig und in einheitlichem Maßstab zu betrachten. Damit wird eine zügige und vor allem lagegenaue Übertragung von Luftbildinhalten ermöglicht.

Das Thüringer Landesluftbildarchiv koordiniert aktuelle Bildflüge in Thüringen und archiviert vorhandenes Luftbildmaterial. Über die örtliche Lage der archivierten Luftaufnahmen informiert ein auf der Grundlage des Topographischen Kartenwerkes 1:50.000 erstellter Luftbildatlas.

Zur Zeit sind ca. 29.000 Schwarz-Weiß-Luftbilder, überwiegend aus Befliegungen der Jahre 1980-1996 vorhanden, die nahezu die gesamte Landesfläche erfassen. Der Maßstabsbereich der Aufnahmen variiert von 1:12.500 bis 1:27.000.

Zudem liegen nahezu flächendeckend, d. h. mit Ausnahme der südlichen und westlichen Randgebiete Thüringens, historische Luftbilder im Maßstab 1:22.000 aus dem Jahr 1953 vor.

Etwa 80 % des Thüringer Territoriums wird von Luftbildern im Aufnahmemaßstab 1:40.000 aus dem Jahr 1945 erfasst.

Die Luftbilder der Bildflüge ab 1994 liegen auch als digitale Bilder mit einer Auflösung von 15 µm vor. Die genannten Luftbilder können über das Thüringer Landesvermessungsamt bezogen werden.

Die Reproduktionen können in Form von

- Luftbildkontaktabzügen, d. h. Kopien der Originalnegative ohne Maßstabsänderung,
- Luftbildvergrößerungen, max. bis zum Format 115 x 115 cm, d. h. in ca. 5-facher Vergrößerung oder als Ausschnittsvergrößerungen,
- Luftbildentzerrungen, d. h. durch möglichst hohe Deckung mit einer vorhandenen Kartenvorlage umgebildete Aufnahmen, die in hinreichend ebenem Gelände die Lagegenauigkeit einer Karte erreichen können,
- digitale Luftbilder, mit einer maximalen Auflösung von 15 µm als Graumatrizen, ggf. mit Orientierungsparametern oder als
- digitale Orthophotos, für den Aufbau, die Fortführung und Ergänzung von Geo-Informationssystemen mit einer Auflösung von 50 µm abgegeben werden.

Neben der klassischen Luftbildauswertung können auch Fernerkundungsmethoden zur Beurteilung von Verdachtsflächen herangezogen werden. Es handelt sich dabei in erster Linie um den Einsatz von Satellitenbildern, Thermalbildern und Farbinfrarot-Luftbildern.

Hinreichend hochauflösende **Satellitenbilddaten** gibt es allerdings erst seit etwa zehn Jahren. Die Kosten für ein Satellitenbild liegen meist deutlich höher als die Kosten für den Gesamtbestand der über die Jahre verfügbaren Reihenmessbilder. Der Einsatz von **Thermalbildern** eignet sich bei der Ermittlung von altlastverdächtigen Flächen insbesondere dann, wenn sich potenzielle Schadstoffareale durch Temperaturanomalien von der Umgebung abheben, was vor allem bei Altablagerungen mit Siedlungsabfällen der Fall sein kann. Die mikrobiellen Abbauprozesse resultieren in höheren Temperaturen, die in Thermalbildern als positive Wärmeanomalien erfassbar sein können. Weitere, über diesen speziellen Anwendungsfall hinausgehende Einsätze von Thermalbildern zur Ermittlung von altlastverdächtigen Flächen sind bislang nicht belegt (Dodt u. Mark 1994).

Mit **Farbinfrarot-Luftbildern** lassen sich Vegetationsschäden durch charakteristische Farbwechsel dokumentieren. Damit derartige Bilder Erfolg versprechend als Informationsquelle zur Erfassung von altlastverdächtigen Flächen eingesetzt werden können, muss aktuell eine hinreichend dichte, möglichst homogene Vegetationsbedeckung gegeben sein. Für die üblicherweise altlastverdächtigen Bereiche, wie z. B. industrielle oder gewerblich genutzte Liegenschaften, sind daher nur im Ausnahmefall relevante Erkenntnisse zu erwarten.

4.3.6 Zeitzeugenbefragung

Ermittlung von Zeitzeugen

Die Befragungen von Zeitzeugen erbringen in erster Linie dann brauchbare Ergebnisse, wenn die Befragten:

- über fundierte Sach- und Fachkenntnisse zu betrieblichen Abläufen und Sachverhalten verfügen,
- über entsprechende Standortkenntnisse verfügen,
- ein sachlich, zeitlich und räumlich hinreichend zuverlässiges Erinnerungsvermögen besitzen,

- trotz der u. U. problematischen Thematik gewillt sind, über altlastrelevante Vorgänge und Sachverhalte Auskünfte zu geben („Regressängste“).

Wenn die Nutzungsgeschichte einer altlastverdächtigen Liegenschaft weiter zurückreicht und wenn durch die Befragung auch (und vor allem) Erkenntnisse über länger zurückliegende altlastrelevante Sachverhalte und Ereignisse (z. B. der Kriegs- und Zwischenkriegsjahre) gewonnen werden sollen, kann sich die Ermittlung sachkompetenter, erinnerungsstarker und aussagewilliger Interviewpartner durchaus als ein Problem erweisen.

Vor allem bei Liegenschaften mit längerer Nutzungsgeschichte sind geeignete Zeitzeugen in der Regel durch gezielte Suche über

- betriebliche bzw. berufsständische Vereinigungen/Organisationen,
- Geschichts- und Heimatvereine und
- lokale Treffpunkte (Gaststätten, etc.) im näheren Umkreis zu ermitteln. Weitere Suchverfahren mit größerer Breitenwirkung wie
- Aufrufe in den lokalen oder regionalen Medien (Tageszeitung, Lokalradio) oder
- Postwurfsendungen an die Haushalte vor Ort können im Einzelfall dann angebracht sein, wenn auf den erstgenannten Recherchewegen keine kompetenten Zeitzeugen zu ermitteln waren.

Konnten geeignete Zeitzeugen ausfindig gemacht werden, sind diese in einem telefonischen Vorinterview zu kontaktieren in dem um Zustimmung zu einer Befragung gebeten wird. Wurde eine Einwilligung zum Interview durch den/die Zeitzeugen erteilt, sind einzelfallbezogen die Befragungsinhalte festzulegen. Zweckmäßigerweise ist hier zu differenzieren nach:

- Schlüsselfragen
Es werden gezielt standortspezifische Sachverhalte angesprochen, über die bis zum Zeitpunkt der Befragung gar keine Informationen oder aber nur lückenhaften, widersprüchlichen oder unklaren Erkenntnisse vorliegen.
- Kontrollfragen
Standortspezifische, bereits bekannte und als gesichert anzusehende Erkenntnisse werden angesprochen. Sie dienen dazu, Anhaltspunkte zur Einschätzung der Sachkompetenz sowie des Erinnerungsvermögens der Befragten zu gewinnen.
- Personenbezogene Hintergrundfragen
Durch sie soll - in Ergänzung der Kontrollfragen - herausgefunden werden, inwieweit die Befragten mit den rechercherelevanten, altlastsignifikanten Gegebenheiten der Liegenschaft befasst und vertraut waren.

Sind die Befragungsinhalte festgelegt, muss über die Befragungsform entschieden werden. Als relativ zeit- und kostengünstige Alternative, durch die bei Bedarf auch ein geographisch weiter gestreuter Personenkreis erfasst werden kann, bietet sich die schriftliche Befragung mit zwangsläufig festgelegter, einheitlicher Abfolge und Formulierung der Fragen sowie meist auch mit Antwortvorgaben (so genannte geschlossene Fragen) an. Diese standardisierte Form der Befragung hat allerdings den - nicht unerheblichen - Nachteil, dass sie kaum geeignet ist, um zuverlässig fehlende Informationen zu gewinnen und Widersprüche bzw. Unklarheiten im Datenmaterial zu beseitigen.

Die Befragung von Zeitzeugen für Standortrecherchen sollte daher möglichst nicht standardisiert, sondern in Form einer „offenen Befragung“, des so genannten Intensivinterviews, durchgeführt werden. Hierzu werden die Schlüssel-, Kontroll- und Hintergrundfragen in einem „Interview-Leitfaden“ zusammengestellt. Die Reihenfolge, in der die Fragenkomplexe bzw. Einzelfragen angesprochen werden, liegt ebenso im Ermessen des Interviewers wie die jeweilige Formulierung der Fragen. Dadurch kann er flexibel auf die spezifischen Erfahrungen und Kenntnisse der Befragten sowie auf deren individuelle Erinnerungen reagieren, so dass in der Regel genauere und zuverlässigere Ergebnisse erzielt werden als bei standardisierten Befragungen. Um die Ergebnisse der Intensivinterviews zu dokumentieren, kann bei entsprechendem Einverständnis des Interviewpartners eine Tonbandaufzeichnung angefertigt werden. Alternativ kann die Befragung schriftlich - möglichst durch zwei Interviewer mit chronologischer und auch sachstrukturierter Aufzeichnung - protokolliert werden.

4.3.7 Ermittlung von naturräumlichen Daten (Umweltmedien/Schutzgüter)

Da sich eine Anzahl von Schadstoffen über den Wasserpfad ausbreiten kann, sind insbesondere auch

- Wasserschutzzonen,
- Heilquellenschutzgebiete,
- Grundwasservorbehaltsgebiete,
- Brunnen und Grundwassermessstellen in An- und Abstromrichtung von Untersuchungsbereichen,
- Quellen,
- stehende und fließende Gewässer

in der historischen Erkundung zu berücksichtigen.

Bei der Erfassung der einzelnen Daten sollten die folgenden Schwerpunkte gesetzt werden:

- **Wasserschutzzonen und Heilquellenschutzgebiete**
Die Lage von Standorten zu bereits ausgewiesenen bzw. in der Ausweisung befindlichen Wasserschutzzonen (I, II, IIIA, IIIB) sowie Heilquellenschutzgebieten ist aufzunehmen und zu dokumentieren.
- **Grundwasservorbehaltsgebiete**
Erfassung aller hydrogeologischen Einheiten, die potenziell zur Trinkwassergewinnung genutzt werden können und nicht als Wasserschutzzonen ausgewiesen sind, soweit diese bekannt oder dokumentiert sind.
- **Brunnen und Grundwassermessstellen**
Alle bekannten Brunnenanlagen (Förderbrunnen, Notbrunnen, Hausbrunnen) und sämtliche vorhandenen Grundwassermessstellen in einer angebrachten Entfernung zu den Untersuchungsgebieten sind zu erfassen. Auch Brunnen, die nicht für die Trinkwasser- sondern zur Brauchwassergewinnung in Industrie, Gewerbe oder Landwirtschaft betrieben bzw. vorgehalten werden, sind in die Erhebung einzubeziehen.
Die Erfassung der Brunnen und Grundwassermessstellen sollte in verschiedene Entfernungszonen und hinsichtlich ihrer Lage zum Untersuchungsgebiet (Anstrom, Abstrom, Seitenabstrom usw.) unterteilt werden.

- **Quellen**
Außer den offiziellen Trinkwasserfassungen sind auch sonstige, potenziell als Trinkwasser nutzbare Quellaustritte (z. B. an Wegerändern) zu erfassen, wenn sie in die Grundkarten eingezeichnet sind bzw. anderweitig zur Kenntnis gelangen. Alle Quellen im Umkreis eines Untersuchungsbereichs sind nach Entfernungszonen gestuft zu erfassen.
- **Stehende und fließende Gewässer**
Da sich ein Großteil von potenziellen Emissionen auf dem Wasserpfad ober- und unterirdisch ausbreiten kann, sind stehende und fließende Gewässer in der Umgebung zu erfassen. Grundsätzlich sollten alle Oberflächengewässer, die sich im gleichen oder tieferen topographischen Höhengniveau wie das Untersuchungsgebiet befinden, nach Entfernungszonen gestuft erfasst werden.

Zusätzlich zu den oben dargestellten Daten sind weitere Informationsmaterialien in Bezug auf die verschiedenen Umweltmedien (Boden, Luft, etc.) in die Datensammlung aufzunehmen. Hierzu gehören z. B.:

- **Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiete, Biotop**
Befindet sich der Untersuchungsbereich innerhalb oder in der Nähe von ausgewiesenen oder in Ausweisung befindlichen Landschafts- oder Naturschutzgebieten oder erfassten Biotopen, sind diese Informationen in die historische Erkundung aufzunehmen (Kartenunterlagen sind bei den Naturschutzbehörden einsehbar).
- **Klimadaten**
Die klimatischen Daten zu verschiedenen Regionen können über den Deutschen Wetterdienst monatlich bezogen werden. Es werden alle relevanten Klimadaten wie
 - Niederschlagsmengen,
 - Lufttemperatur,
 - Schneefall,
 - Sonnenstrahlung,
 - Sonnentage, Frosttage usw.

in Form von Tabellen und Karten dargestellt. Für Thüringen kann hierzu auf die Wetterdaten von über 30 Wetterstationen zurückgegriffen werden.

Die Vorgehensweise und Ziele der Material- und Datenrecherche sind als Checkliste in Tabelle 3 zusammengefasst.

4.3.8 Kombination der Erfassungsverfahren

Die vorangehenden Darstellungen der üblichen Verfahren zur Gewinnung von Informationen über altlastverdächtige Liegenschaften zeigen, dass diese - bei unterschiedlichen technisch-organisatorischen Voraussetzungen des Einsatzes - durchaus unterschiedliche Ergebnisse erbringen.

Dementsprechend reicht es häufig nicht aus, wenn zur Erfassung der kontaminationsverdächtigen Areale auf einem Betriebsgelände nur eines der drei Verfahren

- Archivrecherche und Schriftgutauswertung,
- multitemporale Auswertung von Kartenwerken und Luftbildern,

- Zeitzeugenbefragung

eingesetzt wird. Eine umfassende und zuverlässige Datenerhebung erfordert vielmehr einen **kombinierten Einsatz** mehrerer Verfahren zur Nutzung der jeweiligen methodenspezifischen Vorteile.

Tabelle 4: Checkliste zur Durchführung der Material- und Datenrecherche

Vorgehensweise bei der Material- und Datenrecherche

1. Ortsbesichtigung
2. Informationsbeschaffung
 - 2a. Archivrecherche und Schriftgutauswertung
 - * Archive des Auftraggebers und des Anbieters
 - * kommunale- und Kreisarchive
 - * Archive auf regionaler, nationaler, u. U. internationaler Ebene
 - 2b. multitemporale Auswertung von Kartenwerken und Luftbildern
 - * Topographische Karten
 - * Geologische Karten
 - * Bodengeologische Karten
 - * Hydrogeologische Karten
 - * Niederschlagskarten
 - 2c. Zeitzeugenbefragung

Ziele der Material- und Datenrecherche:

- Umfassender Informationsgewinn über altlastverdächtige Liegenschaften, insbesondere zu kontaminationsverdächtigen Teilflächen und stofflichen Gefährdungspotenzialen
- Erfassung naturräumlicher Daten der Region, insbesondere zu
 - * Grund- und Oberflächenwässern/Wassernutzungen
 - * geologischer/hydrogeologischer Regionalaufbau
 - * Naturschutz-, Landschaftsschutzgebieten, Biotopen
 - * Klimadaten

Wie die Verfahren in der Praxis zu kombinieren sind, ist kaum allgemeinverbindlich festzulegen, da zwischen den Verfahren keine zwingenden Anordnungsbeziehungen bestehen. Grundsätzlich können die genannten Verfahren in beliebiger Reihenfolge oder auch parallel eingesetzt werden. Orientiert man sich allerdings am Informationsbedarf der Standortrecherche sowie am Informationsgehalt und an der Praktikabilität der Verfahren, so empfiehlt es sich, die liegenschaftsbezogenen Erhebungen

- entweder mit der multitemporalen Kartierung und Luftbildauswertung
- oder mit der Archivrecherche und Schriftgutauswertung zu beginnen bzw. beide Verfahren parallel anzuwenden.

Die Archivrecherche sollte nach Sichtung eigener Archive (Auftraggeber und Anbieter) zunächst in den Kommunalarchiven ansetzen und die Regional- bzw. Nationalarchive und internationale Quellen erst in weiteren Rechenschritten berücksichtigen. Die weiteren Rechenschritte sind einzuleiten, wenn der Abgleich der Ergebnisse aus multitemporaler Kartierung und Auswertung des auf lokaler Ebene überlieferten Schriftgutes relevante Informationsdefizite aufdeckt, die mit hinreichender Wahr-

scheinlichkeit durch die Auswertung von Beständen in den übergeordneten Archiven beseitigt werden können.

In welchem Umfang es notwendig ist, im weiteren Bearbeitungsgang auch Zeitzeugen zu befragen, sollte zum einen vom Umfang und von der Qualität des nach Archivrecherche und multitemporaler Kartierung vorhandenen Daten- und Erkenntnisstandes abhängig gemacht werden; zum anderen ist abzuwägen, inwieweit vor dem Hintergrund der Nutzungsdauer des jeweiligen Standorts überhaupt noch Aussicht besteht, sachkompetente Zeitzeugen ausfindig zu machen, die zuverlässig zur Klärung der offenen Erhebungspunkte beitragen können.

4.3.9 Auswertung der ermittelten Informationen

Die Auswertung der vorliegenden Unterlagen, Daten und Informationen muss sich an den nachfolgend genannten Punkten orientieren:

- Auswertung und Verknüpfung der Informationen bezüglich allgemeiner Angaben, Standort/Umgebungskriterien, Stoffinventar, besonderer Vorkommnisse und bisheriger Maßnahmen,
- Beurteilung der Ergebnisse im Hinblick auf die Aufgabenstellung,
- Hinweise zum weiteren Handlungsbedarf.

Für die Bearbeitung der erstgenannten Position „Auswertung und Verknüpfung von Informationen“ gelten in Anlehnung an den Ausschuss der Ingenieurverbände und Ingenieurkammern für die Honorarordnung e. V. (AHO 1996) und TMLNU (1995) die in Tabelle 4 zusammengestellten Positionen.

Die Beurteilung der Ergebnisse im Hinblick auf die Aufgabenstellung sollte in Anlehnung an die AHO (1996) die in Tabelle 5 aufgeführten Informationen enthalten.

Tabelle 5: Kriterien zur Auswertung der historischen Entwicklung

Administrative Angaben zum Untersuchungsgebiet	• Eigentümer, Nutzer, Adresse • Gemarkung, Flurstücksnummer, Flächengröße • Topographisches Kartenblatt, Hoch- u. Rechtswert
Entwicklung d. Eigentumsverhältnisse	• Chronologie, Rechtsnachfolge
Geologie/ Hydrogeologie	• Geologische Situation (geologische Lage, Höhenlage (GOK), Schichtenaufbau) • Hydrogeologische Situation (Grundwasserstockwerke, Grundwassernutzung, Stauwasserbereich, Fließrichtung)
Entwicklungen bezüglich der Nutzung	• Kurzdarstellung der Nutzungsgeschichte nach Branchen • Altstandort: Produktionsvorgänge und Arbeitsabläufe bei Industrie/Gewerbe/Pflanzenbau (Produktions-/Arbeitsabläufe, Produktionsanlagen und Werkstätten, Art und Menge der Rohstoffe, Zwischen- und Endprodukte, Hilfsmittel, Betriebs-/Arbeitsstoffe, potenzielle Schadstoffemissionsquellen des Produktions-/Arbeitsablaufes) • Altablagerung: Aufbau der Deponie, Nutzungsgeschichte mit Angaben über Art und Menge der abgelagerten Stoffe • Logistik (Lagerung, Transportwege) • Versorgungseinrichtungen (Wasser-/Energieversorgung) • Entsorgungseinrichtungen (Arten, Herkunft, Aufbereitung und Abnehmer von Abfällen und Abwasser) • Wohn-/Verwaltungsgebäude
Entwicklungen bezüglich Lage und Bebauung	• Ortsangabe, Bezeichnung, Begrenzung und Größe des Grundstücks, Flächenteilungen, Zukauf usw. • Lage und Bebauungsfolge/-änderung von Gebäuden, Anlagen, Deponie-, Lager- und Stellplätzen, Zufahrts- und Transportwegen
Ver-/Entsorgungseinrichtungen	• Versorgungseinrichtungen (Brunnen, eigene und fremde Strom- und Wasserversorgung usw.) • Entsorgungseinrichtungen (Siel, Entwässerungsanlagen, Aufbereitungsanlagen, Behälter, Sickergruben usw.)
Umweltrelevante Ereignisse	• Kriegseinflüsse: Kriegsschäden an Gebäuden und Anlagen unter Berücksichtigung der Freisetzung von Schadstoffen und ggf. zurückgebliebenen Kampfmitteln • Störfälle, Schadensfälle, Beschwerden
Vorangegangene Untersuchungen	• Beschreibung bekannter Schadstoffpotenziale auf dem Gelände • Angaben für Schadstoffgruppen bzw. einzelne Parameter bezüglich ⇒ Lage, Ausbreitung, Beweglichkeit, Emissionsquellen von Kontaminationen ⇒ Medium: Boden, Bodenluft, Wasser, Gebäudebestandteile ⇒ Größenordnung der Konzentrationen und Emissionen ⇒ Vergleich mit Orientierungswerten

Tabelle 6: Kriterien zur Beurteilung der Ergebnisse im Hinblick auf die Aufgabenstellung

Geologie/Hydrologie	Empfindlichkeit des Wassers/Bodens gegenüber einer potenziellen Verschmutzung durch Schadstoffe, Ausbreitungsmenge von Schadstoffen (Deckschichten, Rückhaltevermögen, etc.)
Entwicklungen bezüglich der Nutzung	Art, Menge und Quelle möglicher umweltgefährdender Stoffe Aussagen bezüglich Mobilität, Toxizität, Persistenz vermuteter Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen
Entwicklungen bezüglich Lage, Bebauung, Ver- und Entsorgungseinrichtungen	Lage und Ausbreitung möglicher Verunreinigungen
Umweltrelevante Ereignisse	Art, Menge und Quelle möglicher umweltgefährdender Stoffe, Aussagen bezüglich Mobilität, Toxizität, Persistenz vermuteter Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen

Die **Hinweise auf den weiteren Handlungsbedarf** informieren ggf. über die Notwendigkeit von Sofortmaßnahmen. Sie enthalten bei entsprechender Sachlage auch Empfehlungen zum Umfang einer anschließenden Untersuchung im Hinblick auf die zu untersuchenden Schadstoffe und die Ausweisung bzw. Eingrenzung von Untersuchungsbereichen.

4.4 Dokumentation und Präsentation der Ergebnisse

Die Dokumentation der im Rahmen der durchgeführten Untersuchung ausgewerteten Unterlagen, Daten und Informationen erfordert eine lückenlose Benennung aller Informationsquellen der Datenrecherche. Dies gilt auch für Quellen, die keine oder keine zusätzlichen Erkenntnisse/Informationen erbrachten.

Die Untersuchungsergebnisse sollten so aufbereitet werden, dass präzise Informationen über die räumliche Ausdehnung und Bestandsdauer der ermittelten Verdachtsflächen gegeben werden und die Umstände und Rahmenbedingungen, unter denen die Ergebnisse erzielt wurden, nachvollziehbar sind. Räumliche Ausdehnung und Bestandsdauer der potenziell kontaminierten Areale einer Liegenschaft wie auch die möglichen Kontaminationsquellen, also die verursachenden Nutzungen, lassen sich am besten durch thematische Angaben in Form eines Berichtes aufbereiten.

4.4.1 Ergebnisbericht

Die Ergebnisse der historischen Erkundung werden in Form eines Ergebnisberichtes dokumentiert. Dieser Bericht sollte aus

- Textteil und
- Anlagen
- Quellen,
- Photodokumentation,
- Kartographische Ergebnisdarstellungen

bestehen (vgl. Mustergliederung Kapitel 4.4.3).

Generell muss der Ergebnisbericht übersichtlich und schlüssig dokumentieren

- welche Untersuchungsmethoden angewandt wurden,
- mit welchen technischen Hilfsmitteln gearbeitet wurde und
- welche Informationsquellen zur Erkundung der altlastverdächtigen Flächen herangezogen wurden.

Der Bericht muss Informationen zu sämtlichen Aspekten enthalten, die für eine Abschätzung des vom Standort ausgehenden Gefährdungspotenzials sowie für die Eingrenzung und Beurteilung potenziell schadstoffbelasteter Bereiche von Bedeutung sind.

Folgende Daten und Aussagen sollten im Einzelnen im Ergebnisbericht zu finden sein:

- Übersicht über die ermittelten Bildflüge und Luftbilder: Bildbezeichnung, Bildurheber, Aufnahmedatum, Bildmaßstab, Filmemulsion, Bildqualität, Anlage hierzu: ausgewertetes Bildmaterial,
- Übersicht über die bei der Auswertung eingesetzten Geräte: Bezeichnung, technische Eigenschaften, bei Luftbildgeräten insbesondere Vergrößerungsfaktor,
- Übersicht über die das Untersuchungsgebiet abdeckenden Kartenblätter nach Kartenwerken, Blattnummern und -bezeichnungen, Datum und Art der Fortführung, Anlagen hierzu: ausgewertete Kartenblätter,
- Zusammenstellung der ausgewerteten Archivübersichten/-führer, ferner der Findbücher (Titel, Signatur), Aktenbände nach Archiven, Bestandsgruppen mit Aktentiteln und Signatur sowie eventuellen Vermerken zum Inhalt. Ggf. Photokopien von liegenschaftsspezifischen altlastenrelevanten Dokumenten,
- Übersicht über durchgeführte Interviews mit Kennzeichnung der Interviewpartner nach Position und Tätigkeitsdauer im altlastenspezifischen Bereich, Alter, Einschätzung des Erinnerungsvermögens,
- Daten über die Toxizität, Mobilität (in Zusammenhang mit den geologischen Verhältnissen) und das Abbauverhalten der am Standort vermuteten Schadstoffe,
- Darstellung möglicher Gefährdungen der Umweltmedien/Schutzgüter.

Um eine Beurteilung der Befunde leichter durchführen zu können, sollten die erzielten Ergebnisse so aufbereitet werden, dass die Flächenausdehnung der ermittelten und in den Karten dokumentierten Verdachtsareale ersichtlich ist und eine erste Einschätzung des Ausmaßes dieser potenziell kontaminierten Bereiche auf der Liegenschaft vorgenommen werden kann. Diese Einschätzung liefert die Grundlage für inhaltliche Vorschläge zur Durchführung der orientierenden Untersuchung bzw. eventuell erforderlicher Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr.

4.4.2 Ergebnisdarstellung

Die Ergebnisse der Luftbild- und Kartenanalyse sowie weitere sachbezogene Standortinformationen werden zweckmäßigerweise auf maßhaltigen Darstellungen kartiert. Dabei sollten wesentliche Angaben in digitalisierter Form thematisch als SHAPE-Dateien übergeben werden.

Der zu wählende Maßstab bei Ausdrucken ist im Einzelfall an der Fragestellung der Untersuchung zu orientieren. Während bei größeren Arealen Darstellungen im Maß-

stab 1:10.000 bzw. 1:5.000 angebracht sein können, ist bei der Bearbeitung von Betriebsplänen oder Detailplänen von Anlagenteilen eine großmaßstäbigere Vorlage zu Grunde zulegen (z. B. 1:250, 1:100).

Zur exakten Lokalisierbarkeit der möglicherweise kontaminierten Bereiche kann die topographische Karte aufgerastert in die thematischen Darstellungen einkopiert werden, oder es sind die augenfälligsten Elemente der Topographie (z. B. Straßen, Wege) selektiv in die kartographische Darstellung zu übernehmen. Liegen digitale Daten topographischer Karten für das Untersuchungsgebiet vor, sollten diese für die Erstellung der thematischen Karten zu Grunde gelegt werden.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit sollten die Ergebnisse in einer Serie von **analytischen, komplexen** und **synthetischen Kartendarstellungen** wiedergegeben werden. Die analytischen bzw. komplexen Karten zeigen Lage- und Entwicklungsstände der Altablagerungen sowie die Lage der Altanlagen und deren bauliche Veränderungen.

In den analytischen bzw. komplexen Kartendarstellungen werden

- die maximale Ausdehnung der Flächen durch schwarzweiße Kontur-/Strichsignaturen wiedergegeben,
- die Flächenkategorien in den Kartentiteln oder speziellen Buchstaben- bzw. Ziffernsignaturen dargestellt,
- die zeitliche Einordnung und die Entwicklungsstände der Verdachtsflächen jeweils in Zeitskalen in der Kartenlegende bzw. im Anhangteil des Ergebnisberichtes dokumentiert und
- die Kriegseinwirkungen (Gebäude- und Anlagentreffer sowie Bombentrichter) als potenzielle Eintragsorte umweltgefährdender Stoffe durch möglichst lagegenau platzierte Punktsignaturen dargestellt.

Um einen Überblick über die maximale Ausdehnung der potenziell kontaminierten Bereiche auf einer Liegenschaft zu vermitteln, sollten sämtliche Ablagerungen und Altanlagen in einer Synthesekartendarstellung zusammengefasst werden.

Diese (relativ aufwendige) Kartographie sollte grundsätzlich Standard einer liegenschaftsbezogenen Verdachtsflächenerfassung sein. Je ansprechender und übersichtlicher das kartographische Produkt ausgeführt wird, desto besser sind die damit zu vermittelnden inhaltlichen Aussagen erfassbar.

4.4.3 Rahmengliederung

Die Dokumentation der Ergebnisse hat in einer geeigneten schriftlichen, graphischen und zeichnerischen Form unter Angabe der jeweiligen Quellen zu erfolgen. Das Gesamtgutachten ist zudem unter Einbeziehung der Anlagen datentechnisch zu archivieren und in dieser Form dem Ausdruck des Untersuchungsberichtes beizufügen. Nachfolgend wird eine mögliche Gliederung für die Dokumentation einer umfassenden historischen Erkundung dargestellt (Tabellen 6 und 7). Diese Gliederungsvorlage ist standortspezifisch vor allem in Abhängigkeit:

- von der Größe und Komplexität der Liegenschaft
- von dem Umfang der vorhandenen Kenntnisse
- und ob eine oder mehrere gleichartige altlastverdächtige Flächen zusammen erkundet werden sollen

anzupassen.

Die einzelnen Nummern enthalten kurze Hinweise auf inhaltliche Schwerpunkte.

Tabelle 7: Rahmengliederung für die Historische Erkundung von altlastverdächtigen Flächen (Altstandorte)

0 Inhaltsverzeichnis

Gliederung des Gutachtens (mit Seitenzahlen)

• **1 Zusammenfassung**

- Veranlassung und Untersuchungsziele
- Lage und Größe der Fläche
- Beschreibung der Ausgangssituation
- Durchgeführte Arbeiten
- Gefährdungspotenzial
- Erforderliche Maßnahmen mit Kostenschätzung

2 Veranlassung und Aufgabenstellung

2.1 Veranlassung

2.2 Aufgabenstellung

2.3 Auftraggeber, Auftragsdatum, Auftrag- und Nachauftragnehmer

• **3 Kenntnisstand und Bearbeitungsschritte**

3.1 Vorhandene Gutachten/Untersuchungsberichte

3.2 Aktenstudium

3.3 Ortsbegehungen

3.4 Zeitzeugenbefragung

3.5 Multitemporale Luftbilderauswertung

3.6 Multitemporale Kartenauswertung

•

• **4 Standortbeschreibung**

4.1 Allgemeine Standortdaten

Bezeichnung der Fläche (Schlüsselnummer in THALIS)

Adresse: Kreis, Stadt, Gemeinde, Ortsteil, Gemarkung, Flur, Flurstücke

Geographische Lage mit Lageplan

Ausdehnung der Fläche

Zuständige Vollzugsbehörde

Rechtsträger/Eigentümer

4.2 Geographie/Morphologie

Topographie der Liegenschaft

Morphologie der Liegenschaft und der Umgebung

Daten zu Niederschlag, Temperatur, Windgeschwindigkeiten und -richtungen

4.3 Geologie/Pedologie

Beschreibung der regionalen und lokalen Geologie mit Angaben zu

Stratigraphie

Petrographie/Pedologie

Strukturgeologische Situation

4.4 Hydrogeologie

Beschreibung der regionalen und v. a. lokalen hydrogeologischen Verhältnisse mit Angaben zu

Anzahl und Lage der grundwasserleitenden Schichten

Arten der Grundwasserleiter (gespannt, halbgespannt, frei)

Flurabstände

Durchlässigkeiten und Mächtigkeiten der Grundwasserdeckschichten

Durchlässigkeiten, Mächtigkeiten, Transmissivitäten und Speicherkoeffizienten der Grundwasserleiter

Grundwasserfließrichtung und -geschwindigkeit

Lage von relevanten Entnahmepunkten, Lage der Filter, Entnahmemengen

Lage von nahe gelegenen Beobachtungsbrunnen

Grundwasserchemismus (aus Wasseranalysen)

4.5 Hydrologie

Darstellung von nahe gelegenen Oberflächengewässern mit Angaben zu

Lage, Geometrie, Fließgeschwindigkeit der Gewässer

Entwässerung der Liegenschaft zu Vorflutern

Wasserex- und -infiltrierenden Gewässerabschnitten

Oberirdischen Wasserscheiden

4.6 Zustand der Liegenschaft

vorhandene Altanlagen

Ausmaße von Ablagerungen mit Volumenangaben

Beobachtungen von Sickerwasseraustritten, Vernässungen

Vegetationsschäden

Art und Zustand von Oberflächenversiegelungen

Zufahrt und Zugangsmöglichkeiten zum Untersuchungsbereich

5 Nutzung der Liegenschaft und historische Entwicklung

5.1 Historische Entwicklung

Eigentumsverhältnisse (aktuell und historisch)

Gebäudebestandsentwicklung

5.2 Nutzungen

Nutzungen auf der Liegenschaft in Vergangenheit und Gegenwart

Darstellung von Ver- und Entsorgungseinrichtungen (z. B. Energieversorgung, Wasser- und Abwasserversorgung)

Besondere Vorkommnisse (z. B. Kriegseinwirkung, Havarien)

Geplante Nutzung

Umgebungsnutzung (nähere und mittlere Entfernung)

6 Darstellung von möglicherweise kontaminierten Bereichen und Gefährdungsabschätzung

6.1 Bereich Nr. („Bezeichnung“)

Darstellung und Erläuterung der einzelnen kontaminationsverdächtigen Bereiche mit
derzeitigem Zustand

Flächengröße

eingesetzten Substanzen, Schadstoffliste

Lager- und Umschlagsmengen (Durchschnittsmengen, Maximalmengen)

Umschlagsstellen und Transportwegen

besonderen Vorkommnissen (z. B. Unfälle, Havarien)

Beschreibung der Flächen auf Basis der Ergebnisse aus den Ortsbegehungen, Befragungen, Unterlagen

Darstellung der derzeitigen, vormaligen und geplanten Nutzung der Flächen

Ablauf der Entwicklung

Baumaßnahmen

Beschreibung der technologischen Prozesse

6.2 Abschätzung des Gefährdungspotenzials der altlastverdächtigen Fläche

Beurteilung des Gefährdungspotenzials der möglicherweise kontaminierten Bereiche

Dokumentation der relevanten Schadstoffe

Beurteilung des festgestellten oder vermuteten Schadstoffpotenzials

Gefährdungspotenzial der Schadstoffe hinsichtlich der Umweltmedien und Schutzgüter

Aussagen zu potenziellen Kontaminationspfaden

Lage zu Schutzgebieten (Trinkwasserschutzzonen, Natur-, Landschaftsschutzgebieten)

Beurteilung des Gefährdungspotenzials der altlastverdächtigen Fläche aus der bisherigen Nutzung

6.3 Ableitung und Begründung weiterer Maßnahmen

6.4 Untersuchungsprogramm für orientierende Untersuchung

Vorschläge für Untersuchungsmedien

Vorschläge für Probennahmepunkte

Vorschläge für Analysenprogramm

Projektplan mit Kostenschätzung

7 Zusammenfassung der vorgeschlagenen Maßnahmen

8 Literaturverzeichnis

9 Anlagenverzeichnis

(Abbildungen, Tabellen, Karten/Pläne, beigelegte Datenerhebungsbögen, Datenträger)

10 Anlagen

10.1 Quellen

Dokumentation der Befragungen (Personen und Institutionen) mit Name, Dienststelle, Adresse, Datum

Kurzprotokoll der Inhalte

Dokumentation sämtlicher verwendeter Gutachten, Karten und Luftbilder bzw. Ergebnisberichte zur Luftbildauswertung (falls vorhanden)

Dokumentation der durchgeführten Archivrecherchen

Ergebnisse vorliegender Analysen

10.2 Photodokumentation

Photodokumentation aller kontaminationsverdächtigen Bereiche

10.3 Kartographische Darstellungen

aller kontaminationsverdächtigen Bereiche der Liegenschaft

aller altlastverdächtigen Flächen im Umfeld des Erkundungsobjektes

potenziell umweltgefährdender Einrichtungen im Nah- und mittleren Bereich

potenziell schutzwürdiger Einrichtungen auf der Liegenschaft und in der Umgebung

nahe gelegener Oberflächengewässer

nahe gelegener Grundwasserentnahme- und –beobachtungsmöglichkeiten

10.4 Bericht einschließlich Anhang in datentechnisch erfasster Form

Bei der historischen Erkundung von Altablagerungen wird das Gutachten entsprechend den Schwerpunkten der Arbeit in einigen Bereichen anders ausgerichtet als bei Altstandorten.

Tabelle 8: Rahmengliederung für die Historische Erkundung von altlastverdächtigen Flächen (Altablagerungen)

0 Inhaltsverzeichnis

Gliederung des Gutachtens (mit Seitenzahlen)

1 Zusammenfassung

- Veranlassung und Untersuchungsziele

- Lage und Größe der Fläche
- Beschreibung der Ausgangssituation
- Durchgeführte Arbeiten

Gefährdungspotenzial

- Erforderliche Maßnahmen mit Kostenschätzung

2 Veranlassung und Aufgabenstellung

- 2.1 Veranlassung
- 2.2 Aufgabenstellung
- 2.3 Auftraggeber, Auftragsdatum, Auftrag- und Nachauftragnehmer

3 Kenntnisstand und Bearbeitungsschritte

- 3.1 Vorhandene Gutachten/Untersuchungsberichte
- 3.2 Aktenstudium
- 3.3 Ortsbegehungen
- 3.4 Zeitzeugenbefragung
- 3.5 Multitemporale Luftbilderauswertung
- 3.7 Multitemporale Kartenauswertung

4 Standortbeschreibung

4.1 Allgemeine Standortdaten

Bezeichnung der Fläche (Schlüsselnummer in THALIS)

Adresse: Kreis, Stadt, Gemeinde, Ortsteil, Gemarkung, Flur, Flurstücke

Geographische Lage mit Lageplan

Ausdehnung der Fläche

Zuständige Vollzugsbehörde

Rechtsträger/Eigentümer

4.2 Geographie/Morphologie

Topographie der Liegenschaft

Morphologie der Liegenschaft und der Umgebung

Daten zu Niederschlag, Temperatur, Windgeschwindigkeiten und -richtungen

4.3 Geologie/Pedologie

Beschreibung der regionalen und lokalen Geologie mit Angaben zu

Stratigraphie

Petrographie/Pedologie

Strukturgeologische Situation

4.4 Hydrogeologie

Beschreibung der regionalen und v. a. lokalen hydrogeologischen Verhältnisse mit Angaben zu

Anzahl und Lage der Grundwasser leitenden Schichten

Arten der Grundwasserleiter (gespannt, halbgspannt, frei)

Flurabstände

Durchlässigkeiten und Mächtigkeiten der Grundwasserdeckschichten

Durchlässigkeiten, Mächtigkeiten, Transmissivitäten und Speicherkoeffizienten der Grundwasserleiter

Grundwasserfließrichtung und -geschwindigkeit

Lage von relevanten Entnahmekbrunnen, Lage der Filter, Entnahmemengen

Lage von nahe gelegenen Beobachtungskbrunnen

Grundwasserchemismus (aus Wasseranalysen)

4.5 Hydrologie

Darstellung von nahe gelegenen Oberflächengewässern mit Angaben zu

Lage, Geometrie, Fließgeschwindigkeit der Gewässer

Entwässerung der Liegenschaft zu Vorflutern

Wasserex- und -infiltrierende Gewässerabschnitte

Oberirdische Wasserscheiden

5 Nutzung der Liegenschaft und historische Entwicklung

5.1 Historische Entwicklung

Eigentumsverhältnisse (aktuell und historisch)

Entwicklung der Ablagerung nach Fläche und Volumen

Gebäudebestandsentwicklung

5.2 Betriebsangaben

Menge, Art und Herkunft der abgelagerten Stoffe

Ablagerungszeitraum

Ablagerungsregime/technologische Prozesse

Umschlagstellen und Transportwege

weitere Nutzungen auf der Liegenschaft in Vergangenheit und Gegenwart

Abfallbehandlungsanlagen o. ä.

Darstellung von Ver- und Entsorgungseinrichtungen (z. B. Energieversorgung, Wasser- und Abwasserversorgung)

Besondere Vorkommnisse (z. B.: Brände, Havarien)

Geplante Nutzung

Umgebungsnutzung (nähere und mittlere Entfernung)

- 5.3 Gegenwärtiger Zustand der Liegenschaft
- Ausmaße von Ablagerungen mit Volumenangaben
- Beobachtungen von Sickerwasseraustritten, Vernässungen
- Vegetationsschäden
- Art und Zustand von Oberflächenabdichtungen
- Zufahrt und Zugangsmöglichkeiten zum Untersuchungsbereich

6 Gefährdungsabschätzung

- 6.1 Abschätzung des Gefährdungspotenzials der Altablagerung
- Dokumentation der relevanten Schadstoffe
- Beurteilung des festgestellten oder vermuteten Schadstoffpotenzials
- Gefährdungspotenzial der Schadstoffe hinsichtlich der Umweltmedien und Schutzgüter
- Aussagen zu potenziellen Kontaminationspfaden
- Lage zu Schutzgebieten (Trinkwasserschutzzonen, Natur-, Landschaftsschutzgebieten)
- Beurteilung des Gefährdungspotenzials der Altablagerung aus der bisherigen Nutzung
- 6.2 Ableitung und Begründung weiterer Maßnahmen
- 6.3 Untersuchungsprogramm für orientierende Untersuchung
- Vorschläge für Untersuchungsmedien
- Vorschläge für Probennahmepunkte
- Vorschläge für Analysenprogramm
- Projektplan mit Kostenschätzung

7 Zusammenfassung der vorgeschlagenen Maßnahmen

8 Literaturverzeichnis

9 Anlagenverzeichnis

(Abbildungen, Tabellen, Karten/Pläne, beigefügte Datenerhebungsbögen, Datenträger)

10 Anlagen

- 10.1 Quellen
- Dokumentation der Befragungen (Personen und Institutionen) mit Name, Dienststelle, Adresse, Datum
- Kurzprotokoll der Inhalte
- Dokumentation sämtlicher verwendeter Gutachten, Karten und Luftbilder bzw. Ergebnisberichte zur Luftbildauswertung (falls vorhanden)
- Dokumentation der durchgeführten Archivrecherchen
- Ergebnisse vorliegender Analysen

10.2 Photodokumentation

10.3 Kartographische Darstellungen

der Gesamtliegenschaft mit Ablagerung und sonstigen Einrichtungen, Straßen usw.

aller kontaminationsverdächtigen Bereiche der Liegenschaft

aller altlastverdächtigen Flächen im Umfeld des Erkundungsobjektes

potenziell umweltgefährdender Einrichtungen im Nah- und mittleren Bereich

potenziell schutzwürdiger Einrichtungen auf der Liegenschaft und in der Umgebung

nahe gelegener Oberflächengewässer

nahe gelegener Grundwasserentnahme- und –beobachtungsmöglichkeiten

10.4 Bericht einschließlich Anhang in datentechnisch erfasster Form

5 Orientierende Untersuchung und Detailuntersuchung

5.1 Einleitung

Die orientierende Untersuchung und die Detailuntersuchung sind der historischen Erkundung nachgeschaltete Untersuchungsphasen für eine altlastverdächtige Fläche/Altlast, die den Einsatz technischer Maßnahmen beinhalten. Sachverständige und Untersuchungsstellen, die derartige Aufgaben wahrnehmen, müssen nach BBodSchG die für diese Aufgaben erforderliche Sachkunde und Zuverlässigkeit besitzen sowie über die erforderliche gerätetechnische Ausstattung verfügen.

