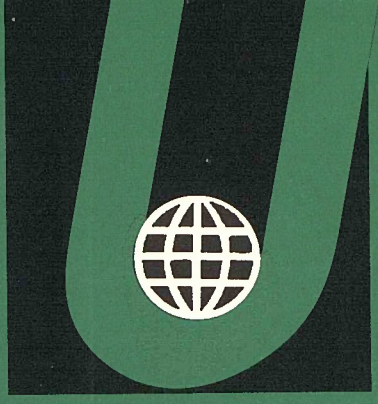


DER RAT
VON SACHVERSTÄNDIGEN
FÜR UMWELTFRAGEN

ALTLASTEN II

SONDERGUTACHTEN
FEBRUAR 1995

METZLER-POESCHEL STUTTGART

ALTLASTEN II

Erschienen im März 1995
Preis: DM 49,—
ISBN 3-8246-0367-5
Bestellnummer: 7 800 112-94 902
Druck: Bonner Universitäts-Buchdruckerei, Bonn

Der Rat von Sachverständigen
für Umweltfragen

ALTLASTEN II

Sondergutachten
Februar 1995

METZLER-POESCHEL STUTTGART

Mitglieder des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen

Prof. Dr. Hans Willi Thoenes, Essen (Vorsitzender)

Prof. Dr. Michael Succow, Greifswald (Stellvertretender Vorsitzender)

Prof. Dr. Hans-Jürgen Ewers, Münster

Prof. Dr. Dietrich Henschler, Würzburg

Prof. Dr. Wilhelm Korff, München

Prof. Dr. Eckard Rehbinder, Frankfurt am Main

Geschäftsstelle des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen
Postfach 55 28
65180 Wiesbaden
Telefon: (06 11) 75 42 10
Telefax: (06 11) 73 12 69

Leitung: Dr. Hubert Wiggering (Generalsekretär)
Dipl.-Volksw. Lutz Eichler (Stellvertretender Geschäftsführer)

Vorwort

Gemäß § 7 Abs. 2 des Erlasses über die Einrichtung eines Rates von Sachverständigen für Umweltfragen bei dem Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 10. August 1990 kann der Umweltrat neben seinem Auftrag, alle zwei Jahre ein Gutachten zu erstellen, zu Einzelfragen zusätzliche Gutachten erstatten oder Stellungnahmen abgeben.

Der Umweltrat legt mit dem Sondergutachten „Altlasten II" ein Gutachten vor, das einem speziellen Problem der Umweltpolitik gewidmet ist. Er nimmt zum ersten Mal ein Thema wieder auf, das bereits fünf Jahre vorher Gegenstand eines Sondergutachtens war. Grundlage auch dieses Gutachtens ist der im Einrichtungserlaß festgelegte Auftrag, die Situation der Umwelt darzustellen und auf Fehlentwicklungen und Möglichkeiten zu deren Vermeidung hinzuweisen. Das Gutachten zeigt zusammen mit dem Sondergutachten Altlasten aus dem Jahre 1989 Politikern, Verwaltungen, Unternehmen und der Öffentlichkeit den derzeitigen und künftigen Handlungsbedarf bei der Bewältigung des Altlastenproblems als einer relativ neuen Aufgabe der Umweltpolitik auf.

Der Umweltrat dankt für die Unterstützung, die ihm von den Ministerien des Bundes, vom Umweltbundesamt und vom Statistischen Bundesamt zuteil geworden ist. Ein besonderer Dank richtet sich an die Leitungen und die Mitarbeiter der Umweltministerien und der Umweltämter aller Bundesländer, die den Umweltrat bei der Stoffsammlung mit Auskünften in einer Weise unterstützt haben, die nicht selbstverständlich ist.

Gleichermaßen dankt der Umweltrat allen Teilnehmern an den durchgeführten Expertengesprächen; sie haben durch ihre fachlichen Stellungnahmen wichtige Informationen vermittelt. Auch allen anderen Personen und Institutionen, die bei der Erarbeitung des Gutachtens Hilfe geleistet haben, sei gedankt.