Die **orientierende Untersuchung** zielt darauf ab, schwerpunktmäßig die Art, die Konzentration und die Verbreitung von Schadstoffen in Boden, Bodenluft oder Wasser zu erfassen und die Ergebnisse mit schadstoff- und wirkungspfadspezifischen Prüfwerten abzugleichen.

Die **Detailuntersuchung** dient nach Bestätigung des Altlastenverdachtes in der orientierenden Untersuchung zur Erweiterung des Kenntnisstandes für eine abschließende Klärung der von der Untersuchungsfläche ausgehenden Risiken.

Im begründeten Einzelfall kann die technische Untersuchung auch als einstufige Untersuchungsphase durchgeführt werden. Vor allen technischen Maßnahmen ist jedoch im Regelfall eine historische Erkundung durchzuführen.

Nur in begründeten Ausnahmefällen, z. B. bei einer kleinen Tankstelle im bekannten Umfeld, kann auf eine eigenständige historische Erkundung verzichtet werden. Die wesentlichen Informationen zum Standort und zum Umfeld sind dann am Beginn der orientierenden Untersuchung nachzuerheben.

Orientierende Untersuchung und Detailuntersuchung unterscheiden sich in ihrer Zielsetzung und beinhalten daher unterschiedliche Untersuchungskonzepte, die nachstehend näher dargestellt werden (Kapitel 5.2 u. 5.3).

Beide Untersuchungsphasen besitzen aber in der Regel einen vergleichbaren Verfahrensablauf, der (in Anlehnung an AHO 1996) wie folgt zu charakterisieren ist:

I. Grundlagenermittlung für die technische Untersuchung

Neben der Klärung der Aufgabenstellung (z. B. Abgrenzung des Untersuchungsgebietes, Ermitteln von Leistungsumfang und Randbedingungen, Anforderungen zur Arbeitssicherheit) ist die Zusammenstellung aller verfügbaren Unterlagen, Daten und Informationen (z. B. Ergebnisse bereits durchgeführter Erkundungen und Untersuchungen, sämtliche Informationen zur Spartenklärung) sowie die Beurteilung der Daten auf Vollständigkeit und Aktualität durchzuführen.

II. Ausarbeitung des Untersuchungsprogrammes

Die Festlegung und Begründung des Beprobungs- und Untersuchungsprogrammes hat umfassende Aussagen über die durchzuführenden Feld- und Laborarbeiten zum Ziel. Die Auswahl der Beprobungsmedien (Boden, Bodenluft, Grundwasser, Oberflächenwasser, Sickerwasser), der Sondierv Verfahren (Aufschlussbohrungen, Schürfe, Grundwassermessstellen, Bodenluftpegel), der Anzahl und Lage (horizontal und vertikal) von Probennahmepunkten sind ebenso Bestandteile dieser Leistungsphase wie die Benennung der benötigten Menge an Probenmaterial, der Probenart (Einzel- oder Mischproben, Originalsubstanz oder Eluate), der Probennahmetechnik, der Untersuchungsparameter, der Analysenverfahren einschließlich der erforderlichen Messgenauigkeit sowie der Anforderungen an die Qualitätssicherung.

III. Vergabe von Leistungen

Dieser Arbeitsschritt besteht aus der Mengenermittlung und der Festschreibung von Leistungspositionen, der Konkretisierung von Ausführungsphasen und der Vergabe von Leistungen an fachlich geeignete Dritte, soweit diese nicht durch den Zustands- oder Handlungsstörer als Eigenleistung durchgeführt werden sollen.

IV. Durchführung der Untersuchungen

Dieser Teilschritt beinhaltet die Abwicklung der technischen Geländearbeiten und der analytischen Untersuchungen vor Ort bzw. nach Überstellung der gewonnenen Proben in ein Analysenlabor. Der Fortgang der Untersuchungen wird durch einen Fachgutachter als Projektleiter oder Projektbegleiter überwacht. Das vorab festgelegte Untersuchungsprogramm (Teilschritt II) gibt den Rahmen der Arbeiten vor, es muss jedoch flexibel an die im Untersuchungsgebiet angetroffenen Verhältnisse angepasst bzw. anhand der neu gewonnenen Erkenntnisse optimiert werden. Somit ist der Auftragnehmer für die Prüfung und Anzeige eventuell notwendiger Änderungen des Untersuchungsprogrammes zuständig.

V. Auswertung, Beurteilung und Dokumentation

Die Ergebnisse der technischen Untersuchung werden in einem Gutachten umfassend dargestellt und einer schutzgut- und nutzungsbezogenen Risikobeurteilung unterzogen; weiterer Handlungsbedarf wird aufgezeigt. Die Bearbeitung zusätzlicher thematischer Schwerpunkte kann gegebenenfalls angezeigt sein.

VI. Bewertung durch die zuständige Behörde

Die Untersuchungsergebnisse und die gutachterliche Stellungnahme werden durch die zuständige Behörde - ggf. unter Hinzuziehung von Fachbehörden - bewertet. Die Behörde entscheidet über den weiteren Handlungsbedarf wie

- Einstufung als Altlast
- Durchführung weiterer Untersuchungen
- Durchführung von Sanierungsuntersuchungen
- Überwachungsmaßnahmen
- Einleiten von Sofortmaßnahmen

oder die Entlassung der untersuchten Fläche aus dem Altlastverdacht.

5.2 Ablauf der orientierenden Untersuchung

5.2.1 Zielsetzung

Ziel der orientierenden Untersuchung ist es, erste Aussagen über die Art, Konzentration und Verbreitung von Substanzen, die als Schadstoffe im Boden, in der Bodenluft oder im Wasser vermutet werden, zu erbringen, um einen aus den Erkenntnissen der historischen Erkundung abgeleiteten Altlastverdacht zu bestätigen oder auszuschließen. Das gegenwärtige und zukünftige Risikopotenzial der Flächen soll aus den durchgeführten Untersuchungen abschätzbar sein und gegebenenfalls den Handlungsbedarf für die Detailuntersuchung begründen. Das festgestellte Ausmaß der Beeinträchtigungen entscheidet über die Dringlichkeit weiterer Maßnahmen.

Die orientierende Untersuchung beinhaltet hierzu technische Maßnahmen und chemisch-physikalische Untersuchungen. Grundlagen zur Probengewinnung für die relevanten Untersuchungsmedien der orientierenden Untersuchung (bzw. der Detailuntersuchung) sind in Kapitel 5.4 wiedergegeben.

5.2.2 Untersuchungsstrategie

Durch eine systematische Vorgehensweise bei der Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen muss gewährleistet werden, dass eine repräsentative und zuverlässige Beprobung im Untersuchungsgebiet durch bestmögliche Wahl von Untersuchungsmedien, Beprobungspunkten und -tiefen unter Berücksichtigung individueller Standortgegebenheiten erfolgt. Die Probennahme- und Analysenstrategie ist bei der orientierenden Untersuchung deshalb so zu konzipieren, dass das im Rahmen der historischen Erkundung ermittelte bzw. vermutete branchentypische Schadstoffspektrum aus sämtlichen relevanten Nutzungen im Untersuchungsgebiet in allen Beprobungsmedien durch das Untersuchungskonzept mit Einzel-, Gruppen-, Summen- oder Leitparameter erfasst werden kann.

Bei der technischen Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen können für Altablagerungen und Altstandorte bzw. für einzelne Teilflächen von Altstandorten zwei prinzipiell unterschiedliche Untersuchungsstrategien in Betracht gezogen werden (Reichert/Roemer 1997):

- eine **urteilsbegründete Vorgehensweise**, die auf die Untersuchung bekannter bzw. vermuteter Kontaminationsschwerpunkte ausgerichtet ist und somit meist Bestandteil des Untersuchungskonzeptes von Altstandorten ist;
- eine **statistische Vorgehensweise** durch systematische oder nichtsystematische Verteilungsmuster. Dies gilt insbesondere für
 - den Boden von Teilflächen zwischen den Kontaminationsschwerpunkten von Altstandorten,
 - die Untersuchung von Deponiegasen/Bodenluft auf Altablagerungen,
 - die Ermittlung der Schadstoffverteilung auf Halden und
 - die Untersuchung oberflächennaher Mischproben bei Wirkungspfaden mit Beprobungstiefen bis zu 35 cm (s. Tabelle 8).

In der Regel sind bei der orientierenden Untersuchung von **Altstandorten** Bodenuntersuchungen durchzuführen. Bei **Altablagerungen** sind hingegen Sicker- und Grundwasseruntersuchungen die Regel und über die Sinnhaftigkeit der Entnahme von Bodenproben ist anhand der Heterogenität des Deponates (d. h. Feststoffproben nur bei weitgehend homogener Ablagerung auf Halden) und in Abhängigkeit von der Nutzung (d. h. oberflächennahe Feststoffproben bei entsprechenden Wirkungspfaden) zu entscheiden. Daneben kann eine Feststoffbeprobung von Deponien bei unzureichenden Erkenntnissen zum Schadstoffpotenzial im Einzelfall erforderlich sein. Repräsentative Aussagen sind mit den dabei erzielten Ergebnissen in der Regel allerdings kaum möglich.

Bodenluft/Deponiegas-Untersuchungen sind zur Sicherstellung aussagekräftiger Ergebnisse nur an Standorten mit ausreichend mächtiger ungesättigter Bodenzone und in Substraten mit guter Durchlässigkeit vorzusehen.

5.2.2.1 Wirkungspfadspezifische Beprobung von Boden/Feststoff

Die **vertikalen Beprobungsabstände und -tiefen** werden für Boden/Feststoffproben durch die im Untersuchungsgebiet relevanten Nutzungen bzw. Wirkungspfade

für Schadstoffe bestimmt. Tabelle 8 führt für unterschiedliche Wirkungspfade die entsprechenden Beprobungsintervalle an. Je Probennahmepunkt können bei der Entnahme von Bodenproben (auch in Form von oberflächennahen Mischproben) im Zuge der orientierenden Untersuchung die Beprobungsintervalle verschiedener Wirkungspfade gleichzeitig zu berücksichtigen sein. Für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser wird eine Differenzierung der Beprobungsintervalle nach Untergrundaufbau und Schichtmächtigkeit vorgenommen. Bei Schichtwechsel innerhalb der in Tabelle 8 genannten Beprobungstiefen kann im Einzelfall eine weitergehende Differenzierung bei der Probennahme angezeigt sein.

Für Untersuchungen zur Sicherstellung gesunder Wohn- und Arbeitsverhältnisse und umweltbezogener Auswirkungen auf den Menschen (§ 1 Abs. 6 Nr. 1, 7 c)) BauGB) können für den Direktpfad und für den Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze Beprobungstiefen bis zu 1 m erforderlich sein.

5.2.2.2 Probennahmestrategie Boden und Bodenluft bei Altstandorten

Auf Grund der oben genannten Zielsetzung der orientierenden Untersuchung ist in dieser Untersuchungsphase vorrangig eine urteilsbegründete, d. h. schwerpunktmäßig auf die Erfassung bekannter oder vermuteter Kontaminationsschwerpunkte ausgerichtete Untersuchungsstrategie zu Grunde zu legen. Allerdings ist zu beachten, dass u. U. trotz sorgfältiger historischer Erkundung auf Grund außergewöhnlicher Vorkommnisse (Störfälle, Brände, Kriegseinwirkungen) oder der nur schwer nachvollziehbaren Handhabung von Produktionsrückständen oder Abfällen auch außerhalb der vermuteten Kontaminationsschwerpunkte Verunreinigungen des Untergrundes vorliegen können, die sich bei der rein urteilsbegründeten Vorgehensweise der Erfassung entziehen.

Vor der Entnahme von **Bodenproben** sind im Zuge der Probennahmeplanung Vorgaben zur Anzahl und räumlichen Lage der Probennahmepunkte sowie zu den vertikalen Probennahmeabständen einschließlich der maximalen Aufschlusstiefe zu treffen. Auf der Basis der Standortgegebenheiten und des Informationsgewinnes im Zuge des Untersuchungsfortschrittes müssen diese Festlegungen während der Geländearbeiten fortlaufend optimiert werden, um die der Untersuchung zu Grunde liegende Fragestellung mit größtmöglicher Effizienz zu bearbeiten.

Die Erfassung der konkreten Ausbreitung der Kontamination ist bei der orientierenden Untersuchung vorerst noch von untergeordneter Bedeutung; dies ist vielmehr eine zentrale Aufgabenstellung der späteren Detailuntersuchung.

Tabelle 9: Wirkungspfadspezifische und nutzungsorientierte Beprobungstiefen (nach AG "QS" 2001)

Wirkungspfad	Nutzung	Beprobungstiefe
Boden – Mensch ^{a)}	Kinderspielfläche, Wohngebiet	0 - 10 cm ¹⁾ , 10 - 35 cm ²⁾
	Park- und Freizeitanlage	0 - 10 cm ¹⁾
	Industrie- und Gewerbegrundstücke	0 - 10 cm ¹⁾
Boden – Nutzpflanze ^{a)}	Ackerbau, Nutzgarten	0 - 30 cm ³⁾ ; 30 - 60 cm
	Grünland	0 - 10 cm ⁴⁾ , 10 - 30 cm
Boden - Grundwasser		0 bis unterhalb des wahrnehmbaren belasteten Bereiches
Boden - Oberflächenwasser (Abschwemmung)		0 - 10 cm
Boden - Luft (Verwehung)		0 - 10 cm ¹⁾

^{a)} Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV), 12. Juli 1999; BGBl., Teil I, Nr.36; 1999, S. 1554

¹⁾ Kontaktbereich für orale und dermale Schadstoffaufnahme, zusätzlich 0-2 cm bei Relevanz des inhalativen Aufnahmepfades

²⁾ 0-35 cm: durchschnittliche Mächtigkeit aufgebrachtter Bodenschichten; zugleich max. von Kindern erreichbare Tiefe

³⁾ Bearbeitungshorizont

⁴⁾ Hauptwurzelbereich

Für die Beprobungsstrategie sind außerdem die Größe des Untersuchungsgebietes sowie die aktuelle oder geplante Standortnutzung von Bedeutung. Aus dem Zusammenspiel sämtlicher Einflussfaktoren resultiert eine individuelle, objektbezogene **Untersuchungsstrategie**, die nachfolgend in ihren Grundzügen standardisiert wird: Vermutete Kontaminationsschwerpunkte (kontaminationsrelevante Anlagenteile, Lagerplätze, Tankanlagen, Versorgungsleitungen usw.) sind in der orientierenden Untersuchung gezielt durch Beprobung in diesen Bereichen zu erfassen.

Kontaminationsschwerpunkte können durch **Punktquellen**, durch **flächenhafte** oder auch durch **linienhafte Schadstoffeinträge** hervorgerufen sein. Während bei Punktquellen das Schadenzentrum und durch radiale Anordnung der Probennahmepunkte in der Regel auch die unmittelbare Umgebung untersucht werden sollte (z. B. polares Raster entlang von Profillinien), ist bei vermuteten flächenhaften Verunreinigungen nach Möglichkeit ein regelmäßiges Raster der Probennahmepunkte unter besonderer Berücksichtigung lokaler Auffälligkeiten anzustreben. Linienhafte Verunreinigungen (z. B. entlang von Leitungstrassen) können durch in regelmäßigen Abständen angeordnete Probennahmepunkte untersucht werden.

In der Untersuchungspraxis ist oftmals eine kleinräumige Kombination der genannten Beprobungsstrategien am Untersuchungsobjekt notwendig. Häufig stehen auch beengte räumliche Verhältnisse bzw. Sondierhindernisse (Gebäude, unterirdische Anlagenteile, Leitungen) oder ein begrenzter Untersuchungsumfang der optimalen Anordnung der Probennahmepunkte entgegen.

Die Zahl der Beprobungspunkte in Kontaminationsschwerpunkten ist nicht zuletzt auch von der Größe dieser Teilflächen abhängig. Eine Orientierungshilfe für die flächenbezogene Anzahl der Probennahmepunkte enthält Tabelle 10.

Tabelle 10: Orientierungshilfe für die Anzahl der Beprobungspunkte im Bereich von vermuteten Kontaminationsschwerpunkten (nutzungsabhängig)

Flächengröße der Vermuteten Kontami- nationsschwerpunkte [m ²]	Anzahl der Beprobungs- punkte	Bezugsfläche je Beprobungspunkt [m ²]
< 100	2 - 3	< 50
100 – 500	3 - 4	50 - 125
500 – 1000	4 - 6	125 - 170
1.000 - 2.000	6 - 8	170 - 250
> 2.000		≤ 400

Oberflächennahe Beprobung

Für die Bereiche zwischen den Kontaminationsschwerpunkten ist eine oberflächennahe Bodenuntersuchung vorzusehen, wenn auf Grund der Nutzung eine Gefährdung der Schutzgüter über die Wirkungspfade

- Boden - Mensch,
- Boden - Nutzpflanze,
- Boden - Oberflächenwasser (Abschwemmung) und
- Boden - Luft (Verwehung)

nicht auszuschließen ist.

Tabelle 11 enthält Orientierungshilfen für die Festlegung der Beprobungspunkte für die oberflächennahe Beprobung auf Flächen mit allgemeinen Verdachtshinweisen in Abhängigkeit der Flächengröße und der Art der Nutzung. Selbst bei größeren Flächen als in Tabelle 11 angegeben, sollen bei den Beprobungen Abstände von 50 m bei Kinderspielflächen/Wohngebieten und von 100 m bei Park/Freizeitanlagen und Industrie-/Gewerbegebieten nicht überschritten werden. Da die Kontaminationsschwerpunkte immer untersucht werden müssen, ist einzelfallabhängig die Anzahl der Beprobungspunkte sinnvoll zu erhöhen. Die Beprobungen sind gezielt für die vorgenannten Wirkungspfade durchzuführen.

Für die Herstellung der Mischprobe bei der oberflächennahen Beprobung ist jeder Beprobungspunkt der Mittelpunkt der Einstichstellen (15 bis 25), d. h. unter einem Beprobungspunkt ist letztendlich eine Beprobungsteilfläche zu verstehen.

Tabelle 11: Orientierungshilfe für die Anzahl der Beprobungspunkte (= Beprobungsteilflächen) für die oberflächennahe Beprobung für Flächen mit allgemeinen Verdachtshinweisen (nutzungsabhängig) nach AG "QS" 2001

Flächengröße in m ²	Nutzung	
	z. B. Kinderspielflächen, Wohngebiete	z. B. Park-/Freizeitanlagen, In- dustrie-/Gewerbegebiete
	Anzahl der Beprobungspunkte (Orientierungshilfe)	Anzahl der Beprobungspunkte (Orientierungshilfe)
< 500	3	2
500 - 10.000	3 – 10	2 - 5
10.000 - 100.000	10 – 40	mind. 10

Bei der orientierenden Untersuchung sollten ggf. auch **unbelastete Bodenbereiche** (z. B. aus der näheren Umgebung der Verdachtsfläche) beprobt werden, um bei der Beurteilung vorgefundener Verunreinigungen Aussagen über die geogenen bzw. anthropogenen Hintergrundkonzentrationen im Untersuchungsgebiet einbeziehen zu können. Im Einzelfall kann es außerdem sinnvoll sein, den Bodenbereich über stauenden Horizonten oder den Grundwasserschwankungsbereich selektiv zu beproben. Die Untersuchung von **Bodenluft** ist in der orientierenden Untersuchung dann ergänzend zu den Bodenuntersuchungen durchzuführen, wenn ein Verdacht auf das Vorliegen leichtflüchtiger Schadstoffe aus den Ergebnissen der historischen Erkundung begründet ist.

Die Festlegung von Anzahl und Lage der Probennahmepunkte im Untersuchungsgebiet folgt bei der orientierenden Untersuchung weitgehend der für Bodenuntersuchungen anzuwendenden Strategie:

- Besteht ein Verdacht auf eine Untergrundbelastung mit flüchtigen Schadstoffen, sollten in den Kontaminationsschwerpunkten die Bodenluftentnahmestellen hinsichtlich Anzahl und Lage mit den Aufschlüssen für die Bodenprobenahme übereinstimmen. Die Bodenluftentnahme sollte dabei aus Bodentiefen ab mindestens 1 m unter GOK erfolgen.

Für die Entscheidung über den Einsatz von Bodenluftuntersuchungen bei der Festlegung der Analysenstrategie gilt es die folgenden Vor- und Nachteile zu berücksichtigen (Reichert und Roemer 1997):

Tabelle 12: Vor- und Nachteile von Bodenluftuntersuchungen

Vorteile	Nachteile
einfache Durchführung	nicht standardisierte Entnahmetechniken
schnelle Verfügbarkeit der Ergebnisse	Veränderungen des Strömungsfeldes bei längerem Abpumpen
Kostengünstig	Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeit
flächendeckende Untersuchungen oftmals möglich	wachsende Gefahr des Nachströmens atmosphärischer Luft
schneller Phasenübergang Schadstoff-Bodenluft	starker Einfluss von Randbedingungen (z. B. Witterung) auf Messergebnisse
gezielte Positionierung weiterer aufwändigerer Probennahmen (Feststoff, Grundwasser) ist möglich	Befunde haben nur orientierenden Charakter

5.2.2.3 Probennahmestrategie Feststoffe, Deponiegas und Bodenluft bei Altablagerungen

Bei **Altablagerungen** mit **heterogener Konsistenz** des Deponates ist die Beprobung integrierender Medien wie (Sicker-)Wasser oder Bodenluft/Deponiegas vorzuziehen. Ist jedoch aus der Nachfolgenutzung der Altablagerung ein direkter Kontakt von Menschen mit dem Boden (z. B. Sport- oder Spielplatz) oder eine Exposition über den Pflanzenpfad (z. B. landwirtschaftliche oder gärtnerische Nutzflächen) nicht sicher auszuschließen, sind **oberflächennahe Bodenproben** (Tiefenbereich bis 0,35 m) auch bei Altablagerungen heterogener Zusammensetzung erforderlich.

Wenn im begründeten Ausnahmefall eine Beprobung der Feststoffmatrix des Deponiekörpers erfolgt, sollten die Schürfe systematisch verteilt werden.

Homogene(re) Altablagerungen liegen meist dann vor, wenn es sich um Abraumhalden des Bergbaues oder um Betriebsdeponien mit definierten Stoffspektren im Deponat handelt.

Bei der Beprobung von Feststoffen von **Halden** bzw. **Haufwerken** aus altlastverdächtigen Flächen ist die Anzahl der erforderlichen Einzelproben von der mittleren Korngröße des gelagerten Materials und von der zu beurteilenden Materialmenge abhängig (Tabelle 13).

Tabelle 13: Anzahl der Einzelproben in Abhängigkeit von der Haufwerksgröße bei der Beprobung von Feststoffen aus altlastverdächtigen Flächen (Reichert und Roemer 1997)

Mittlerer Korndurchmesser [mm]	Anzahl der Einzelproben bei einer Größe des Haufwerkes		
	< 50 t	50 - 150 t	> 150 t
≤ 20	3	3 je 50 t	8
> 20	5	1 je 10 t	15

Das Mindestgewicht der Teilproben aus Halden/Haufwerken ist von der oberen Korngröße und der Gleichförmigkeit des Materials abhängig: Während bei skelett-freien Böden (Größtkorn ≤ 2 mm) Teilprobenmengen von ca. 0,15 kg als ausreichend erachtet werden, können bei sehr heterogenem Material und maximalen Korngrößen im Mittel- und Grobkiesbereich für eine repräsentative Beprobung mehrere Kilo-gramm Material je Einzelprobe erforderlich sein. Eine Einengung vor Ort zur Labor-probe ist möglich. In jedem Fall ist die Entnahmemenge an Material so zu dimensio-nieren, dass das vorgesehene Programm an Laboranalysen sicher ausgeführt wer-den kann und außerdem Rückstellproben für eventuelle Nachuntersuchungen auf-bewahrt werden können.

Bei Altablagerungen ist auf mögliche Belastungen durch **Deponiegas** oder **leicht-flüchtige Schadstoffe** zu untersuchen, wenn Hinweise auf organisches Material oder leichtflüchtige Stoffe vorliegen und auf oder im Umfeld der Altablagerung Nut-zungen vorhanden sind, die durch Deponiegase oder leichtflüchtige Schadstoffe be-einträchtigt werden können.

Die Schadstoffverteilung in Altablagerungen ist in der Regel sehr heterogen und oft-mals sind mit Hilfe der historischen Erkundung keine eindeutigen Kontaminations-schwerpunkte eingrenzbar. Deshalb ist als Untersuchungsstrategie bei der orientie-renden Untersuchung auf diesen Flächen eine rasterförmige Beprobung des Depo-niekörpers auf flüchtige Schadstoffe anhand von Deponiegas-/Bodenluftuntersuchungen angezeigt. Der im Einzelfall anzuwendende Rastertyp hat sich an den Standortgegebenheiten zu orientieren.

Generell sind objekt- oder erkenntnisbedingte Abwandlungen des Grundrasters einer starren, geometrischen Festlegung der Probennahmepunkte vorzuziehen.

Die Anzahl der Beprobungspunkte wird in erster Linie von der Größe der zu untersu-chenden Fläche bestimmt. Orientierungswerte für die Anzahl der Beprobungspunkte in Abhängigkeit von der Flächengröße gibt Tabelle 14 wieder.

In begründeten Fällen kann die Beprobungsdichte auch (lokal) erhöht werden. Ursa-che hierfür können z. B. Verdachtsschwerpunkte, bebaute Bereiche von Altablage-rungen, Migrationswege u. ä. sein.

Tabelle 14: Orientierungshilfe für die Anzahl der Beprobungspunkte für Bodenluft/Deponiegasuntersuchungen auf Ablagerungen

Flächengröße [m ²]	Anzahl der Beprobungspunkte	Bezugsfläche je Beprobungspunkt [m ²]
< 500	2	250
500 - 10.000	2 – 5	250 - 2.000
10.000 - 100.000	5 - 10	2.000 - 10.000
100.000 - 500.000	10 – 50	10.000

5.2.2.4 Probennahmestrategie Grund- und Oberflächenwasser

Die Untersuchung von Wasserproben ist ein wesentlicher Bestandteil der orientierenden Untersuchung. Die Probennahmestrategie ist einzelfallspezifisch anhand der standortspezifischen hydrogeologischen und lithologischen Situation, der Schadstofflage (Tiefe, Mächtigkeit und Ausdehnung der Schadstoffquelle sowie Dauer des Schadstoffeintrages) und der Schadstoffart festzulegen.

Insbesondere bei Ablagerungen kommt der Beprobung und Untersuchung von (Sicker-)Wasser als integrierendem Medium ein hoher Stellenwert zu. Bei Altstandorten sollten ebenfalls in der Regel Grundwasseruntersuchungen durchgeführt werden.

Nur in begründeten Ausnahmefällen kann auf die Untersuchung von Wasserproben verzichtet werden. Dies kann z. B. dann angezeigt sein, wenn

- eine mächtige ungesättigte Bodenzone (>15 m) mit einer sehr geringen Wasserleitfähigkeit ($<1 \times 10^{-7}$ m/s) am Standort anzutreffen ist oder
- durch die im Untergrund vermuteten Schadstoffe mit hinreichender Sicherheit keine Beeinträchtigung von Grundwasser oder Oberflächenwasser zu erwarten ist.

Hierzu muss zum einen das branchentypische Schadstoffspektrum bekannt sein (historische Erkundung, Bodenuntersuchungen) und zum anderen auch genaue Kenntnisse zu den Eigenschaften der Schadstoffe (Bindungsform, Eluierbarkeit, Mobilität usw.) und zu deren Migrationsverhalten unter Standortbedingungen (d. h. in Abhängigkeit von der Mächtigkeit, Durchlässigkeit, Sorptionsfähigkeit, dem Anteil an Makroporen, sowie der Residualsättigung von Deckschichten) vorliegen.

Grundwasser

Im obersten Grundwasserleiter sind bei der orientierenden Untersuchung in **Porengrundwasserleitern** in der Regel drei Grundwassermessstellen zu fordern. Sie sollten so positioniert sein, dass eine Messstelle im Anstrom und zwei Pegel im Abstrom der vermuteten Schadstoffquelle liegen (hydrologisches Dreieck). Nach Möglichkeit sollten hierbei aus Gründen der Wirtschaftlichkeit bereits am Standort bestehende Grundwassermessstellen oder Brunnen bei der Planung der Messanordnung berücksichtigt werden, wenn dies fachtechnisch vertretbar ist.

Unter Berücksichtigung der gebotenen Fristen für die Gleichgewichtseinstellung in neu errichteten Grundwassermessstellen nach dem Klarpumpen sind in allen

Grundwassermessstellen zeitgleich oder in möglichst kurzer zeitlicher Abfolge die Ruhewasserstände einzumessen. Aus den Daten dieser Stichtagsmessung ist die Grundwasserfließrichtung zu ermitteln.

Ist die Fließrichtung des zu untersuchenden Grundwasserleiters bereits zweifelsfrei bekannt, können sich im Zuge der orientierenden Untersuchung auch zwei Messstellen als ausreichend erweisen, um Hinweise auf eine Milieuveränderung durch die vermutete Schadstoffquelle zu erhalten. In diesem Fall sollte eine gedachte Verbindungslinie zwischen der anstromigen und der abstromigen Messstelle senkrecht zu den Grundwassergleichen verlaufen.

Nach Möglichkeit sind die unterstromigen Grundwassermessstellen im direkten Abstrom des vermuteten Kontaminationszentrums der Verdachtsfläche mit einem Abstand von $<10\%$ des Fließweges des Grundwassers unter der Verdachtsfläche zu errichten. Die Messstelle im Anstrom der Verdachtsfläche sollte hingegen in einem Abstand zur vermuteten Schadstoffquelle von ca. 40-60 % der Fließstrecke des Grundwassers unterhalb der Verdachtsfläche installiert werden.

Im Einzelfall kann auch eine größere Anzahl von Messstellen im Abstrom der Verdachtsfläche sinnvoll sein, wenn

- die Gesamterstreckung der vermuteten Schadstoffquelle senkrecht zur Grundwasserfließrichtung größer als 100 m ist,
- ein Breite : Länge-Verhältnis des Gefahrenherdes von größer 3:1 vorliegt oder
- die Grundwasser-Fließrichtung starken Veränderungen unterworfen ist.

Bei **Kluftgrundwasserleitern** können stark unterschiedliche Wasserwegsamkeiten und Strömungsverhältnisse auftreten. In Abhängigkeit von Kluftausbildung und -vernetzung müssen auch bei der Messstellendichte Unterschiede gemacht werden. In der Regel sind für Kluftgrundwasserleiter mehr Messstellen erforderlich als für Porengrundwasserleiter. Bei ausgeprägten Karstgrundwasserleitern ist auf Grund der spezifischen hydrogeologischen Verhältnisse eine repräsentative Beprobung mittels weniger Grundwassermessstellen meist nicht möglich. Eine Probennahme sollte daher individuell geplant werden und nach Möglichkeit auch Quellaustritte berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der lokalen Tektonik hinsichtlich der Repräsentativität einer Beprobung kann die Errichtung einer Grundwassermessstelle im Bereich unter dem vermuteten Kontaminationszentrum in Frage kommen. Im Zuge des Messstellenbaues sind besondere Vorkehrungen gegen Nachkontaminationen zu treffen. Wird eine Beeinträchtigung der Grundwasserqualität dieser Messstelle durch Schadstoffe aus der Verdachtsfläche nachgewiesen, sollte zusätzlich ein Abstrompegel errichtet werden.

Auf Grund der bisweilen starken Inhomogenitäten bzw. Anisotropien bei Kluftgrundwasserleitern sollte bei entsprechendem Verdacht die hydraulische Verbindung zwischen den Messstellen bzw. zum vermuteten Kontaminationsschwerpunkt durch Markierungsversuche mit geeigneten Tracerstoffen überprüft werden.

Die Messstellen sollten in der Regel vollständig, bei mächtigen Grundwasserleitern jedoch höchstens bis 60 Meter tief in die wassergesättigte Zone hinein verfiltert werden. Im Einzelfall kann in standfestem Gestein auf den vollständigen Ausbau der Messstelle verzichtet werden, sofern es sich um einen hydrogeologisch gleichen

Grundwasserleiter handelt (DVGW 1988). Der Ausbaudurchmesser für Grundwassermessstellen sollte DN 125 nicht unterschreiten.

Besondere Beachtung müssen bei den Planungen zur Beprobung der Grundwassermessstellen Schadstoffen in (aufschwimmender) Phase, Dichteströmungen und Inhomogenitäten des Grundwasserleiters, z. B. durch Seitenzuflüsse oder schwebendes Grundwasser, geschenkt werden.

Oberflächenwasser

Besteht ein begründeter Verdacht auf Verunreinigung von fließendem oder stehendem Oberflächenwasser durch Schadstoffe aus dem Untersuchungsgebiet, sind entsprechende Wasserproben (und eventuell auch Sedimentproben) in die Beprobungs- und Analysenstrategie einzubeziehen.

Dabei ist nach Möglichkeit durch geeignete Vergleichsproben zwischen Schadstoffeinträgen aus dem Untersuchungsgebiet und sonstigen Fremdeinflüssen auf das untersuchte Gewässer zu unterscheiden.

Bei Fließgewässern kann hierzu eine Beprobung im Oberstrom der altlastverdächtigen Fläche, bei stehenden Gewässern von ggf. zufließendem Oberflächenwasser erfolgen. Fremdkontaminationen von stehenden Gewässern durch luftgetragene Schadstoffe oder lateral im Untergrund zufließende Schichtwässer sind hingegen nur durch aufwändige Untersuchungen zu unterscheiden. Die Ergebnisse sämtlicher Untersuchungen sind deshalb bei festgestellten Verunreinigungen der untersuchten Oberflächenwässer einer kritischen Überprüfung hinsichtlich möglicher kausaler Zusammenhänge mit der Verdachtsfläche zu unterziehen.

Durchführung der Sickerwasserprognose

Die Erstellung einer Sickerwasserprognose wird in § 4 Abs. 3 Satz 1 BBodSchV zur Bewertung der von Verdachtsflächen oder altlastverdächtigen Flächen für das Grundwasser ausgehenden Gefahren gefordert.

Die Stoffkonzentrationen und -frachten im Sickerwasser und der Schadstoffeintrag in das Grundwasser im Übergangsbereich von der ungesättigten zur gesättigten Zone (Ort der Beurteilung) können abgeschätzt werden. Es sei denn, es ist eine direkte repräsentative Beprobung von Sickerwasser am Ort der Beurteilung möglich. Die Abschätzung kann nach Anhang 1 BBodSchV annäherungsweise

- durch Rückschlüsse oder Rückrechnungen aus Untersuchungen im Grundwasserabstrom unter Berücksichtigung der Stoffkonzentration im Grundwasseranstrom, der Verdünnung, des Schadstoffverhaltens in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone sowie des Schadstoffinventars im Boden,
- auf der Grundlage von In-situ-Untersuchungen oder
- auf der Grundlage von Materialuntersuchungen im Labor (Elution, Extraktion)
- auch unter der Anwendung von Stofftransportmodellen erfolgen.

Für die Abschätzung sind gemäß Anhang 1 Nr. 3.3 BBodSchV insbesondere Verfahren heranzuziehen, die mit Erfolg bei praktischen Fragestellungen angewendet worden sind. Hierzu sind im Einzelfall gutachterliche Feststellungen zu treffen.

Derzeitiger Stand der Methoden- und Verfahrensentwicklung zur Sickerwasserprognose

Das Thema Sickerwasserprognose ist nach wie vor Gegenstand sehr intensiver und teilweise auch konträrer Diskussionen. Insbesondere zwei Ansatzpunkte stehen im Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten. Zum einen sollen verbesserte, standardisierte Verfahren zur Bestimmung der Quellstärke von Kontaminationen entwickelt werden. Im Fokus stehen dabei u. a. Säulenelutionsverfahren, die möglicherweise die Schüttel-elution nach DIN 38414-S4 ablösen werden.

Bezüglich der Transportvorgänge in der ungesättigten Bodenzone – dem zweiten Ansatzpunkt - wurden stoffspezifische Pedotransferfunktionen abgeleitet, die den Stofftransport und die Wechselwirkung zwischen Boden und Sickerwasser (Sorption/Desorption) beschreiben helfen und damit in Modellierungsrechnungen eingehen.

Ein Durchbruch dahingehend, dass man bei der Sickerwasserprognose unter Verwendung der gewonnenen Forschungsergebnisse mit möglichst wenigen standardisierten Verfahren und einem reduzierten Eingangsparametersatz zwangsläufig zu brauchbaren Ergebnissen kommt, ist derzeit (noch) nicht in Sicht.

Seit Drucklegung der vorherigen Auflage dieses Leitfadens im August 2002 sind die Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchungen [LABO-ALA 2003] sowie die Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei Detailuntersuchungen [LABO-ALA 2006] durch den Unterausschuss Sickerwasserprognose des Altlastenausschusses (ALA) der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) erarbeitet worden.

Beide Arbeitshilfen geben zusammen den derzeitigen Kenntnisstand bezüglich der hinreichend praxistauglichen Methoden zur Ausführung der Sickerwasserprognose wieder.

In Erweiterung der Definition der Sickerwasserprognose gemäß § 2 Nr. 5 BBodSchV berücksichtigen die Arbeitshilfen auch solche Stoffeinträge, die nicht über das Sickerwasser ins Grundwasser erfolgen. Dies sind:

- Stoffeinträge über mobile Schadstoffphasen,
- Stoffeinträge über die Bodenluft,
- Stoffeinträge aus kontaminierten Bodenkörpern, die teilweise oder vollständig im Grundwasser liegen.

Mit diesem Ansatz werden alle Eintragspfade von Schadstoffen ins Grundwasser vollständig berücksichtigt.

Die Unterscheidung nach Sickerwasserprognose für die orientierende Erkundung und Sickerwasserprognose für die Detailerkundung ist insoweit geboten, als das für die Bearbeitungsstufe jeweils geforderte Beweisniveau einerseits und die zugrunde liegende Datenbasis andererseits die Herangehensweise bestimmen. In günstigen Fällen kann die Sickerwasserprognose im Rahmen der orientierenden Erkundung deutlich abgekürzt werden, beispielsweise, wenn durch Vergleich von Anstrom-/Abstrommessungen im Grundwasser eine Prüfwertüberschreitung festgestellt wird. Andererseits stehen im Rahmen orientierender Erkundungen weniger Daten zur Verfügung, so dass z.B. Eingangsgrößen wie die quantitative Aussagen zum Schadstoffinventar für Modellierungen (noch) nicht zur Verfügung stehen. Damit

steht in diesem Bearbeitungsstadium meist nur ein deutlich reduziertes Methodenspektrum zur Verfügung.

Vorschlag einer allgemeinen Herangehensweise

Da wie oben ausgeführt, derzeit keine standardisierte Methode existiert, welche durch Experiment oder Modellierung zwangsläufig eine vollständige Sickerwasserprognose liefert, erfordert eine Sickerwasserprognose regelmäßig eine geschickte einzelfallangepasste Kombination verschiedener Methoden.

Vorgeschlagen wird –sofern sich im konkreten Einzelfall keine andere Methode anbietet - eine iterative Herangehensweise, die basierend auf dem Kenntnisstand der historischen Erkundung schrittweise die für die Sickerwasserprognose wesentlichen Erkenntnisse und Daten zusammenträgt.

Dabei soll durch sinnvolle Kombination von Methoden versucht werden, einen möglichst hohen Erkenntnisgewinn mit überschaubarem Aufwand zu erzielen.

Die Herangehensweise verwendet allgemeine Standortdaten sowie eine vorläufige, mit zunehmendem Kenntnisstand weiterzuentwickelnde Kontaminationshypothese in der Regel auf Basis der historischen Erkundung.

Anhang 1 Nr. 2.1.3 BBodSchV fordert für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser eine Feststellung der vertikalen Schadstoffverteilung in der ungesättigten Bodenzone. Diese Bodenuntersuchung in Verbindung mit den in Anhang 1 Nr. 3.3 BBodSchV genannten Parametern soll als Ausgangspunkt dienen. Etappenziel soll eine verbal-argumentative Sickerwasserprognose auf dem Niveau der orientierenden Erkundung sein. Für die nachfolgende Diskussion der Vorgehensweise werden keine Erkenntnisse aus Grundwasseruntersuchungen berücksichtigt. Selbstverständlich können und sollen solche Daten aus Grundwasseruntersuchungen in der Praxis im Bedarfsfall regelmäßig verwertet werden.

Mit Hilfe der bereits bei orientierenden Erkundungen regelmäßig durchgeführten Bodenuntersuchungen und Bestimmung von Feststoffgehalten ist es im Regelfall bereits möglich, die derzeitige Kontaminationszone vertikal abzugrenzen und erste Aussagen zur gegenwärtig bereits erfolgten Verlagerung von Schadstoffen im Boden zu treffen.

Die Bodenuntersuchung unterstützt hierbei auch bei der Ermittlung der standortbezogenen **sorptionsbestimmenden Bodeneigenschaften**.

Anhang 1 Nr. 3.3 BBodSchV listet 5 Unterpunkte mit folgenden Kriterien auf, die sorptionsrelevante Parameter, hydrologische Parameter und stoffspezifische Parameter widerspiegeln. Nun führt die Kenntnis einzelner Parameter für sich betrachtet noch nicht zu einer vollwertigen Sickerwasserprognose. Die Berücksichtigung dieser Parameter erlaubt es Entscheidungen bei der Erstellung der Sickerwasserprognose zu treffen, insbesondere im Hinblick darauf, welche Teilaspekte im konkreten Fall ausschlaggebend sein können.

Sorptionsrelevante Parameter

Bodenart

Über die Bestimmung der Bodenart lässt sich auf sorptionsbestimmende Bodeneigenschaften rückschließen. Zum einen ist der Tongehalt neben dem Humusgehalt für die Sorption insbesondere kationischer Spezies maßgeblich. Zum anderen nimmt mit steigendem Feinkornanteil die Durchlässigkeit ab. Damit verzögert sich einerseits der

Stofftransport und andererseits steigt die Kontaktzeit für die Wechselwirkung zwischen Bodensickerwasser und Sorbens.

Der Tongehalt wird im Regelfall über die Bestimmung der Bodenart/Korngrößenverteilung ermittelt. Eine Bestimmung der Tonmineralart ist meist entbehrlich.

Gehalt an organischer Substanz (Humusgehalt)

Mit dem Humusgehalt wird der Anteil der biogenen organischen Verbindungen in Böden (Huminstoffe) zusammengefasst. Eine erste Einschätzung des Humusgehaltes kann bei natürlichen Böden auf Grund der Färbung vorgenommen werden (Bodenkundliche Kartieranleitung S. 107f). Experimentell wird der Humusgehalt näherungsweise über eine Bestimmung des TOC-Gehaltes ermittelt, wobei zu beachten ist, dass anthropogene organische Stoffe auf kontaminierten Standorten auch zum TOC beitragen.

Huminstoffe haben u.a. bedingt durch ihre große spezifische Oberfläche Sorptionseigenschaften und können so kleine Moleküle oder Ionen adsorbieren.

Nach Mückenhausen unterscheidet man bei den Huminstoffen zwischen Fulvosäuren (=Fulvate), Huminsäuren (=Humate) und Humine. Die Fulvosäuren nehmen im Bezug auf Schadstoffbindung und Mobilität eine Sonderstellung ein, da sie einerseits über ausgeprägte Sorptionseigenschaften verfügen, andererseits aber auf Grund geringer Teilchengröße nur wenig an die Bodenmatrix gebunden und daher mobil sind. Ein möglicher Indikator für ein solches Verhalten ist ein entsprechender DOC-Gehalt im durch anthropogene Organika unbeeinflussten Grundwasser.

pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit

Der pH-Wert des Bodens übt einen maßgeblichen Einfluss auf die sorbierenden Eigenschaften von Tonmineralen und Huminstoffen aus. Mit zunehmendem pH-Wert steigt die Kationenaustauschkapazität von Tonmineralen und Huminstoffen. Eine Absenkung des pH-Wertes kann zur Verbesserung der Sorption anionischer Substanzen an Huminstoffe führen. (Da Rezeptoren für Anionen in Böden üblicherweise unterrepräsentiert sind, ist damit allerdings immer noch eine summarische Abnahme der Gesamtsorptionskapazität verknüpft.)

Über die elektrische Leitfähigkeit der Bodenlösung bzw. von wässrigen Eluaten lässt sich auf die Ionenstärke schließen.

Die Ionenstärke, die über die Äquivalentleitfähigkeiten der beteiligten Ionen mit der gemessenen elektrischen Leitfähigkeit korreliert, ist ein Maß für die Aktivität der anwesenden Ionen.

Je höher die Leitfähigkeit, desto mehr Ionen konkurrieren um die kationischen und anionischen Sorptionsplätze, d.h. desto mehr wird die Sorptionskapazität des Bodens beansprucht.

Mit Hilfe der oben aufgeführten sorptionsrelevanten Bodenparameter kann man erste qualitative Abschätzungen zur Sorptionsfähigkeit vornehmen.

Eine experimentelle Quantifizierung der Sorptionskapazität wird bei der Bestimmung der Kationenaustauschkapazität (KAK) vorgenommen. Die KAK ist eine summarische Größe, die sowohl die Austauschereigenschaften von Tonmineralen als auch von Huminstoffen unter Berücksichtigung des pH-Wertes wiedergibt.

Tabelle 15 zeigt Wertebereiche der KAK für verschiedene Tonminerale und für Huminstoffe.

Tabelle 15: Eigenschaften der Austauscher im Boden (nach Kuntze/Roeschmann/Schwerdtfeger 1994)

Austauscher	Spez. Oberfläche (m ² x g)	Innere Oberfläche (%)	Mittlere KAK (mmol/100g)	Mittlere Ladungsdichte (mmol x cm ⁻² x 10 ⁻⁷)
Kaolinite, Halloysite	1-40	0	3-15	2
Illit, Glimmer	50-200	>0	20-50	3
Smectite	600-800	90	70-130	1,4
Vermiculite	600-700	70	150-200	2
Huminstoffe	800-1000		< 150 - > 250	2,5

Die KAK variiert in Abhängigkeit vom pH-Wert. Tabelle 16 zeigt die relative Änderung für verschiedene Böden.

Tabelle 16: pH- der Austauschlösung und relative Änderung der KAK (nach Kuntze/Roeschmann/Schwerdtfeger 1994)

pH	8,4	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0
Anorganische Bodensubstanz	104	100	90	80	77	
Organische Mineralbodensubstanz	108	100	79	54	35	
Moorboden	108	100		77		38

Hydrogeologische Parameter

Grundwasserneubildungsrate/Sickerwasserrate

Die Sickerwasserrate ist eine wesentliche Bezugsgröße sowohl für die Grundwasserneubildung als auch für die Verlagerung von Stoffen über das Transportmedium Sickerwasser.

Sie definiert die Sickerwassermenge, die den Boden unter Berücksichtigung des kapillaren Aufstiegs abwärts verlässt. Das dabei gebildete Sickerwasser füllt den Grundwasserspeicher auf und/oder verlässt die Sickerzone als Zwischenabfluss (BLA-Geo 2004 S. 46).

Neben klimatischen Faktoren beeinflussen Nutzung und Bodenart die Sickerwasserrate.

Für Altstandorte stellt sich regelmäßig die Frage, inwieweit eine vorhandene Oberflächenversiegelung als Sickerwasser mindernd in Ansatz gebracht werden kann. Hierbei ist im Einzelfall zu prüfen, ob etwa im Fall einer stillgelegten Tankstelle eine Oberflächenversiegelung wirksam ist oder bei einem Produktionsbetrieb Schadstoffeinträge ins Grundwasser über ein schadhaftes Kanalsystem oder statisch getrennte Maschinenfundamente möglicherweise trotz Oberflächenversiegelung eher begünstigt werden.

Grundwasserflurabstand

Der Grundwasserflurabstand limitiert den Weg des Schadstoffs innerhalb der ungesättigten Zone. Da der Grundwasserflurabstand üblicherweise jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen ist, wird in den bereits genannten Arbeitshilfen der **mittlere Grundwasserhöchststand** als Bezugsgröße verwendet. Diese Größe wird benötigt, um in Verbindung mit Felddaten abzuschätzen, wie mächtig der Teil der ungesättigten Zone (noch) ist, der zur Schadstoffrückhaltung (Filter) noch zur Verfügung steht. Entsprechend kann in Verbindung mit den Sorptionseigenschaften für die Sickerwasserprognose entschieden werden, ob im konkreten Fall Transportvorgänge als Prozesse der Schadstoffrückhaltung/-verminderung angesetzt werden können.

Mobilität und Abbaubarkeit der Stoffe

Auf Grundlage der Daten der historischen Erkundung ist zu ermitteln, welche Spezies transportiert wird. Dies ist insbesondere für anorganische Stoffe (Metalle, Metalloide) von erheblicher Bedeutung. So können sich beispielsweise hinter dem Parameter Chrom(gesamt) kationische Chrom(III)-Verbindungen verbergen, die mit einer silikatischen Bodenmatrix stärker interagieren oder anionische Chromate, welche eine solche Matrix schnell passieren.

Weiterhin ist zu beachten, ob eventuell vorgelagerte Prozesse mobilitätssteuernd wirken. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn Metallpartikel auf oder in Böden eingebracht wurden und zunächst über Oxidationsvorgänge in eine mobile Form überführt werden. Besonders komplexe Mechanismen sind etwa bei Schleifschlammablagungen (feine Metallspäne aus der Metallbearbeitung, vermischt mit Schleifmittelabrieb, Kühlschmierstoff und weiteren Verunreinigungen) zu beobachten. Der Kühlschmierstoff verzögert zunächst die Oxidation, die dann entsprechend der Spannungsreihe beim unedelsten Metall (z.B. Zink) beginnt und fortschreitet. In tieferen Schichten reduzierende Prozesse wirken retardierend. Man beobachtet demzufolge oft Zonen mobiler und immobilisierter Schadstoffe in aufeinander folgenden Horizonten.

Im Rahmen einer summarischen Betrachtung sollte auch abgeschätzt werden, inwieweit die gleichzeitige Anwesenheit weiterer Stoffgruppen mobilisierende Einflüsse ausüben kann.

Das tatsächliche Abbauverhalten eines Schadstoffes stellt eine wichtige Beurteilungsgröße dar. Daher sollte im Rahmen der technischen Erkundungen Hinweisen auf Abbauprozesse (Metaboliten/Abbauprodukte/mikrobiologische Aktivität) systematisch nachgegangen werden.

Voraussetzung für die Berücksichtigung von Abbauvorgängen ist jedoch eine hinreichende Abbaurate sowie, dass die Abbauprodukte bzw. das Endprodukt weniger mobil oder weniger toxisch sind, als der Ausgangsstoff.

Im Rahmen der Sickerwasserprognose kann ein Abbau in diesem Fall ein bedeutendes Kriterium sein, da der Abbau die zu erwartenden Schadstoffkonzentrationen am Ort der Beurteilung nachhaltig vermindern kann.

Verwendung im Rahmen einer verbal-argumentativen Sickerwasserprognose

Mit Hilfe der o. g. Parameter lassen sich unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Boden- und ggf. Grundwasseruntersuchungen in den meisten Fällen bereits Aussagen zur Sickerwasserprognose im Sinne einer verbal-argumentativen Abschätzung treffen. Außerdem kann im Bedarfsfall entschieden werden, in welche Richtung die Sickerwasserprognose weiterentwickelt werden sollte bzw. dabei helfen, eine Auswahl unter den in der BBodSchV genannten methodischen Alternativen zu treffen:

Zunächst ist anhand der Bodenuntersuchungen zu ermitteln, welche Schadstoffe als relevant im Hinblick auf die Sickerwasserprognose erachtet werden. In der Mehrzahl der Fälle wird eine Festlegung von möglichst wenigen Leitkontaminanten sinnvoll und hinreichend sein.

Anschließend sollte aus den Messdaten die aktuelle vertikale und horizontale Verteilung zumindest näherungsweise abgeschätzt werden. Unter der Voraussetzung, dass der Schadstoffeintrag in den Boden (von außen) als abgeschlossen gelten kann, kann man einen Bereich aushalten, der als Schadstoffquelle im Boden fungiert und einen unterlagernden Bereich, der vom Sickerwasser bis zum Ort der Beurteilung – im Rahmen dieser Betrachtung dem mittleren Grundwasserhöchststand gleichzusetzen - noch zu passieren ist. Bezüglich des ersten Bereich ist vorrangig das Freisetzungsverhalten zu betrachten, während im zweiten Bereich Transportvorgänge zu betrachten sind.

Es gibt somit zwei Hauptrichtungen/Schwerpunkte, die zu einer Ermittlung der Schadstofffreisetzung (Quellterm) und zum anderen die Ermittlung der Schadstoffverlagerung (Transportterm) zum Ziel haben, wobei im Regelfall eine Mittelung bezüglich jeder Zone ausreichend ist.

Bei Altstandorten wird die Quellzone häufig zumindest bis zum Gründungshorizont der Bebauung reichen. Bei Ablagerungen wird die Quellzone in der Regel mindestens bis zur Ablagerungssohle reichen. Gegebenenfalls kann eine markante Schichtgrenze als Trennfläche herangezogen werden.

Nun ist zu entscheiden, ob die Vorgänge in der Transportzone vernachlässigt werden können, weil nur eine geringe Mächtigkeit bzw. geringes Rückhaltevermögen gegeben ist und auch zeitliche Vorgänge wie Abbau keine Rolle spielen. In diesem Fall kann man sich auf das Freisetzungsverhalten konzentrieren.

Eine weitere Fallkonstellation liegt vor, wenn günstige Rückhalteeigenschaften vorliegen, beispielsweise stauende Schichten entsprechender Mächtigkeit. Dann kann eine Schwerpunktlegung auf die Transportvorgänge sinnvoll sein.

Der allgemeine Fall liegt vor, wenn weder Freisetzungs- noch Transportmechanismen wesentlich überwiegen.

Das Schadstofffreisetzungs-/Mobilitätsverhalten lässt sich bei hinreichend lange zurückliegenden Schadstoffeinträgen aus der aus Felduntersuchungen zu ermittelnden vertikalen Schadstoffverlagerung abschätzen. Soweit Begleit-Ionen die Freisetzung maßgeblich beeinflussen – dies dürfte insbesondere bei anorganischen und polaren Schadstoffen sowie hohen Leitfähigkeiten der Fall sein – sind Bodensättigungsextrakt und Ammoniumnitratextrakt Verfahren der engeren Wahl. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die im Bodensättigungsextrakt gemessenen Gehalte die tatsächlichen Sickerwassergehalte tendenziell überschätzen. Im Einzelfall ist unter Berücksichtigung der Feldergebnisse auch zu prüfen, ob dem Bodensättigungsextrakt entsprechende Wassergehalte am Standort üblicherweise vorkommen.

Säulenversuche sind zwar aufwändiger, können aber –geeignete Randbedingungen vorausgesetzt – auch bei heterogenen Schadstoffverteilungen in der Quellzone Grundlage einer Abschätzung sein. Im Einzelfall kann es etwa zulässig sein, eine aus dem Material mehrerer Bodenproben gepackte Säule herzustellen und hiervon Eluate vorzunehmen.

Eine nähere Betrachtung der Schadstoffverlagerung durch Transportvorgänge ist im Regelfall nur in den Fällen sinnvoll, in denen noch eine bezüglich des Schadstoffrückhalts wirksame Transportzone festgestellt wurde oder Abbauprozesse berücksichtigt werden müssen. Ein Indiz im Rahmen der Bodenuntersuchungen kann beispielsweise eine durch Schadstoffverlagerung verursachte Anreicherung im obersten Horizont der Transportzone sein, d.h. ein verbal-argumentatives Vorgehen dahingehend, dass bei einer Einwirkungszeit der Kontamination von x Jahren die Transportzone lediglich zu y % bezüglich der Filterwirkung beansprucht wurde.

Eine anschließende Modellierung von Transportvorgängen in der ungesättigten Bodenzone ist nur erwägenswert, wenn sowohl die Bodeneigenschaften auf Retentionsvermögen schließen lassen als auch die Retentionszone noch hinreichend mächtig ist. Auch Abbauprozesse können einen wesentlichen Beitrag zur Verminderung des Stoffeintrages leisten.

Unverzichtbar bei einer verbal-argumentativen Sickerwasserprognose unter Verwendung der o. g. Basisdaten ist eine Plausibilitätsprüfung, d.h. ein Vergleich des prognostizierten Schadstoffverhaltens mit den aus Bodenuntersuchungen bzw. soweit vorhanden Grundwasseruntersuchungen experimentell gewonnenen Daten.

Wesentliche Vergleichsgrößen sind u. a. die beobachtete Schadstoffverlagerung bezogen auf die Einwirkungsdauer sowie Schadstoffmaxima, die bezogen auf die Bodeneigenschaften Anhaltspunkte zum Retentionsvermögen im konkreten Fall liefern können.

Kritisch zu hinterfragen ist auch, ob beispielsweise präferentielle Transportvorgänge dominierend sind bzw. zusätzliche Freisetzungs-/Festlegungsmechanismen ausschlaggebend sind.

Ausgehend von den in Anhang 1 Nr. 3.3. BBodSchV genannten Basisgrößen kann so eine zu diesem Regelwerk konforme Sickerwasserprognose zumindest verbal-argumentativer Art für das Beweisniveau der orientierenden Erkundung erstellt und bei Bedarf durch zusätzlichen Methoden im Hinblick auf die entscheidungserheblichen Faktoren (d.h. die mit dem größten Gewicht bezüglich der Sickerwasserkonzentrationen und –frachten) verfeinert werden.

Beispielsweise können die betrachteten Faktoren Ausgangspunkt für ein Konzeptmodell (s. u.) bei der mathematischen Modellierung der Transportvorgänge sein.

Überblick über weitere, ergänzende Methoden bei der Erstellung der Sickerwasserprognose

In den meisten Fällen wird die Möglichkeit der Direktbeprobung am Ort der Beurteilung probennahmetechnisch nicht realisierbar sein, so dass auf die anderen von der BBodSchV aufgelisteten Varianten zurückgegriffen werden muss, um Eingangsdaten für die Sickerwasserprognose zu erhalten.

Grundwasseruntersuchungen: Auf Grund von Messwerten im (möglichst unmittelbaren) Grundwasserabstrom und Vergleich dieser mit Anstrommesswerten unter Berücksichtigung von Verdünnungseffekten und des Schadstoffverhaltens sind oft Aussagen zu Konzentrationen am Ort der Beurteilung (OdB) möglich. Anhand der erhaltenen Ergebnisse lassen sich nach [LABO-ALA 2003] 4 Grundfälle (bezogen auf das Beweisniveau der orientierenden Erkundung) unterscheiden:

- Wird eine Überschreitung des Prüfwertes der BBodSchV durch Grundwasseruntersuchungen im Schadenszentrum oder im Grundwasserabstrom einer altlastverdächtigen Fläche oder Verdachtsfläche festgestellt, so ist eine Überschreitung des Prüfwertes am Ort der Beurteilung anzunehmen, sofern nicht bereits der Anstrom vergleichbare Konzentrationen aufweist. Sind die Schadstoffeinträge auf die Fläche zurückzuführen, liegt der hinreichende Verdacht einer Altlast oder schädlichen Bodenveränderung vor.
- Liegt die Schadstoffkonzentration im Grundwasser unterhalb des Prüfwertes, aber deutlich oberhalb der Anstromkonzentration, muss im Einzelfall abgeschätzt werden, ob der Prüfwert am Ort der Beurteilung gegenwärtig oder in überschaubarer Zukunft überschritten wird. Dazu sind weitere Untersuchungen erforderlich. Im Einzelfall kann der Verdacht einer Altlast/schädlichen Bodenveränderung nicht ausgeschlossen werden.
- Liegen die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung an der Probenahmestelle im Bereich der Anstromkonzentration und unterhalb der Prüfwerte, ergibt sich aus der Grundwasseruntersuchung bei Berücksichtigung der Verdünnung keine derzeitige Gefährdung des Grundwassers. Um einen Gefahrenverdacht im Hinblick auf die Zukunft ausschließen zu können, ist sicherzustellen, dass auch sonst keine Erkenntnisse vorliegen, die auf eine künftige Überschreitung des Prüfwertes am Ort der Beurteilung hinweisen.
- Wenn eine Überschreitung des Prüfwertes der BBodSchV durch Grundwasseruntersuchungen im Schadenszentrum oder im Abstrom einer Fläche festgestellt wird, jedoch die Schadstoffkonzentration etwa so hoch wie im Anstrom ist, kann auf Grundlage von Grundwasseruntersuchungen nicht abschließend beurteilt werden, ob von der Fläche eine Grundwassergefährdung ausgeht.

In-Situ-Untersuchungen: In-Situ-Untersuchungen werden in der BBodSchV nicht näher untersetzt. Den Idealfall dieser Untersuchung stellt die Sickerwassermessung am Ort der Beurteilung dar. In der Regel erfolgt die Probennahme/Untersuchung in der ungesättigten Zone, also oberhalb des OdB. Dann ist entsprechend BBodSchV das Rückhalte- und Abbauvermögen zwischen dem Ort der Probennahme und dem OdB zu berücksichtigen.

Bei den In-Situ-Verfahren kann man zwischen Untersuchungen im engeren Sinne und solchen im weiteren Sinne unterscheiden. Mit ersteren werden direkt in der ungesättigten (oder gesättigten) Zone Parameter wie beispielsweise Porenwasserdruck, Fluoreszenz, Sondenspitzendruck, Temperatur bestimmt. Die dabei gewonnenen Ergebnisse sollten immer im Zusammenhang mit den Ergebnissen von Boden- und Grundwasseruntersuchungen interpretiert werden. Aussagen zu kontrollierenden Standort- und Stoffeigenschaften finden sich im Kap. 3.3. BBodSchV.

Letztere dienen zur Probennahme (Sickerwasser, Stauwasser, Bodenluft) oberhalb des OdB und zur Bestimmung der aktuellen Schadstoffbelastung am Ort der Probennahme. Auch hier ist der weitere Pfad des Sickerwasser zum OdB zu betrachten.

Methodisch kommen für die Gewinnung von Sickerwasser und Stauwasser v. a. Saugkerzen, Sickerwasserpegel und Drucksondierung in Betracht. Beim Einsatz von Saugkerzen ist das einzusetzende Saugkerzenmaterial in Abhängigkeit von Schadstoffart und -konzentration sorgfältig auszuwählen, damit es nicht zu Minderbefunden kommt. Geeignet sind je nach Fragestellung Glassinter, Keramik, Kunststoff oder Edelstahl. Weiterhin kann es bei mehrtägigen Probennahmen im Probensammelgefäß zu Abbau- und Verdunstungsprozessen kommen. Näheres zur Entnahme von Bodenwasserproben mittels Saugkerzen ist im DVWK-Merkblatt 217 beschrieben. In den meisten Fällen ist davon auszugehen, dass sich zwischen dem Gehalt an leichtflüchtigen Schadstoffen in der Bodenluft und dem im Sickerwasser ein Gleichgewichtszustand einstellt. Prinzipiell kann mit Hilfe der Henry-Konstante H aus der Bodenluftkonzentration in eine Sickerwasserkonzentration umgerechnet werden. Grundvoraussetzung ist eine entsprechend repräsentative Bodenluftmessung (s. Kap. 5.4).

Die Ergebnisse der In-Situ-Untersuchungen (sowohl der Bodenluft als auch des Sickerwassers) sind durch starke jahreszeitliche Schwankungen gekennzeichnet und können auch kleinräumig deutlich differieren.

Boden-/Materialuntersuchungen: Im Unterschied zu den anderen Möglichkeiten geht die BBodSchV bei den Bodenuntersuchungen detaillierter auf die einzelnen Verfahrensvorschriften ein. Für anorganische Schadstoffe wird die Elution mit Wasser, für organische werden Säulen- oder Lysimeterversuche aufgeführt.

Nach Anhang 1 Nr. 3.3 BBodSchV können die Stoffkonzentrationen im Sickerwasser am Ort der Probennahme zwar ansatzweise mit den Ergebnissen des Bodensättigungsextraktes gleichgesetzt werden, wobei allerdings neuere Untersuchungen [LABO 2006] darauf hinweisen, dass der Bodensättigungsextrakt häufig höhere Konzentrationen enthält, als das Sickerwasser am Ort der Beurteilung. Andere Elutionsverfahren sind zulässig, explizit werden das weitverbreitete S4-Verfahren nach DIN 38414-4 und das v. a. in der Untersuchung auf pflanzenverfügbare Stoffe eingesetzte Verfahren nach DIN 19730 mit Ammoniumnitrat-Extraktion genannt. Voraussetzung ist aber der Nachweis der Gleichwertigkeit der Ergebnisse.

Wie dieser Nachweis zu führen ist, findet sich kein Hinweis in der BBodSchV. Eine allgemeine, statistisch gesicherte Abhängigkeit zwischen Konzentrationen im Bodensättigungsextrakt, S4-Eluat und Ammoniumnitrat-Extrakt konnte in verschiedenen

Arbeiten, darunter einem bundesweitem Ringversuch, nicht erbracht werden, so dass auf keinen Fall direkt von S4- oder Ammoniumnitratkonzentrationen auf Bodensättigungswerte umgerechnet werden sollte. Daraufhin wurde vom UA 5 des DIN beschlossen, die DIN V 19735 nicht zu überarbeiten, sondern erlöschen zu lassen. Als gegenwärtiges Fazit ist festzuhalten, dass es weder das universell einsetzbare Elutionsverfahren gibt, noch dass eine unmittelbare Vergleichbarkeit zwischen Elutionsverfahren einerseits und Sickerwasserkonzentrationen andererseits gegeben ist.

In der nachstehenden Tabelle 17 werden die spezifischen Eigenschaften der Verfahren und die daraus resultierenden Vor- und Nachteile aufgeführt.

Tabelle 17: Verfahren für die Elution/Extraktion anorganischer Schadstoffe aus Böden

Verfahren	Spezifische Eigenschaften	Vor- und Nachteile
Bodensättigungsextrakt	Enges Feststoff-Wasser-Verhältnis von ca. 2:1	Kommt natürlichen Bedingungen nahe aufwändige Versuchsdurchführung für toniges und für grobkörniges Material kaum geeignet gewinnbare Extraktmenge klein geringe Reproduzierbarkeit
S4-Verfahren mit Membranfilterung	Weites Feststoff-Wasser-Verhältnis von 1:10 starke mechanische Beanspruchung geringe Ionenstärke im Eluat	Einfaches, kostengünstiges und reproduzierbares Verfahren starke Verdünnung der Schadstoffe, d.h. Erhöhung der Bestimmungsgrenzen Schaffung neuer Oberflächen und Erhöhung des Austrags Gefahr der Bildung von Kolloiden, die den Membranfilter passieren können

Verfahren	Spezifische Eigenschaften	Vor- und Nachteile
Ammoniumnitrat-Extrakt nach DIN 19730	Mittleres Feststoff-Wasser-Verhältnis von 1:2,5 mechanische Beanspruchung große Ionenstärke im Eluat im Vergleich zum Bodensättigungsextrakt	Realitätsnäher als bei S4 einfaches Verfahren führt wahrscheinlich zu Überschätzungen der Sickerwasserkonzentrationen im Vergleich keine Kolloidbildungen
pH _{stat} -Verfahren	Feststoff-Wasser-Verhältnis 1:10 pH konstant auf 4 oder 11 eingestellt mechanische Beanspruchung	Sinnvolle Ergänzung zu anderen Verfahren beschreibt „worst case“ Abschätzung des Säurepuffervermögens und der zukünftigen Mobilität möglich

Sowohl die Materialuntersuchungen als auch In-Situ-Verfahren liefern im Allgemeinen nur Ergebnisse für den Ort der Probennahme, der selten mit dem vorgeschriebenen Ort der Beurteilung (OdB) übereinstimmt. Das ist der Ansatzpunkt für den Einsatz von Stofftransportprognosen. Das Ziel besteht hier darin mit vertretbarem Aufwand und hinreichender Genauigkeit die komplexen Vorgänge in der ungesättigten Zone so abzubilden, dass mit den verfügbaren Daten eine Aussage über die Situation am OdB erhalten wird. Das heißt, die Transportprognose quantifiziert die auf dem Weg zum OdB zu erwartenden Veränderungen der Sickerwasserkonzentration. Drei prinzipielle Verfahren sind dabei möglich:

- mathematische Modelle (Stofftransportmodelle im engeren Sinne)
- empirische Modelle
- Worst-Case-Annahmen

Bevor diese Verfahren zum Einsatz kommen, ist es erforderlich ein Konzept, in dem die wesentlichen standortbezogenen Transportfaktoren herausgearbeitet werden, aufzustellen. Dieses Konzeptmodell bildet qualitativ die natürlichen Prozesse in vereinfachter und schematisierter Form ab. Einzubeziehen sind vor allem:

- Schadstoffmobilität
- Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung
- Adsorption, Fällung u. Ä.
- biologische Abbaubarkeit der Schadstoffe
- Versiegelung, Evaporation
- Untergrunddurchlässigkeit, Sickerwasserrate
- Klüftigkeit, Makroporen, präferenzzieller Fluss
- Gesamtmenge an Schadstoffen.

Auf dieser Grundlage werden Hypothesen für die Transportprognose aufgestellt, die zu verifizieren und, falls erforderlich, mit einem Stofftransportmodell zu quantifizieren

sind. Als Ergebnis kann auch die Notwendigkeit der Erhebung weiterer Standortdaten resultieren.

Prinzipiell ist es auch möglich, dass aufbauend auf den Ergebnissen eines qualitativen Transportmodells, die Sickerwasserprognose auf rein verbalargumentativer Basis erfolgt. Dies ist beispielsweise bei sorgfältiger Abwägung zwischen dem Aufwand-Nutzen-Verhältnis denkbar oder wenn Analogieschlüsse zu anderen Standorten möglich sind.

Nachfolgend werden die drei bereits oben genannten Verfahren zur Transportprognose kurz erläutert:

Mathematische Modelle beruhen auf der Lösung von Strömungs- und Stofftransportgleichungen. Als Ergebnis der Modellierung erhält man Aussagen zum Raum-Zeit-Verhalten der Schadstoffe. Für die Durchführung von Prognoserechnungen stehen eine Reihe von Programmen - auch für PC - zur Verfügung. Entscheidender als die eingesetzte Software ist aber die verfügbare Datenbasis und das Können des Modellierers. Im Unterschied zu Stofftransportmodellierungen im Grundwasser liegen in der ungesättigten Zone oft Ungleichgewichte durch Fällung, Abbau, Sorption vor, die entsprechend zu berücksichtigen sind. Gegenwärtig berücksichtigen aktuelle Modelle nahezu ausschließlich reversible Sorptionsvorgänge, d.h. sofern nicht Abbauvorgänge herangezogen werden können, bricht jede Kontamination nach solchen Modellen in hinreichend langen Zeiten durch.

Die Ergebnisse der Modellierung sollten möglichst anhand von Messergebnissen, z. B. der Sickerwasserkonzentration kalibriert bzw. validiert werden.

Empirische Verfahren versuchen demgegenüber durch Analogieschlüsse mit Standorten, die vergleichbar sind und an denen eine größere Datendichte vorliegt, zu Ergebnissen zu gelangen oder beruhen auf Algorithmen zur Verknüpfung von einfachen Ausgangsdaten. Die Ergebnisse dieser Verfahren sind halbquantitativer Art und beinhalten i. A. nur Aussagen über den derzeitigen Zustand. Das heißt, es lassen sich kaum Voraussagen hinsichtlich der Schadstoffentwicklung in Raum und Zeit geben.

Worst-Case-Annahmen werden v. a. für zwei Fallgruppen verwendet: zum einen an Standorten mit sehr geringer Datenbasis und zum anderen an solchen mit einem sehr heterogenen Untergrundaufbau. Dabei wird die Sickerwasserkonzentration am Ort der Probennahme der am Ort der Beurteilung gleichgesetzt, eine fundierte Transportprognose im eigentlichen Sinne findet dabei nicht statt.

5.2.2.6 Untersuchungsverfahren

Die umwelttechnische Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen ist die standortangepasste Kombination verschiedener technischer und konzeptioneller Ansätze, die in Abhängigkeit von der Heterogenität der Schadstoffverteilung und der Bearbeitungsstufe eine zunehmende Komplexität bzw. einen zunehmenden Detaillierungsgrad erfährt. Diese Untersuchungen dienen der Identifizierung und Quantifizierung von Schadstoffen. Auf diese Ergebnisse stützen sich die abschließende Beurteilung und die davon abhängigen weiterführenden Maßnahmen.

Die durchzuführenden Gelände- und Labortätigkeiten umfassen je nach den jeweiligen Randbedingungen folgende Aktivitäten:

- Untergrundaufschlüsse, Grundwassermessstellen,

- Vor-Ort-Messungen/Bestimmungen,
- Probennahmen,
- Chemisch-physikalische Laboranalysen,
- Biologische Untersuchungsverfahren,
- Geophysikalische Untersuchungen,
- Pumpversuche,
- Geotechnische Laboruntersuchungen.

Ziel dieser Untersuchungen ist es, die Informationsgrundlage für die im Rahmen der Beurteilung zu treffenden Aussagen zu liefern. Eine Übersicht der dabei einzusetzenden Verfahren bezüglich Probennahme und chemisch-physikalischer Laboranalysen befindet sich in Anhang 4 und 5.

Die **chemisch-physikalische Untersuchung von Proben** aus altlastverdächtigen Flächen erlaubt konkrete Aussagen über die Eigenschaften des Probenmaterials und/oder dessen Schadstoffgehalte. Dabei können sowohl laboranalytische Bestimmungen als auch **Vor-Ort-Messungen** Anwendung finden. Die Vor-Ort-Analytik findet vor allem in der orientierenden Untersuchung Anwendung und bedarf der nachfolgenden Bestätigung durch die Laboranalytik. In der Bundesrepublik Deutschland gibt es zurzeit keine zugelassenen Regelwerke, Normen oder Vorschriften für die Auswahl und Anwendung von Verfahren der Vor-Ort-Analytik (SLUG 1999).

Im Rahmen der orientierenden Untersuchung können mit Vor-Ort-Methoden insbesondere Aussagen zur Lokalisierung/Eingrenzung des Schadenherdes bzw. der Hauptkontaminanten getroffen werden. Daraus können sich relevante Hinweise zur Festlegung von Beprobungspunkten ableiten.

Aussagen hinsichtlich der durch Schadstoffe bedingten Wirkungen für das natürliche Gesamtgefüge sind durch chemisch-physikalische Untersuchungen allerdings nicht möglich. Deshalb bieten sich **biologische Untersuchungsmethoden** zur Beurteilung der von einer altlastverdächtigen Fläche/Altlast ausgehenden Wirkung auf die belebte Umwelt an. Durch den Einsatz biologischer Methoden wird die tatsächliche Wirkung auf lebende Organismen ermittelt. Die biologischen Indikatoren sind dabei durch eine unterschiedliche Sensibilität gekennzeichnet (LFU BW 1994).

Biologische Untersuchungen werden zur Wirkungsanalyse (Biotests) und zur Schadstoffbestimmung mit Hilfe von Biosensoren eingesetzt.

In der direkten Feststoffuntersuchung werden Biotests bisher kaum eingesetzt. Für die Untersuchung der wässrigen Phase können hingegen genormte Biotests eingesetzt werden, um anhand unterschiedlicher Untersuchungsparameter (Atmung, Lumineszenz, Letalität, Reproduktion, Wachstum) Beeinträchtigungen, welche von der untersuchten Probe ausgehen, zu erfassen. Der Vorteil liegt in der summarischen Wirkungsbeschreibung, die aus der chemischen Untersuchung nicht direkt abzuleiten ist. Dies erstreckt sich sowohl auf synergistische Wirkungen als auch auf nicht erfasste Schadstoffe in der chemischen Analytik (Reichert und Roemer 1997).

Biosensoren sind Messsysteme, die selektiv erkennende biologische Systeme mit physikochemischen Wandlern kombinieren und ein Messsignal zur Erfassung von Schadstoffen nutzen. In der Regel sind diese Sensoren für eine Schnellerfassung Vor-Ort gedacht und sollen nicht die Standardverfahren ersetzen (Stottmeister 1997). Insgesamt ist die Anwendung biologischer Verfahren in der Altlastenuntersuchung gegenwärtig noch auf zu wenige Fälle beschränkt. Eine Zusammenstellung und Be-

wertung von biologischen Verfahren in der Laboranalytik bei Altlasten findet sich in TMLNU 1997. Diese Zusammenstellung gibt Hinweise zur Auswahl von Testverfahren und praktische Hinweise zur Untersuchung.

Basierend auf unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Gesteine wie Dichte, elektrische Leitfähigkeit, magnetische Suszeptibilität, elektrisches Potenzial und Elastizität bieten Messungen im Rahmen **geophysikalischer Untersuchungen** die Möglichkeit einer Reduzierung des Aufwandes für Bohrungen bzw. für aufwändige Bohrverfahren. Dies gilt allerdings nur, wenn diese Unterschiede ausgeprägt sind bzw. wenn deren räumliche Verteilung nicht zu komplex ist. Weiterhin sind mit diesen Techniken Fremdkörper im Untergrund zu erfassen.

Oberflächengeophysik

Für hydrogeologische Untersuchungen sind die Seismik und vor allem die Geoelektrik von Bedeutung. Mit Hilfe der seismischen Verfahren lässt sich über künstlich erzeugte Schallwellen die Tiefenlage von Schichtgrenzen orten. Auf Grund ihrer unterschiedlichen elektrischen Widerstände lassen sich insbesondere Ton-, Sand- und Kiesschichten mit Hilfe geoelektrischer Oberflächenmessungen voneinander abgrenzen. Allerdings können damit geringmächtige Tonschichten sowie enge Wechsel von sandigen und tonigen Ablagerungen häufig nur schwer oder gar nicht erfasst werden.

Bohrlochgeophysik

Geophysikalische Verfahren in Bohrlöchern sind zur Bestimmung von Schichtgrenzen und zur Gesteinsansprache v. a. in Bohrungen ohne kontinuierlichen Kerngewinn angebracht. Im Einzelnen werden Verfahren wie elektrische Widerstandsmessung (ES-log), Eigenpotenzialmessung und Gamma-Strahlungs-Messung eingesetzt. Im Rahmen von **Pumpversuchen** ermöglicht die Förderung des Grundwassers über einen definierten Zeitraum aus einem Brunnen bei gleichzeitiger Messung der Förderleistung sowie der dadurch erzielten Absenkung des Grundwasserspiegels im Förderbrunnen und in benachbarten Grundwassermessstellen die Ermittlung hydraulischer Parameter von Grundwasserleitern. Aus den ermittelten Parametern Fördermenge und Absenkung lässt sich unter Beachtung zeitlicher Aspekte und der Distanz der einzelnen Messstellen die Transmissivität und der k_f -Wert für den gespannten und ungespannten Zustand errechnen.

5.2.2.7 Analysenstrategie

Da den Ergebnissen der Analytik im Rahmen der technischen Untersuchung eine entscheidende Bedeutung zukommt, ist die Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen immer mit einer analytischen Problematik verknüpft. Diese Problematik lässt sich umso exakter fassen, je spezifischer die aus den Ergebnissen der historischen Erkundung aufgeworfene Fragestellung ist.

Die analytische Messstrategie ist dann dahingehend auszurichten, dass Schadstoffkonzentrationen in verschiedenen Umweltmedien, Standorteigenschaften wie Kohlenstoffgehalt, Tongehalt und pH-Wert für den Boden oder Gehalte an Anionen/Kationen im Wasser erfasst werden (siehe Kap. 3.2 und 3.3). Dabei lassen sich in Anlehnung an die BBodSchV für die Untersuchung von Feststoffproben wirkungspfadspezifische Schwerpunkte der Analysenstrategie festhalten:

- Für den Direktpfad finden insbesondere Untersuchungen der „Gesamtgehalte“ d. h. für Schwermetalle nach Königswasser-Aufschluss und für organische Verbindungen nach Extraktion mit organischen Lösungsmitteln Anwendung.

- Für den Pfad Boden-Grundwasser sind Eluate (Schwermetalle) und Säulenversuche (organische Schadstoffe) zur Abschätzung der Sickerwasserkonzentration bzw. eine direkte Sickerwasseruntersuchung relevant.
- Für den Pfad Boden-Pflanze sind für Schwermetalle Extraktionen mit Salzlösungen (z. B. Ammonium-Nitrat) durchzuführen.

Diese Differenzierung spiegelt die unterschiedliche Bedeutung des Emissionspotenzials und Transmissionspotenzials von altlastverdächtigen Flächen bzw. die unterschiedliche Art der Schadstoffemission für die verschiedenen Wirkungspfade wider und zeigt unter Berücksichtigung der Auswahl von Untersuchungsgruppen die vielfältigen Einflussgrößen auf die Ableitung einer Analysenstrategie. In der **orientierenden Untersuchung** ist diese Analysenstrategie dahingehend ausgerichtet, potenzielle **Schadstoffquellen im Boden** und vorliegende **Beeinträchtigungen von Umweltmedien** (insbesondere Grund- und Oberflächenwasser) zu erfassen.

Eine analytische Überprüfung von altlastverdächtigen Standorten kann in Abhängigkeit von der Flächengröße, den relevanten Schadstoffen und den zu beprobenden Medien sehr umfassend sein. Da es nicht effizient ist, auf alle potenziell möglichen Schadstoffe hin zu untersuchen, ist es erforderlich, durch eine geeignete Auswahl und überschaubare Anzahl von Untersuchungsparametern die Wahrscheinlichkeit zum Nachweis der relevanten Schadstoffanreicherung möglichst hoch zu gestalten. Dabei hat sich ein stufenweises Vorgehen bewährt.

Weiterhin ist der Anspruch, an jedem Standort und in jeder Probe möglichst alle Parameter bestimmen zu wollen, nicht nur unökonomisch, sondern führt auch dazu, dass für viele der untersuchten Parameter auf Grund fehlender Bewertungsgrundlagen gar keine Bewertung erfolgen kann.

Die Festlegung der Untersuchungsparameter richtet sich nach den Vorkenntnissen der historischen Erkundung zum möglichen Schadstoffpotenzial. Die Auswahl der Untersuchungsparameter bei Altstandorten wird durch die Zuordnung zu bestimmten branchentypischen Schadstoffen/Parametern vorgenommen, die dem jeweils relevanten Beprobungsmedium/-medien zugeordnet werden. Vorhandene branchentypische Parameterkataloge sind bei der Untersuchungsplanung nicht schematisch anzuwenden. Die Parameter sollen unter Berücksichtigung der speziellen Gegebenheiten der altlastverdächtigen Fläche angepasst werden.

Gegenstand des analytischen Untersuchungsprogrammes ist dann die Festlegung (Reichert und Roemer 1997)

- der Kriterien zur Auswahl der Teilproben für die Analyse,
- der erforderlichen Analysenparameter,
- der vorzusehenden Probenaufbereitungsverfahren und
- des Analysenverfahrens.

Die praktische Vorgehensweise besteht darin, mit Hilfe von Leit-, Gruppen- oder Summenparametern sowie Screening-Methoden einen Überblick über Kontaminanten zu gewinnen und bei Bestätigung des Altlastverdachtes in der Detailuntersuchung weitergehende Untersuchungen durchzuführen (Stufenanalytik). Dabei kommt es auf eine geschickte Auswahl der Parameter an, um einen repräsentativen Überblick zu bekommen.

Daneben erfolgt eine so genannte Listenanalytik, d. h. die Überprüfung der Konzentration prioritärer Schadstoffe, die in Listen zusammengestellt sind bzw. für die entsprechende Prüfwerte nach BBodSchV vorliegen.