Die wissenschaftlichen Mitarbeiter des Umweltrates, Dr. László Kacsóh, Diplom-Agraringenieurin Dorte Meyer-Marquart, Dr. Sabine Monnerjahn und Assessor Stephan Schilde, haben durch eigene Ausarbeitungen zum Gelingen des Gutachtens wesentlich beigetragen. In bestimmten Arbeitsphasen wurde die Arbeit durch Dr. Helga Dieffenbach-Fries und Dr. Armin Sandhövel unterstützt. Zur Erarbeitung des Gutachtens haben auch alle anderen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Geschäftsstelle durch die sorgfältige und zuverlässige Erfüllung der Aufgaben in ihren Arbeitsbereichen beigetragen. Die Koordinierung aller Aktivitäten und die Gesamtleitung des Gutachtens lag in Händen von Diplom-Volkswirt Lutz Eichler; für seinen Einsatz ist der Umweltrat Herrn Eichler zu ganz besonderem Dank verpflichtet.

Fehler und Mängel, die das Sondergutachten „Altlasten II" enthält, gehen allein zu Lasten der Mitglieder des Umweltrates.

Wiesbaden, im Januar 1995

Hans Willi Thoenes, Vorsitzender

Inhalt

		Seite
Einleitung		15
1	**Entwicklung des Altlastenproblems seit 1989**	16
1.1	**Zur Abgrenzung und Auslegung wichtiger Begriffe**	16
	Abgrenzung zum allgemeinen Bodenschutz	16
	Der Altlastenbegriff und seine Herleitung	18
	Der Sanierungsbegriff	21
1.2	**Stand der Erfassung, Bewertung und Sanierung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten**	22
1.2.1	Vorbemerkung	22
1.2.2	Sachstand in den alten Bundesländern	23
1.2.3	Fazit	45
1.3	**Gefährdungsabschätzung**	46
1.3.1	Zur Entwicklung seit 1989	46
1.3.2	Untersuchungsmaßnahmen für die Gefährdungsabschätzung	48
1.3.3	Toxikologische Kriterien für die Gefährdungsabschätzung	48
1.3.3.1	Zu den toxikologischen Grundlagen und Anforderungen	49
	Anforderungen an eine optimale Herleitung toxikologisch begründeter Orientierungswerte	49
	Noch bestehende Defizite bei der Gefährdungsabschätzung	51
	Mindestanforderungen an die Gefährdungsabschätzung	52
1.3.3.2	Bestehende Ansätze zur toxikologischen Gefährdungsabschätzung	52
1.3.3.3	Schlußfolgerungen und Empfehlungen zur toxikologischen Gefährdungsabschätzung	55
1.3.4	Zur Gefährdungsabschätzung für Grundwasser	56
1.3.5	Werte zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen	58
	Bestehende Wertelisten	58
	Zum Problem der Verläßlichkeit von Prüfwerten und Maßnahmenwerten	58
1.3.6	Verfahren zur Gefährdungsabschätzung	64
1.3.6.1	Zur Struktur der Verfahren	64
1.3.6.2	Verfahrensüberblick	66
1.3.7	Ökotoxikologische Aspekte bei der Gefährdungsabschätzung	68
1.4	**Sanierungsziele und -maßnahmen**	70
1.4.1	Sanierungsziele	70
	Gefahrenabwehr	70
	Weitergehende Sanierungsziele	73
1.4.2	Durchführbarkeitsstudien für die Sanierung	75
1.4.3	Maßnahmen und Verfahren zur Sanierung	78
1.4.4	Überwachung	78
1.4.5	Fazit zur Sanierungstechnik und -überwachung	81

		Seite
1.5	**Kosten und Möglichkeiten der Finanzierung**	84
1.5.1	Kostenschätzungen	84
1.5.2	Derzeitige Finanzierung in den alten Bundesländern	87
1.5.3	Weitere Finanzierungsmöglichkeiten	90
1.6	**Rechtliche Aspekte der Altlastensanierung**	93
1.6.1	Gesetzliche Neuregelungen und Gesetzgebungsinitiativen des Bundes und der Länder	93
1.6.1.1	Zu den Regelungen der Länder	93
1.6.1.2	Zum Entwurf des Bundes-Bodenschutzgesetzes und der Bodenschutz- und Altlastenverordnung	96
1.6.2	Rechtliche Rahmenbedingungen für Bodenreinigungsanlagen	99
1.6.3	Rechtliche Einzelfragen der Sanierung	101
1.6.4	Altlasten und Planungsrecht	103
1.6.5	Instrumente der Vorsorge gegen zukünftige Altlasten	104
2	**Altlastenprobleme in den neuen Bundesländern**	106
2.1	**Stand der Erfassung, Bewertung und Sanierung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten**	106
2.1.1	Allgemeines	106
2.1.2	Sachstand in den neuen Bundesländern	107
2.1.3	Fazit	126
2.2	**Beschreibung besonderer Gefährdungspotentiale von altlastverdächtigen Altstandorten und Altablagerungen**	127
2.2.1	Altstandorte	127
2.2.1.1	Kurzanalysen ausgewählter Branchen nach Verfahren und Stoffen	127
2.2.1.2	Klassifizierung altlastrelevanter Stoffe nach ausgewählten Branchen	128
2.2.2	Altablagerungen	138
2.3	**Sonderprobleme bei Sanierungszielen und -maßnahmen**	139
2.3.1	Sanierungsziele	139
2.3.2	Sanierungsmaßnahmen und -verfahren	141
2.4	**Rechtliche Aspekte und Finanzierungsprobleme der Altlastensanierung in den neuen Bundesländern**	143
2.4.1	Verlauf der Rechtsentwicklung	143
2.4.1.1	Besondere Fragen der Verantwortlichkeit	143
	Rückwirkungsverbot	143
	Legalisierungswirkung	144
2.4.1.2	Rechtslage vor dem 3. Oktober 1990	145
	Rechtsvorschriften mit Bezugspunkten zu Altlasten	145
	Tatsächliche Umsetzung dieser Anforderungen	147
2.4.1.3	Rechtslage nach dem 3. Oktober 1990	147

		Seite
2.4.2	Darstellung neuer Regelungen in den Abfall- und/oder Bodenschutzgesetzen der neuen Länder	147
2.4.3	Planungsrechtliche Aspekte	149
2.4.4	Zur Freistellungsregelung und Finanzierung der Altlastensanierung	150
2.4.4.1	Inhalt und Auslegung der Freistellungsregelung	150
2.4.4.2	Einbeziehung von Umweltbelangen in die Entscheidung	154
2.4.4.3	Zur Praxis der Freistellung	154
2.4.4.4	Sanierung von Treuhandbetrieben	155
2.4.5	Finanzierungs- und Kostenprobleme	156
2.4.5.1	Zur Finanzierungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern	156
2.4.5.2	Kosten und Finanzierungsbedarf	157
3	**Militärische Altlasten**	160
3.1	**Zur Definition und Klassifikation**	160
3.2	**Stand der Erfassung, Bewertung und Sanierung von militärischen Altlasten**	162
3.2.1	Zur Bestandsaufnahme über Verdachtsstandorte von „Rüstungsaltlasten" in Deutschland	163
3.2.2	Zur Ermittlung von Altlastverdachtsflächen auf den Liegenschaften der Westgruppe der ehemaligen sowjetischen Truppen (WGT)	164
3.2.3	Altlastenprogramm der Bundeswehr	169
3.2.4	Fazit	171
3.3	**Zur Gefährdungsabschätzung für militärische Altlasten**	171
3.3.1	Besonderheiten des Stoffspektrums militärchemischer Erzeugnisse	171
3.3.1.1	Definitionen, Stoffcharakteristiken	171
3.3.1.2	Toxikologische Stoffbewertung	174
3.3.2	Verfahren zur Gefährdungsabschätzung für militärische Altlasten	177
3.3.2.1	Besondere Untersuchungsmaßnahmen für militärchemische Altlasten	177
3.3.2.2	Bewertungsverfahren für militärische Altlasten	178
3.4	**Sanierungsziele und -maßnahmen für militärische Altlasten**	180
3.4.1	Sanierungsziele für Altstandorte des Militärbetriebs	180
3.4.2	Sanierungsmaßnahmen und -verfahren für militärchemische Altlasten	181
3.5	**Rechtliche Aspekte und Finanzierungsprobleme bei der Sanierung militärischer Altlasten**	184
3.5.1	Zur Frage der Verantwortlichkeit	184
3.5.1.1	Altstandorte des Militärbetriebs	185
	Ehemals von deutschen Streitkräften genutzte Liegenschaften	185
	Ehemals von ausländischen Streitkräften genutzte Liegenschaften	185
3.5.1.2	Altstandorte der Militärproduktion	189
3.5.2	Zur Finanzierungsverantwortlichkeit	189
3.5.3	Kosten und Finanzierungsbedarf	191