Die Listenanalytik und die hierarchische Vorgehensweise können sich ergänzen. Es gilt dabei allerdings zu beachten, dass nicht für alle möglicherweise relevanten Schadstoffe entsprechende Prüfwerte vorliegen. Somit kann in der orientierenden Untersuchung das Parameterspektrum nach Vorgabe aus der historischen Erkundung über die Prüfwertliste nach BBodSchV hinausgehen. Wenn eine Aussage in Richtung Ausschluss des Altlastverdachtes getroffen werden soll, ist diesem Sachverhalt besondere Aufmerksamkeit zu schenken. In der orientierenden Untersuchung sollte das Ausräumen eines Gefahrenverdachtes bei Unterschreiten der Prüfwerte nur auf der Basis der analytischen Überprüfung der für die altlastverdächtige Fläche potenziell relevanten Schadstoffe erfolgen.

Die Analysenparameter, die für den Einsatz in einer standardisierten Untersuchung nutzbar sind, sollten dabei folgende Kriterien erfüllen (Reichert und Roemer 1997):

- der Parameter muss kontaminationsspezifisch sein,
- die Untersuchungsergebnisse sollten durch Plausibilitätskontrollen überprüfbar sein,
- Parameter mit schnell durchführbaren und präzisen Verfahren sollten bevorzugt werden,
- das Verhältnis von Aussage zu Bestimmungskosten sollte günstig sein.

Für die Auswahl der zu erfassenden Parameter sowie der für die Beprobung relevanten Umweltmedien sind spezifische Stoffeigenschaften der vermuteten Umweltchemikalien in die Entscheidungsfindung einzubeziehen (Rump und Herklotz 1993):

- Schmelzpunkt,
- Siedepunkt,
- Molmasse,
- Dampfdruck,
- Wasserlöslichkeit,
- Oktanol/Wasser-Verteilungskoeffizient,
- Reaktivität,
- Komplexbildungskonstante,
- Dissoziationskonstante.

Daneben sind die Eigenschaften der relevanten Umweltmedien für die Entwicklung einer Analysenstrategie von Bedeutung (Rump und Herklotz 1993):

- Korngrößenverteilung,
- Porosität,
- Austauschkapazität,
- Gehalt an organischer Substanz,
- Tongehalt,
- Wasserhaushalt,
- pH-Wert,
- Redoxspannung,
- biologische Aktivität.

Diese Informationen sollten in die Festlegung des endgültigen Analysenprogramms im Rahmen einer Plausibilitätsprüfung der Untersuchungsvorschläge aus der historischen Erkundung Eingang finden und durch die erforderlichen Analysemethoden ergänzt werden.

Die Analyseergebnisse bilden die Grundlage für weitreichende Entscheidungen, so dass eine problemorientierte Analysenstrategie eine problemangepasste und mit genügender Genauigkeit ausgestattete Analytik erfordert. Da die Analytik nur „richtige“ Fragen richtig beantworten kann, hängt die Qualität der Aussage wesentlich von der Einbindung in eine interdisziplinäre Gesamtbetrachtung ab. Deshalb muss analytischer Sachverstand bei der Entwicklung von Untersuchungsstrategien einsetzen und bei der Festlegung der Probennahmebedingungen, der Probennahme, der Proben- und Parameterauswahl beteiligt werden. Vor dem Hintergrund der Kenntnis ihrer methodischen Grenzen muss die Analytik produktions- bzw. standortspezifische Zusammenhänge berücksichtigen und stofflichen Plausibilitätsprüfungen standhalten. So muss das Ziel der umwelttechnischen Untersuchung sein, die Analytik und die Fragen stofflicher Zusammenhänge in die Planung, die Durchführung und die Bewertung von Maßnahmen interdisziplinär zu integrieren (LFU SA 1996).

Feststoffproben

Da bei Feststoffen keine Vermischung und kein Konzentrationsausgleich wie bei Grundwasser oder Bodenluft erfolgt, liefert eine Bodenprobe nur eine punktuelle Information. Die Untersuchung von Feststoffproben in der orientierenden Untersuchung ist insbesondere auf Quellensuche bzw. auf den Nachweis von Kontaminationsschwerpunkten ausgerichtet. Die Analysenstrategie orientiert sich dabei an den Ergebnissen der historischen Erkundung und deren Plausibilitätsprüfung.

Grundwasseruntersuchungen

Die Emissionssituation im Bereich von Altlasten und die damit einhergehenden Grundwasserkontaminationen ergeben sich im Wesentlichen durch die Art der Standortgenese und des Stoffbestandes. Von besonderer Bedeutung bei der Untersuchung von Stoffemissionen in das Grundwasser sind diejenigen Substanzen, die sowohl häufig als auch in signifikant hohen Konzentrationen im Grundwasserabstrom nachgewiesen werden. Dabei sind die im Abstrom von Altlastlagerungen möglichen Grundwasserkontaminationen durch organische Verbindungen im Ver-

gleich zu den anorganischen von der Anzahl der Stoffe her gesehen weitaus größer. Deshalb kann in der orientierenden Untersuchung hier der Einsatz eines GC-MS-Screening als hilfreiche Orientierung dienen.

Als Prioritätskontaminanten lassen sich bei den anorganischen Schadstoffen oft Arsen, Bor und Mangan ausweisen, bei den organischen sind insbesondere Benzol, 1,2-Dichlorethan und Vinylchlorid relevant (Kerndorff 1997).

Bei den anorganischen Parametern ist eine pauschale Betrachtung unabhängig von der Grundwasserregion und einer möglichen anthropogenen Vorbelastung ungenau, zumal sich die einzelnen Grundwasserregionen in ihrem geogenen Gehalt bereits deutlich unterscheiden (siehe Kap. 3.1).

Eluatuntersuchungen

Zur Ermittlung der Schadstoffmobilität können Eluatuntersuchungen bzw. Auslaugungstests angewendet werden. Allerdings bleibt dabei zu berücksichtigen, dass Elutionsversuche die reale Situation für anorganische Parameter nur bedingt wiedergeben. Für organische Parameter sind sie derzeit noch sehr begrenzt anwendbar. Nach BBodSchV sind für die Herstellung von Eluaten zur Abschätzung von Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser für anorganische Stoffe der Bodensättigungsextrakt oder die Elution mit Wasser und für organische Stoffe ein Säulen- oder Lysimeterversuch zu verwenden. An der Entwicklung genormter und validierter Verfahren für den Einsatz in der Altlastenanalytik wird intensiv gearbeitet.

Bodenluft/Deponiegas-Untersuchungen

Bei der Untersuchung der Bodenluft sollten außer den vermuteten branchentypischen flüchtigen Schadstoffen (z. B. LHKW, BTEX usw.) immer dann auch die Hauptbestandteile von Deponiegas (CH_4 , CO_2 , N_2 , O_2) in das Untersuchungsprogramm aufgenommen werden, wenn das Einbringen organischer Abfälle in den Untergrund der Untersuchungsfläche nicht mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden kann. Bei der orientierenden Untersuchung von Altdeponien für Siedlungsabfälle oder „wildes Kippen“ sind Deponiegas-Untersuchungen deshalb stets vorzusehen.

Somit können folgende Stoffgruppen Gegenstand von Bodenluft-Untersuchungen sein:

- leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe,
- monoaromatische Kohlenwasserstoffe,
- Naphthaline,
- Deponiegase,
- Permanentgase,
- weitere, in der Gasphase vorliegende Stoffe im Einzelfall.

Für Messungen zum Gasaustritt aus dem Boden ist neben stationären Messungen (z. B. mittels Gasboxen) der Einsatz mobiler Gasspürgeräte mit FID (Flammen-Ionisations-Detektor) oder PID (Photo-Ionisations-Detektor) möglich, mit denen im Rahmen einer systematischen Begehung der Verdachtsflächen die flächige Emissionssituation besser erfasst werden kann. Da Methan mit der PID-Detektortechnik nicht nachweisbar ist, sollte diese Messtechnik bei Verdacht auf Deponiegase nur als Ergänzung einer FID-Begehung Anwendung finden. PID-Messungen hingegen sind

besonders bei Verdacht auf aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Ester oder chlorierte Kohlenwasserstoffe einsetzbar.

Vor-Ort-Analytik

Im Rahmen der Altlastenuntersuchung sind neben summarischen Messgrößen wie DOC, CSB und AOX im Wesentlichen folgende Stoffgrößen als Parameter für die Vor-Ort-Analytik vorzusehen (SLUG, 1999):

- Schwermetalle,
- Anionen und Kationen (u. a. Fluorid, Cyanid, Nitrat, Nitrit, Ammonium),
- Mineralölkohlenwasserstoffe,
- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe,
- Monoaromaten (BTEX),
- C1-C2-Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW),
- chlorierte aromatische Kohlenwasserstoffe (CKW),
- ausgewählte organische Verbindungen (HCH, PCB, Phenole, Chlorphenole, Nitroaromaten).

Zur Parameterauswahl ist zu prüfen, ob bereits stoffunspezifische oder summarische Messgrößen als Leitparameter für die Erfassung der räumlichen Verteilung eines Kontaminationsherdes ausreichend sind. Grundsätzlich sollte sich die unmittelbare Anwendung von Vor-Ort-Methoden auf die Bestimmung weniger Parameter beschränken.

Wegen der aus Zeitgründen eingeschränkten Probenvorbehandlung und der teilweise geringen Empfindlichkeit von Vor-Ort-Methoden ist der Einsatz für den Wasserpfad in der Regel v. a. für die Parameter Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und Redoxspannung sinnvoll.

Probenauswahl

Ein wichtiger Teilaspekt der Analysenstrategie ist die Auswahl von Proben für die Analytik, da in der Regel aus Kostengründen nicht alle entnommenen Proben einer Untersuchungsphase der analytischen Untersuchung unterzogen werden sollen. Bei **Bodenproben** ist es daher zweckmäßig, aus der Gesamtzahl der vorliegenden Proben Einzelproben für die Laboruntersuchungen auszuwählen.

Aus organoleptisch auffälligen Bodenbereichen sind stets Einzelproben zu untersuchen und auch im Bereich vermuteter Schadstoffquellen ist die Untersuchung von Einzelproben angezeigt, um die Lage von Kontaminationsschwerpunkten erfassen zu können. Dabei sollten bei der orientierenden Untersuchung die Proben mit der scheinbar höchsten Schadstoffbelastung bevorzugt für die Analytik ausgewählt werden. Dies sind

- Bodenbereiche in unmittelbarer Nähe von vermuteten Schadstoffquellen,
- Auffüllungen,
- Bereiche mit hoher Sorptionskapazität sowie
- grund- bzw. stauwasserbeeinflusste Bereiche.

Nicht untersuchte Bodenproben sind als Rückstellproben aufzubewahren, auf die ggf. bei erkanntem weiteren Untersuchungsbedarf in der Detailuntersuchung zurückgegriffen werden kann. Vor diesem Hintergrund sind die parameterspezifischen Transport- und Lagerbedingungen sowie die Aufbewahrungsfrist für Rückstellproben projektspezifisch zu planen und mit dem Untersuchungslabor abzustimmen. Dabei sind insbesondere auftretende Diffusionsverluste von flüchtigen Verbindungen, mögliche Abbauprozesse und verändertes Elutionsverhalten durch Trocknung und Milieuveränderungen zu beachten.

Demgegenüber sollten alle im Rahmen der orientierenden Untersuchung gewonnenen **Bodenluftproben** in das Analysenprogramm einbezogen werden. Die Aufbewahrung und Lagerung von Gasbehältern, Adsorberlösungen, Eluat- oder Anreicherungs-lösungen ist zu vermeiden, da durch Diffusionsverluste, Abbauprozesse und Kondensationsprozesse das Probenmaterial eine Veränderung erfährt, was zur Verfälschung von Untersuchungsergebnissen führt.

Aus den genannten Gründen sollten auch alle entnommenen **Wasserproben** aus der orientierenden Untersuchung möglichst umgehend dem Labor überstellt und analysiert werden.

5.3 Ablauf der Detailuntersuchung

5.3.1 Zielsetzung

Die Detailuntersuchung soll durch ergänzende Untersuchungen differenzierte Aussagen über Art und Ausmaß der von einer Alttablagerung/einem Altstandort ausgehenden Risiken liefern. Dies beinhaltet insbesondere konkrete Aussagen zur räumlichen Verteilung von Schadstoffen im Untersuchungsgebiet, zur Mobilität bzw. Mobilisierbarkeit der Schadstoffe, zu relevanten Ausbreitungspfaden und zur qualitativen Beeinträchtigung betroffener Schutzgüter.

Die Expositionsverhältnisse sollen ebenso wie die von den Schadstoffen ausgehenden Risiken umfassend geklärt werden. Die Risikobeurteilung soll explizit für jeden relevanten Wirkungspfad erfolgen. Zusätzlich gilt es im Rahmen der Einzelfallprüfung zu berücksichtigen, dass in Abhängigkeit von der Nutzung gleichzeitig mehrere Pfade zu Wirkung kommen können und damit eine erhöhte Exposition gegeben sein kann (z. B. Nutzung Haus mit Garten). Diese pfadübergreifende Exposition tritt insbesondere bei komplexen Nutzungssituationen auf (Stubenrauch et al. 1999).

Auf der Basis der Erkenntnisse der Detailuntersuchung soll eine Entscheidung ermöglicht werden, ob und mit welcher Dringlichkeit weitere Maßnahmen zur Gefahrenabwehr notwendig sind.

Nach Abschluss der Detailuntersuchung sollten für das Untersuchungsgebiet umfassende Kenntnisse zur

- Belastungssituation am Standort
z. B. relevante Schadstoffe, horizontale und vertikale Schadstoffverteilung in verschiedenen Medien, Konzentrationen und Frachten, Schadstoffverfügbarkeit, -mobilität und -bindungsformen, geogene u. anthropogene Hintergrundkonzentrationen,
- Geologischen und hydrogeologischen Situation,
z. B. Schichtenfolge und Mächtigkeiten in der ungesättigten Bodenzone, Anzahl, Tiefenlage und Mächtigkeit von Grundwasserleitern und hydraulischen

Trennschichten, Grundwasserfließrichtung, Durchlässigkeiten, Abstandsgeschwindigkeit, Grundwasserneubildung usw.

- Nutzung, zum Umfeld und zu relevanten Schutzgütern
z. B. aktuelle bzw. geplante Nutzung, Standorthistorie, relevante Wirkungspfade, betroffene Schutzgüter

vorliegen.

Aus diesen Kenntnissen müssen verlässliche Prognosen zur Entwicklung des Kontaminationsgeschehens am Standort und in dessen Umfeld für unterschiedliche Szenarien abzuleiten sein.

5.3.2 Untersuchungsstrategie

Die Randbedingungen für eine bei der Detailuntersuchung anzuwendende Untersuchungsstrategie wird - analog zur orientierenden Untersuchung - vom Untersuchungskonzept für die individuelle Altlastfläche im Hinblick auf die standort- bzw. teilflächenspezifische Auswahl der Beprobungsmedien und Beprobungsintervalle/-tiefen vorgegeben. Die konkreten Details für die Durchführung der Untersuchungen werden jedoch in erster Linie durch die Untersuchungsergebnisse und den damit erzielten Kenntnisstand aus der orientierenden Untersuchung bestimmt. Die Vorgehensweise bei der Detailuntersuchung ist deshalb nur in beschränktem Maße verallgemeinerbar. Generell ist davon auszugehen, dass die Untersuchungsstrategie für eine aussagekräftige horizontale und vertikale Eingrenzung der Verunreinigungen in den Beprobungsmedien insgesamt kleinräumiger zu differenzieren ist, d. h. sich auf der Basis des bereits vorhandenen Kenntnisstandes (bzw. durch Informationsdefizite bedingt) für unterschiedlich kontaminierte Teilflächen, die innerhalb einer Altlast/altlastverdächtigen Fläche vorkommen, unterscheiden wird.

Zur Abschätzung der Ausbreitung umweltgefährdender Stoffe im Boden (ungesättigte Zone), in Gewässern und der Austragsrate in Gewässer/Luft sowie des Transfers in Pflanzen können prognostische Modellrechnungen oder Simulationen eingesetzt werden.

5.3.2.1 Probennahmestrategie Boden und Bodenluft bei Altstandorten

Die im Rahmen der orientierenden Untersuchung ermittelten Kenntnisse zur Belastungssituation des Untergrundes bilden die Basis für die Probennahmestrategie der Detailuntersuchung zur belastungs- und standortbezogenen Verdichtung der Untersuchungspunkte, wobei die Art der Verdichtung von den örtlichen Gegebenheiten und der bereits ermittelten Schadstoffverteilung abhängig ist.

Eine gleichmäßige Verdichtung der Beprobungspunkte und die Anwendung statistischer Verfahren ohne Berücksichtigung der spezifischen Standortgegebenheiten ist im Allgemeinen nicht zu empfehlen.

Belegen die Befunde der orientierenden Untersuchung **Prüfwertüberschreitungen an mehreren benachbarten Beprobungspunkten** des untersuchten Bodens, muss die Strategie der Detailuntersuchung darin bestehen, mit den weiteren Sondierungen die Kontaminationsfläche(n) räumlich (horizontal und vertikal) einzugrenzen und außerdem Aussagen zur maximalen Belastungssituation zu ermöglichen.

Hierzu ist durch weitere Sondierpunkte das Beprobungsraster zu verdichten: Insbesondere sind Flächenbereiche mit großen Konzentrationsschwankungen, Bereiche in

unmittelbarer Nähe der vermuteten Schadstoffquelle und Bereiche in vermuteter Ausbreitungsrichtung der Schadstoffe intensiver zu untersuchen.

Während sich flüchtige Schadstoffe in der Regel in der ungesättigten Bodenzone in Bodenbereichen mit höherer Luftdurchlässigkeit ausbreiten können, werden nicht-flüchtige, wasserlösliche Schadstoffe meist mit Sickerwässern vertikal und/oder lateral verlagert. Bei schwer wasserlöslichen (unpolaren) Stoffen ist der mögliche Einfluss von Lösungsvermittlern (z. B. organische Substanz) bei der Beurteilung der Mobilität zu berücksichtigen.

Wurden bei der orientierenden Untersuchung nur **punktuell Prüfwertüberschreitungen im Boden** festgestellt, ist die Untersuchungsstrategie der Detailuntersuchung auf die Klärung der Fragestellung auszurichten, ob eine Belastung größerer Flächeneinheiten mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden kann. Eine Möglichkeit des methodischen Vorgehens besteht in diesem Fall darin, das Umfeld der punktuellen Belastung durch weitere radial angeordnete Beprobungsstellen zu sondieren. Sind die neuen Sondierpunkte unauffällig, kann der Abstand zum belasteten Probennahmepunkt mit zusätzlichen Sondierungen weiter verringert werden; bei auffälligen Befunden sollte die Beprobung in analoger Vorgehensweise in größeren Abständen fortgesetzt werden, bis der unbelastete Bereich sicher erreicht wird. Einzelheiten der Beprobungsstrategie müssen für alle genannten Kategorien aber stets durch einen fachkundigen Gutachter unter Kenntnis des Erscheinungsbildes des Einzelfalles standort- bzw. teilflächenspezifisch und befundabhängig festgelegt werden. Durch den fortschreitenden Informationsgewinn während der Sondierarbeiten besteht zudem die Notwendigkeit, den vorab festgelegten Untersuchungsplan ständig kritisch zu hinterfragen und ggf. vor Ort neue Festlegungen zum weiteren Untersuchungsfortgang zu treffen.

Die Beprobungstiefen der Bodenaufschlüsse richten sich auch bei der Detailuntersuchung nach den relevanten Wirkungspfaden (vgl. Tabelle 8), soweit die Erkenntnisse der orientierenden Untersuchung (tatsächlich vorgefundene Tiefen der Verunreinigungen) nicht andere Festlegungen rechtfertigen.

In der Regel nimmt bei der Detailuntersuchung die wirkungspfadspezifische Beprobung des Bodens einen höheren Stellenwert ein als bei der orientierenden Untersuchung. Nur bei oberflächennahen Bodenproben ist eine flächendeckende Erfassung der Verdachtsfläche mit Mischproben herbeizuführen. Dabei sollte eine Fläche von ca. 100 m² Größe durch mindestens eine Mischprobe aus ca. 10 Einzelproben repräsentiert werden. Für die oberflächennahen Mischproben sind Teilflächen mit einheitlicher Flächennutzung und mit vergleichbaren Bodeneigenschaften auszuwählen.

Auf der Basis der Ergebnisse aus der orientierenden Untersuchung ist über die Durchführung von weiteren **Bodenluft-Untersuchungen** bei der Detailuntersuchung zu entscheiden. In der Regel sollten Bodenluft-Untersuchungen nur dann in die Probennahmestrategie der Detailuntersuchung aufgenommen werden, wenn durch die orientierende Untersuchung Untergrundverunreinigungen mit flüchtigen Schadstoffen in relevanter Höhe nachgewiesen werden konnten.

Durch weitere Bodenluft-Messstellen ist die Lage der in der orientierenden Untersuchung festgestellten Kontaminationsschwerpunkte zu präzisieren. Um in der abschließenden Risikobeurteilung Aussagen über das tatsächlich vorhandene Schadstoffpotenzial treffen zu können, müssen an ausgewiesenen Belastungsschwerpunkten (maximaler Bodenluftkonzentrationen) gleichzeitig auch Boden- bzw. Grundwasserproben untersucht werden. Die Vorgehensweise im Einzelfall ist befund- und standortabhängig und kann nicht verallgemeinert werden.

Zudem kann in Abhängigkeit von der vorliegenden Fragestellung (insbesondere auch Nachnutzung) im Zuge der Detailuntersuchung in erkannten Kontaminationsschwerpunkten zumindest exemplarisch eine tiefendifferenzierte Beprobung der Bodenluft (in Anlehnung an VDI 3865 Blatt 2) unter Berücksichtigung der geologischen Schichtenfolge durchgeführt werden. Dies hat zum Ziel eventuell vorhandene Deckschichten und damit die Schadstoffausbreitung zu erfassen.

Alle entnommenen Bodenluftproben aus der Detailuntersuchung sind in die Analytik einzubeziehen.

5.3.2.2 Probennahmestrategie Feststoffe, Bodenluft, Deponiegas bei Altablagerungen

Wenn in der orientierenden Untersuchung die Ausdehnung einer Altablagerung geklärt wurde, erfolgen in der Regel keine weiteren Feststoffuntersuchungen.

Bei Altablagerungen sind unter Umständen Messungen zum Gasaustritt aus dem Boden in die bodennahe Atmosphäre angezeigt. Insbesondere sind deutliche Oberflächenemissionen bei ehemaligen Deponien mit hoher Gasproduktion und damit hohem Gasdruck zu erwarten. Die Entscheidung über Art und Umfang von Emissionsmessungen ist in erster Linie von der aktuellen oder geplanten Nutzung abhängig zu machen.

Für die Messung der Gasaustritte kann ein regelmäßiges Messraster vorgesehen werden. Besonders emissionsträchtigen Stellen wie Schächten, Kanälen, Setzungsrisen oder Böschungen sowie augenfälligen Besonderheiten (z. B. Wuchsstörungen der Pflanzendecke) sollte bei derartigen Messungen außerdem vermehrte Aufmerksamkeit gewidmet werden. An Stellen mit auffälligen Messwerten muss das Beprobungsraster generell verdichtet werden.

Bei Altablagerungen mit Bereichen unterschiedlicher Gaskonzentrationen sollte bei der Detailuntersuchung generell die gesamte Mächtigkeit des abgelagerten Materials hinsichtlich der Zusammensetzung und Konzentrationsverteilung der Poren-gase bis zum gewachsenen Boden im Liegenden untersucht werden. Hierfür kann z. B. ein Langzeit-Absaugversuch mit großen Reichweiten in den Ablagerungen geeignet sein, bei dem die Gasphase des erfassten Porenraumes ca. 7 mal ausgetauscht wird (nach LFU BW 1992).

Zur Anreicherung von gasförmigen Schadstoffen in Innenräumen kann es z. B. durch deren Eindringen aus dem Untergrund in Kellerräume von Gebäuden kommen, die auf oder in unmittelbarer Nähe von Altdeponien oder Altablagerungen errichtet wurden. Die Gase können sowohl durch Wegsamkeiten in der Gebäudehülle (Setzungsrisse, Rohrdurchlässe) als auch über Gasdiffusion durch die Baumaterialien in das Gebäude eindringen. Zur Ermittlung der gesundheitlichen Risiken der Gase sind bei begründetem Verdacht Innenraumluftmessungen angezeigt.

5.3.2.3 Probennahmestrategie Grund-, Sicker- und Oberflächenwasser

Wurden bei der orientierenden Untersuchung Wasserproben untersucht, besteht in der Detailuntersuchung für die betrachtete Altlast/altlastverdächtige Fläche ein weiterer Untersuchungsbedarf, wenn

- Prüfwerte überschritten werden und gleichzeitig
- signifikante Differenzen der Schadstoffkonzentrationen zwischen An- und Abstrom nachgewiesen wurden.

Ist die Entstehung der Wasserverunreinigungen nicht zweifelsfrei nachvollziehbar, sind zur Klärung des Beitrages der Verdachtsfläche zu den festgestellten Verunreinigungen ggf. weitere Untersuchungen im Anstrombereich vorzusehen und deren Ergebnisse durch objektbezogene Plausibilitätsprüfungen kritisch zu beurteilen.

In der Regel wurden in der orientierenden Untersuchung der oberste Grundwasserleiter und ggf. auch Sickerwässer und Oberflächengewässer im Untersuchungsgebiet untersucht, wenn eine relevante Expositionssituation aus den Verdachtsmomenten des Einzelfalles als gegeben anzusehen war. Ergeben sich aus der orientierenden Untersuchung konkrete Erkenntnisse über weitere relevante Ausbreitungspfade, die aus der für den Standort durchgeführten historischen Erkundung nicht absehbar waren, müssen in der Detailuntersuchung diese Pfade einer ergänzenden Betrachtung unterzogen werden.

Insbesondere kann es sich in diesem Zusammenhang als notwendig erweisen, bei entsprechenden Verdachtsmomenten bislang noch nicht untersuchte Wässer (tieferes Grundwasserstockwerk, Sickerwasser, Oberflächenwasser) zu beproben und zu analysieren.

Dies ist z. B. dann relevant, wenn im obersten Grundwasserleiter in der orientierenden Untersuchung eine Verunreinigung nachgewiesen wurde, die einer Schadstoffquelle im Untersuchungsgebiet zugeordnet werden muss. Sind dann Wegsamkeiten für eine Schadstoffausbreitung in das/die tiefere(n) Grundwasserstockwerk(e) nicht mit hinreichender Sicherheit auszuschließen, sind diese Grundwasserleiter in der Detailuntersuchung mit der für die orientierende Untersuchung genannten Strategie zu untersuchen.

Die Notwendigkeit weiterer Wasseruntersuchungen kann sich aber auch dann ergeben, wenn bei der orientierenden Untersuchung Schadstoffe in größeren, grundwasserrelevanten Tiefen im Boden festgestellt wurden, als dies anhand der Kenntnisse aus der historischen Erkundung zu erwarten war oder vermutete Grundwasserdeckschichten bei den Sondierarbeiten im Untersuchungsgebiet nicht, bzw. nicht durchgehend anzutreffen waren.

Grundwasser

Liegt ein bestätigter Schadstoffeintrag aus der Altlast/altlastverdächtigen Fläche in einen **Poren-Grundwasserleiter** vor, besteht das Ziel der Detailuntersuchung in der Ermittlung folgender Sachverhalte:

- Ausbreitung und Intensität der Verunreinigungsfahne in Grundwasserfließrichtung,
- Ermittlung der Verunreinigungsfahne quer zur Grundwasserfließrichtung,
- Untersuchung der vertikalen Schadstoffverteilung in mächtigen oder geschichteten Grundwasserleitern bzw. beim Vorliegen von gering/nicht mit Wasser mischbaren Schadstoffen.

Zur Klärung dieser Fragestellungen müssen die aus vorangegangenen Erkundungs- und Untersuchungsetappen in der Regel vorliegenden oder daraus ableitbaren Kenntnisse zum möglichen Zeitraum des Schadstoffeintrages (historische Erkundung), zur Grundwasserfließrichtung im Abstrom der Verdachtsfläche und der Abstandsgeschwindigkeit (orientierende Untersuchung) in die Planungen der Detailuntersuchung einbezogen werden.

Aus dem Messstellennetz der orientierenden Untersuchung können meist nur Anhaltspunkte für die weitere Vorgehensweise im Grundwasserabstrom gewonnen

werden, da für exakte Aussagen zur Lage zusätzlicher Messstellen weitreichende Daten zur regionalen Hydrodynamik des Abstromgebietes notwendig wären, die nur in Ausnahmefällen bereits vor der Detailuntersuchung zur Verfügung stehen.

Generell ist gegenüber der orientierenden Untersuchung ein verdichtetes Messstellennetz im erweiterten Abstrombereich der Verdachtsfläche anzustreben. Dabei sollten weitere Grundwassermessstellen vorrangig quer zur Grundwasserfließrichtung errichtet werden, wobei der Abstand zwischen den Messstellen ca. 50 m nicht überschreiten sollte. Weiterhin kann es einzelfallspezifisch erforderlich sein, die Messstellenreihe um zusätzliche Messstellen in Grundwasserfließrichtung zu ergänzen.

Ist zur Ermittlung von standortspezifischen Daten ein Pumpversuch vorgesehen, sollte der Einzugsbereich des Pegels beim Pumpvorgang möglichst dem halben Abstand zur nächsten Messstelle entsprechen. Für fundierte Planungsaussagen sind dazu jedoch Kenntnisse zum Durchlässigkeitsbeiwert, zum Grundwassergefälle und zur Mächtigkeit des wassererfüllten Grundwasserleiters nötig.

Wurde in einem **Kluft-Grundwasserleiter** eine Grundwassermessstelle im direkten Eintragsbereich der Schadstoffe angelegt, muss durch weitere Untersuchungen geprüft werden, inwieweit sich der Einzugsbereich der Messstelle mit dem Schadenszentrum deckt. Diese Aussagen können im Rahmen eines Pumpversuches in Abhängigkeit von der Fördermenge getroffen werden.

Weitergehende Aussagen zur Konkretisierung der Untersuchungsergebnisse aus der orientierenden Untersuchung sind für Kluft-Grundwasserleiter nicht in verallgemeinerbarer Form abzuleiten.

Für eine Prognose der Schadstoffausbreitung aus einer Altlast/altlastverdächtigen Fläche mit dem Grundwasser können **geohydraulische Modellrechnungen** herangezogen werden. Die mittels Ausbreitungsmodellen errechneten Schadstoff-Verteilungskarten und Pläne bedürfen jedoch stets einer kritischen Interpretation unter Berücksichtigung der Qualität der Modell-Eingangsdaten und der zu Grunde liegenden Modell-Annahmen.

Sickerwasser/Oberflächenwasser

Analog zu den für Kluft-Grundwasserleiter getroffenen Aussagen sind auch bei diesen Beprobungsmedien keine allgemein gültigen Verfahrensempfehlungen zum weiteren Vorgehen in der Detailuntersuchung festzulegen. Die Entscheidungen über die Notwendigkeit bzw. über die Lage in der Altlast/altlastverdächtigen Fläche, Ausbautiefe und die Probennahmestrategie müssen vielmehr unter Einbeziehung der standort- und schadstoffspezifischen Gegebenheiten des Einzelfalles auf der Basis der Kenntnisse und der Erfahrung des mit der Durchführung betrauten Fachgutachters getroffen werden.

Für die ungesättigte Bodenzone lassen sich die Aussagen des Kap. 5.2.2.5 inhaltlich übertragen.

5.3.2.4 Probennahmestrategie Staub

Für altlastenrelevante Fragestellungen ist in der Regel für die Sammlung von Stäuben in der **Luft außerhalb geschlossener Räume** der ortsbezogenen Probennahme mit stationär auf der Untersuchungsfläche installiertem Gerät gegenüber einer personenbezogenen Probennahme mit mobiler Probennahmeverrichtung der Vorzug zu geben. Grundsätzlich sollte die Probennahme in Atemhöhe (ca. 1,5 m über Grund) durchgeführt werden. Die Probennahmeeinrichtung ist dabei generell auf der dem Wind abgekehrten Seite (im Lee) der vermuteten Schadstoffquelle einzurichten.

Die Beprobungsdauer sollte insgesamt mindestens eine Stunde betragen, bei stark schwankenden Staubkonzentrationen in der Luft sind längere Probennahmezeiten (z. B. 24 Stunden) oder mehrere Probennahmeintervalle mit regelmäßigen Zeitabständen (z. B. mit programmierbaren Probennahmegeräten) vorzusehen, um die Aussagekraft der Messungen zu stärken.

Die Probennahmezeit wird außerdem von der für die späteren Untersuchungen benötigten, parameter- und verfahrensabhängigen Mindestmenge an Probenmaterial bestimmt.

Da mit einer Staubbefreiung nur bei trockener Witterung und entsprechenden Bodenverhältnissen zu rechnen ist, muss der Zeitpunkt der Beprobung nach diesen Gesichtspunkten ausgewählt werden.

Für die Beprobung von **Hausstaub** können außer der im Anhang 4 genannten Vorgehensweise keine weiteren allgemeinverbindlichen Hinweise zur Probennahme gegeben werden. Vielmehr muss eine repräsentative Probennahmestrategie - an den lokalen Gegebenheiten des Einzelfalles orientiert - aus der zu Grunde liegenden Fragestellung durch den beauftragten Fachgutachter festgelegt werden.

5.3.2.5 Probennahmestrategie Pflanzenmaterial

Eine Untersuchung von Pflanzen oder Pflanzenteilen ist in der Regel dann erforderlich, wenn im Rahmen der jeweiligen Fragestellung eine Gefährdungsabschätzung für das direkt auf den Menschen einwirkende Kontaktmedium „Pflanzenmaterial“ oder für die Pflanze als Futtermittel getroffen werden soll, die in ihrer Aussagekraft über die herkömmliche Methodik einer Abschätzung der Belastung aus der ange-troffenen Verunreinigung des Bodens hinausgeht.

Da sich das Schadstoffaufnahmevermögen verschiedener Pflanzenarten und auch einzelner Pflanzenorgane unterscheidet, muss eine Festlegung der zu beprobenden Pflanzenarten und Pflanzenteile im Rahmen des Untersuchungskonzeptes erfolgen. Für flächige Erhebungen ist es sinnvoll, die Auswahl der untersuchten Pflanzen auf häufig angebaute Arten zu beschränken sowie nach Möglichkeit verschiedene Nutzflächen bzw. Gärten in die Untersuchungen einzubeziehen, um die Repräsentativität der Untersuchungsergebnisse zu gewährleisten.

Da bestimmte Pflanzenarten schadstoffspezifisch hohe Aufnahmeleistungen besitzen, sind sie u. U. im Einzelfall geeignet, als „Zeigerpflanzen“ für den jeweiligen Schadstoff zu fungieren (vgl. LÖLF NRW 1988). Als Beispiele für Gemüsepflanzen, welche sich für Schwermetalluntersuchungen eignen (diverse Blatt-, Spross- und Wurzelgemüse) gibt KÖNIG (1986) insbesondere Grünkohl, Möhren und Porree an.

Um Fehlinterpretationen der Untersuchungsergebnisse vorzubeugen, müssen alle Möglichkeiten sonstiger Schadstoffeinträge in die Pflanze sorgfältig überprüft werden. Insbesondere sind hierbei die Schadstoffaufnahme über Staubdepositionen (deren Quelle außerhalb der Altlast/altlastverdächtigen Fläche liegt), erhöhte anthropogene oder geogene Hintergrundkonzentrationen im Boden oder die Anwendung von Bioziden oder Düngersubstanzen zu nennen. Der Einfluss der Staubdeposition auf die Untersuchungsergebnisse ist z. B. durch die Beprobung von Wurzelgemüse (Möhren, Sellerie) zu verringern. Da diese Vorgehensweise für Obst von Bäumen und Sträuchern nicht angewandt werden kann, erscheint eine Beprobung dieser Früchte nur dann sinnvoll, wenn ein Einfluss luftgetragener Schadstoffe sicher auszuschließen ist. Die Interpretation der Untersuchungsergebnisse erfordert nach StMLU BY (1991) den Vergleich mit - auf die Emission der zu beurteilenden Verdachtsfläche

bezogenen - unbelasteten Proben, für die bei den Fachbehörden zum Teil auch Vergleichsdaten vorhanden sind.

5.3.2.6 Analysenstrategie

Für die Detailuntersuchung finden die für die orientierende Untersuchung angeführten generellen Grundlagen der Analysenstrategie analoge Anwendung (Kap. 5.2.2.6).

Dabei können die Analysenparameter gegenüber der orientierenden Untersuchung nach einzelfallspezifischer Prüfung

- identisch sein,
- reduziert werden,
- um die Aufschlüsselung von Summen- und Gruppenparametern ergänzt werden und
- um die Untersuchung spezifischer Parameter und/oder Schadstofffraktionen erweitert werden.

Aufbauend auf den Ergebnissen der orientierenden Untersuchung, d. h. wenn entsprechende Schadstoffe in der orientierenden Untersuchung nicht in relevanten Konzentrationen nachgewiesen wurden, kann eine Reduzierung des zu untersuchenden Schadstoffspektrums angezeigt sein.

Auf der Basis der Befunde aus der orientierenden Untersuchung kann sowohl bei Feststoff- als auch bei Wasserproben eine Erweiterung des Analysenspektrums sinnvoll sein, wenn sich die Aufschlüsselung einzelner Summen- und Gruppenparameter wie z. B. AOX/EOX, Phenolindex oder auch IR-KW als erforderlich erweist. Weiterhin kann eine über ausgewählte Leitparameter festgestellte Belastung zusätzliche Untersuchungsparameter erfordern. Dies gilt z. B. für die Ergänzung von ausgewählten Grundparametern der Grundwasseruntersuchung in der orientierenden Untersuchung oder bei festgestellten LHKW-Belastungen für die zusätzliche Untersuchung von Vinylchlorid sowie bei Verunreinigungen durch BTEX-Aromaten z. B. für die Untersuchung der C3/C4-Alkylbenzole usw.

Neben der qualitativen und quantitativen Erfassung der relevanten Schadstoffe können im Rahmen der Detailuntersuchung die Untersuchungen von Probenmaterial außerdem ggf. auf Aussagen zur Mobilität bzw. Mobilisierbarkeit der Schadstoffe oder auf Untersuchungen zur Pflanzenverfügbarkeit oder Toxizität der Substanzen ausgeweitet werden. Die Mobilität/Eluierbarkeit und Verfügbarkeit der im Untersuchungsgebiet relevanten Schadstoffe kann durch Elutionsversuche mit Wasser oder Salzlösungen, aber auch durch Säulenversuche bzw. Lysimeterversuche an ungestörten Bodenproben untersucht werden.

In begründeten Fällen können auch die Boden- bzw. Substrateigenschaften, welche die Mobilität der Schadstoffe maßgeblich beeinflussen, einer näheren Charakterisierung unterzogen werden (z. B. Messungen zum Gehalt an organischer Substanz, Tongehalt, pH-Wert, Sorptionskapazität, Wasserleitfähigkeit usw.). Diese standortspezifischen Parameter beeinflussen entscheidend die Schadstofffreisetzung und -ausbreitung und sind deshalb bei Prognosen im Rahmen der Gefährdungsabschätzung schadstoffspezifisch zu berücksichtigen (siehe Kap. 3.3).

Bei Metallen ist die Mobilität/Mobilisierbarkeit von ihrer spezifischen Bindungsform abhängig. Deshalb kann es im Rahmen der Detailuntersuchung im Einzelfall angezeigt sein, eine Aufschlüsselung einzelner Metallspezies durchzuführen.

Bei der Auswahl von **Bodenproben** für die Analytik bestimmt in der Detailuntersuchung - anders als bei der orientierenden Untersuchung - die Abgrenzung bzw. Eingrenzung schadstoffbelasteter Bodenbereiche die (standortspezifisch angepasste) Vorgehensweise: Aus dem gewonnenen Probenmaterial sollte nach Möglichkeit in mehreren Teilschritten eine zeitlich gestaffelte Analytik mit Bildung von Rückstellproben erfolgen. Proben aus den Randbereichen erkannter Kontaminationsschwerpunkte und Proben aus tieferen Bodenschichten werden zunächst als Rückstellproben aufbewahrt und erst dann in die Analytik einbezogen, wenn die Ergebnisse aus den in den vorangegangenen Schritten untersuchten Proben auf eine Schadstoffausbreitung bis in diese peripheren Bereiche hindeuten.

Mit den untersuchten Proben muss in jedem Fall eine klare horizontale und vertikale Eingrenzung der Bodenverunreinigungen möglich sein. Deshalb ist die Anzahl der zu untersuchenden Bodenproben in der Detailuntersuchung in der Regel höher als in der orientierenden Untersuchung. Der Zeitraum zwischen den Untersuchungsintervallen sollte dabei möglichst kurz gehalten werden, um eventuell mögliche Veränderungen in den Rückstellproben durch Abbau, Umbau, Verflüchtigung und Sorption zu vermeiden.

Unter Berücksichtigung der standortspezifischen Nutzungen kann es in der Detailuntersuchung zur Klärung der vorliegenden Exposition erforderlich sein, neben Boden-, Bodenluft-, und Wasseruntersuchungen auch Pflanzenmaterial, Staubproben oder Raumluftproben als potenzielle Kontaktmedien in das Analysenprogramm aufzunehmen. Damit erfolgt ein weiterer Schritt der Erfassung der Transmission/Immission, welcher die grundlegenden Kenntnisse für die Risikobeurteilung verbessert.

Pflanzen können Schadstoffe sowohl in gelöster Form mit dem Bodenwasser als auch gasförmig oder durch Depositionsniederschlag aufnehmen und in verschiedenen Organen akkumulieren. Die Aufnahme von in Wasser gelösten und gasförmigen Schadstoffen kann im Wurzelraum (bis ca. 1-2 m unter GOK) erfolgen. Blätter und andere oberirdische Sprosssteile sind gegen Gase und Depositionsniederschlag exponiert. Dabei werden über die Wurzeln vor allem Schwermetalle aufgenommen (z. B. Cadmium, Zink), während organische Schadstoffe (z. B. PAK) meist durch Depositionsniederschlag resorbiert werden.

Pflanzenmaterialien sind wegen der besonderen humantoxikologischen Bedeutung vorrangig bei Verdacht auf Verunreinigungen mit Arsen, Blei, Cadmium, PAK, PCB, Quecksilber und Thallium zu analysieren.

Die Untersuchung von Stäuben im Freiland und in Innenräumen sollte sich auf die in den Bodenuntersuchungen in relevanten Konzentrationen nachgewiesenen Schadstoffe beschränken.

5.4 Grundlagen der Probengewinnung

Unabhängig von der Probennahmestrategie, die auf Grund unterschiedlicher Fragestellungen bei der orientierenden und der Detailuntersuchung konzeptionell variieren kann, sind qualitätssichernde Standardanforderungen bei der Probennahme und Probenaufbereitung übereinstimmend für beide Leistungsphasen der technischen Untersuchung zu berücksichtigen. In diesem Kapitel sollen dazu die grundlegenden Vorgaben für die Probennahmeplanung und -technik umrissen werden.

Detaillierte Angaben zu den technischen Anforderungen an die Gewinnung von Boden-, Bodenluft- und Grundwasserproben finden sich bei LFU SA (1996), StMLU (1997) und SLUG (1998).

Vor Beginn der technischen Feldarbeiten ist für sämtliche Arbeiten, die mit Eingriffen in den Untergrund durch Bohr- oder sonstige Sondierarbeiten verbunden sind, eine **Spartenerkundung** durchzuführen. Diese hat zum Ziel, die Lage von Ver- und Entsorgungs- sowie Kommunikationsleitungen im Untersuchungsgebiet ebenso wie das Vorliegen und die Örtlichkeit von unterirdischen Anlagenteilen (Tanks, Behälter usw.) umfassend zu erkunden und bei der Festlegung von Beprobungspunkten zu berücksichtigen. Zusätzlich sollte jede Sondierstelle vor Beginn der Arbeiten aus Sicherheitsgründen mit einem Leitungs- und Metallsuchgerät überprüft werden.

Besteht ein begründeter Verdacht auf Kampfmittel im Untersuchungsgebiet, müssen die vorgesehenen Sondierpunkte durch eine im Freistaat Thüringen zugelassene Fachfirma freigegeben werden (vgl. Kapitel 5.7).

Bei der Untersuchung von Altlasten/altlastverdächtigen Flächen sind die Belange des **Arbeitsschutzes**, und dabei insbesondere der persönliche Schutz des Probennehmers bzw. des Untersuchungsteams vorrangig zu berücksichtigen. Insbesondere ist der direkte Kontakt mit festen, flüssigen und gasförmigen Schadstoffen zu verhindern.

Detaillierte Angaben zu diesem Thema beinhaltet z. B. die BGR 128 „Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen“ des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften und die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (Baustellenverordnung - BaustellV) der Bundesregierung. Weitergehende Hinweise sind außerdem dem Kapitel „Arbeitsschutz“ (Kap. 5.7) dieses Leitfadens zu entnehmen.

Vor dem Hintergrund einer in der Regel hohen Präzision der messtechnischen Erfassung und einer weitgehend standardisierten Probenaufbereitung kommt der sachgerechten Probennahme ein hoher Stellenwert bei der Minimierung des Gesamtfehlers zu. Der Gesamtfehler (Varianz) einer Untersuchung ergibt sich aus der Summe der Varianzen der Teilschritte, die bei der technischen Untersuchung von Altlasten/altlastverdächtigen Flächen aus

- Probennahme,
- Probenaufbereitung und
- Analytik

bestehen.

Generell ist jede Probennahme nach dem Grundsatz zu planen und auszuführen, dass das gewonnene Probenmaterial dem beprobten Medium unter qualitativen wie auch unter quantitativen Aspekten entsprechen muss.

Die aus den Beprobungsmedien **entnommene Menge an Probenmaterial** ist nach Möglichkeit so zu dimensionieren, dass

- mit dem Probenmaterial sämtliche Aufbereitungsschritte und Untersuchungen für das gesamte Messprogramm durchgeführt werden können,
- notwendige Messungen zur Absicherung und Reproduktion der Analysenergebnisse optional möglich sind,
- die Bewahrung von Rückstellproben gesichert ist,
- eine überschaubare Erweiterung des Untersuchungsprogrammes auch nachträglich vorgenommen werden kann.

Es muss sichergestellt werden, dass durch die **Sammlung**, den **Transport** und die **Lagerung** von Probenmaterial keine Veränderung der stofflichen Zusammensetzung der Proben herbeigeführt wird. Probenverfälschungen können hervorgerufen werden durch Eintrag von Stoffen in die Probe, Austrag von Stoffen aus dem beprobten Material oder durch Veränderungen der Probenkonsistenz als Folge chemischer, physikalischer und/oder biologischer Prozesse.

Zur Minimierung der Verfälschungen sind folgende, allgemeine Vorgaben zu beachten:

- Entnommene Proben sind für Transport und Lagerung in geeigneten Behältnissen sicher zu verpacken und verwechslungsfrei und dauerhaft zu kennzeichnen. Als Standardinformationen sind mit der Probe stets Angaben zu Lokalität, Entnahmedatum, Entnahmestelle (z. B. Bohrung, Profil, Entnahmetiefe), Art der Probe (Einzel- oder Mischprobe) sowie eine eindeutige Kontrollnummer mitzuführen.
- Die Proben sind für den Transport sorgfältig zu verpacken, so dass das Risiko eines Materialverlustes infolge Zerstörung der Transportbehälter weitestgehend minimiert wird. Bei der Probennahme sind zudem Probenbegleitzettel zu erstellen, die bei der Registrierung der Proben im Analysenlabor zur Kontrolle der Vollständigkeit und eindeutigen Zuordnung herangezogen werden können.
- Die Transport- und Lagerbehälter sind hinsichtlich Art und Material auf die zu bestimmenden Analysenparameter auszurichten, um Wandadsorption oder gasförmige Verluste von Stoffen so gering wie möglich zu halten.
- Proben sind unverzüglich dem Analysenlabor zu überstellen. Proben für die Untersuchung organischer bzw. nicht stabiler anorganischer Parameter sind sofort nach der Entnahme sowie auf dem Transport kühl zu lagern. Die Zwischenlagerung von Probenmaterial sollte unter Lichtausschluss und Vermeidung von Luftzutritt bei ca. 4-6 °C erfolgen. Weitergehende Konservierungsmaßnahmen durch chemische Zusätze (Stabilisierung) oder Tiefkühlkonservierung (bei ca. -20 °C) können im Einzelfall angezeigt sein.
- Eine Schadstoffverschleppung aus kontaminierten Bereichen in unbelastete Zonen der Beprobungsmedien durch Materialumlagerungen bzw. durch Anhaftungen an der Probennahmeausrüstung muss durch sachkundige Planung der Durchführung und durch sorgfältige Reinigung der Probennahmegeräte für Boden-, Bodenluft- oder Wasserproben vermieden werden.
- Ein Stoffeintrag in das Probenmaterial durch Abrieb von den Probennahme-Gerätschaften bzw. durch Abgase aus verbrennungsmotorgetriebenen Maschinen (z. B. Stromgenerator, Brennkrafthammer) ist durch geeignete Materialwahl und Messanordnungen zu unterbinden.

5.4.1 Boden- und Feststoffproben

Bei der Entnahme von Bodenproben aus dem Untergrund ist zwischen zwei Typen von Proben zu unterscheiden:

- Einzelproben, die hinsichtlich ihrer Lage an einem einzigen Probennahmepunkt in gestörter oder ungestörter Lagerung entnommen werden,
- oberflächennahe Mischproben, die für die Beurteilung von spezifischen Wirkungspfaden mit relevanten Beprobungstiefen von bis zu 35 cm aus dem Bo-

denmaterial in der Fläche verteilter Probennahmepunkte gewonnen werden (stets in gestörter Lagerung).

Für Bodenproben mit Verdacht auf leicht- und mittelflüchtige Schadstoffe ist die Entnahme von Mischproben ausgeschlossen. Vielmehr ist das entsprechende Bodenmaterial stets zuerst zu entnehmen und in Form von Einzel- bzw. Sonderproben unverändert der Analyse zuzuführen.

Für die Gewinnung von Bodenproben sind geeignete Aufschlüsse anzulegen, sofern keine Probennahme von der unmittelbaren Bodenoberfläche erfolgt. Hierzu sind im Prinzip Sondierbohrungen und Schürfe geeignet.

Die Methodenauswahl ist unter Berücksichtigung der lokalen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse, der vermuteten Schadstoffverteilung im Boden und der erforderlichen Probenqualität (Güteklassen nach DIN 4021) zu treffen. Der Bohrdurchmesser muss mindestens das Dreifache des Größtkorndurchmessers betragen. Die Gewinnung von Probenmaterial muss unter geringst möglicher Veränderung (chemisch und physikalisch) des Bodens erfolgen. Insbesondere ist

- eine Erwärmung des Bohrgutes bei Verdacht auf flüchtige Schadstoffe und
- eine Fraktionierung der Probe zu minimieren.

Mit der Entnahme von Probenmaterial aus dem Kerngewinn der Bohrungen bzw. aus Schürfen sind die geologischen Verhältnisse des aufgeschlossenen Profilschnittes durch Erstellen von Schichtverzeichnissen nach DIN 4022 (und nachfolgender graphischer Darstellung der Sondiererergebnisse nach DIN 4023) zu dokumentieren. Für eine spätere umfassende Situationsbeurteilung ist es sinnvoll, auch weitere Beobachtungen, die über den Rahmen der Aufzeichnungen nach DIN 4022 hinausgehen, im Probennahmeprotokoll festzuhalten (z. B. geruchliche Auffälligkeiten, Humusgehalt, ggf. reduzierendes Milieu usw., siehe Anhang 6).

Bei der Probennahme sollte sich aus Gründen des Arbeitsschutzes die organoleptische Prüfung der Bodenproben möglichst nur auf die Inaugenscheinnahme der Probe beschränken. Gezielte Geruchsproben sollten unterbleiben. Bei Bedarf können ersatzweise einfache Messmethoden (z. B. Prüfröhrchen) oder Vor-Ort-Messgeräte zur Anwendung gebracht werden. Für die „Fingerprobe“ zur Substratbeschreibung sind ggf. geeignete Schutzhandschuhe zu verwenden.

Die Entscheidung über die vertikalen Beprobungsintervalle bei Bodenproben ist von der Art der Verdachtsfläche, den relevanten Wirkungspfaden und der Mächtigkeit der kontaminationsverdächtigen Schichten bzw. der Tiefenstufe unter GOK abhängig. Detaillierte Ausführungen sind deshalb den Kapiteln zur Untersuchungsstrategie bei der orientierenden Untersuchung bzw. Detailuntersuchung zu entnehmen.

Um Stoffverschleppungen im Probenmaterial zu vermeiden, sind die Entnahmegeräte nach jeder Beprobung von Anhaftungen zu befreien. Bei Verdacht auf anorganische Schadstoffe im Probenmaterial kann dies durch Abspülen mit Wasser (dest.) oder durch trockenes Abreiben mit sauberen Tüchern erfolgen. Bei organischen Verunreinigungen ist die Verschmutzung mit geeigneten Reinigungsmitteln (z. B. Alkohol) zu entfernen. Die Verwendung und Art der Reinigungssubstanzen ist im Probennahmeprotokoll zu vermerken.

Bei Bohrungen ist der Einsatz von Bohrspülungen generell zu vermeiden und der Bohrdurchmesser an das Größtkorn anzupassen (s. DIN 4021).

Beim Anlegen von Schürfen sind die Arbeitsschutzbestimmungen auch hinsichtlich der Standsicherheit gemäß DIN 4124 einzuhalten. Die Probenentnahme erfolgt in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung und dem zu erwartenden Schadstoffspektr-

rum und ist zeitnah nach Anlegen des Schurfs durchzuführen. Die Entnahmestellen der Proben im Schurf sind von Materialverschleppungen und nachgefallenem Aushub zu säubern. Aus vertikalen Profilen ist stets von unten nach oben zu beproben. Die Entnahme von Bodenproben in ungestörter Lagerung stellt bei der technischen Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen/Altlasten einen Sonderfall dar. Sie kann im Einzelfall, z. B. für die Bestimmung bodenphysikalischer Kenngrößen, angezeigt sein und erfordert spezielle, parameterorientierte Probennahmetechniken, die der einschlägigen Literatur zu entnehmen sind. Anders als bei Proben in gestörter Lagerung müssen hier die Proben in der Regel „orientiert“ entnommen werden, d. h. die Lage der Probe im Profil ist auf den Behältern deutlich zu kennzeichnen bzw. im Probennahmeprotokoll zu dokumentieren (oben/unten, bzw. horizontale/vertikale Profilbeprobung).

Für Probengefäße aus Glasmaterial wird das chemisch beständige Borsilikatglas nach DIN ISO 3585 empfohlen, welches gegenüber Kalk-Soda-Gläsern eine deutlich höhere Temperaturwechselbeständigkeit und chemische Stabilität besitzt. Braunglas ist wegen der Lichtabsorption Klarglas vorzuziehen. Im Folgenden wird eine Auswahl für den Transport- und die Zwischenlagerung von Boden- bzw. Feststoffproben geeigneter Gefäße aufgelistet und Schlussfolgerungen für die Parameterzuordnung gezeigt.

Tabelle 18: Auswahl von Gefäßen für Bodenproben

Nr.	Gefäßbeschreibung	Parameterzuordnung
1	PE- und HDPE-Weithalsflaschen: Nennvolumen 500 ml und 1000 ml	alle anorganischen Parameter
2	Glas-Schliff-Standflaschen-Weit-hals: mit Normschliff (NS) nach DIN 12039 mit NS-Glasstopfen Nennvolumen 500 ml	alle anorganischen Parameter alle organischen und Summenparameter außer leichtflüchtigen Komponenten und Gasen
3	Glas-Weithals-Gewindegläser: mit Gewinde nach DIN 168 (Rundgewinde) Nennvolumen 500 ml und 1000 ml (Gefäßtyp gibt es nur aus Kalk-Soda-Glas)	alle anorganischen Parameter alle organischen und Summenparameter, sofern keine Probenveränderung durch diesen Glastype oder das Verschlussmaterial möglich ist, außer leichtflüchtigen Komponenten

4	Glas-Laborstandflaschen: nach ISO 4796 mit Gewinde nach DIN 168 (Rundgewinde), Nennvolumen 500 ml und 1000 ml mit Schraubverschlusskappen aus PP, PBT und PTFE-Dichtung (ggf. Einlage aus Aluminiumfolie verwenden)	alle anorganischen Parameter alle organischen und Summenparameter Bei Verdacht auf Halogenkohlenwasserstoffe keine Aluminiumfolie verwenden (Reduktion)!
5	Headspace-Gläschen: gasdicht verschließbar mit Septum und Aluminiumkappe	alle leichtflüchtigen Parameter

Bohrpunkte sind durch Einmessen nach Lage und Höhe reproduzierbar zu dokumentieren. Als Bezugspunkte können Vermessungspunkte (Grenzsteine, Höhenfestpunkte) oder bleibende Geländemarken, wie z. B. dauerhafter Gebäudebestand, herangezogen werden. Die Höhe sollte möglichst in Meter über NN angegeben werden, im begründeten Einzelfall kann auch eine relative Bezugnahme auf einen definierten und langfristig wiederfindbaren Punkt im Untersuchungsgebiet für die Fragestellung ausreichend sein.

Bei der Gewinnung von Feststoffproben aus Altablagerungen sind besondere Randbedingungen zu beachten: Unter dem Begriff „Abfall“ sind hier in der Regel Stoffgemische mit einer weiten Bandbreite hinsichtlich Materialkonsistenz, Zustandsformen (pastös bis fest) und Größenklassen (Körnung) subsummiert. Die Abfälle können diesbezüglich große Heterogenitäten aufweisen (z. B. Siedlungsabfälle) oder nur gering differieren (z. B. Produktionsrückstände).

Während für Halden in der Regel die Probennahme in Anlehnung an die in diesem Kapitel getroffenen Aussagen für Böden durchgeführt werden kann, muss für sehr heterogene Stoffgemische aus Altdeponien eine in Teilen abweichende Vorgehensweise bei den Bodenaufschlüssen (großkalibrige Trockenbohrverfahren) bzw. Schürfen und bei der Probenentnahme (Materialmenge, Fraktionierung usw.) zu Grunde gelegt werden. Diesbezügliche Hinweise sind der einschlägigen Fachliteratur zu entnehmen (z. B. Conrad et al. 1995).

5.4.2 Bodenluft und Deponiegas

Bodenluft/Deponiegasproben werden bei gasdurchlässigem Untergrund aus dem wasserungesättigten Bereich mit jeweils mindestens 1 m Abstand zur Geländeoberkante/Unterkante der Abdeckung bei Altablagerungen sowie ggf. auch oberhalb der Grundwasseroberfläche entnommen. Ziel der Untersuchung sind Aussagen über die Zusammensetzung der Gasphase im Porenraum des Bodens.

Die Probennahme von Bodenluft/Deponiegas kann aus temporären Entnahmestellen (Bohrloch, Sonden) oder permanenten Pegeln erfolgen.

Nur bei bekanntem Untergrundaufbau kann die Probennahme ohne Vorsondierung erfolgen.

Von entscheidender Bedeutung für die Reproduzierbarkeit und Interpretation der Ergebnisse aus Bodenluft/Deponiegas-Messungen ist der Einfluss klimatischer Faktoren (Witterung, Jahreszeit) und bodenphysikalischer Kenngrößen (insbesondere

des Wassergehaltes, aber auch von Lagerungsdichte, Porenform, Porengrößenverteilung und -kontinuität) auf die Zusammensetzung der Gasphase im Porenraum. Diese Parameter sind bei der Probennahme möglichst umfassend zu protokollieren, da Messdaten nur dann unmittelbar vergleichbar sind, wenn sie unter gleichen Probennahme- und Umgebungsbedingungen gewonnen wurden.

Daher haben die Ergebnisse aus Bodenluft-/Deponiegas-Messungen in erster Linie orientierenden Charakter. Ihr Vorteil liegt in der raschen und kosteneffizienten Erfassung von Belastungssituationen im Untergrund. Eine relative Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist unter ähnlichen Rahmenbedingungen bei gleicher Probennahmetechnik (z. B. identische Bohrlochdurchmesser) gegeben. Damit können sie zur Abgrenzung höher kontaminierter Bereiche von niedriger kontaminierten Bereichen dienen. Der repräsentative Einzugsbereich der Messungen kann über das Entnahmevolumen (im Rahmen der technischen Möglichkeiten) variabel gesteuert werden.

In dichten Böden bzw. verdichteten Deponiebereichen mit geringer Luftpermeabilität bzw. im Festgestein sind Bodenluft-/Deponiegasmessungen kaum aussagekräftig und sollten nur im begründeten Einzelfall durchgeführt werden.

Bei der Bodenluft-/Deponiegas-Probennahme sind folgende Besonderheiten zu beachten:

- Während Kleinmengenentnahmen mit Einwegspritzen nach genügend langer Einstellzeit durch diffusionsbedingten Konzentrationsausgleich zwischen Atmosphärenluft und Bodenluft ohne Abdichtungen im offenen Bohrloch durchgeführt werden können, ist bei der Entnahme größerer Luftmengen mittels Bodenluftsonden der Zutritt von Atmosphärenluft in die Aufschlussbohrung zuverlässig zu unterbinden.
- Vor der eigentlichen Probennahme ist eingedrungene Außenluft aus der Messstelle durch mehrfaches Absaugen des Bohrlochinhalt als „Spülvolumen“ zu entfernen.
- Es ist zu berücksichtigen, dass bei zunehmender Abweichung des Sonden-durchmessers vom Bohrlochdurchmesser die Abdichtung gegen die Außenluft technisch aufwendigere Maßnahmen erfordert: Während sich in der Praxis bei kleinen Bohrdurchmessern plastisches Tonmaterial bewährt hat, ist bei größeren Aufschlussdurchmessern unter Umständen der Einsatz pneumatischer Schlauchdichtungen (Packer) angezeigt. Die Dichtheit stationärer oder auch temporärer Messstellen gegen die Außenluft kann durch begleitende Messungen beim Absaugen (z. B. mittels CO₂-Monitor) überwacht werden.
- Bei der Auswahl der Probennahmepunkte für Bodenluft sollte der unmittelbare Umgebungsbereich bereits vorhandener anderer Bohrsondierungen (z. B. der Bodenprobennahme) vermieden werden, da hier künstlich Wegsamkeiten für das Eindringen von Atmosphärenluft im Untergrund geschaffen wurden.
- Bei allen Entnahmeverfahren sollten jeweils auch Blindproben der identischen Probenvorbehandlung, Transport und ggf. Lagerung unterzogen werden.

Bei der Gewinnung von Bodenluft/Deponiegas-Proben ist generell zwischen Direktverfahren und Anreicherungsverfahren zu unterscheiden:

Direktverfahren

Bei den Probenabfüllverfahren werden Probenvolumina aus der Absaugung oder aus Kleinmengenentnahme mit Spritze aus dem offenen Bohrloch (3-10 ml, z. B. Methode nach Neumayr) als Aliquot in gasdichte Behälter für den Transport der Proben überführt.

Besonders bei Kleinmengenentnahmen können die Randbedingungen der Probenahme (z. B. Wassersättigung der Bodenluft) auf Grund des geringen Probenvolumens zu erheblichen Störungen bzw. Verfälschungen der Messergebnisse führen. In der Praxis der Altlastenbearbeitung tritt dieses Verfahren daher zunehmend in den Hintergrund und die Direktprobennahme kann z. B. durch

- Abfüllen in Gasmäuse,
- Glasgefäße,
- Edelstahlbehälter oder
- Abfüllen in Headspace-Gläschen bzw. abschmelzbare Glasröhrchen erfolgen.

Eine weitere methodische Möglichkeit unter den Direktverfahren stellt die unmittelbare analytische Bestimmung der Untersuchungsparameter mit tragbaren Messgeräten Vor-Ort (z. B. IR-Spektrometer, PID, TID) oder mobiler gaschromatographischer Messtechnik (GC/ECD, GC/FID, GC/WLD) mittels Probenschleifen dar.

Anreicherungsverfahren

In Abhängigkeit von dem gewählten Anreicherungsverfahren und der geforderten Bestimmungsgrenze werden zwischen 1 und 20 Liter Bodenluft bereits in der Bodensonde oder in der Probennahmeanordnung nach Passieren eines Wasserabscheiders (z. B. Trockenturm) mittels einer strömungskonstanten Pumpe über eine Adsorbereinheit geleitet. In der Praxis finden hierfür z. B. Aktivkohle- oder Adsorberharzröhrchen Verwendung.

Einen Sonderfall bei der Untersuchung von Altlasten/altlastverdächtigen Flächen stellt die Anreicherung in vorgelegten Lösemitteln in Impinger- oder Gaswaschflaschen dar. Durch hohe Durchsatzvolumina können mit dieser Methode besonders niedrige Nachweisgrenzen erzielt werden. Außerdem ist in vielen Fällen die Bestimmung mehrerer Parameter aus dem vorgelegten Lösemittel möglich.

Der Vorteil der Anreicherungsverfahren gegenüber den Direktverfahren liegt generell in der Möglichkeit, niedrige Bestimmungsgrenzen für die Untersuchungsparameter durch große Probenvolumina zu erzielen.

Da die stoffspezifische Beladepkapazität von Adsorber-Röhrchen vom gewählten Adsorbens und dessen Menge sowie der Beschaffenheit der Bodenluft abhängt, ist bei der Anwendung dieser Probennahmetechnik der Probennahmeplanung besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Einen Sonderfall unter den Anreicherungsverfahren stellen stoffspezifische, direkt anzeigende **Prüfröhrchen** dar, die analog zu den Adsorberröhrchen mit definierten Mengen an Bodenluft beschickt werden. Der Messwert ist in der Regel durch eine Farbreaktion direkt ablesbar bzw. errechenbar. Auf Grund der semiquantitativen Aussagen dieser Testmethoden sind sie nur für orientierende Messungen einsetzbar. Bei positivem Vor-Ort-Befund sind daher stets auch Proben für quantitative Laboranalysen zu entnehmen.

5.4.3 Grund-, Sicker- und Oberflächenwasser

Ein wichtiger Faktor für die repräsentative Probennahme aus **Grundwasserleitern** ist bereits die bauliche Gestaltung permanenter Grundwassermessstellen. Zu den eingesetzten Bohrverfahren und –durchmessern, Ausbaumaterialien und Ausbauvarianten im Hinblick auf Filterstrecke, Vollrohrstrecke, Ringraumverfüllung und Messstellenabschluss, Klarpumpen usw. sind daher die entsprechenden Ausführungen (DVGW 1988) zu beachten.

Nähere Beschreibungen für die Entnahme von Grundwasserproben einschließlich der zu beachtenden Rahmenbedingungen sind im DVGW-Merkblatt W 112 (DVGW 2001) enthalten.

Bei der Beprobung von Grundwässern ist hinsichtlich der Probennahmetechnik zwischen zwei Verfahren zu unterscheiden: der Probennahme durch Schöpfen und der Probennahme durch Pumpen.

Probennahme durch Schöpfen

Der Vorteil der Entnahme von Schöpfproben beruht darauf, dass Proben aus beliebigen Tiefenstufen selbst bei geringem Ausbaudurchmesser der Grundwassermessstellen und unabhängig von den Grundwasser-Flurabständen entnommen werden können.

Allerdings ist bei der Untersuchungsplanung zu berücksichtigen, dass mit dieser Probennahmemethode Wasserproben mit eventuell deutlich veränderten Eigenschaften gewonnen werden, da kein Wasser aus dem Grundwasserleiter, sondern aus dem Messstelleninhalt mit z. T. langem Kontakt zur Atmosphärenluft gefördert wird. Deshalb ist eine genaue Prüfung, ob und inwieweit für die relevanten Untersuchungsparameter damit eine Verfälschung der Ergebnisse verbunden sein kann, unverzichtbar.

Von daher sollten Schöpfproben nur die Ausnahme in begründeten Einzelfällen darstellen (z. B. aufschwimmende Phase, ungenügender Nachfluss).

Probennahme durch Pumpen

Durch den Einsatz von Unterwasserpumpen für die Beprobung von **Grundwasser** ist die Förderung eines kontinuierlichen Volumenstromes aus dem Grundwasserleiter möglich. Die mit Pumpen gewonnenen Proben stellen dabei keine tiefenspezifischen, sondern immer Mischproben dar. Die Volumenanteile der gewonnenen Proben werden durch die Durchlässigkeitsbeiwerte der im verfilterten Bereich aufgeschlossenen Schichten des Grundwasserleiters bestimmt (zuflussgewichtete Mischproben).

Schichtspezifische Proben können zuverlässig nur aus entsprechend ausgebauten Mehrfach-Messstellen ohne durchgehende Verfilterung gewonnen werden (Multi-Level-Messstellen). Näherungsweise ist auch die gleichzeitige Probennahme in verschiedenen Tiefenstufen mit am Durchlässigkeitsbeiwert orientierten Förderraten unter Einsatz von temporären Dichtungen (Packer) in der Messstelle möglich.

Für die Probennahme sind generell Tauchpumpen vorzusehen, da diese eine gute Förderleistung aufweisen und nur geringe Ausgasungen aus dem Wasser verursachen.

Vor der Entnahme von Grundwasserproben ist sicherzustellen, dass das geförderte Wasser aus dem Grundwasserleiter und nicht aus dem Messstelleninhalt stammt. Hierzu muss ein Pumpenvorlauf bis zur Einstellung konstanter Vor-Ort-Messwerte für Leitparameter der Grundwasserbeschaffenheit eingehalten werden. Als Kontrollparameter eignen sich dabei der pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit, der Sauerstoff-

gehalt oder auch die Wassertemperatur. Diese Parameter können durch den Einsatz einer Durchflussmesszelle simultan gemessen werden.

Um Schadstoffverschleppungen mit der Probennahmeausrüstung zu minimieren, ist nach Möglichkeit mit der Probennahme in den voraussichtlich geringer belasteten Messstellen zu beginnen. Die Probennahme aus mehreren Grundwassermessstellen ist nach Möglichkeit innerhalb eines Tages durchzuführen (Stichtagmessung).

Probengefäße sind vor der Befüllung mit dem geförderten Grundwasser auszuspülen, sofern nicht Chemikalien zur Stabilisierung vorgelegt wurden. Die Befüllung von Probennahmegefäßen soll nicht mit dem Förderschlauch, sondern aus einem kleineren, im Durchfluss regelbaren Abzweig vom Boden des Probennahmegefäßes aus erfolgen. Generell sollte die Probennahme aus einem möglichst großen Probenvolumen erfolgen. Beim Abfüllen ist der Volumenstrom so zu wählen, dass Blasenbildung vermieden wird. Die Gefäße sind durch kurzes Überlaufen (außer bei vorgelegten Stabilisatoren) randvoll zu befüllen. Durch entsprechende persönliche Schutzausrüstung (Schutzhandschuhe) ist der Kontakt mit dem Beprobungsmedium zu vermeiden.

Geförderte Wässer mit vermuteter oder nachgewiesener Schadstoffbelastung sind einer geregelten Entsorgung zuzuführen. Für die Probennahme sind Zwischenlager- bzw. Ableitmöglichkeiten vorab festzulegen (z. B. Wassertanks, mobile Aktivkohleinheiten, Kanalisation usw.).

Die Probennahme aus **Oberflächengewässern** erfolgt stets über Schöpfproben. Dabei sind die Probennahmegefäße direkt aus dem Schöpfplot bzw. durch Eintauchen der Probennahmebehälter in den Wasserstrom zu befüllen. Eine Schadstoffverschleppung in die Proben muss durch die Probennahmeplanung ausgeschlossen werden: Insbesondere ist die Befüllöffnung der Behälter bei Fließgewässern direkt gegen das anströmende Wasser zu richten. Durch geeignete persönliche Schutzmaßnahmen ist der Kontakt mit dem Beprobungsmedium beim Umfüllen und beim Eintauchen der Behälter zu vermeiden (Schutzhandschuhe).

Hinsichtlich Lagerung und Transport der Wasserproben gelten die am Anfang dieses Kapitels genannten allgemeinen Grundsätze einer verfälschungsfreien Probenbehandlung. Wasserproben sollten möglichst am Tag der Probennahme an das Analysenlabor überstellt werden!

5.4.4 Raumluft

Die Untersuchung von Raumluftproben sollte in Anlehnung an die VDI-Richtlinien 4300 erfolgen. Es ist stets eine für den Einzelfall angepasste Probennahmestrategie festzulegen, die Aussagen zur Art der Proben, den Probennahmeorten und -zeiten, Dauer der Messung und ggf. Anzahl der Wiederholungen beinhalten sollte.

Auch die Art eines Stoffes und die von ihm ausgehende Wirkung auf den Menschen ist bei der Festlegung der Randbedingungen der Messungen zu berücksichtigen:

- bei akut reizenden Verbindungen sollte die Maximalexposition bei kurzen Zeitspannen das Ziel der Messkampagne sein, während
- bei kanzerogenen Verbindungen oder Stoffen mit Langzeitwirkungen die über längere Zeiträume festzustellende mittlere Belastung festgestellt werden sollte.

Die Dauer der Probennahme wird außerdem durch die messtechnischen Anforderungen an die Nachweis- oder Bestimmungsgrenze beeinflusst.

In der Regel werden bei Innenraumluft-Messungen aktiv sammelnde Messverfahren eingesetzt, deren Konfiguration stoffspezifisch und inhaltlich an die Fragestellung des

Einzelfalles angepasst werden muss. Ist z. B. nur die Gasphase zu untersuchen, müssen Staubpartikel durch entsprechende Vorfilter abgeschieden werden.

Wichtige Basisparameter, die bei der Festlegung des Messzeitpunktes einbezogen werden müssen, sind Temperatur und relative Feuchte der Raumluft sowie aktuelle Luftwechselraten. Nach erfolgter Raumbelüftung ist z. B. bei kontinuierlichen Schadstoffquellen mit einer mehrstündigen Gleichgewichtseinstellung in der Innenraumluft zu rechnen, die bei Kurzzeit-Probennahmen berücksichtigt werden muss.

Ist der zu messende Innenraum mit einer raumluftechnischen Anlage ausgestattet, sind im Messprotokoll sowohl der Betriebszustand bei der Messung als auch der aktuelle Wartungszustand der Anlage zu vermerken und bei der Interpretation der Messergebnisse zu berücksichtigen.

Die am Besten geeignete Stelle für eine Raumlufmessung ist im Allgemeinen die Raummitte in einer Höhe von ca. 1 bis 1,5 m, d. h. im Bereich der menschlichen Atemhöhe, soweit nicht im Einzelfall andere Messvorgaben wie z. B. Messungen unmittelbar an der Schadstoffquelle existieren. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass Gase, die schwerer sind als Luft, sich zuerst in Bodennähe ansammeln werden (z. B. chlorierte Kohlenwasserstoffe).

Für die Interpretation der Messergebnisse kann es wichtig sein, parallel zu der Innenraumlufmessung die Außenluftkonzentration der untersuchten Schadstoffe zu ermitteln. Die Vergleichsmessungen sollten dazu in der Nachbarschaft des untersuchten Gebäudes in vergleichbarer Höhenlage durchgeführt werden, um vertikale Konzentrationsgradienten zu berücksichtigen. Begleitend sollten im Außenbereich auch Windrichtung und Windgeschwindigkeit zum Zeitpunkt der Messung festgestellt und protokolliert werden.

Für die Dokumentation der Innenraumlufmessung wird auf das Probennahmeprotokoll im Anhang der VDI 4300 Blatt 1 verwiesen. Die Folgeblätter dieser VDI-Richtlinie enthalten Vorgaben und Informationen für einzelne schadstoffspezifische Messstrategien.

5.4.5 Staub

Unter dem Begriff Staub sind feine Festpartikel in der Luft in Form von Aerosolen zu verstehen, die Teilchengrößen kleiner 0,2 mm aufweisen. Mit dem Staub können partikelgebundene, nichtflüchtige Schadstoffe freigesetzt werden, wenn eine kontaminierte Fläche keine Vegetation oder Versiegelung aufweist. Nach der Johannesburger Konvention wird lungengängiger Feinstaub mit einem aerodynamischen Partikeldurchmesser bis etwa 5 µm definiert (VDI 2265). Mit steigender Feinheit der Partikel nimmt die je Masseneinheit sorbierte Schadstoffmenge dabei deutlich zu.

In der Außenluft dispergierte Partikel

Die Probennahme von Stäuben in der Luft außerhalb geschlossener Räume sollte in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2463 Blatt 7 (Messen der Massenkonzentration-Immission, Filterverfahren) durch Anpassung an die Fragestellung des Einzelfalles durchgeführt werden.

Grundlage des Messverfahrens ist die Sammlung von in der Außenluft dispergierten Partikeln auf Filtern (z. B. Glasfaserfilter, Membranfilter, Kernporenfilter). Der erfassbare Partikelgrößenbereich ist dabei durch das eingesetzte Filtermaterial festgelegt. Das über das Filter geleitete Beprobungsvolumen wird mit einer Gasvolumenmess-einrichtung ermittelt.

Bei Beginn und am Ende der Probennahme ist die Außentemperatur und der Luftdruck am Probennahmeort zu dokumentieren, um eine spätere Umrechnung des beprobten Luftvolumens in das entsprechende Normgasvolumen zu ermöglichen.

Hausstaub

Im Einzelfall kann zur Ermittlung der Auswirkungen einer Altlast/altlastverdächtigen Fläche auf die angrenzende Bebauung die Ermittlung von Schadstoffkonzentrationen im Hausstaub angezeigt sein.

Die Sammlung des Hausstaubes kann in Anlehnung an VDI 2265 oder auch mit einem Staubsauger mit integriertem Mikrofilter erfolgen. Der gesammelte Staub sollte dabei ein Alter von ca. 7 bis 14 Tagen haben; älterer Staub ist bei der Probennahme nach Möglichkeit durch die Auswahl geeigneter Beprobungsflächen zu vermeiden. Die mit Probenmaterial beladenen Filter sind in dicht schließenden, mit hochreinem Lösemittel vorgereinigten Braunglas-Gefäßen zu transportieren und zu lagern. Als Blindproben sind unbeaufschlagte Staubfilter mitzuführen und zu analysieren.

5.4.6 Pflanzenmaterial

Für die Beprobung und Probenaufbereitung von Pflanzenmaterialien existieren kaum standardisierte und validierte Handlungsvorgaben.

Generell sind im Hinblick auf das Schutzgut menschliche Gesundheit im Nutzgarten bzw. für die Futtermittelproduktion bevorzugt diejenigen Pflanzenteile zu beproben, die letztlich auch für den menschlichen/tierischen Verzehr bestimmt sind. Um den Einfluss des Vegetationszeitpunktes auf die Untersuchungsergebnisse zu standardisieren (ältere Pflanzenteile können höhere Schadstoffbelastungen aufweisen als jüngere) sollten außerdem nach Möglichkeit nur erntereife Pflanzen(-teile) in die Untersuchungen einbezogen werden.

Die beprobte landwirtschaftliche oder gärtnerische Nutzfläche sollte nicht weniger als 1 m² betragen bzw. eine Ernte von mindestens 200 g Frischmasse der Untersuchungspflanzen (Orientierungswert) ermöglichen. Entscheidend für die jeweilige Beprobungsmenge sind jedoch im Einzelfall die vorgesehenen Probenaufbereitungs- und Analysenverfahren.

Die beprobten Nahrungspflanzen sind vor der Analyse küchenfertig aufzubereiten: Wurzel- und Knollengemüse sowie Obst sind zu waschen und danach fruchtspezifisch weiterzuverarbeiten (z. B. schälen oder entkernen).

5.5 Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Bei der Auswertung der Messdaten aus der orientierenden Untersuchung oder der Detailuntersuchung kommt sowohl der **Plausibilitätsprüfung** als auch der umfassenden und problemorientierten **Darstellung der Ergebnisse** ein hoher Stellenwert zu.

Die ausschließliche Darstellung von Prüfwertüberschreitungen und sonstigen Auffälligkeiten trägt der Aussagekraft des erhobenen Gesamtdatensatzes nicht in ausreichendem Maße Rechnung.

5.5.1 Plausibilitätsprüfung

Eine wichtige Maßnahme der Qualitätssicherung vor der Beurteilung der Untersuchungsergebnisse stellen die **Plausibilitätsprüfungen** dar. Im Rahmen dieser Prüfung unterzieht der Laborleiter und/oder der Gutachter vor der eigentlichen Verwen-

derung von Daten für die Beurteilung einer altlastverdächtigen Fläche/Altlast die ihm vorliegenden Untersuchungsergebnisse einer kritischen Sichtung hinsichtlich ihrer Qualität und elementaren Stimmigkeit. Auch für den Auftraggeber und für Behörden stellen diese Prüfungen eine Möglichkeit zur nachträglichen Kontrolle von Gutachten dar.

Grundsätzlich muss hierbei zwischen **Übertragungsfehlern** und **unplausiblen Werten**, deren Ursachen zunächst unbekannt sind, unterschieden werden.

Die **Suche** nach **unplausiblen Werten** sollte als erster Schritt der Auswertung der Datenanalyse erfolgen. Nicht plausible Werte sind in erster Näherung als „auffällige Werte“ zu bezeichnen, die mit Fehlern behaftet sein können. Sie müssen überprüft und gegebenenfalls nach erneuter Untersuchung berichtigt oder verworfen werden. Als auffällig kann sich ein Messwert sowohl beim Abgleich mit grundsätzlichen Zusammenhängen und spezifischen Erfahrungswerten als auch direkt als Ergebnis einer Datenanalyse erweisen.

Ein erfolgreicher Einsatz dieser Kontrollinstrumente setzt medien- und matrixgerechte Anwendung und entsprechende mehrjährige sachbezogene Erfahrungen voraus.

Ergeben sich für einzelne Parameter unplausible Ergebnisse, so sind dafür im Allgemeinen Untersuchungsfehler die Ursache. Abgesehen vom Probennahmefehler ist dabei in der Regel eine schematisierte Probenaufbereitung unter Vernachlässigung des Matrixeinflusses bedeutsam. Oft gilt für die **Fehlerwerte bei der Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen/Altlasten** die ungefähre Relation (Thompson u. Ramsay 1995):

- Probennahme = 25 %,
- Aufbereitung = 10 %,
- Messung = 5 %.

Als unabdingbare Voraussetzung für die Durchführung der Plausibilitätsprüfung bzw. für die weitergehende Interpretation der Messergebnisse müssen zu den Untersuchungsbefunden folgende **Basisinformationen** vorliegen:

- die Messmethode, parameter- und matrixbezogen (z. B. DIN-Norm, VDI-Richtlinie, sonstige Methoden mit aussagekräftiger Kurzbeschreibung),
- Maßeinheiten der Messergebnisse, SI-konform bzw. eindeutig,
- die Bestimmungsgrenze, methoden- bzw. matrixspezifisch,
- bei Mehrfachmessungen zusätzlich zum Mittelwert die Anzahl der Messwerte, Standardabweichung bzw. Variationskoeffizient und Vertrauensintervall.

Als **generellen Plausibilitätstest** für alle Medien und Matrices eignen sich folgende Aussagen:

- eine Untersuchungs-/Messmethode war geeignet, wenn Bestimmungsgrenze (BG) $\leq$ Bezugswert, möglichst $\leq 0,1 \times$ Bezugswert;
- ein als Messergebnis angegebener Wert muss $> BG$ sein.

Untersuchungsmedium Boden

Hinsichtlich der **Verteilung** organischer Stoffe zwischen der wässrigen und festen Bodenphase können folgende Zusammenhänge genutzt werden:

- Je geringer die Wasserlöslichkeit bzw. je höher der Octanol-Wasser-Verteilungskoeffizient der Verbindungen, umso stärker können sie im Boden an der organischen Substanz und/oder am Feinkorn adsorbiert sein. Die Anwesenheit von Lösungsvermittlern (u. a. Komplexbildner wie Humin- und Fulvosäuren bzw. von Kolloiden) kann zur Erhöhung der Mobilität führen.
- Schadstoffrückhaltung und -fraktionierung im Boden werden umso ausgeprägter sein, je größer der Gehalt an Feinanteil und organischer Substanz ist.
- Große Mobilität können Organika aufweisen, wenn sie infolge Anionenbildung durch Dissoziation hydrophiler werden.

Außerdem lassen sich verbundene Parameter bzw. **Proportionalitäten zwischen Summen- bzw. Stoffgruppen- und Einzelparametern** bei Plausibilitätsprüfungen nutzen.

Untersuchungsmedium Bodenluft

Die in der Bodenluft nachzuweisenden organischen Substanzen sind leichtflüchtig und meist bei Raumtemperatur flüssig mit Siedepunkt $< 180\text{ °C}$. Sie weisen eine relativ geringe Löslichkeit in Wasser auf (VDI-Richtlinie 3865, Bl. 2).

Bei Bodenluftuntersuchungen handelt es sich um relative Messungen, da ein nicht genau bestimmbarer, von der Entnahmemethode, der Bodenart und v. a. den äußeren Bedingungen abhängiger räumlicher Einzugsbereich um den Probennahmepunkt erfasst wird.

Der Zusammenhang zwischen Bodenluftkontamination und Bodengesamtkontamination hängt von den lokalen Bedingungen ab. Zwischen der gesättigten und der ungesättigten Bodenzone kommt aber nur selten ein vollständiger Konzentrationsausgleich zustande, so dass sich unmittelbar über dem belasteten Grundwasser ein „stauendes“ Konzentrationsgefälle ausbilden kann.

Insbesondere bei einem kleinräumigen Wechsel von bindigen und grob texturierten Böden kann es zu einer Veränderung der Bodenluftkonzentration für LHKW im Bereich von 1-2 Zehnerpotenzen auf engstem Raum kommen (Toussaint 1990).

Untersuchungsmedium Wasser

Für Plausibilitätsprüfungen bei Wasseruntersuchungen gibt es zahlreiche Möglichkeiten, z. B. mit graphischen Darstellungen von parameterspezifischen Messbereichen, die in die Vertrauensklassen „fragwürdig“, „auffällig“ und „vertrauenswürdig“ unterteilt sind.

Plausibilitätsprüfungen von Grundwasseranalysenergebnissen beziehen sich auf

- den Einzelwert,
- die gesamte Analyse,
- auf den räumlichen und
- auf den zeitlichen Aspekt.

Für Ergebnisse der Untersuchung von Oberflächenwasser gilt dies sinngemäß auch.

Die **Plausibilität** des **Einzelwertes** wird geprüft durch

- Vergleich zwischen Analysenergebnis und Löslichkeit,
- Vergleich zwischen Analysenergebnis und Erfahrungswerten mit der Analyse-methode sowie
- Vergleich zwischen Analysenergebnis und Extremwerten.

Die Plausibilitätsprüfung der Gesamtheit der Ergebnisse einer Analyse bezieht sich auf

- die Ionenbilanz,
- den pH-Wert,
- die elektrische Leitfähigkeit und auf
- verbundene Parameter bzw. Ionenpaare.

Die Ionenbilanz hat die 99%ige Erfassung aller Ionen zur Voraussetzung. Der Plausibilitätsprüfung von pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit liegen Berechnungen der theoretischen Werte und Vergleiche der theoretischen mit den gemessenen Werten zu Grunde.

Eine Zusammenstellung von unplausiblen Konzentrationsbereichen beinhaltet Tabelle 19. Diese Zusammenhänge resultieren aus Erfahrungen, die nicht streng kausal und daher nicht uneingeschränkt gültig sind. Insbesondere im Spurenbereich sind sie nur bedingt nutzbar.

Tabelle 19: Parameterbezogene Konzentrationsbereiche, die sich erfahrungsgemäß ausschließen (DVWK 1992)

Sicheres Ergebnis	Ausschluss der Wertebereiche
O ₂ > 5 [mg/l]	Fe ⁺⁺ > 0,05 [mg/l] Mn ⁺⁺ > 0,05 [mg/l] NO ₂ ⁻ > 0,05 [mg/l] NH ₄ ⁺ > 0,1 [mg/l] H ₂ S > 0,01 [mg/l]
Fe ⁺⁺ > 0,2 [mg/l] > 0,1 [mg/l]	NO ₃ ⁻ > 2,0 [mg/l] H ₂ S > 0,1 [mg/l]
Mn ⁺⁺ > 0,2 [mg/l]	NO ₃ ⁻ > 2,0 [mg/l] H ₂ S > 0,1 [mg/l]
H ₂ S > 0,1 [mg/l] 8,0 > pH > 5,5	NO ₃ ⁻ > 1,0 [mg/l] Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ .. > 1 [mmol/l]

Weitere Möglichkeiten der Plausibilitätsprüfung bei Schadstoffen sind z. B.:

- Gelöster Anteil ≤ Feststoffgehalt
- Gesamtkohlenstoff (TC) = gesamter anorganischer Kohlenstoff (TIC) + gesamter organischer Kohlenstoff (TOC),
- TOC ≥ gelöster organischer Kohlenstoff (DOC),
- Korrelation von elektrischer Leitfähigkeit und Salzgehalt,
- Korrelation von pH-Wert mit Schwermetallgehalt.

Bei der Plausibilitätsprüfung müssen Strömungs-, Verteilungs- und Umsetzungsprozesse beachtet werden (Lampe et al. 1995).

Im Wasser unterliegen einige Stoffe, in Abhängigkeit vom pH-Wert und/oder vom Redoxpotenzial Zustands- und Verhaltensänderungen.

Solchen Plausibilitätsprüfungen ähnelt die kritische Prüfung, ob ggf. **systematische Analysefehler** infolge der gewählten Methodik für Probenaufbereitung und/oder Parameterbestimmung bei Störungen durch die Matrix vorliegen, z. B. bei

- Phenolindex infolge Anwesenheit von Aminen sowie natürlichen Polyphenolen und
- AOX infolge Anwesenheit von Chlorid.

Als **räumliche Plausibilität** gilt die Stimmigkeit von Analysenergebnissen zu Grundwasserregion bzw. Grundwassertyp. Bei einer diesbezüglichen Prüfung muss sichergestellt sein, dass die miteinander verglichenen Analysen aus demselben Grundwasserleiter und aus entsprechenden Tiefen stammen.

Die Grundwasserbeschaffenheit ist vielfach Änderungen unterworfen. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Intensität der **zeitlichen Variation** der Wasserinhaltsstoffe ab.

Oberflächenwasser, oberflächennahes Grundwasser oder uferfiltratbeeinflusstes Grundwasser kann signifikante Änderungen innerhalb weniger Stunden oder Tage

aufweisen. Die Messfrequenz mit äquidistanten Stützstellen muss der Zeitfunktion der Variation entsprechen, wenn es nicht zur krassen Fehlbeurteilung der Daten kommen soll.

5.5.2 Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Bei umfangreichen Datensätzen muss das Ziel einer qualifizierten Darstellung der Untersuchungsergebnisse sein:

- mit geeigneten Parametern Zusammenfassungen der durchgeführten Messungen zu vermitteln, die Aussagen zur Stichprobe (z. B. Mittelwerte, Mediane, Standardabweichung, Interquartilabstände usw.) zu erlauben,
- quantitative Abschätzungen zum Gesamtfehler der Untersuchungen (Probenahmefehler, Messfehler) zu ermöglichen (z. B. statistische Verfahren),
- vorhandene, meist komplexe Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Variablen zu verdeutlichen (z. B. multivariate statistische Verfahren).

Die Auswahl von geeigneten Methoden für die **Datenauswertung** kann nicht standardisiert werden, sondern muss immer aus den Anforderungen des Einzelfalles abgeleitet werden. Generell verfolgt eine Datenanalyse jedoch folgendes Ziel:

- Feststellung unplausibler Messwerte (z. B. mittels deskriptiver Statistik, Histogrammen oder Box-Plots), die entweder auf Verfahrensfehler zurückzuführen sein können oder korrekt ermittelte wichtige Extremwerte im Untersuchungsgebiet darstellen. Die ermittelten Werte bedürfen einer gesonderten Diskussion,
- Darstellung von Mustern und Strukturen in den Messdaten.
- Interpretation der festgestellten Muster und Strukturen (z. B. durch Hypothesenprüfung),
- Vermittlung von Zusatzinformationen durch zeichnerische Darstellungen.

Als Verfahren der Datenanalyse sind für die genannten Operationen neben korrelativen Methoden (z. B. zur Auffindung von Zeitreihen oder Abhängigkeiten zwischen Variablen) auch Hypothesentests zum Testen von Verteilungsparametern von Stichproben anwendbar. Außer numerischen Methoden (Vorteil: exakte Aussagen) können bei der Datenanalyse auch graphische Methoden (Vorteil: Anschaulichkeit bei komplexen Sachverhalten) zum Einsatz kommen.

Die spezifischen Einsatzmöglichkeiten und Randbedingungen der jeweiligen für die Datenanalyse einsetzbaren Verfahren sind der einschlägigen Fachliteratur zu entnehmen.

Die **Dokumentation** sämtlicher Rohdaten im Gutachten und in digitalisierter Form auf einem gebräuchlichen Datenträgermedium ist für die Verständlichkeit und Überprüfbarkeit der aus den Daten abgeleiteten gutachterlichen Aussagen unverzichtbar. Abgeleitete Variablen und Berechnungsergebnisse sind als solche deutlich zu kennzeichnen und in geeigneter Weise separat darzustellen. Neben der zweifelsfreien Zuordenbarkeit der Messdaten zu den Aufzeichnungen der Probennahme anhand eindeutiger Probenbezeichnungen sind insbesondere auch Hinweise zu Besonderheiten bei der Probennahme oder Messung (z. B. aufgetretene Unsicherheiten über Repräsentanz der Probennahme, eventuelle Messprobleme usw.) mit den Rohdaten nachvollziehbar zu verknüpfen. Generell muss es für Dritte möglich sein, alle Aus-

werteschritte nachzuvollziehen, ergänzende Betrachtungen und Berechnungen durchzuführen bzw. Messwerte durch Nachbeprobung oder Wiederholungsanalyse zu verifizieren.

Bei der graphischen Darstellung von Untersuchungsergebnissen ist darauf zu achten, dass Lagepläne, Profilschnitte, Bohrprofile usw. mit einer eindeutigen und einheitlichen Legende versehen sind. Insbesondere ist bei Übersichtsplänen auf die Benennung des Maßstabes (ggf. Längenskalierung) und der geographischen Nordrichtung zu achten. Zum Verständnis der dargestellten Sachverhalte tragen außerdem in der Regel inhaltliche Angaben zu Verkehrswegen, Gebäuden und Gewässern, zur Abgrenzung des Untersuchungsgebietes oder die Angabe lokaler Plankordinaten (Hochwert, Rechtswert) bei. Die Ergebnisdarstellung muss für gleiche Parameter oder Sachverhalte stets einheitliche Symbole, Farben oder Raster verwenden.

Bei komplexen Sachverhalten können graphische Darstellungen zur übersichtlichen Ergebnispräsentation beitragen. Für die Vermittlung komplexer und/oder zeitveränderlicher Sachverhalte geeignete zeichnerische Elemente sind hierbei insbesondere Farb- oder Symboldarstellungen und überlagerbare Folien bzw. Darstellungen mittels geographischer Informationssysteme mit aussagekräftiger Farbgebung oder Rasterungen.

In Karten oder Plänen darstellbar sind insbesondere Aussagen

- zur **Standortsituation** im Hinblick auf den topologischen, geologisch-bodenkundlichen, hydrologisch-hydrogeologischen Stand der Erkenntnisse,
- zur **historischen Entwicklung** des Standortes im Hinblick auf Eigentumsverhältnisse, Flächennutzungen, Kriegs- und sonstige Schadensereignisse,
- zur **Untersuchungsstrategie**, d. h. zur räumlichen Lage und Ausbildung von Messstellen, Sondierbohrungen, Schürfen, Oberflächenmischproben sowie sonstiger Probennahmepunkte (z. B. von Staub, Pflanzenmaterial) usw.,
- über die **chemische und physikalische Beschaffenheit** des Untergrundes, z. B. im Hinblick auf hydraulische Leitfähigkeiten, Ionenbilanzen, seismische Parameter u. ä. Daten,
- zu festgestellten **Verunreinigungen** im Untersuchungsgebiet an einzelnen Messpunkten, in Teilflächen oder -volumina, ggf. auch unter chronologischen Gesichtspunkten (Gradienten, vor/während/nach Sanierungsmaßnahmen).

Geeignete graphische Darstellungsmöglichkeiten zu den genannten Themenbereichen sind in Tabelle 20 im Überblick dargestellt.

Tabelle 20: Bevorzugte Einsatzgebiete graphischer Darstellungsmöglichkeiten in der Altlastenerkundung und -untersuchung

	Situation	historische Entwicklung	Untersuchungsstrategie	chem./phys. Beschaffenheit	Verunreinigungen
Thematische Karten	•	•	•		•
Bohrprofile-/ Brunnenprofile	•				•
Standard-Chart-Darstellungen		•	•		•
Geolog./hydrolog. Spezialdiagramme	•			•	
Interpolative Darstellungen				•	•

5.6 Interpretation der Untersuchungsergebnisse und Gefährdungsabschätzung

Die Aufgabe der fachlichen Beurteilung durch den Gutachter ist - nach vorangegangener Plausibilitätsprüfung der erhobenen Daten und Messwerte - die Abschätzung der im einzelnen Falle eingetretenen Einwirkungen auf Schutzgüter und der bestehenden bzw. zukünftig zu erwartenden Risiken sowie eine Aufklärung der Ursachen. Folgende Schritte sind dabei wesentliche Bestandteile:

- Darstellung der im Einzelfall relevanten Wirkungspfade, d. h. der Pfade auf denen die Schadstoffe zu den Schutzgütern gelangen,
- Beschreibung der Selektivität, Genauigkeit und Richtigkeit der Messverfahren und Verbindlichkeit der Messergebnisse,
- Ermittlung der Tatsache, ob die Schadstoffgehalte in den beurteilungsrelevanten Umweltmedien der Altlast/altlastverdächtigen Fläche(n) signifikant höher als in der unbeeinflussten Umgebung sind,
- Darstellung der horizontalen und vertikalen Ausdehnung der Verunreinigungen (Aus der horizontalen und vertikalen Schadstoffverteilung können Rückschlüsse auf Transport- und Verlagerungsprozesse gezogen und Aussagen zum flächigen Ausmaß an Kontaktstellen mit betroffenen Schutzgütern getroffen werden.),
- Darlegung des Ausmaßes der Verunreinigung (In Ergänzung des reinen Prüfwertabgleiches der Messergebnisse müssen Aussagen zum Anteil der mobilen und der mobilisierbaren, d. h. verlagerbaren oder pflanzenverfügbaren Schadstofffraktionen unter den gegebenen Standortbedingungen [Substrat, Porensysteme, organische Substanz, pH-Wert, Redoxpotenzial usw.] getroffen werden.),

- Ermittlung der Exposition von Schutzgütern (Für die im Untersuchungsgebiet auffälligen Schadstoffe ist für die relevanten Wirkungspfade eine stoffspezifische Prognose im Hinblick auf die Wahrscheinlichkeit und das erwartete Ausmaß einer Exposition durchzuführen. Als wichtige Wirkungspfade sind nach BBodSchV insbesondere zu untersuchen:
- Wirkungspfad Boden - [Staub/Luft] – Mensch,
- Wirkungspfad Boden - [Sickerwasser] - Grundwasser - [Mensch],
- Wirkungspfad Boden - [Sickerwasser) - Pflanze - [Mensch].

Die Beurteilung des Wirkungspfades Boden Grundwasser erfolgt immer nutzungsunabhängig.),

- Beschreibung der Einwirkungen und Wirkungen, die nach sachkundiger Prognose in überschaubarer Zukunft nach Art und Ausmaß zu besorgen sind,
- Aufzeigen der noch offenen Fragen,
- Vorschläge für ggf. notwendige weitergehende Untersuchungen zur Klärung des Sachverhaltes.

Bei der Beurteilung der Ergebnisse aus der orientierenden Untersuchung kommt naturgemäß der Beurteilung von Einzeldaten anhand von Hintergrund- und Prüfwerten zunächst noch ein höherer Stellenwert zu, da eine umfassende Situationseinschätzung für das Untersuchungsgebiet in der Regel auf Grund der groben Beprobungsraster und der auf die Kontaminationsschwerpunkte ausgerichteten Untersuchungsstrategie nur ansatzweise möglich ist.

Erst durch die Zusammenführung aller Erkenntnisse nach Abschluss der Detailuntersuchung (vgl. Kap. 5.5) ist eine umfassende Situationsbeurteilung zur Gefährdung von Schutzgütern in der geschilderten Art und Weise durchführbar.

Schematische Vorgehensweisen bei der Beurteilung sind nicht geeignet, denn außer der Plausibilität und der Höhe und Verteilung der gemessenen Schadstoffverteilungen sind auch mögliche Wechselwirkungen zwischen den Umweltmedien und Schadstoffen, die Expositionsmöglichkeiten und die daraus resultierenden Risiken für die Schutzgüter zu berücksichtigen. Das Ziel der Interpretation und Beurteilung von Untersuchungsergebnissen ist somit die Charakterisierung eines Risikos bezüglich einer Nutzung basierend auf einer transparenten Prognose des weiteren Geschehensablaufes. Die fachliche Beurteilung des Risikopotenzials erfordert eine räumliche Interpretation der Untersuchungsergebnisse, die auf Grund der Probennahme die Belastungssituation punktuell abbilden.

Dabei ist insbesondere zu berücksichtigen, dass

- die Schadstoffe auf Grund heterogener Bodeneigenschaften und eines differenzierten Kontaminationsgeschehens unregelmäßig verteilt sind,
- die räumliche Interpretation der Bodenuntersuchungen und damit auch die Beurteilung einer Fläche nur durch eine Interpolation der Schadstoffkonzentrationen einzelner Bodenproben auf das Gesamtareal ermöglicht wird.

Eine Ableitung von Handlungsmaßnahmen auf Basis der Untersuchungsergebnisse erfordert präzise Aussagen bezüglich des Ausmaßes von Prüfwertüberschreitungen und der räumlichen Verteilung der Beprobungspunkte, bei denen Prüfwertüber-

schreitungen nachgewiesen wurden. Die räumliche Verteilung der Beprobungspunkte mit Prüfwertüberschreitung kann zu einer Unterteilung der Gesamtfläche in Teilflächen dienen.

5.7 Arbeitsschutz

Unter dem Begriff Arbeitsschutz werden in diesem Kapitel wesentliche Grundlagen zum Schutz von Beschäftigten und Anwohnern durch Unfallverhütungsmaßnahmen und Maßnahmen zum Gesundheitsschutz aufgeführt. Für weitergehende Aussagen zu den behandelten Themenbereichen wird auf die angeführten einschlägigen Gesetze, Verordnungen und Richtlinien verwiesen.

Arbeitsschutzmaßnahmen können generell unterteilt werden in

- **organisatorische Schutzmaßnahmen**, wie z. B. Arbeitssicherheitspläne, arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, Betriebsanweisungen, Sicherheitsunterweisungen,
- **technische Schutzmaßnahmen**, wie z. B. Belüftungs-, Absaug- oder Spülvorrichtungen, Windschutzzäune, Filteranlagen für Maschinen und Geräte und
- **persönliche Schutzausrüstung**, z. B. Kopf-, Fuß-, Handschutz, Sicherheits- und Rettungsgeschirre, Einwegschutzbekleidung und Atemschutz.

Die rechtlichen Grundlagen für Arbeitsschutzmaßnahmen sind in Deutschland in einem dualen Arbeitsschutzsystem zum einen im staatlichen Arbeitsschutzrecht und zum anderen im Unfallverhütungsrecht festgeschrieben.

Arbeitsschutzrecht

Das **Arbeitsschutzgesetz** beinhaltet die gesetzlichen Grundpflichten von Unternehmen zur Gewährleistung von Arbeitssicherheit und Arbeitshygiene unter Berücksichtigung der EG-Arbeitsschutz-Rahmenrichtlinie und EG-Einzelrichtlinien. Es wird durch mitgeltende Vorschriften fachspezifisch ergänzt: Insbesondere sind in diesem Zusammenhang das Chemikaliengesetz, die Gefahrstoffverordnung mit den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) und Technischen Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe (TRgA), das Arbeitssicherheitsgesetz, die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (Baustellenverordnung - BaustellV) sowie die Arbeitsstättenverordnung, die durch Arbeitsstättenrichtlinien ausformuliert wird, zu nennen. Für die praktische Durchführung von Untersuchungsmaßnahmen auf altlastverdächtigen Flächen/Altlasten können die in Tabelle 21 exemplarisch angeführten Technischen Regeln Anwendung finden.

Unfallverhütungsrecht

Auf der Seite des Unfallverhütungsrechtes stellen das Unfallversicherungseinordnungsgesetz (UEVG) und das Sozialgesetzbuch VII (SGB), das die Grundlage der gesetzlichen Unfallversicherung darstellt, die rechtlichen Säulen der Arbeitsschutzbestimmungen dar. Insbesondere benennt das SGB VII die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (z. B. Berufsgenossenschaften, Gemeinde-Unfallversicherungsverbände usw.).

Von den Berufsgenossenschaften werden Unfallverhütungsvorschriften (UVV) erarbeitet, die für Unternehmer und für Versicherte der Mitgliedsbetriebe der Berufsgenossenschaften verbindlich sind. Ihre Einhaltung wird durch technische Aufsichtsbeamte der Berufsgenossenschaften überwacht. Eine Auswahl von Unfallverhü-

tungsvorschriften, die im Zusammenhang mit der Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen/Altlasten Anwendung finden können, ist in Tabelle 22 aufgeführt. Der Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften hat eine Neuordnung des BG-Vorschriften- und -Regelwerkes (BGVR) beschlossen, um es überschaubarer und transparenter zu gestalten. Im Rahmen dieses neuen Konzepts wurden das bisherige VBG-Verzeichnis und das ZH 1-Verzeichnis in ein neues gemeinsames Verzeichnis überführt, das seit April 1999 gilt. Für eine Übergangsphase von drei Jahren wird das neue Verzeichnis durch eine Transferliste ergänzt, die die alten Bezeichnungen neben die neuen stellt und so das Auffinden der Vorschriften und Regeln erleichtert.

Tabelle 21: Auswahl von Technischen Regeln für Gefahrstoffe/gefährliche Arbeitsstoffe (TRGS/TRgA) mit Bezug zur technischen Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen/Altlasten

TR-Nummer	• Titel
TRGS 100	Auslöseschwelle für gefährliche Stoffe
TRGS 101	Begriffsbestimmungen
TRGS 102	Technische Richtkonzentrationen TRK für gefährliche Stoffe
TRGS 150	Unmittelbarer Hautkontakt mit Gefahrstoffen
TRGS 402	Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen
TRGS 403	Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz
TRGS 519	Asbest - Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten
TRGS 524	Sanierung und Arbeiten in kontaminierten Bereichen
TRGS 555	Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV
TRGS 900	Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz - MAK- und TRK-Werte
TRGS 903	Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte - BAT-Werte

•

Tabelle 22: Auswahl von berufsgenossenschaftlichen Vorschriften, Regeln und Informationen mit Bezug zur technischen Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten

BGV-/BGR-/BGI-Nummer	bisherige Nummer	Titel
BGV A1	VBG 1	Allgemeine Vorschriften
BGV C 22	VBG 37	Bauarbeiten
BGV D 2	VBG 50	Arbeiten an Gasleitungen
BGV B 6	VBG 61	Gase
BGV B 7	VBG 62	Sauerstoff
BGV A 4	VBG 100	Arbeitsmedizinische Vorsorge
BGV-/BGR-/BGI-Nummer	bisherige Nummer	Titel

BGV A 5	VBG 109	Erste Hilfe
BGV B 3	VBG 121	Lärm
BGV A 6	VBG 122	Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit
BGV A 7	VBG 123	Betriebsärzte
BGV A 8	VBG 125	Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz
BGR 104	ZH 1/10	Richtlinie für die Vermeidung der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung - Explosionsschutz-Richtlinien
BGR 117	ZH 1/77	Richtlinien für Arbeiten in Behältern und engen Räumen
BGR 128	ZH 1/183	Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen
BGR 121	ZH 1/140	Sicherheitsregeln für Anlagen zur Luftreinhaltung am Arbeitsplatz
BGR 128	ZH 1/177	Sicherheitsregeln für Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen
BGR 127	ZH 1/178	Sicherheitsregeln für Deponien
BGR 133	ZH 1/201	Regeln für die Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern
BGR 159	ZH 1/461	Sicherheitsregeln für hochziehbare Personenaufnahmemittel
BGR 160	ZH 1/486	Sicherheitsregeln für Bauarbeiten unter Tage
BGR 161	ZH 1/492	Sicherheitsregeln für Arbeiten in Bohrungen
BGR 189	ZH 1/700	Regeln für den Einsatz von Schutzbekleidung
BGR 190	ZH 1/701	Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten
BGR 191	ZH 1/702	Regeln für den Einsatz von Fußschutz
BGR 192	ZH 1/703	Regeln für den Einsatz von Augen- und Gesichtsschutz
BGR 193	ZH 1/704	Regeln für den Einsatz von Industrieschutzhelmen
BGR 195	ZH 1/706	Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen
BGI 581	ZH 1/184	Merkblatt für Fahrerkabinen mit Anlagen zur Atemluftversorgung auf Erdbaumaschinen und Spezialmaschinen des Tiefbaus
BGI 617	ZH 1/307	Merkblatt für den Umgang mit Sauerstoff
BGI 693	ZH 1/606	Verzeichnis geprüfter Atemschutzgeräte

In Ergänzung zu den genannten arbeitsschutzrechtlichen Vorschriften für Unternehmer und Beschäftigte beinhaltet das **Bundes-Immissionsschutzgesetz** (BImSchG) und seine Verordnungen bzw. Verwaltungsvorschriften Schutzbestimmungen für Personen und Sachbereiche der **Nachbarschaft** (d. h. Personen, die sich regelmäßig im Einwirkungsbereich von Emittenten aufhalten) und der **Allgemeinheit** (d. h. allgemeines Publikum, Tiere, Pflanzenwelt, Sachen), die auch bei Untersuchungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen von altlastverdächtigen Flächen bzw. Altlasten Anwendung finden können (Lärm, Staubabwehungen usw.).

- Der Umgang mit militärischen Kampfmitteln wird durch das **Gesetz über die Kontrolle von Kriegswaffen** und in Teilaspekten im **Waffengesetz** geregelt.

Von Seiten der Unfallverhütungsvorschriften ist in diesem Zusammenhang auf die ZH 1/47.1 - „Richtlinien für das Zerlegen und Vernichten von Munition“ und ZH 1/48.2 - „Richtlinien für das Vernichten von Explosivstoffen“ hinzuweisen. Der Auftraggeber hat die Pflicht, den zuständigen Behörden einen Verdacht auf Kampfmittel im Untersuchungsgebiet unverzüglich zur Anzeige zu bringen. Dieses und weitere Verbote und Gebote zum Umgang mit Kampfmitteln (Kennzeichnung, Betretungsverbote, Zuständigkeiten usw.) sind in der „**Verordnung über die Abwehr von Gefahren durch Kampfmittel** (KampfMGAVO)“ des Thüringer Landesverwaltungsamtes (LVwA) festgelegt (ThürStAnz Nr. 42/1996).

- Die für die Kampfmittelsuche und für Entschärfung, Transport, Lagerung und Vernichtung von Kampfmitteln im Freistaat Thüringen zugelassenen Firmen werden durch das Thüringer Innenministerium (TIM) bekannt gegeben (ThürStAnz Nr. 13/1996 bzw. Nr. 46/1996).

Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan

Für Arbeiten in (potenziell) verunreinigten Umweltmedien muss der Schutz der im Rahmen der Arbeiten Beschäftigten und der Nachbarschaft bzw. Allgemeinheit durch geeignete Maßnahmen jederzeit sichergestellt sein. Das Ausmaß der arbeitsschutzrelevanten Anforderungen richtet sich dabei nach dem Umfang und der Gefährlichkeit der im Einzelfall vorliegenden bzw. vermuteten Verunreinigungen. Die zu ergreifenden Maßnahmen müssen daher auf der Basis der angeführten gesetzlichen Regelungen und technisch-organisatorischen Richtlinien jeweils objektspezifisch festgelegt werden.

Generell ist für die Einhaltung der Arbeitsschutzbestimmungen sowohl der Auftragnehmer, d. h. der die Untersuchung durchführende Fachbetrieb, aber auch der Auftraggeber als Bauherr oder von ihm beauftragte Fachplaner verantwortlich. Hierzu muss der **Auftraggeber** vor Beginn der Untersuchungsarbeiten insbesondere das arbeitsschutzrelevante Gefahrenpotenzial der Verdachtsfläche ermitteln und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr im Rahmen eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzplanes nach Baustellenverordnung und BGR 128 beschreiben (siehe Tabelle 19). Für Baustellen, auf denen mehrere Arbeitgeber tätig werden, sind ein oder mehrere geeignete Koordinatoren zu bestellen. Während der Planung der Ausführung des Bauvorhabens hat der Koordinator

- die in der BaustellV vorgesehenen Maßnahmen zu koordinieren,
- den Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan auszuarbeiten und
- eine Unterlage mit den erforderlichen Angaben zu Sicherheit und Gesundheitsschutz zusammenzustellen.

Während der Ausführung des Bauvorhabens hat der Koordinator

- die Anwendung des Arbeitsschutzgesetzes zu koordinieren,
- darauf zu achten, dass die Arbeitgeber und die Unternehmer ohne Beschäftigte ihre Pflichten nach dieser Verordnung erfüllen,
- den Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan bei erheblichen Änderungen in der Ausführung des Bauvorhabens anzupassen oder anpassen zu lassen,
- die Zusammenarbeit der Arbeitgeber zu organisieren und

- die Überwachung der ordnungsgemäßen Anwendung der Arbeitsverfahren durch die Arbeitgeber zu koordinieren.

Der Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan ist entweder bei einer Ausschreibung durch den Auftraggeber vorzulegen und durch den Auftragnehmer im Sinne eines zukünftigen Vertragsbestandteiles zu prüfen. Die Ausführungen sind dabei so umfassend und deutlich zu gestalten, dass sie die Erstellung vergleichbarer Angebote für den bedarfsgerechten Arbeitsschutz ermöglichen. Oder die Erstellung des Planes durch den Auftragnehmer ist als zukünftiger Vertragsbestandteil mit Gegenstand der Ausschreibung.

Oft liegen für entsprechende Ausarbeitungen für die orientierende Untersuchung nur wenige Informationen bzw. Vermutungen zum möglichen Schadstoffinventar vor, die im Hinblick auf die Untersuchungsmaßnahmen beurteilt werden können. Während bei Altstandorten auf der Basis der historischen Erkundung oftmals eine Eingrenzung des zu erwartenden Stoffspektrums möglich ist, können bei Altablagerungen mit heterogener Materialkonsistenz kaum diesbezügliche Einschränkungen vorgenommen werden. Daher ist insbesondere für die orientierende Untersuchung auf die Pflicht des Auftragnehmers zur Einleitung von „sofortigen und weiteren Maßnahmen“ beim Auftreten gesundheitsgefährdender Zwischenfälle hinzuweisen (ATV DIN 18301). Mit wachsendem Kenntnisstand zu den im Rahmen der geplanten Untersuchungen zu erwartenden Risiken ist auch der Sicherheitsplan zu konkretisieren. Insbesondere müssen detaillierte Aussagen zu folgenden Themenbereichen getroffen werden:

- Beurteilung vermuteter Schadstoffe (chemisch/physikalische Eigenschaften, Toxizität, Transfer und Exposition, Gefahrstoffklassifizierung, Grenzwerte),
- Schutzmaßnahmen mit Schutzzonen (Schwarz-, Grau-, Weißbereiche),
- erforderliche Schutzausrüstung,
- messtechnisches Überwachungsprogramm,
- arbeitsmedizinisches Begleitprogramm.

Hinweise zur Ausführung entsprechender Leistungsbeschreibungen können der VOB (Abschnitt 0) oder den Musterausschreibungstexten der Berufsgenossenschaften entnommen werden. Für die Ermittlung des Gefahrenpotenzials der vermuteten Schadstoffe können Stoffdatenblätter als Arbeitshilfe benutzt werden.

Im Zuge der Auftragsvergabe muss der Auftraggeber die Kompetenz des Anbieters zur Umsetzung der geforderten Arbeitsschutzmaßnahmen überprüfen und die Einhaltung während der Ausführung von Arbeiten kontrollieren. Er kann sich hierzu auch sachkundiger Fachplaner bedienen. Durch diese Pflichtenübertragung wird der Auftraggeber aber nicht grundsätzlich von seinen Pflichten entbunden, sondern allenfalls entlastet.

Der **Auftragnehmer** trägt die Pflicht zur Kontrolle der Einhaltung arbeitsschutzrechtlicher Bestimmungen bei der Durchführung von Maßnahmen auf Altlasten/altlastverdächtigen Flächen (nach BGB, § 618), die er gleich dem Bauherrn auch an Beauftragte oder Stellvertreter delegieren kann.

Insbesondere muss er die innerbetrieblichen Voraussetzungen für wirksamen Arbeitsschutz schaffen, die Bestimmungen des Sicherheitsplanes im Detail erfüllen und auch für die Eigenüberwachung Sorge tragen. Hierzu sind außer der entsprechenden Mitarbeiterqualifikation das Vorhalten geeigneter Gerätetechnik und persönlicher

Schutzausrüstung sowie die Festlegung von eindeutigen Aufgaben- und Verantwortungsbereichen wichtige Grundforderungen.

Der Auftragnehmer ist verpflichtet bei „Gefahr in Verzug“ im Rahmen der Arbeitsausführung unverzüglich die notwendigen Sicherungsmaßnahmen zu ergreifen. So sind z. B. generell beim Antreffen von Kampfmitteln die Arbeiten unverzüglich einzustellen, dem Auftraggeber diesbezüglich Mitteilung zu geben und die Polizei als Ordnungsbehörde zu verständigen.

Einen Überblick über die ggf. im Einzelfall für hochkontaminierte Bereiche angezeigten Arbeitsschutzmaßnahmen, die bei der technischen Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen/Altlasten zum Tragen kommen können, liefert die nachfolgende Tabelle 23. Der genannte Maßnahmenkatalog ist als Maximalforderung zu verstehen und kann bei der Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen/Altlasten objektspezifisch um Teilaspekte reduziert sein.

Zur fachtechnischen Umsetzung der angeführten Leistungspositionen kann keine allgemeinverbindliche Aussage getroffen werden. Vielmehr ist auf Grund der Komplexität und Einzelfallausrichtung der Maßnahmen auf die in diesem Kapitel angeführten einschlägigen Gesetze und Verordnungen zu verweisen.

Tabelle 23: Zentrale Inhalte eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzplanes

1.	Untersuchung und Dokumentation
	Beschreibung der durchgeführten Arbeiten, vorhandenes Schadstoffpotenzial
	Darstellung der Ergebnisse in Lageplänen und Profilschnitten, Gleichenplänen
	Konzentrationsverteilungen, Wirkungspfade
2.	Gefahrenermittlung
	Beschreibung der Bewertungsgrundlage
	Exposition betroffener Schutzgüter
	Gefahrenlage
	Schutz-, Beschränkungs-, Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen
3.	Festlegung der Sondier- bzw. Sanierungsverfahren
	Einzelfallspezifische Aussagen zur technischen Durchführung der geplanten Maßnahmen
4.	Arbeitsschutzrelevante Gefährdungsanalyse
	Toxizität und Mobilität des Schadstoffpotenzials
	Konzentrationen und Frachten
	Sensitivitätsanalyse der Emissionsquellen im Zusammenhang mit den erforderlichen Arbeitsprozessen
	Wirkungspfade, räumliche Einwirkungsbereiche
	Expositionsdauer und -intensität, organspezifisch zu erwartende Expositionen

5.	Organisation des Arbeits- und Emissionsschutzes (Arbeitssicherheitsplanung)
	Prüfung der Erfordernis für arbeitsmedizinische Vor-, Begleit- und Nachsorgeuntersuchungen
	Festlegung von Arbeitsbereichen und Gefahrenschutzzonen, Zuwegen
	Festlegung und sicherheitsrelevante Beschreibung von Arbeitsprozessen und Einzeltätigkeiten in kontaminierten Bereichen
	Festlegung der erforderlichen Schutzmaßnahmen bei Kontakt mit
	Außenluft/Raumluft
	Bodenluft/Deponiegas, Boden
	Grundwasser
	Bauteilen
	Lärm Festlegung von Personalkompetenzen und Verantwortungsbereichen Benennung des Arbeitsschutzkoordinators
6.	Arbeitsmedizinische Untersuchungen und Betreuung
	Einleiten der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen, Anlegen von Behandlungskarteien
	Benennung des Fachpersonals für arbeitsmedizinische Betreuung
	Übermittlung aller Kenntnisse zu Gefahrstoffen und tätigkeitsbezogener Expositionsmöglichkeiten an den Arbeitsmediziner
	ggf. Ausstattung des Arbeitspersonals mit Notfallausweisen
7.	Baustelleneinrichtung, Dekontamination
	ggf. Planung Schwarz-Weiß-Anlage einschließlich Wasch- und Sanitär- sowie Stiefel-/Geräte-Reinigungsanlagen
	Bereitstellung von Hautreinigungs- und -pflegemitteln
	Festlegung technischer Lüftungsmaßnahmen nach
	Druckversorgung (Gebläse)/Unterdruckversorgung (Ansog)
	Luftmenge und -qualität, Filtereinsätze, Filteranlagen
	Anforderungen an den Explosionsschutz
8.	Technische Schutzmaßnahmen
	Vorhalten einer Rettungsausrüstung
	Vorhalten und Betreiben geeigneter Melde- und Kommunikationseinrichtungen

Vorhalten von Brandbekämpfungsmitteln	
9.	Persönliche Schutzmaßnahmen
Persönliche Schutzausrüstung	
Rettungskoffer DIN 13169 mit Augenspülflasche	
Vorhalten von Erste-Hilfe-Material, Augendusche, Notdusche, Hautschutzpräparaten	
Ersthelfer in jeder Arbeitskolonne	
Atemschutz: Masken/Filter/Standzeiten/Anschlüsse/Tragezeiten/Wartung/Reinigung	
10.	Messtechnische Überwachung
Festlegung von Messgeräten, Bestimmungsgrenzen und Messverfahren	
Festlegung von Messintervallen, Art und Aufbewahrung der Dokumentation	
Festlegung des Personaleinsatzes	
Übermittlung von Messergebnissen	
11.	Betriebs- und notfallorientierte Festlegungen
Erstellung und Aushang von Betriebsanweisungen	
Erstellung und Aushang einer Notfallplanung	
Aushang von Anschriften zur akuten Behandlung oder Entgiftung	
Erstellung von Sicherheitsdatenblättern	
Ausbildung und Benennung von Ersthelfern	
Ernstfallübung	
12.	Unterweisung
Unterweisung der Beschäftigten über	
allgemeine Gefahrensituation	
Verhalten bei Brand- und Explosionsgefahr, Brandbekämpfung	
Schutz-, Erste-Hilfe- und Rettungsmaßnahmen	
Verhalten auf der Baustelle und beim Auftreten gefährdender Zwischenfälle	
Betrieb und Wartung persönlicher Schutzausrüstung	
ggf. technische Bedienung und Wartung von Atemschutzgeräten mit Übungen	
Informationspflichten bei besonderen Vorfällen	
gemeinsame Begehung gesundheitsgefährdender Kontaminationsbereiche	

5.8 Rahmengliederung für die Untersuchung von Altlasten/altlastverdächtigen Flächen

Die Gutachten zur orientierenden Untersuchung und Detailuntersuchung von altlastverdächtigen Flächen/Altlasten sollen hinsichtlich ihrer inhaltlichen Aussagen, formalen Strukturen sowie Art und Umfang von beigefügten Rohdaten und Teilergebnissen (Tabellen, Berechnungen, Karten, Bilder) einem einheitlichen Standard folgen. Zu diesem Zweck werden diese Anforderungen nachstehend in Form einer Rahmengliederung für eine umfassende orientierende bzw. Detailuntersuchung aufgeführt (Tabelle 24). Die inhaltlichen Schwerpunkte sind jeweils an die thematischen und standortspezifischen Anforderungen des Einzelfalls anzupassen. Das Gutachten ist

in vollem Umfang, d. h. incl. der digitalisiert vorliegenden Anhänge, auch auf Datenträger nach Absprache über die Kompatibilität des Speichermediums (z. B. Disketten 3,5 Zoll, CD-ROM, DVD) an den Auftraggeber zu übergeben.

Tabelle 24: Rahmengliederung für die Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen/Altlasten - orientierende Untersuchung und Detailuntersuchung

0	Inhaltsverzeichnis
	Gliederung des Gutachtens (mit Seitenzahlen)
	Verzeichnis der Anlagen, Abbildungen, Tabellen, Karten und Pläne, Datenerhebungsbögen, Datenträger
1	Zusammenfassung
1.1	Veranlassung und Untersuchungsziele
1.2	Lage und Größe der Fläche
1.3	Beschreibung der Fläche und des bisherigen Kenntnisstandes
1.4	Durchgeführte Arbeiten
1.5	Relevante Schadstoffe
1.6	Relevante verunreinigte Medien
1.7	Relevante vorhandene oder mögliche Ausbreitungspfade
1.8	Gefährdete Schutzgüter
1.9	Erforderliche Maßnahmen mit Kostenschätzung
2	Veranlassung und Aufgabenstellung
2.1	Auftraggeber, Auftragsdatum, Auftrag- und Nachauftragnehmer, Bezug/Rahmen
2.2	Aufgabenstellung
3	Standortbeschreibung
3.1	Allgemeine Standortangaben
3.2	Objektbeschreibung/Umfeldbeschreibung
3.3	Historische Entwicklung und Nutzung der Fläche
3.4	Gehandhabte Stoffe
3.5	Vorhandene Gutachten/Unterlagen
4	Durchgeführte Arbeiten
4.1	Beschreibung und Begründung des Untersuchungsprogrammes
4.2	Sondierungen, Bohrungen, Bau von Messstellen
4.3	Vor-Ort-Messungen
4.4	Hydrogeologische Untersuchungen
4.5	Probenentnahmen
4.6	Chemische Laboruntersuchungen
4.7	Geophysikalische Messungen
4.8	Geotechnische Untersuchungen
4.9	Sonstige Arbeiten
5	Regionale Situation
5.1	Klima

5.2	Geologie
5.3	Hydrologie, Hydrogeologie
6	Lokale Situation
6.1	Geologie
6.2	Hydrogeologie
6.3	Hydrologie
7	Ergebnisse durchgeführter Untersuchungen
7.1	Wasser
7.2	Boden
7.3	Luft
7.4	Sonstige Untersuchungen
8	Gefährdungsabschätzung
8.1	Eigenschaften der relevanten Schadstoffe
8.2	Mengen- und Volumenabschätzung
8.3	Ausbreitungspfade
8.4	Exposition von Schutzgütern
8.5	Zusammenfassende Risikobeurteilung und Begründung der angewandten Beurteilungskriterien
9	Vorschläge zum weiteren Vorgehen
Detailuntersuchung: Ableitung der möglichen Sanierungsziele	
10	Abschätzung des zeitlichen und finanziellen Rahmens der vorgeschlagenen Maßnahmen
11	Quellenangaben, Literaturverzeichnis
12	Anhang
12.1	Lagepläne, Karten, Profile, Luftbilder, Luftbildpläne
12.2	Fotodokumentation
12.3	Bohrungs-/Messstellenunterlagen
Schichtenverzeichnisse nach DIN	
Ausbaupläne	
Einmessungsprotokolle (Lage, Höhe)	
Pumpprotokolle (nach DVGW-Arbeitsblättern)	
12.4	Pumpversuchsauswertung
Pumpversuchsprotokolle	
Auswertungsprotokolle (rechnerisch, graphisch)	

12.5	Probennahme und Analytik/Untersuchung
	Probennahmeprotokolle (nach DVWK, DVGW oder ähnlich)
	Analysen-/Untersuchungsprotokolle (nach DIN, DEV)
	Beschreibung der Analysen-/Untersuchungsverfahren und Angabe der Messgenauigkeit
12.6	Behördliche Auflagen und Erlaubnisse
12.7	Berichte/Gutachten von Sonderfachleuten
12.8	Beschreibung der eingesetzten Berechnungsverfahren und deren Genauigkeit
12.9	Kopien der Zusammenfassungen bisher vorliegender Gutachten
12.10	Bericht einschließlich Anhang in datentechnisch erfasster Form

6 Besonderheiten von speziellen Altlastenfallgruppen

Auf Grund des Umgangs mit umweltgefährdenden Stoffen und/oder der spezifischen Flächennutzung weisen militärische Altlasten, Rüstungsaltslasten und Bergbaualtslasten (Uranerz, Kali, Braunkohle) Besonderheiten auf, die eine Betrachtung in speziellen Altlastenfallgruppen erforderlich machen. Für diese Gruppen werden im Folgenden die Besonderheiten zusammengestellt.

Allgemeingültige methodische Grundlagen, Regelungen und Verfahrensweisen für die Altlastenbearbeitung werden nur insoweit erläutert, wie dies für das allgemeine Verständnis oder für eine geschlossene Darstellung erforderlich ist.

6.1 Militärische Altlasten

Militärische Altlasten sind auf eine nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges erfolgte militärische Nutzung einer Fläche zurückzuführen. Es handelt sich somit um Standorte des Militärbetriebes, auf denen sich stillgelegte militärische Anlagen zur Erprobung und Anwendung von militärischen Ausrüstungsgütern oder zur Ausübung sonstiger militärischer Aktivitäten befinden (UBA 1995).

Als militärische altlastverdächtige Flächen wurden die ehemaligen NVA-Liegenschaften (Nationale Volksarmee) sowie die ehemaligen WGT-Liegenschaften (Westgruppe der sowjetischen bzw. russischen Truppen) erfasst.

Auf Grund ihrer **Nutzung** lassen sich militärische Liegenschaften bzw. Liegenschaftsteile in zwei Kategorien unterteilen:

Militärunspezifische Nutzung

- Garagen, Fahrzeugabstellplätze und -flächen, Instandsetzungs- und Wartungseinrichtungen,
- Treib- und Schmierstofflager einschließlich Verteilernetze und Betankungsanlagen,
- sonstige Lager (z. B. für Herbizide),
- Waschanlagen für Technik und Gerät,
- Heizwerke, Kohle- und Ascheplätze,
- Reststoffsammelplätze, Schrottplätze,
- Müllkippen, Deponien, Halden, Verfüllungen.

Unterschiede im Hinblick auf das Ausmaß der Belastungen im Vergleich zu zivilen Altstandorten sind hier wegen der hohen Belegungsdichte und dem teilweise sorglosen Umgang mit großen Mengen an umweltgefährdenden Stoffen (Handhabungsverluste) insbesondere auf WGT-Liegenschaften zu erwarten.

Militärspezifische Nutzung

- Fliegerhorste, einschließlich Raketen- und Luftabwehrstellungen,
- Truppenübungsplätze,
- Schieß- und Bombenabwurfplätze,

- Depots, Lager und Bunker für militärspezifische Substanzen und Geräte (z. B. Munition, Raketentreibstoffe, Entgiftungs- und Dekontaminationsmittel, Atem- und Körperschutzmittel).

Stoffinventar von militärischen Liegenschaften

Das Stoffinventar auf militärischen Liegenschaften ähnelt, insbesondere im Werkstatt- und Technikbereich, dem entsprechender ziviler Liegenschaften. Militärspezifische Schadstoffe sind fast ausschließlich auf den o. g. Plätzen der militärspezifischen Nutzung anzutreffen.

Es bleibt jedoch festzustellen, dass Mineralölkohlenwasserstoffe (Benzin, Kerosin, Diesel, Schmieröle und -fette) in ca. 70-75 % aller militärischen Altlasten allein bzw. im Gemisch mit anderen Kontaminanten im Boden, Grund- und/oder Oberflächenwasser auftreten und somit hinsichtlich der Umweltbelastungen die größte Relevanz besitzen.

- Weitere Schadstoffe resultieren aus dem Gebrauch folgender Stoffe und Produkte:
- Lösungs- und Entfettungsmittel,
- Farben und Lacke, Konservierungsmittel, wie z. B. Holzschutzmittel,
- Waschmittel und –zusätze,
- Säuren und Metallsalze aus Kfz-Batterien,
- Spezialflüssigkeiten, wie z. B. Hydraulik- und Transformatorenöle,
- Schrott und Metallabfälle,
- Herbizide,
- Abfälle aus Flüssigkeitsabscheidern.

Kontaminationen mit militärspezifischen Schadstoffen sind durch den Umgang mit folgenden Produkt- und Stoffgruppen zu erwarten (BmBau 1995):

- Explosivstoffe,
- Sprengstoffe und deren Abbauprodukte (Metabolite), Treibladungspulver, Initiatorsprengstoffe,
- Pyrotechnische Sätze (Brand-, Lösch- und Nebelmittel) und deren Rückstände,
- Raketentreibstoffe und deren Abbrandprodukte,
- Chemische Kampf- und Reizstoffe einschließlich deren Imitationen und Abbauprodukten/Rückstände,
- Entgiftungs- und Entaktivierungsmittel sowie deren Abbauprodukte.

Dieses charakteristische Schadstoffpotenzial deckt sich weitgehend mit der Schadstoffpalette aus Rüstungsaltlasten (siehe 6.2).

Bearbeitung von militärischen Altlasten

Die systematische Bearbeitung der militärischen Altlasten erfolgt in der Regel wie bei den zivilen Altlasten in den Arbeitsschritten Erfassung, historische, orientierende und

Detailuntersuchung sowie Sanierung (Sicherung und Dekontamination) bzw. Überwachung. Dabei sind folgende Besonderheiten zu nennen:

- **Historische Erkundung**

Militärische Liegenschaften stellen in der Regel keine Fläche mit einheitlicher Nutzung dar. Deshalb ist am Anfang der Untersuchungen zu ermitteln, welche Teilflächen der Liegenschaft welcher Nutzung unterlagen und welche Risiken daraus abgeleitet werden können.

Unterstützende Informationen für derartige Recherchen ergeben sich aus folgenden Arbeitshilfen:

- „Inventarisierung von Bodenkontaminationen auf Liegenschaften der Westgruppe der ehemals sowjetischen Truppen“ (UBA 1995),
- „Wegweiser für den Umgang mit Altlast-Verdachtsflächen auf freiwerdenden militärisch genutzten Liegenschaften“ (MURL NRW 1992),
- „Schadstoffinformation für die Anwendung der baufachlichen „Richtlinien für die Planung der Sicherung und Sanierung belasteter Böden des BmBau für Liegenschaften des Bundes“ (BMBau 1995).

Zur Erleichterung des Auffindens relevanter Archive wurden im Auftrag des Umweltbundesamtes Findmittelverzeichnisse für Bundesarchive und ausgewählte Landes- und sonstige Archive (UBA 1992, 1995) für die Bestandsaufnahme von Rüstungsaltslastverdachtsstandorten zusammengestellt. Die dort verzeichneten Archive sind z. T. auch für die Recherche militärischer Altlasten geeignet.

- **Orientierende und Detailuntersuchung**

Als grundsätzlicher Unterschied zu zivilen Altlasten ist zu beachten, dass sehr gefährliche Stoffe (z. B. Explosivstoffe, Reizstoffe) in Kombination mit herkömmlichen Schadstoffen vorliegen können und die räumliche Ausdehnung von Kontaminationen auf militärischen Liegenschaften oft größer ist. Die für militärische altlastverdächtige Flächen typischen Besonderheiten wie

- Vergrabungen von Munition, Spreng- und Kampfstoffen,
- Chemikalien aller Art (z. B. Lösungsmittel, Farben und Lacke, Herbizide) und
- unterirdische Einrichtungen (Tanklager, Stollen, Abwasserkanäle und Bunker) erfordern die Einhaltung umfangreicher Arbeitsschutz- und Sicherheitsmaßnahmen. Besteht der berechtigte Verdacht, dass auf Flächen, die weiter gehenden Untersuchungen unterzogen werden müssen, Munition bzw. Munitionsreste vorzufinden sind, ist vor Beginn von Feldarbeiten die Kampfmittelfreiheit im Bereich der Bohransatzpunkte zu gewährleisten. Dazu sind die im Freistaat Thüringen für die Kampfmittelsuche und für die Entschärfung, den Transport und die Vernichtung von Kampfmitteln zugelassenen Firmen nach ThürStAnz Nr. 13/1996 bzw. Nr. 46/1996 einzuschalten.

Daneben bestehen auf militärischen altlastverdächtige Flächen weitere Gefährdungsmomente durch (BmBau 1995):

- toxische militärspezifische Schadstoffe,
- Anwendung von Ausbildungs- und Betriebsmitteln (Vergiftungs-, Verätzungs- bzw. Brandgefahr),
- den schlechten baulichen Zustand von Anlagen (z. B. auffällige, durch Anspannungen instabil gewordene Gebäude, Keller, Bunker),
- nicht erkennbare bzw. ungenügend gesicherte Kanäle bzw. nicht verzeichnete Keller und Bunker.

Um auf militärischen Liegenschaften einen hohen Grad an Arbeitssicherheit zu erreichen, sind zahlreiche Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen (Rapsch und Tiedemann 1994 ITVA 1995).

6.2 Rüstungsaltlasten

Eine umfangreiche inhaltliche Begriffsabgrenzung wird in der Antwort der Bundesregierung vom 26.04.1990 auf die Große Anfrage „Gefährdung von Mensch und Umwelt durch kontaminierte Standorte der chemischen Rüstungsproduktion“ gegeben: So werden Altlasten, bei denen die Gefährdungen von Boden-, Wasser- und Luftverunreinigungen durch Chemikalien aus Kampfmitteln ausgehen, als Rüstungsaltlasten bezeichnet.

Bei den kontaminationsauslösenden Stoffen handelt es sich insbesondere um

- chemische Kampfstoffe,
- Sprengstoffe,
- Brand-, Nebel- und Rauchstoffe,
- Treibmittel,
- Chemikalien, die den Kampfstoffen zur Erreichung taktischer Erfordernisse zugesetzt wurden,
- produktionsbedingte Vor- und Abfallprodukte,
- Rückstände aus der Vernichtung chemischer Kampfmittel.

Demzufolge sind als Verdachtsflächen aus Rüstungsaltlasten grundsätzlich ehemalige Produktionsstätten, Munitionslagerstätten, Entschärfungsstellen, Spreng- und Schießplätze, Delaborierungswerke und Zwischen- und Endablagerungsstätten für chemische Kampfmittel einzustufen.

Stoffinventar von Rüstungsaltlasten

Zu den rüstungsaltlastspezifischen Substanzen zählen sämtliche **Explosivstoffe** (Sprengstoffe, Initialsprengstoffe, Treibladungspulver und pyrotechnische Sätze) sowie eine Fülle von Hilfsstoffen. Es gilt zu beachten, dass neben den Endprodukten bei der Herstellung große Mengen von Nebenprodukten auftraten und durch chemische, physikalische und biologische Prozesse, z. B. photolytische Spaltung, mikrobiellen Abbau usw., aus End- und Nebenprodukten weitere Sekundärsubstanzen entstanden sind.

Im Folgenden werden kurz die wichtigsten produzierten und verarbeiteten Stoffe auf Rüstungsalblastverdachtsflächen beschrieben (BmBau 1995):

- Sprengstoffe sind handhabungssicher, besitzen hohe Detonationsgeschwindigkeit und müssen durch Initialsprengstoffe zur Explosion gebracht werden. Sie wurden - meist in Mischungen - in Bomben, Granaten, Panzerfäuste usw. verfüllt. Die wichtigsten während des Ersten Weltkrieges produzierten Sprengstoffe sind 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT), 1,3-Dinitrobenzol (DNB) und Pikrinsäure. Während des Zweiten Weltkrieges wurden hauptsächlich TNT, Hexogen, DNB, Nitropenta und Pikrinsäure hergestellt. Mit Ausnahme von Hexogen und Nitropenta gehören alle o. g. Sprengstoffe zur Gruppe der aromatischen Nitroverbindungen.
- Initialsprengstoffe lassen sich durch relativ schwachen mechanischen Stoß oder durch Funken zur Explosion bringen. In Sprengkapseln werden sie in reiner Form oder in Mischungen zur Initialzündung eingesetzt. Der wichtigste Initialsprengstoff im Ersten Weltkrieg war Quecksilberfulminat (Knallquecksilber). Während des Zweiten Weltkrieges kamen hauptsächlich Bleiazid, Bleitritnorsorcinat und Tetrazen zum Einsatz.
- Treibmittel sind Explosivstoffe, die nicht detonieren, sondern kontrolliert abbrennen. Durch den kontrollierten Abbrand entsteht eine Treibwirkung, die zur Beschleunigung von Geschossen genutzt wird. Das älteste Pulver, das Schwarzpulver, wurde Anfang des 20. Jahrhunderts von rauchschwachen bzw. rauchlosen Pulvern verdrängt. Grundkomponente rauchschwacher Pulver ist Nitrocellulose. Dieser wurden für verschiedene Anwendungszwecke Dinitrotoluole, Nitroglycerin bzw. Nitroguanidin zugemischt. Nitrocellulose ist in reinem Zustand nicht stabil. Als Stabilisatoren wurden hauptsächlich verschiedene Diphenylharnstoffe eingesetzt. Als Weichmacher fanden verschiedene Phthalate, vorzugsweise Di-n-butylphthalat, sowie Diphenylamin Verwendung.

Pyrotechnische Sätze in Form von Brand-, Nebel- oder Rauchsätzen dienen der Erzeugung von Licht, Rauch, Nebel oder akustischen Signalen. Als Brandsätze kamen vor allem Gemische von Kohlenwasserstoffen, Magnesiumlegierungen sowie weißer und roter Phosphor zur Anwendung. Rauch- und Nebelsätze bestanden größtenteils aus Gemischen von Zink und polychlorierten Kohlenwasserstoffen. Als flüssige Nebelstoffe kamen auch Schwefeltrioxid, Chlorsulfonsäure sowie Titan- und Siliciumtetrachlorid zur Anwendung.

Chemische Kampfstoffe wurden während des Ersten Weltkrieges angewendet und während des Zweiten Weltkrieges produziert und bevorratet. Man unterscheidet je nach physiologischer Wirkung verschiedene Kampfstoffgruppen.

Als Weißkreuz-Kampfstoffe werden Substanzen mit augenreizender Wirkung bezeichnet. Hierzu gehören z. B. Chloracetophenon und Xylolbromid.

Als Blaukreuz-Kampfstoffe werden arsenhaltige Substanzen bezeichnet, die schon in sehr geringen Mengen starke Reizwirkungen auf die Nasen- und Rachenschleimhaut ausüben. Hierzu zählen CLARK I (Diphenylarsinchlorid), CLARK II (Diphenylarsincyranid), ADAMSIT (Diphenylaminarsinchlorid) und PFIFFIKUS (Phenylarsindichlorid).

Grünkreuz-Kampfstoffe sind Substanzen mit lungenschädigenden Eigenschaften. Hierzu zählen Phosgen (Kohlensäuredichlorid) und Perstoff (Chlor-ameisensäuretrichlormethylester).

Als Gelbkreuz-Kampfstoffe werden Substanzen mit hautschädigender Wirkung bezeichnet. Hierzu gehören Schwefel(S)-LOST (Dichlordiethylsulfid), Stickstoff(N)-LOST (Trichlortriethylamin) und LEWISIT (2-Chlorvinyl-arsindichlorid).

Zur Gruppe der Nervenkampfstoffe gehören TABUN, SARIN und SOMAN (alle Phosphorsäure-ester). Während TABUN und SARIN am Ende des Zweiten Weltkrieges in großen Mengen (12.000 t bzw. 400 t) bevorratet war, wurde SOMAN nur in geringen Mengen hergestellt.

Begleitstoffe sind Schadstoffe, die auch bei zivilen Altlasten angetroffen werden. Sie stammen überwiegend aus dem Betrieb der Anlagen, aus Nebenbetrieben und dem Bereich der Entsorgung.

Eine stoffliche Beschreibung relevanter Explosiv- und chemischer Kampfstoffe hinsichtlich ihrer chemisch-physikalischen, human- und ökotoxischen Eigenschaften sowie Abbaubarkeit und Mobilität fassen UBA (1996a, 1996b) bzw. BmBau (1995) zusammen.

Die systematische **Bearbeitung von Rüstungsaltlastverdachtsflächen** zeigt die nachfolgenden Besonderheiten:

- **Historische Erkundung**

Wegen der teilweise ungenügenden Datenlage und des Mangels an Zeitzeugen können folgende Sachverhalte oft nicht ausreichend recherchiert werden:

- Verteilungen von rüstungsaltlastrelevanten Substanzen auf Grund von Bombardierungen, Unfällen und Explosionen während der Betriebszeit,
- Verlauf des Kanalisationssystems, in dem sich heute noch Schadstoffe befinden können,
- Einsatz von Ersatzstoffen,
- Bedingungen der Abfallbeseitigung während der Produktion,
- Ausmaß der Kontaminationen, die durch Demontage und Sprengungen nach 1945 entstanden und meist nicht mehr rekonstruierbar sind.

Unterstützende Informationen für derartige Recherchen ergeben sich aus (UBA 1995, MURL NRW 1992, BmBau 1995). Zur Erleichterung des Auffindens relevanter Archive wurden im Auftrag des Umweltbundesamtes Findmittelverzeichnisse für Bundesarchive und ausgewählte Landes- und sonstige Archive (UBA 1992, 1995) für die Bestandsaufnahme von Rüstungsaltlastverdachtsstandorten zusammengestellt.

- **Orientierende und Detailuntersuchung**

In der orientierenden Untersuchung erfolgt eine stoffliche Charakterisierung kontaminierter Bereiche anhand der Ergebnisse der Analysen von Boden-, Wasser- und Luftproben. Einen ersten Überblick erlauben auch Methoden, die ein schnelles „Screening“ vor Ort ermöglichen (z. B. TNT-Schnelltest). Grundsätzlich ist zu beachten, dass die spezielle Explosiv- und Kampfstoffanalytik sehr hohe Anforderungen an die fachliche, apparative und sicherheitstechnische Kapazität der Untersuchungsstellen stellt.

Im Hinblick auf die Arbeitsschutz- und Sicherheitsmaßnahmen, insbesondere die Kampfmittelortung- und -räumung wird auf Kap. 5.7 verwiesen. Da das von Rüstungsaltposten ausgehende Gefährdungspotenzial generell deutlich höher einzustufen ist als das von „zivilen Flächen“, bedarf jeder Bearbeitungsschritt gesonderter Überlegungen. Weiterführende Maßnahmen des Arbeits-, Personen- und Emissionsschutzes werden von Rapsch und Tiedemann (1994) erörtert.

Eine Rüstungsaltpostenverdachtsfläche stellt sich in Bezug auf ihre früheren Nutzungen selten als Einheit dar, sondern weist in der Regel mehrere Einzelverdachtsflächen auf. Deshalb ist zu empfehlen, am Anfang jeder sicherheitstechnischen Planung eine gründliche Bestandsaufnahme durchzuführen, in deren Verlauf die unterschiedlichen Gefahrenbereiche eingegrenzt und die von ihnen ausgehenden, individuelle Gefährdungspotenziale ermittelt werden müssen.

Bei begründetem Verdacht der Anwesenheit von chemischen Kampfstoffen (Vorratsbehälter, Vergrabungen, Dekontaminationsflächen) sind alle Untersuchungsarbeiten vorsorglich mit angelegter Schutzausrüstung durchzuführen. Bei vermuteten Funden von Kampfstoffen sind sofort die zuständigen Behörden (Polizei, Ordnungsamt, Staatliches Umweltamt) zu benachrichtigen. Die Fundstelle ist zu sichern und alle weiteren Arbeiten sind einzustellen.

6.3 Bergbaualtposten

Im Freistaat Thüringen wurde in großflächigen Bergbaurevieren ehemals der Abbau und die Verarbeitung von Uranerzen, Kalisalzen und Braunkohle betrieben.

Im ehemaligen ostthüringischen Uranbergbauggebiet ist die Umlagerung von Bergbauhalden in den Tagebau von großer Bedeutung für die Umwelt, da von den Halden teilweise eine beträchtliche Belastung durch chemische und radiologische Schadstoffe ausgeht.

Der nordöstliche Teil des Freistaates Thüringen ist auf einer Fläche von rund 65 km² durch ehemaligen Braunkohlebergbau sowie Standorte der Braunkohleveredlung geprägt. Die langjährige Bergbautätigkeit erforderte tief greifende Eingriffe in den Wasserhaushalt (siehe Kap. 3.1).

Solange die vorrangig vom Bundesberggesetz betroffenen Bergbauggebiete der Bergaufsicht unterliegen, gehen die bergbaurechtlichen Regelungen den bodenschutzrechtlichen und allgemein ordnungsrechtlichen Ermächtigungen vor. Die Bergaufsicht endet nach der Durchführung des Abschlussbetriebsplanes oder entsprechender Anordnungen der zuständigen Behörde zu dem Zeitpunkt, in dem nach allgemeiner Erfahrung nicht mehr damit zu rechnen ist, dass durch den Betrieb Gefahren eintreten werden. Die zuständige Bergbehörde kann Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren anordnen, wenn der Bergbaubetrieb ohne zugelassenen Abschlussbetriebsplan eingestellt wurde und als direkte Folgewirkung der Bergbauaktivitäten Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung entstehen. Nach der Entlassung aus der Bergaufsicht kommen Regelungen des Bodenschutzes und des allgemeinen Ordnungsrechtes zur Anwendung.

Nach § 11 Abs. 2 ThürBodSchG ist das Landesbergamt zuständig für Aufgaben des Bundes-Bodenschutzgesetzes bei Objekten des untertägigen Altbergbaus und bei unterirdischen Hohlräumen nach dem Thüringer Altbergbau- und Unterirdische-Hohlräume-Gesetz.

7 Literaturverzeichnis

ALA – Altlastenausschuss – AG „Arbeitshilfen zu Qualitätssicherung in der Altlastenbearbeitung“ (Hrsg.): Arbeitshilfen zu Qualitätssicherung in der Altlastenbearbeitung, Stand 2001

AHO-Ausschuss der Ingenieurverbände u. Ingenieurkammern für die Honorarordnung e. V.: AHO-Fachkommission (Hrsg.): Kontaminierte und kontaminationsverdächtige Standorte - Altlasten: Untersuchungen für ein Leistungsbild und zur Honorierung für den Planungsbereich „Altlasten“. 1996 (AHO-Schriftenreihe Nr. 8)

BMBau - Bundesministerium für Bauwesen (Hrsg.): Schadstoffinformationen für die Anwendung der baufachlichen „Richtlinien für die Planung und Ausführung der Sicherung und Sanierung belasteter Böden“ für Liegenschaften des Bundes. Bonn, Losebl.-Ausg., Lfg. 6. Stand: 1995

Conrad, H.; Kabbe G.; Lohoff, W.: Standardarbeitsvorschrift 1: Probenahme von Feststoffen aus Altdeponien und Altablagerungen. In: Tagungsband zum Statusseminar des BMBF-Verbundvorhabens Deponiekörper (1995)

DIN 38 402 Teil 12: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Allgemeine Angaben (Gruppe A), Probenahme aus stehenden Gewässern (A 12)

DIN 38 402 Teil 15: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Allgemeine Angaben (Gruppe A), Probenahme aus Fließgewässern (A 15)

DIN 4021: Baugrund, Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben

DIN 4022 Blatt 1: Baugrund u. Grundwasser, Benennen und Beschreiben von Boden und Fels, Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

DIN 4023: Baugrund- und Wasserbohrungen, Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse

Dotz J.; Mark, H.: Schriftlicher Kurs: Bodensanierung: L3: Erfassung von Altlasten-Verdachtsflächen. Euroforum, 1994, S. 1-77

Dörhöfer, G.: Bewertung von Altlasten - Ansätze zur abgestuften Beurteilung von Grundwasserkontaminationen durch Altlasten. In: Altlasten-Spektrum (1998), Nr. 7, S. 20-26

DVGW – Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (Hrsg.): Entnahme von Wasserproben bei der Erschließung, Gewinnung und Überwachung von Grundwasser. Bonn, 2001 (Merkblatt W 112)

DVGW - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (Hrsg.): Bau und Betrieb von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen. Bonn, 1988 (Merkblatt W 121)

Franzius, V.; Reppe, S.; Starke, W.: Vorgehensweise bei der Einleitung von Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr (Tagungsband Internationaler Workshop Militärische Altlasten). Berlin, 1993, S. 47-49

ITVA - Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e. V. (Hrsg.): ITVA-Arbeitshilfe - Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit bei Arbeiten auf Rüstungsaltlastverdachtsflächen, AG Arbeitssicherheit auf Rüstungsaltlastverdachtsflächen. Berlin, 1995

Kerndorff, H.: Chemische und humantoxikologische Grundlagen. In: GDCh (Hrsg.): Chemie und Biologie der Altlasten. Weinheim: VCH Verlag, 1997, S. 1-40

Kerndorff, H.; Schleyer, R.; Müller-Wegener, U.: Beeinflussungen, Schäden und Gefahren für das Grundwasser und seine Nutzung durch Altlasten. In: Altlasten-Spektrum (1998), Nr. 7, S. 27-36

Kuntze, H.; Roeschmann, G.; Schwerdtfeger, G.: Bodenkunde. 5. Auflage. Verla Eugen Ulmer, Stuttgart 1994

LABO - Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (Hrsg.): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden. 2. überarbeitete und. ergänzte Aufl., 1998

LABO –ALA Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz – Altlastenausschuss (Hrsg.): Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchung, Juli 2003

LABO –ALA Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz – Altlastenausschuss (Hrsg.): Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei Detailuntersuchungen, Oktober 2006

LAGA - Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (Hrsg.): Richtlinien für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen: PN 2/78 K - Grundregeln für die Entnahme von Proben aus Abfällen und abgelagerten Stoffen. Neuburg: Erich Schmidt, 1983

LAWA - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.): Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden. Stuttgart, 1994

LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Dezember 2004

LAWA – LABO Länderarbeitsgemeinschaft Wasser – Länderarbeitsgemeinschaft Boden (Hrsg.): Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen, Mai 2006

LFU BW - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Der Deponiegashaushalt in Altablagerungen - Leitfaden Deponiegas. Bd. 10.: Materialien zur Altlastenbearbeitung. Heidelberg: Sause, 1992

LFU BW - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Altlastenerkundung mit biologischen Methoden. Bd. 13.: Materialien zur Altlastenbearbeitung. Heidelberg: Sause, 1994

LFU SA - Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Leitfaden zum Altlastenprogramm. Heft 20. Halle: Union Druck, 1996

LÖLF NRW - Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Mindestuntersuchungsprogramm Kulturboden. Düsseldorf, 1988

MURL NRW - Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen und Niedersächsisches Umweltministerium (Hrsg.):

Wegweiser für den Umgang mit Altlast-Verdachtsflächen auf freiwerdenden, militärisch genutzten Liegenschaften. Duisburg: WAZ-Druck, 1992

Rapsch, H.-J.; Tiedemann, K.: Schutzmaßnahmen bei der Gefährdungsabschätzung von Rüstungsaltposten - Arbeits-, Personen- und Emissionsschutz. Berlin: Erich-Schmidt-Verlag, 1994

Reichert, J. K.; Roemer, M.: Untersuchungsstrategie. In: GDCh (Hrsg.): Chemie und Biologie der Altlasten. Weinheim: VCH Verlag, 1997, S. 190-206

Rump, H.H.; Herklotz, K.: Probennahme, -vorbereitung und Analytik. In: Weber, H.H. (Hrsg.): Altlasten: Erkennen, Bewerten, Sanieren. Berlin: Springer Verlag, 1994

Seidel, G. (Hrsg.): Geologie von Thüringen. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1995

SLUG - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): Probennahme bei der Technischen Erkundung von Altlasten. Radebeul: Lößnitz - Druck, 1998

SLUG - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): Vor - Ort - Analytik. Radebeul: Lößnitz - Druck, 1999

SRU - Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (Hrsg.): Sondergutachten Altlasten. Stuttgart: Metzler Poeschel Verlag, 1989

SRU - Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (Hrsg.): Sondergutachten Altlasten II. Stuttgart: Metzler Poeschel Verlag, 1995

StMLU BY - Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Altlasten-Leitfaden für die Behandlung von Altablagerungen und kontaminierten Standorten in Bayern. München, 1991

StMLU BY - Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Probennahme von Böden und Substraten zur Erfassung des Bodenzustandes und Untersuchung kontaminierter Standorte. München, 1997

Stottmeister, U.: Biologische Untersuchungen. In: GDCh (Hrsg.): Chemie und Biologie der Altlasten. Weinheim: VCH Verlag, 1997, S. 177-189

Streit, B.: Lexikon Ökotoxikologie. Weinheim: VCH-Verlag, 1994

Stubenrauch, S.; Hempfling, R.; Doetsch, P.; Grünhoff, D.: Vorschläge zur Charakterisierung und Quantifizierung pfadübergreifender Schadstoffexpositionen. In: UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. (1999), Nr. 11, S. 219-226

Thompson, M.; Ramsay, M.H.: Quality concepts and practices applied to sampling - an exploratory study. In: Analyst (1995), Nr. 120, S. 261-270

TMLNU - Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (Hrsg.): Altlastenleitfaden. Bd. 1: Erfassung und Erstbewertung. Eisenach: Druck- u. Verlagshaus Frisch, 1995

TMLNU - Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (Hrsg.): Grundwasser in Thüringen - Bericht zu Menge und Beschaffenheit. Erfurt: Druckhaus Erfurt, 1997

TMLNU - Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (Hrsg.):

Biologische Verfahren in der Laboranalytik bei Altlasten - Stoffsammlung. Eisenach: Druck- u. Verlagshaus Frisch, 1997

TMLNU/TLU - Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt und Thüringer Landesanstalt für Umwelt (Hrsg.): Bericht zur Entwicklung der Umwelt in Thüringen 1995. Eisenach: Druck- und Verlagshaus Frisch, 1995

Toussaint, B.: Kritische Anmerkungen zur Plausibilität der Gehalte leichtflüchtiger Halogenkohlenwasserstoffe in beprobten Umweltmedien. In: Angewandte Geologie Karlsruhe (1990), Bd. 9, S. 93-112

UBA - Umweltbundesamt (Hrsg.): Inventarisierung von Bodenkontaminationen auf Liegenschaften der Westgruppe der ehemals sowjetischen Truppen. Berlin, 1995 (UBA-Texte 36/95)

UBA - Umweltbundesamt (Hrsg.): Bestandsaufnahme von Rüstungs-altlastenverdachtsstandorten in der Bundesrepublik Deutschland. Bd. 2: Explosiv-stofflexikon. 2., erweiterte Aufl. Berlin, 1996a (UBA-Texte 26/96)

UBA - Umweltbundesamt (Hrsg.): Bestandsaufnahme von Rüstungs-altlastenverdachtsstandorten in der Bundesrepublik Deutschland. Bd. 3: Kampf-stofflexikon. 2., erweiterte Aufl. Berlin, 1996b (UBA-Texte 27/96)

VDI-Richtlinie, VDI 2265. Feststellen der Staubsituation am Arbeitsplatz zur gewerbehygienischen Beurteilung

VDI-Richtlinie, VDI 2463 Blatt 7: Messen von Partikeln: Messen der Massenkonzentration (Immission): Filterverfahren: Kleinfiltergerät GS050

VDI-Richtlinie, VDI 3865, Blatt 2 (E): Messen organischer Bodenverunreinigungen, Techniken für die aktive Entnahme von Bodenluft

VDI-Richtlinie, VDI 4300, Blatt 1: Messen von Innenraumluftverunreinigungen, Allgemeine Aspekte der Messstrategie

VDI-Richtlinie, VDI 4300, Blatt 4 (E): Messen von Innenraumluftverunreinigungen: Messstrategie für Pentachlorphenol (PCP) und γ -Hexachlorcyclohexan (Lindan) in der Innenraumluft

Weber, H. H: Einführung in die Geologie Thüringens. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1955

Anhänge

- Anhang 1: Bodenlandschaften Thüringens
- Anhang 2: Hintergrundkonzentrationen für emissionsferne Oberböden Thüringens
- Anhang 3: Thüringer Behörden und Archive
- Anhang 4: Normen, Technische Regeln und sonstige Untersuchungsmethoden
- Anhang 5: Analysenverfahren
- Anhang 6: Probennahmeprotokolle Boden, Bodenluft, Grundwasser, Fließgewässer und stehende Gewässer

ANHANG 1

Bodenlandschaften Thüringens

Bodenlandschaften Thüringens

Bodenregion/Bodenlandschaft		Bodenassoziationen	
Schl.-Nr.	Regionalbezeichnung der Bodenlandschaftstypen	Leitbodentypen	Begleitbodenformen (Besonderheiten)
1. Bodenregion der paläozoischen und vorpaläozoischen Grundgebirge und Schiefergebirge			
1.1.BL	Harz und Kyffhäuser	Braunerde Braunpodsol	Ranker-Braunerde
1.2.BL	Kammregion und montane Waldstufe Thüringer Wald	Podsol Braunpodsol	Braunerde Podsol-Ranker (Hochmoor)
1.3.BL	Submontane Waldstufe und untere Berglagen Thüringer Wald	Braunerde Braunpodsol	Ranker-Braunerde
1.4.BL	Obere Berglagen und montane Waldstufe Schiefergebirge	Braunpodsol Braunerde	Humus-Staugley Podsol-Ranker
1.5.BL	Submontane Waldstufe und untere Berg- und Plateaulagen Schiefergebirge und Frankenwald	Braunerde Braunstaugley	Ranker-Braunerde Braunpodsol
1.6.BL	Thüringisch-Sächsisches Vogtland	Braunerde Braunstaugley	Braunerden (eutroph) Braunerde-Ranker
1.7.BL	Lößbeeinflusstes nordöstliches Thüringer Schiefergebirge	Braunstaugley Braunerde	Staugley Humus-Staugley
2. Bodenregion der neoziischen Rhönbasalte			
2.1.BL	Vulkanische Hohe Rhön	Braunerde Braunerde-Ranker	Staugley (Schutt-Braunerde)
2.2.BL	Thüringisch-Hessische Vorderrhön	Braunerde Rendzina Pelosol	(Schutt-Braunerde)
3. Bodenregion der (vorwiegend) mesozoischen Berg- und Hügelländer			
3.1.BL	Südharz/Kyffhäuser Gipskarstlandschaft	Rendzina Braunerde	Gips- und Gipsschluff- Rendzina
3.2.BL	Liebensteiner Zechsteingürtel	Rendzina Braunerde	Pelosol Felsrendzina
3.3.BL	Orlasenke	Rendzina Braunerde	Pararendzina Braunstaugley
3.4.BL	Waltershäuser Vorberge	Braunerde Braunpodsol	Podsol Staugley lokal: Rendzina
3.5.BL	Saale-Sandstein-Platte, Tannrodaer Gewölbe, Paulinzellaer Buntsandstein-Hügelland	Braunpodsol Braunerde	Braunstaugley Podsol
3.6.BL	Südthüringer Buntsandstein-Waldland	Braunpodsol Braunerde	Braunstaugley Podsol
3.7.BL	Lößbeeinflusstes Salzungen-Gerstunger Buntsandstein-Hügelland	Braunerde Staugley	Braunpodsol Parabraunerdestaugley
3.8.BL	Lößbeeinflusstes Ostthüringer Buntsandstein-Hügelland (Holzland)	Staugley Braunerde	Braunpodsol (Humus-Staugley)

3.9.BL	Sandlößbeeinflusstes Nordthüringen- Unterereichsfelder Buntsandstein-	Braunerde Para-Braunerde Hügelland	Braunerdepelosol Braunpodsol Braunstaugley
3.10.BL	Lößbeeinflusste Untere Unstrutplatten (mit Schmücke, Schrecke, Finne)	Braunerde Para-Braunerde Braunstaugley	lokal: Rendzina

4. Bodenregion der mesozoischen Schichtstufenländer und Kalkplatten

4.1.BL	Schichtstufenland des Mittleren Saaletales	Rendzina Pelosol	Syrosem-Rendzina Kst.-Schutt-Rendzina (Terra)
4.2.BL	Ohmgebirge und Bleichröder Berge	Rendzina Pelosol	Syrosem-Rendzina Kst.-Schutt-Rendzina (Terra)
4.3.BL	Meiningen-Hildburghäuser Kalplatten und Stufenland	Rendzina Pelosol	Syrosem-Rendzina Kst.-Schutt-Rendzina (Terra)
4.4.BL	Südwestthüringisch-Fränkisches Triasstufenland	Rendzina Pelosol	Braunpedsol Braunerde Braunpodsol Pelosol
4.5.BL	Eisfeld-Sonneberger Gebirgsvorland	Rendzina Braunerde	Verbraunte Rendzina (Terra)
4.6.BL	Lößbeeinflusste Ilm-Saale und Ohrdrufener Muschelkalkplatten	Rendzina Parabraunerde (Fahlerde)	Parabraunerdestaugley lokal: Parabraunerde- Tschernosem
4.7.BL	Lößbeeinflusste Nordwestthüringer Randplatten (mit Hainich, Dün, Hainleite)	Rendzina Parabraunerde (Fahlerde)	Verbraunte Rendzina (Terra) Parabraunerde-Staugley lokal: Parabraunerde- Tschernosem
4.8.BL	Schwach lößbeeinflusste Muschelkalk- höhen im Thüringer Becken	Rendzina Parabraunerde	(Zweischichtprofile: Löß/Kalkstein)
4.9.BL	Schwach lößbeeinflusste West- thüringer Störungszone und Ringgau	Rendzina Braunerde	Syrosem-Rendzina Pelosol Parabraunerde

5. Bodenregion der lößbeeinflussten Becken und Lößbörden

5.1.BL	Zentrales Thüringer Keuperbecken	Schwarzerde (Tschernosem) Rendzina	Braun-Schwarzerde Kolluvium (Gips-Rendzina)
5.2.BL	Randbereiche des Thüringer Keuperbecken	Parabraunerde Parabraunerde- Tschernosem (Griserde) Rendzina	Braunerde Pelosol
5.3.BL	Artern-Nienstedter Lößbecken	Schwarzerde Rendzina	Gley-(Kolluvium)
5.4.BL	Leipziger Land (südliche Randbezirke)	Parabraunerde Braunstaugley	Parabraunerde- Tschernosem (Griserde) (Kipplehme)
5.5.BL	Ostthüringisch-Sächsisches Lößhügelland	Parabraunerde Braunstaugley	Parabraunerde- Tschernosem (Griserde) (Kipplehme)
5.6.BL	Ronneburger Lößhügelland	Staugley	Braunstaugley

5.7.BL	Südthüringisches Grabfeld (und Fränkische Gäulandschaft)	Braunerde Rendzina Pelosol Braunerde	Parabraunerde lokal: Schutt- Braunerde (eutroph) Parabraunerde
--------	--	---	--

6. Bodenregion der (Nieder-) Terrassenebenen und Talauen

6.1.BL	Goldene Aue und Gera/Unstrut-Ried (Helme-, Unstrut-, Lossa- und Gera-Gramme-Niederung)	Vega (Brauner Auenboden) Vega-Gley Schwarzgley	Kolluvium lokal: Schwarzerde- Pseudogley („Feuchtschwarzerde“)
6.2.BL	Talauen und begleitende Terrassen der Hauptflüsse	Vega (Brauner Auenboden) Vega-Gley	lokal: Humusgley
6.3.BL	Talaue der Steinach und Aufschüttungsebene südlich Sonneberg	Vega und Vega-Gley Braunerde Staugley	lokal: Rendzina Humusgley (Niedermoor, Mudde)

ANHANG 2

Hintergrundkonzentrationen für emissionsferne Oberböden Thüringens

(nach LABO 1998)

Hintergrundwerte für emissionsferne Oberböden Thüringens unter Acker/Grünland (Median in mg/kg TS)
Anorganische Stoffe

Ausgangsgestein	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	Sb	Tl	Co
Löß	7,6	0,19	43	17	22	26	54	0,074	0,40	0,38	11
Tonsteine, Tonmergel, Mergel, Fließerden des Keuper und Röt	6,9	0,18	58	23	36	24	67	0,063	0,50	0,39	11
Tonsteine, Tonmergel, tonige Fließerden und Schutt des Oberen Muschelkalk	7,3	0,16	80	33	52	28	81	0,067	0,43	0,34	15
Kalksteine, Kalkmergel und Dolomite des Mittleren und Unteren Muschelkalk	9,6	0,37	48	21	28	43	99	0,071	0,53	0,73	11
Sandsteine und sandig-tonige Wechselfolgen des Mittleren und Unteren Buntsandstein	3,6	0,14	20	9,3	6,4	28	30	0,063	0,51	<0,3	4,1
Saure und intermediäre Vulkanite und Granite	11	0,13	22	10	5,5	97	41	0,26	1,9	0,54	<2
Tonschiefer und Grauwacken-Tonschiefer Wechselfolgen des Thüringer Schiefergebirges	13	0,32	76	28	32	42	126	0,17	1,5	0,48	15

Organische Stoffe

Nutzung	Σ-PCB¹	Σ-DDT²	Σ-PAK²	B(a)P	PCDD/F I-TEQ
	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS
Acker Oberboden	n.n.	20	450	18	1,1
Grünland Oberboden	n.n.	4	342	14	-

¹ Summe der Befunde über Nachweisgrenze (1 µg/kg TS je Einzelverbindung, Acenaphtalin 10 µg/kg TS)

² Σ - PCB = Summe der polychlierten Biphenyle (Nr. 28, 52, 101, 138, 153, 180 und 118)

Σ - PAK = Summe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe nach EPA

Σ - DDT = Summe DDT und Isomere (o,p-DDE; p,p-DDE; o,p-DDD, p,p-DDD; o,p-DDT; p,p-DDT)

ANHANG 3

Thüringer Behörden
und Archive

Thüringer Behörden und Archive

(Adressen Stand 2/2006 gemäß Behördenwegweiser Thüringen unter Berücksichtigung der Strukturänderungen zum 01.05.2008)

Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz u. Umwelt (TMLNU)			
		Telefonnummer	Faxnummer
99096 Erfurt	Beethovenstraße 3	(03 61) 3 79 00	(03 61) 3 79 99 50
Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG)			
07745 Jena	Prüssingstraße 25	(0 36 41) 68 40	(0 36 41) 68 42 22
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)			
07743 Jena	Naumburger Straße 98	(0 36 41) 683-0	(0 36 41) 683-390
Thüringer Landesverwaltungsamt			
99423 Weimar	Weimarplatz 4	(0 36 43) 5 85	(0 36 43) 58 71 90
Thüringer Landesamt für Vermessung und Geoinformation (TLVermGeo)			
99086 Erfurt	Hohenwindenstr. 13a	(03 61) 3783 777	(03 61) 3783 799
Thüringer Landesbergamt			
07545 Gera	Puschkinplatz 7	(03 65) 7 33 70	(03 65) 7 33 71 05
Außenstelle Bad Salzungen: 36440 Bad Salzungen	Langenfelder Straße 108	(0 36 95) 67 50	(0 36 95) 6 75 10

Katasterbereiche des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation (TLVermGeo)			
Anschrift		Telefonnummer	Faxnummer
99510 Apolda	Bahnhofstraße 28	(0 36 44) 620 200	(0 36 44) 620 204
06556 Artern	Alte Poststraße 10	(0 34 66) 3399-0	(0 34 66) 3399-222
99867 Gotha	Schlossberg 1	(0 36 21) 353-0	(0 36 21) 353-123
37339 Leinefelde-Worbis	Bahnhofstraße 18	(036074)204-0	(036074)204-204
07381 Pößneck	Rosa-Luxemburg-Straße 7	(0 36 47) 4499-200	(0 36 47) 4499-199
07318 Saalfeld	Albrecht-Dürer-Straße 3	(0 36 71) 4 610-0	(0 36 71) 4610-19
98574 Schmalkalden	Hoffnung 30	(0 36 83) 46646-0	(0 36 83) 46646-12
07937 Zeulenroda-Triebes	Heinrich-Heine-Straße 41	(03 66 28) 956-0	(03 66 28) 956-199

Thüringer Hauptstaatsarchiv		Telefonnummer	Faxnummer
99423 Weimar	Marstallstraße 2	(0 36 43) 87 00	(0 36 43) 87 01 00
Regionale Staatliche Archive			
04600 Altenburg	Schloss 7	(0 34 47) 31 54 88	(0 34 47) 50 49 29
99867 Gotha	Schloss Friedenstein	(0 36 21) 30 27 90	(0 36 21) 3 02 79 47
07973 Greiz	Friedhofstraße 1	(0 36 61) 25 37	(0 36 61) 68 98 69
98606 Meiningen	PF 10 06 54	(0 36 93) 50 29 10	(0 36 93) 50 22 18
07407 Rudolstadt	Schloss Heidecksburg	(0 36 72) 4 31 90	(0 36 72) 43 19 31

Kreisarchive		
Name und Anschrift des Archivs	Telefonnummer	Faxnummer
• Behördenarchiv Schmalkalden-Meiningen Landratsamt (LRA) Schmalkalden-Meiningen Jerusalemmer Straße 13 98617 Meiningen	(0 36 93) 71 15 26	
Kreisarchiv Altenburger Land LRA Altenburger Land, Hauptamt Lindenaustraße 9 04581 Altenburg	(0 34 47) 58 61 67	(0 34 47) 58 61 01
Kreisarchiv Eichsfeld Landkreis Eichsfeld, Hauptamt Leinegasse 12 37308 Heiligenstadt	(0 36 06) 65 04 90 - 92	
Kreisarchiv Gotha LRA Gotha, Zentralamt 18.-März-Straße 50 99867 Gotha	(0 36 21) 21 41 52	(0 36 21) 21 44 04
Kreisarchiv Greiz LRA Greiz PF 222 07962 Greiz	(03 66 28) 4 71 49	(03 66 28) 4 71 03

Kreisarchiv Hildburghausen LRA Hildburghausen Wiesenstraße 18 98646 Hildburghausen	(0 36 85) 44 55 05 - 09	(0 36 85) 44 55 01
Kreisarchiv Ilmkreis LRA Ilmkreis Ritterstraße 14 99310 Arnstadt	(0 36 28) 73 84 53	
Kreisarchiv Ilmkreis - Außenstelle Ilmenau Krankenhausstraße 12 98693 Ilmenau	(0 36 77) 65 73 34	
Kreisarchiv Nordhausen LRA Nordhausen Grimmelallee 20 99734 Nordhausen	(0 36 31) 91 15 58	(0 36 31) 91 12 41

Name und Anschrift des Archivs	Telefonnummer	Faxnummer
Kreisarchiv Saale-Holzland-Kreis LRA Saale-Holzland-Kreis Ammerbacher Straße 108 07745 Jena	(0 36 41) 60 98 09	
Kreisarchiv Saale-Holzland-Kreis LRA Saale-Holzland-Kreis PF 1310 07602 Eisenberg	(03 66 91) 7 01 19	(03 66 91) 7 01 66
Kreisarchiv Saale-Orla-Kreis LRA Saale-Orla-Kreis Oschitzer Straße 4 07907 Schleiz	(0 36 63) 48 82 11 und 48 82 18	(0 36 63) 48 84 50
Kreisarchiv Saale-Orla-Kreis – Außenstelle Lobenstein LRA Saale-Orla-Kreis Heinrich-Behr-Straße 4 07356 Lobenstein	(03 66 51) 6 73 72	(03 66 51) 6 73 30
Kreisarchiv Saale-Orla-Kreis – Außenstelle Pößneck LRA Saale-Orla-Kreis Wohlfarthstraße 3 – 5 07381 Pößneck	(0 36 47) 44 81 07	(0 36 47) 44 81 55
Kreisarchiv Saalfeld Rudolstadt LRA Saalfeld-Rudolstadt Schwarzburger Chaussee 12 07407 Rudolstadt		

Kreisarchiv Saalfeld Rudolstadt LRA Saalfeld-Rudolstadt PF 22 44 07308 Saalfeld	(0 36 71) 82 32 54	(0 36 71) 82 33 70
Kreisarchiv Sömmerda LRA Sömmerda PF 12 15 99601 Sömmerda	(0 36 34) 35 48 52	(0 36 34) 35 41 50
Kreisarchiv Sonneberg LRA Sonneberg Bahnhofstraße 66 96515 Sonneberg	(0 36 75) 87 12 10 und 87 13 78	
Kreisarchiv Sonneberg - Außenstelle Neuhaus am Rennweg LRA Sonneberg Sonneberger Straße 1 98724 Neuhaus am Rennweg	(0 36 79) 77 52 05	(0 36 79) 77 53 04
Kreisarchiv Unstrut-Hainich-Kreis LRA Unstrut-Hainich-Kreis Lindenbühl 28/29 99974 Mühlhausen	(0 36 01) 80 16 01	(0 36 01) 80 16 11
Kreisarchiv Wartburgkreis LRA Wartburgkreis Erzberger Allee 14 36433 Bad Salzungen	(0 36 95) 61 54 36 - 38	(0 36 95) 61 54 40

Name und Anschrift des Archivs	Telefonnummer	Faxnummer
Kreisarchiv Weimarer Land LRA Weimarer Land, Hauptamt Bahnhofstraße 28 99510 Apolda	(0 36 44) 55 58 56	
Stadt- und Kreisarchiv Schmalkalden Stadt- und Kreisarchiv Schmalkalden Schloßküchenweg 15 98574 Schmalkalden	(0 36 83) 60 40 39	(0 36 83) 60 40 39

ANHANG 4

Normen, Technische Regeln und sonstige
Untersuchungsmethoden

Normen, Technische Regeln und sonstige Untersuchungsmethoden (nach BBodSchV)

E DIN ISO 10381 - 1: 02.96

Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 1: Anleitung zur Aufstellung von Probenahmeprogrammen (ISO/ DIS 10381 - 1: 1995)

E DIN ISO 10381 - 2: 02.96

Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 2: Anleitung für Probenahmeverfahren (ISO/ DIS 10381 - 2: 1995)

E DIN ISO 10381-3: 02.96

Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 3: Anleitung zur Sicherheit (ISO/ DIS 10381 - 3: 1995)

E DIN ISO 10381 - 4: 02.96

Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 4: Anleitung für das Vorgehen bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten (ISO/ DIS 10381 - 4: 1995)

E DIN ISO 10382: 02.98

Bodenbeschaffenheit - Gaschromatographische Bestimmung des Gehaltes an polychlorierten Biphenylen (PCB) und Organopestiziden (OCP) (ISO/ CD 10382: 1995)

DIN ISO 10390: 05.97

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des pH-Wertes (ISO 10390: 1994)

DIN ISO 10694: 08.96

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung (Elementaranalyse) (ISO 10694: 1995)

ISO/ TR 11046: 06.94

Soil quality - Determination of mineral oil content - Methods by infrared spectrometry and gas chromatographic method

E DIN ISO 11047: 06.95

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Blei, Mangan, Nickel und Zink - Flammen- und elektrothermisches atomabsorptionsspektrometrisches Verfahren (ISO/ DIS 11047)

E DIN ISO 11262: 06.94

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von Cyaniden

E DIN ISO 11272: 01.94

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der Trockenrohdichte (ISO/ DIS 11272: 1992)

E DIN ISO 11277: 06.94

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Mineralböden - Verfahren durch Sieben und Sedimentation nach Entfernen der löslichen Salze, der organischen Substanz und der Carbonate (ISO/ DIS 11277: 1994)

DIN ISO 11464: 12.96

Bodenbeschaffenheit - Probenvorbehandlung für physikalisch-chemische Untersuchungen

(ISO/ DIS 11464: 1994)

DIN ISO 11465: 12.96

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Trockenrückstandes und des Wassergehalts auf Grundlage der Masse - Gravimetrisches Verfahren (ISO 11465: 1993)

DIN ISO 11466: 06.97

Bodenbeschaffenheit - Extraktion in Königswasser löslicher Spurenelemente (ISO 11466: 1995)

E DIN ISO 13877: 06.95

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) - Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie- (HPLC) Verfahren (ISO/ DIS 13877)

E DIN ISO 14154: 10.97

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von ausgewählten Chlorphenolen in Böden - Gaschromatographisches Verfahren (ISO/ CD 14154: 1997)

E DIN ISO 14507: 02.96

Bodenbeschaffenheit - Probenvorbehandlung für die Bestimmung von organischen Verunreinigungen in Böden (ISO/ DIS 14507)

DIN 19730: 06.97

Bodenbeschaffenheit - Extraktion von Spurenelementen mit Ammoniumnitratlösung

DIN 19731: 05.98

Bodenbeschaffenheit - Verwertung von Bodenmaterial

DIN 19734: 01.99

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von Chrom(VI) in phosphatgepufferter Lösung

DIN 19682 - 2: 04.97

Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau - Felduntersuchungen - Teil 2: Bestimmung der Bodenart

DIN 19683 - 2: 04.97

Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau - Physikalische Laboruntersuchungen, Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach Vorbehandlung mit Natriumpyrophosphat

DIN 19683 - 12: 04.73

Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau; Physikalische Laboruntersuchungen, Bestimmung der Rohdichte

DIN EN 1233: 08.96

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Chrom - Verfahren mittels Atomabsorptionsspektrometrie; Deutsche Fassung EN 1233: 1996

DIN EN ISO 5667 - 3: 04.96

Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 3: Anleitung zur Konservierung und Handhabung von Proben (ISO 5667 - 3: 1994); Deutsche Fassung EN ISO 5667 - 3: 1995 (A 21)

DIN EN ISO 5961: 05.95

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Cadmium durch Atomabsorptionsspektrometrie (ISO 5961: 1994); Deutsche Fassung EN ISO 5961: 1995 (A 19)

DIN EN ISO 6468: 02.97

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung ausgewählter Organoinsektizide, Polychlorbiphenyle und Chlorbenzole; Gaschromatographisches Verfahren nach Flüssig-Flüssig-Extraktion (ISO 6468: 1996); Deutsche Fassung EN ISO 6468: 1996

ISO/ DIS 8165 - 2: 01.97

Water quality - Determination of Selected Monohydric Phenols by Derivatisation and Gas Chromatography

DIN EN ISO 10301: 08.97

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung leichtflüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe - Gaschromatographische Verfahren (ISO 10301: 1997); Deutsche Fassung EN ISO 10301: 1997

DIN EN ISO 10304 - 1: 04.95

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der gelösten Anionen Fluorid, Chlorid, Nitrit, Orthophosphat, Bromid, Nitrat und Sulfat mittels Ionenchromatographie - Teil 1: Verfahren für gering belastete Wässer (ISO 10304 - 1: 1992); Deutsche Fassung EN ISO 10304 - 1: 1995 (D 19)

DIN EN ISO 10304 - 3: 11.97

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der gelösten Anionen mittels Ionenchromatographie - Teil 3: Bestimmung von Chromat, Iodid, Sulfit, Thiocyanat und Thio-sulfat (ISO 10304 - 3: 1997); Deutsche Fassung EN ISO 10304 - 3: 1997 (D 22)

DIN EN ISO 11885: 04.98

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von 33 Elementen durch induktiv gekoppelte Plasma-Atom-Emissionsspektrometrie (ISO 11885: 1996); Deutsche Fassung EN ISO 11885: 1997

DIN EN ISO 11969: 11.96

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Arsen - Atomabsorptionsspektrometrie (Hydridverfahren)

E DIN EN ISO 14403: 05.98

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung des gesamten Cyanids und des freien Cyanids mit der kontinuierlichen Fließanalytik (ISO/ DIS 14403: 1998); Deutsche Fassung prEN ISO 14403: 1998

DIN 38405 - 4:07.85

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D); Bestimmung von Fluorid (D 4)

DIN 38405 - 13: 02.81

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D); Bestimmung von Cyaniden (D 13)

DIN 38405 - 23: 10.94

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D) - Teil 23: Bestimmung von Selen mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (D 23)

DIN 38405 - 24: 05.87

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D) - Teil 24: Photometrische Bestimmung von Chrom(VI) mittels 1,5-Diphenylcarbazon

(D 24)

DIN 38406 - 6: 07.98

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Kationen (Gruppe E) - Bestimmung von Blei mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 6)

DIN 38406 - 7: 09.91

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Kupfer mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 7)

DIN 38406 - 8: 10.80

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Zink (E 8)

DIN 38406 - 11: 09.91

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Nickel mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 11)

DIN 38406 - 24: 03.93

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Cobalt mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 24)

DIN 38407 - 2: 02.93

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfassbare Stoffgruppen (Gruppe F); Gaschromatographische Bestimmung von schwerflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (F 2)

DIN 38407 - 3: 07.98

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfassbare Stoffgruppen (Gruppe F); Teil 3: Gaschromatographische Bestimmung von polychlorierten Biphenylen (F 3)

DIN 38407 - 8: 10.95

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfassbare Stoffgruppen (Gruppe F); Bestimmung von 6 polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Wasser mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) mit Fluoreszenzdetektion (F 8)

DIN 38407 - 9: 05.91

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfassbare Stoffgruppen (Gruppe F); Bestimmung von Benzol und einigen Derivaten mittels Gaschromatographie (F 9)

DIN 38414 - 2: 11.85

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung des Wassergehaltes und des Trockenrückstandes bzw. der Trockensubstanz (S 2)

DIN 38414 - 4: 10.84

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S 4)

DIN 38414 - 20: 01.96

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Schlamm und Sedimente (Gruppe S) - Teil 20: Bestimmung von 6 polychlorierten Biphenylen (PCB) (S 20)

DIN 38414 - 24: 04.98

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Schlamm und Sedimente (Gruppe S) - Teil 24: Bestimmung von polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) und polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) (S 24)

DIN EN 1483: 08.97

Wasseranalytik - Bestimmung von Quecksilber; Deutsche Fassung EN 1483: 1997 (E 12)

DIN 32645: 05.94

Chemische Analytik - Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze - Ermittlung unter Wiederholungsbedingungen - Begriffe, Verfahren, Auswertung

DIN 1319 - 3: 05.96

Grundlagen der Messtechnik - Teil 3: Auswertung von Messungen einer Messgröße, Messunsicherheit

DIN 1319 - 4: 02.99

Grundlagen der Messtechnik-Teil 4: Auswertungen von Messungen, Messunsicherheit

DIN EN 45001: 05.90

Allgemeine Kriterien zum Betreiben von Prüflaboratorien; Identisch mit EN 45001: 1989

DIN 4021: 10.90

Baugrund - Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben

DIN 18123: 11.96

Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung

DIN EN 932 - 1: 11.96

Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Probenahmeverfahren; Deutsche Fassung EN 932-1: 1996

DIN 52101: 03.88

Prüfung von Naturstein und Gesteinskörnungen - Probenahme

DIN 51527 - 1: 05.87

Prüfung von Mineralölerzeugnissen; Bestimmung polychlorierter Biphenyle (PCB) - Flüssigchromatographische Vortrennung und Bestimmung 6 ausgewählter PCB mittels eines Gaschromatographen mit Elektronen- Einfang- Detektor (ECD)

BGR 128

Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit in kontaminierten Bereichen, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften - Fachausschuss Tiefbau, Ausgabe April 1997

VDI-Richtlinie 3865 : Messen organischer Bodenverunreinigungen

Blatt 1 10.92: Messen leichtflüchtiger halogener Kohlenwasserstoffe, Messpla-

nung für Bodenluft-Untersuchungsverfahren;

Blatt 2 01.98: Techniken für die aktive Entnahme von Bodenluftproben;

EBlatt 3 11.96: Messen organischer Bodenverunreinigungen; Gaschromatographische Bestimmung von niedrigsiedenden organischen Verbindungen in Bodenluft nach Anreicherung an Aktivkohle oder XAD-4 und Desorption mit organischen Lösungsmitteln;

VDI-Richtlinie 3499, Blatt 1 03.90: Messen von Emissionen - Messen von Reststoffen. Messen von polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen in Rein- und Rohgas von Feuerungsanlagen mit der Verdünnungsmethode, Bestimmung in Filterstaub, Kesselasche und in Schlacken. VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5

Arbeitsgruppe Bodenkunde der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung.- 4. Auflage, berichtigter Nachdruck Hannover 1996, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW): Bestimmung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Bodenproben. Merkblätter LUA NRW Nr. 1, Essen 1994

Hessische Landesanstalt für Umwelt (HLfU): Bestimmung von Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen in Feststoffen aus dem Altlastenbereich. Handbuch Altlasten, Band 7, Wiesbaden 1998

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA): Methodenbuch, Band VII Umweltanalytik, VDLUFA-Verlag Darmstadt 1996

Bezugsquellen

Die aufgeführten Normen, Technische Regeln und sonstige Methodenvorschriften sind zu beziehen:

- a) DIN- und ISO-Normen und Normentwürfe, VDI-Richtlinien: Beuth-Verlag GmbH, 10772 Berlin
- b) Bodenkundliche Kartieranleitung: E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 70176 Stuttgart
- c) VDLUFA-Methodenbuch: VDLUFA-Verlag, 64293 Darmstadt
- d) Merkblatt LUA NRW: Landesumweltamt NRW, 45123 Essen, Wallneyer Straße 6
- e) Handbuch Altlasten HLfU: Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie, 65203 Wiesbaden, Rheingaustraße 186
- f) BGR 128 (ZH 1/ 183): Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Fachausschuss Tiefbau, 81241 München

ANHANG 5

Analysenverfahren

Analyse physikalisch-chemischer Eigenschaften nach BBodSchV

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Bestimmung der Trockenmasse	feldfrische oder luftgetrocknete Bodenproben	DIN ISO 11 465: 12.96
Organischer Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung	luftgetrocknete Bodenproben	DIN ISO 10 694: 08.96
pH-Wert (CaCl ₂)	Suspension der feldfrischen oder luftgetrockneten Bodenprobe in CaCl ₂ -Lösung; c(CaCl ₂): 0,01 mol/l	DIN ISO 10 390: 05.97
Korngrößenverteilung	1) "Fingerprobe" im Gelände * (Arbeitsschutz beachten) 2) Siebung, Dispergierung, Pipett-Analyse* 3) Siebung, Dispergierung, Aräometer-Methode	Bodenkundliche Kartieranleitung, 4.Auflage, 1994 DIN 19682-2: 04.97 E DIN ISO 11 277: 06.94 DIN 19683-2: 04.97 DIN 18 123: 11.96 E DIN ISO 11277: 06.94
Rohdichte	Trocknung einer volumengerecht entnommenen Bodenprobe bei 105° C, rückwiegen	E DIN ISO 11 272: 01.94 DIN 19683-12: 04.73

Empfohlene Methoden

Analyse anorganischer Schadstoffgehalte nach BBodSchV

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Ti, Zn	AAS	E DIN ISO 11 047: 06.95
As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Ti, Zn	ICP-AES (ICP-MS möglich) Berücksichtigung von spektralen Störungen bei hohen Matrixkonzentrationen erforderlich	DIN EN ISO 11885: 04.98
Arsen (As)	ET-AAS Hydrid-AAS	In Analogie zu E DIN ISO 11 047: 06.95 DIN EN ISO 11 969: 11.96
Quecksilber (Hg)	AAS-Kaltdampftechnik Bei der Probenvorbehandlung darf die Trocknungstemperatur 40° C nicht überschreiten.	DIN EN 1483: 08.97 Reduktion mit Zinn(II)-chlorid oder NaBH ₄
Chrom (VI)	1) Extraktion mit phosphatgepufferter Aluminiumsulfatlösung 2) Elution mit Wasser, Abtrennung von Cr(III), Bestimmung von löslichem Cr(VI) in Böden	Spektralphotometrie DIN 19 734: 01.99 DIN 38 405 - 24: 05.87
Cyanide		E DIN ISO 11262: 06.94

Analyse organischer Schadstoffgehalte nach BBodSchV

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK): 16 PAK (EPA) Benzo(a)pyren	1) Soxhlet-Extraktion mit Toluol, chromatographisches Clean-up; Quantifizierung mittels GC-MS* 2) Extraktion mit Tetrahydrofuran oder Acetonitril; Quantifizierung mittels HPLC-UV/DAD/F* 3) Extraktion mit Aceton, Zugabe von Petrol-ether, Entfernung des Acetons, chromatographische Reinigung des Petroletherextraktes, Aufnahme in Acetonitril; Quantifizierung mittels HPLC-UV/DAD/F 4) Extraktion mit einem Wasser/Aceton/ Petrol-ether-Gemisch in Gegenwart von NaCl; Quantifizierung mittels GC-MS oder HPLC-UV/DAD/F	Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW, 1994* Merkblatt Nr. 1 des LUA - NRW, 1994* E DIN ISO 13877: 06.95 VDLUFA-Methodenbuch, Band VII; Handbuch Altlasten Bd. 7, LfU HE
Hexachlorbenzol	Extraktion mit Aceton/Cyclohexan-Gemisch oder Aceton/Petrolether, ggf. chromatographische Reinigung nach Entfernen des Acetons; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS	E DIN ISO 10382: 02.98
Pentachlorphenol	Soxhlet-Extraktion mit Heptan oder Aceton/Heptan (50:50); Derivatisierung mit Essigsäureanhydrid; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS	E DIN ISO 14154: 10.97
Aldrin, DDT, HCH- Gemisch	1) Extraktion mit Petrolether oder Aceton/Petrolether-Gemisch, chromatographische Reinigung; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS* 2) Extraktion mit Wasser/Aceton/ Petrolether-Gemisch; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS	E DIN ISO 10382: 02.98* VDLUFA-Methodenbuch, Band VII
Polychlorierte Biphenyle (PCB): 6 PCB-Kongenerne (Nr. 28, 52, 101, 138, 153, 180 nach Ballschmiter)	1) Extraktion mit Heptan oder Aceton/Petrolether, chromatographische Reinigung; Quantifizierung mittels GC-ECD (GC-MS möglich) 2) Soxhlet-Extraktion mit Heptan, Hexan oder Pentan, chromatographische Reinigung an AgNO₃/ Kieselgelsäule; Quantifizierung mittels GC-ECD (GC-MS möglich) 3) Extraktion mit einem Wasser/Aceton/ Petrol-ether-Gemisch in Gegenwart von NaCl; Quantifizierung mittels GC-ECD (GC-MS möglich)	E DIN ISO 10382: 02.98 DIN 38414-20: 01.96 VDLUFA-Methodenbuch, Band VII
Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane	Soxhlet-Extraktion gefriergetrockneter Proben mit Toluol, chromatographische Reinigung; Quantifizierung mittels GC-MS	nach Klärschlammverordnung unter Beachtung von DIN 384141-24: 04.98, VDI-Richtlinie 3499, Blatt1: 03.90

* Empfohlene Methoden

Bestimmung der Konzentration anorganischer Schadstoffe in Eluaten und Sickerwasser nach BBodSchV

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
As, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Ti, Zn	ICP-AES (ICP-MS möglich)	Auf der Grundlage DIN EN ISO 11885: 04.98*
Arsen (As), Antimon (Sb)	Hydrid-AAS	DIN EN ISO 11969: 11.96
Blei (Pb)	AAS	DIN 38406-6: 07.98
Cadmium (Cd)	AAS	DIN EN ISO 5961: 05.95
Chrom (Cr), gesamt	AAS	DIN EN 1233: 08.96
Chrom (Cr VI)	Spektralphotometrie Ionenchromatographie	DIN 38405-24: 05.87 DIN EN ISO 10304-3: 11.97
Cobalt (Co)	AAS	DIN 38406-24: 03.93
Kupfer (Cu)	AAS	DIN 38406-7: 09.91
Nickel (Ni)	AAS	DIN 38406-11: 09.91
Quecksilber (Hg)	AAS-Kaltdampftechnik	DIN EN 1483: 08.97
Selen (Se)	AAS	DIN 38405-23: 10.94
Zink (Zn)	AAS	DIN 38406-8: 10.80
Cyanid (CN ⁻), gesamt	Spektralphotometrie	DIN 38405-13: 02.81 E DIN EN ISO 14403: 05.98
Cyanid (CN ⁻), leicht freisetzbar	Spektralphotometrie	DIN 38405-13: 02.81
Fluorid (F ⁻)	Fluoridsensitive Elektrode Ionenchromatographie	DIN 38405-4: 07.85 DIN EN ISO 10304-1: 04.95

*Durch geeignete Maßnahmen oder eine geeignete gerätetechnische Ausstattung ist die Bestimmungsgrenze dem Untersuchungsziel anzupassen.

Bestimmung der Konzentration organischer Schadstoffe im Bodensickerwasser nach BBodSchV

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Benzol	GC-FID	DIN 38407-9: 05.91*
BTEX	GC-FID Matrixbelastung beachten	DIN 38407-9: 05.91
Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)	GC-ECD	DIN EN ISO 10301: 08.97
Aldrin	GC-ECD (GC-MS möglich)	DIN 38407-2: 02.93
DDT	GC-ECD (GC-MS möglich)	DIN 38407-2: 02.93
Phenole	GC-ECD	ISO/ DIS 8165-2: 01.97
Chlorphenole	GC-ECD oder GC-MS	ISO/ DIS 8165-2: 01.97
Chlorbenzole	GC-ECD (GC-MS möglich)	DIN 38407-2: 02.93
PCB, gesamt	GC-ECD GC-ECD oder GC-MS	DIN EN ISO 6468: 02.97 DIN 51527-1: 05.87 DIN 38407-3: 07.98
PAK, gesamt	HPLC-F	DIN 38407-8: 10.95
Naphthalin	GC-FID oder GC-MS	DIN 38407-9: 05.91
Mineralölkohlenwasserstoffe	Extraktion mit Petrolether, gaschromatographische Quantifizierung	nach ISO/TR 11046: 06.94

Anpassung der Bestimmungsgrenze erforderlich

Da die Analysenverfahren nach BBodSchV nicht sämtliche altlastrelevanten Parameter umfassen und die Verfahren einer regelmäßigen Weiterentwicklung unterliegen, wird auf eine ständig zu aktualisierende Sammlung von altlastenbezogenen Untersuchungsverfahren der HLfU verwiesen:

„Laboranalytik bei Altlasten - Stoffsammlung“, Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 217, HLfU, Wiesbaden 1996.

ANHANG 6

Probennahmeprotokolle Boden, Bodenluft, Grundwasser, Fließgewässer und stehende Gewässer

(nach StMLU 1997, SLUG 1998 und AG „QS“ 2001)



Probennahmeprotokoll Boden

Projektname:	Auftraggeber:	Standortbeschreibung:
Projektnummer:	Bearbeiter:	
Projektleiter:	Datum:	
Telefon:	Uhrzeit - Beginn: Ende:	Probenart: ☐ Einzelproben
Gemeinde:	Witterung: _ _	☐ Mischprobe aus Einzelproben
Kreis:	01 - trocken, 02 - mäßig feucht,	beprobte Fläche:m ²
Bezeichnung:	03 - Starkregenereignis während Proben-	Entnahmeart/-gerät:
Sondierungspunkt:	na	Bohrdurchmesser:cm
Nummer der Entnahmestelle:	h	Probentransport und -lagerung:
Topographische Karte:	m	☐ Umgebungstemperatur _ _ °C
Rechtswert: Hochwert:	e,	☐ _ _ °C
Flurnummer: Flurstück:	04 - Schneedecke, 05 - Schneeschmelzperi-	☐ Kühlung bei 4 °C ☐ Tiefgefroren bei -18 °C
Proben-Nr.:	ode,	
	06 - Starkregenereignis vor Probennahme	
	Witterung am Vortag: _ _	
	Lufttemperatur: _ _ °C	

Probe	Proben-bezeich- nung	Teufen- intervall	Material	sensorische Prüfung					Analysen- programm	Probennahme- gefäße
lfd. Nummer		m u. GOK		Farbe	Geruch	Konsistenz	Wasser	Bemerkung		

HS = Headspace, SG = Schraubglas, SS = Schliffstopfen-Gefäß, B = Beutel (PE)

Unterschrift:

Übergabe der Proben an die Untersuchungsstelle: Datum: Uhrzeit: Unterschrift (Untersuchungsstelle):
Lageplan auf Rückseite oder Extrablatt sowie Schichtenprofil gemäß DIN 4022 beifügen.



I Schichtenprofil/Probenbeschreibung gemäß DIN 4022

Entnahmestellen-Nr.:

Schichtenprofil					Probenbeschreibung		
(A) bis m unter Bohransatz- punkt	(B) Benennung und Beschreibung der Schicht			© Komponenten ggf. Lagerungs- dichte	(D) % Anteile	(L) Probennummer	(M) Bemerkung
	(E) Bodenart	(F) Farbe	(G) Geruch				
	(H) Konsistenz	(I) Humus- gehalt	(K) Skelett				
Schichtenprofil					Probenbeschreibung		
(A)	(B)			©	(D)	(L)	(M)
	(E)	(F)	(G)				
	(H)	(I)	(K)				
(A)	(B)			©	(D)	(L)	(M)
	(E)	(F)	(G)				
	(H)	(I)	(K)				
(A)	(B)			©	(D)	(L)	(M)
	(E)	(F)	(G)				
	(H)	(I)	(K)				
(A)	(B)			©	(D)	(L)	(M)
	(E)	(F)	(G)				
	(H)	(I)	(K)				

Datum:
.....

Unterschrift:

II Lageplan (Rückseite oder Extrablatt verwenden)



Das ausgefüllte Musterprotokoll dokumentiert beispielhaft die Anwendung:
 Entnahmestellen-Nr.:

Schichtenprofil					Probenbeschreibung		
(A) bis m unter Bohransatz- punkt	(B) Benennung und Beschreibung der Schicht			© Komponenten ggf. Lagerungs- dichte	(D) % Anteile	(L) Probennummer	(M) Bemerkung
	(E) Bodenart	(F) Farbe	(G) Geruch				
	(H) Konsistenz	(I) Humus- gehalt	(K) Skelett				
Schichtenprofil					Probenbeschreibung		
(A) 0,7	(B) Kies, sandig, steinig, Auffüllung			© Bauschutt (Zie., Bet., Asph.)	(D) 20 %	(L) 1	(M) Schlackelager
	(E) G, s, x	(F) hbn	(G) muffig	Schlacke	5 %	2	
	(H) rollig	(I) schwach humos	(K) 10 % Steine	lockere Lagerung			
(A) 2,1	(B) Kies, sandig, steinig, Auffüllung			© Bauschutt	(D) 10 %	(L) 3	(M)
	(E)	(F)	(G)	Schlacke	5 %		
	(H)	(I)	(K)	dichte Lagerung	Rest		
(A) 2,5	(B) Kies, schwach sandig, schluffig, steinig (A) GW bei 2,2 m			© Bauschutt	(D) 5 %	(L) 4 5	(M) Geruch stark nach MKW
	(E)	(F)	(G)				
	(H)	(I)	(K)				
(A) 4,3 (ET)	(B) Kies, schwach sandig, schluffig, hoher Sondierwiderstand			©	(D)	(L) 6	(M) Geruch leicht nach MKW
	(E)	(F)	(G)				
	(H)	(I)	(K)				

Datum:

Unterschrift:

**Probennahmeprotokoll Bodenluft**

Bodenbeschreibung gemäß DIN 4022 in Verbindung mit DIN 4023 ist für jede neue Probennahmestelle anzufertigen.

Projektname:

Projektnummer:

Projektleiter:

Telefon:

I Kennzeichnung der Entnahmestelle

Gemeinde:

Kreis:

Bezeichnung:

Nummer der Entnahmestelle:

Topographische Karte:

Rechtswert: Hochwert:

Proben-Nr.:

Flurnummer: Flurstück:

II Allgemeine Angaben zur Probennahme

Datum: Uhrzeit (Beginn): Uhrzeit (Ende):

Witterung: |_|_|

01 - trocken, 02 - mäßig feucht,

Witterung am Vortag: |_|_|

03 - Starkregenereignis während Probennahme,

04 - Schneedecke, 05 - Schneeschmelzperiode,

06 - Starkregenereignis vor Probennahme

Meteorologische Daten: Temperatur Außenluft: |_|_| °C

Bodenluft: |_|_| °C

Rel. Luftfeuchte: |_|_| %

Luftdruck: |_|_|_| hPa

Art der Entnahmestelle: ☐

Bohrloch:

Dimension:cm

Abdichtung:

.....

☐

Gasbrunnen:

☐

temporär

☐

stationär

III Durchführung der Probennahme

Bezeichnung der Probe: Entnahmetiefe: m unter GOK

Art der Probensammlung:

☐ Adsorptionsröhrchen:☐ Aktivkohle☐ Tenax☐ Silicagel☐ sonstige:☐ Headspace – Gläschen☐ Direktmessung☐ Gassammler (Gasmaus)☐ sonstige:

Absaugvolumen vor der Probennahme: Liter

Probennahmenvolumen: Liter

Absaugzeit vor der Probennahme: min

Probennahmezeit: min

CO₂-t/O₂-t/CH₄-t und ähnliche Plots sind, sofern vorhanden, beizufügen.**IV Probenvorbehandlung und -überführung**

Probe Nr.	Probenbehälter	Parameter	Konservierungsmaßnahme (Mittel und Menge)	Transport- und Lagerbedingungen (bei.... °C)

Bemerkungen:

.....

.....

.....

Probennehmer: Institution: Unterschrift:

Übergabe der Probe an die Untersuchungsstelle:

Datum: Uhrzeit: Unterschrift (Untersuchungsstelle):

V Lageplan (Rückseite oder Extrablatt verwenden)



Probennahmeprotokoll Grundwasser

Bodenbeschreibung gemäß DIN 4022 in Verbindung mit DIN 4023 sowie Ausbauskizze sind für jede neue Probennahmestelle anzufertigen.

Projektname:

Projektnummer:

Projektleiter:

Telefon:

I Kennzeichnung der Entnahmestelle

Gemeinde:

Kreis:

Bezeichnung:

Nummer der Entnahmestelle:

Topographische Karte:

Rechtswert: Hochwert:

Proben-Nr.:

Flurnummer: Flurstück:

Art der Entnahmestelle: ☐ GW- Messstelle ☐ Quelle ☐ Schacht ☐ Bohrung
☐ Förderbrunnen ☐ Sammelbrunnen ☐ sonstige

Messpunkthöhe (MP)m über NN

Ausbaumaterial: ☐ Kunststoff

Durchmesser / Abmessungen:cm

☐ Stahl

Endteufe:m unter MP

☐ verzinktes Rohr

Filter: vonm bism unter MP

☐ sonstiges

II Allgemeine Angaben zur Probennahme

Datum:

Uhrzeit (Beginn):

Uhrzeit (Ende):

Witterung: |_|_|

01 - trocken, 02 - mäßig feucht,

Witterung am Vortag: |_|_|

03 - Starkregenereignis während Probennahme,

Lufttemperatur: |_|_|°C

04 - Schneedecke, 05 - Schneeschmelzperiode,

06 - Starkregenereignis vor Probennahme

III Durchführung der Probennahme

Ruhewasserspiegel vor Probennahme:m unter MP/m über NN

Wasserspiegel nach Pumpende:m unter MP/m über NN

☐ Pumpprobe

☐ Saugpumpe

☐ Schöpfprobe

☐

Metallgefäß

Typ

☐ UW-Pumpe

Schöpfertyp

☐

Kunststoffgefäß

☐

.....

Einbautiefem unter MP

Entnahmetiefem unter MP

Förderleistung⁴L/min

Entnahmevolumen⁵Liter

Pumpdauer²min

Entnahmedauer²min

Fördervolumen²Liter

ProbenvolumenLiter

IV Wahrnehmungen und Prüfungen Vor-Ort

Färbung: |_|_| (01 weiß, 02 grau, 03 gelb, 04 grün, 05 braun, 10 farblos, 20 schwach, 30 stark
[z. B. 25 schwach braun])

Trübung: |_|_| (10 keine, 20 schwach, 30 stark)

Geruch: |_|_| (01 erdig, 02 modrig, 03 faulig [H₂S], 04 jauchig, 05 fischig, 06 aromatisch, 07 Chlor,
08 Teer, 09 Mineralöl, 10 ohne, 20 schwach, 30 stark, [z. B.: 33 stark faulig])

Bodensatz: |_|_| 10 ohne, 20 Spuren, 30 geringfügig, 40 wesentlich

⁴ bei Probennahme

⁵ bis Probennahme

**V Messungen**

Uhrzeit	Wasser- temperatur [°C]	pH - Wert	O ₂ - Gehalt [mg/L]	Redox- spannung [mV]	Leitfähig- keit [µS/cm]	Bemerkungen

Eh-t/pH-t/LF-t und ähnliche Plots sind, sofern vorhanden, den Protokollen beizufügen.

VI Probenvorbehandlung und –überführung

Probe Nr.	Proben- behälter	Parameter	Konservierungsmaßnahme (Mittel und Menge)	Transport- und Lager-bedin- gungen (bei.... °C)

Bemerkungen:

.....

.....

.....

.....

Probennehmer: Institution: Unterschrift:

Übergabe der Proben an die Untersuchungsstelle:

Datum: Uhrzeit: Unterschrift: (Untersuchungsstelle)

VII Lageplan/Ausbauskizze (Rückseite oder Extrablatt verwenden)



Probennahmeprotokoll Fließgewässer

Projektname:
Projektleiter:

Projektnummer:
Telefon:

I Kennzeichnung der Entnahmestelle

Gemeinde:
Bezeichnung:
Topographische Karte:
Proben-Nr.:
Name

Kreis:
Nummer der Entnahmestelle:
Rechtswert: Hochwert:
Flurnummer: Flurstück:
Gewässers:

Entnahmestelle: Flusssufer (rechts ☐, links ☐) Flussmitte ☐ Entnahmetiefe:m
Wasserstand (Schätzung): hoch ☐ mittel ☐ niedrig ☐

II Allgemeine Angaben zur Probennahme

Anlass der Probennahme:
Datum: Uhrzeit:
.....(Stichprobe)
Bei Durchschnitts- bzw. Sammelproben:
Dauer der Probennahme: von bis

III Durchführung der Probennahme

Art der Probennahme: ☐ manuell ☐ apparativ
gleiche Zeitabschnitte: ☐ jaMinuten-Intervall ☐ nein
gleiche Probenvolumina: ☐ jaml ☐ nein
☐ konstanter ☐ wechselnder Durchfluss wurde ☐ berücksichtigt ☐ nicht berücksichtigt

IV Wahrnehmungen und Prüfungen Vor-Ort

Lufttemperatur: |_|_|°C Wassertemperatur: |_|_|°C pH-Wert
Sauerstoffgehalt:mg/L Basekapazität bis zum pH-Wert 8,2, $K_{B\ 8,2}$ mmol/L
Witterung: |_|_| 01 - trocken, 02 - mäßig feucht,
Witterung am Vortag: |_|_| 03 - Starkregenereignis während Probennahme,
04 - Schneedecke, 05 - Schneeschmelzperiode,
06 - Starkregenereignis vor Probennahme

Eh-t/pH-t/LF-t und ähnliche Plots sind, sofern vorhanden, den Protokollen beizufügen.

V Probenvorbehandlung und -überführung

Probe Nr.	Probenbehälter	Parameter	Konservierungsmaßnahme (Mittel und Menge)	Transport- und Lagerbedingungen (bei.... °C)

Bemerkungen:

Probennehmer: Institution: Unterschrift:

Übergabe der Proben an die Untersuchungsstelle:

Datum: Uhrzeit: Unterschrift: (Untersuchungsstelle)

**VI Lageplan (Rückseite oder Extrablatt verwenden)****Probennahmeprotokoll stehende Gewässer**

Projektname: Projektnummer:
Projektleiter: Telefon:

I Kennzeichnung der Entnahmestelle

Gemeinde: Kreis:
Bezeichnung: Nummer der Entnahmestelle:
Topographische Karte: Rechtswert: Hochwert:
Proben-Nr.: Flurnummer: Flurstück:
Name des Gewässers:

II Allgemeine Angaben zur Probennahme

Datum: Uhrzeit (Beginn): Uhrzeit (Ende):
Tiefe an Entnahmestelle:m Wasserfläche: ☐m² oder ☐ha

III Durchführung der Probennahme

Probennahmeart: Tiefenintegrierte Probe: ☐ Serie von Proben aus verschiedenen Tiefen: ☐
Im Falle einer tiefenintegrierten Probe: Entnahme zwischenm undm Tiefe
Sonstiges: ☐

Wahrnehmungen am Ort der Probennahme: Eisdecke mit ☐ / ohne ☐ Schneeeauflage

Trübung: verursacht durch Bodenpartikel ☐ / Plankton ☐ / Sedimentaufwirbelung ☐

Wasserpflanzen: unter der Wasseroberfläche (submers) ☐

ganz oder teilweise schwimmend ☐ oder herausragend (emers) ☐

Schätzung der Abflüsse (hoch ☐ mittel ☐ niedrig ☐ / der Zuläufe (hoch ☐ mittel ☐ niedrig ☐)

IV Wahrnehmungen und Prüfungen Vor-Ort

Witterung: ☐☐☐

01 - trocken, 02 - mäßig feucht,

Witterung am Vortag: ☐☐☐

03 - Starkregenereignis während Probennahme,

Lufttemperatur: ☐☐☐ °C

04 - Schneedecke, 05 - Schneeschmelzperiode,

Wolkenbedeckung: ☐☐☐ %

06 - Starkregenereignis vor Probennahme

Windstärke: Windrichtung:

Eh-t/pH-t/LF-t und ähnliche Plots sind, sofern vorhanden, den Protokollen beizufügen.

V Probenvorbehandlung und -überführung

Probe Nr.	Tiefe (m)	Proben-behälter	Parameter	Konservierungs-maß-nahme (Mittel und Menge)	Transport- und Lager-bedin-gungen (bei.... °C)

Bemerkungen:

Probennehmer: Institution: Unterschrift:

Übergabe der Proben an die Untersuchungsstelle:

Datum: Uhrzeit: Unterschrift: (Untersuchungsstelle)

VI Lageplan (Rückseite oder Extrablatt verwenden)