Seite

4 Schlußfolgerungen und Empfehlungen 193
Zu den Begriffen 193
Zum Stand der Erfassung, Bewertung und Sanierung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten 193
Zur Gefährdungsabschätzung 194
Zu den Sanierungszielen 196
Zu den Sanierungsmaßnahmen 197
Zu den rechtlichen Aspekten 198
Zu Kosten- und Finanzierungsproblemen 200

Anhänge zu den Texten 201

Anhang 1: Stand der Altlastensanierungstechnik 202

1 Stoffentnahme 202

2 Sicherungsmaßnahmen 204

2.1 Passive hydraulische und pneumatische Maßnahmen 204

2.2 Einkapselung 205
Oberflächenabdichtungssysteme 205
Vertikale Abdichtung (Dichtwandsysteme) 206
Nachträgliche Untergrundabdichtung (Basisabdichtung) 208

2.3 Immobilisierung 209

3 Dekontaminationsverfahren 210
Allgemeine Trends bei der Bodenreinigung 210
Mobile Anlagen versus stationäre Anlagen und Bodenbehandlungszentren 210

3.1 Chemisch-physikalische Trenn- und Umwandlungsverfahren 212
Extraktions- und Waschverfahren 212
Desorptionsverfahren 214
Elektrokinetische Verfahren 214

3.2 Biologische Verfahren 216
Mikrobiologische Verfahren 216
Makrobiologische Verfahren 217

3.3 Thermische Verfahren 218

4 Umlagerung 219
Off site – Umlagerung unbehandelten Materials 219
On site – Umlagerung 219

Anhang 2: Kurzanalysen ausgewählter Branchen in der ehemaligen DDR nach Verfahren und Stoffen 221

1 Produktionslinien der Chemieindustrie 221

1.1 Carbochemie 221
Verkokung 221
Verschwelung 222
Hydrierung und Reformierung 222
Vergasung 224

1.2 Organische Basis-Synthesechemie 225
Carbid-Acetylen-Chemie 225
Carbid-Cyanamid-Chemie 225

Seite

Produktion von Pflanzenschutzmitteln ... 225
Kunststoff-Chemie ... 227
Cellulose- und Viskoseproduktion ... 229

1.3 Anorganische Grundstoff-Chemie ... 229
Schwefelsäureherstellung aus Sulfaten, Zementherstellung ... 229
Chlorerzeugung, anorganische Chlorchemie ... 230
Phosphor-, Fluor-, Stickstoffchemie ... 230

2 Energiewirtschaft auf Braunkohlebasis ... 230

3 Erzverarbeitung ... 232

4 Standorte der industriellen Landwirtschaft ... 232

Anhang 3: Dekontaminationsverfahren für militärchemische Altlasten ... 235
Vorbemerkung ... 235
Naßmechanische Aufschlußverfahren ... 235
Extraktion ... 235
Thermische Desorption ... 236
Chemische Umwandlung und Zersetzung ... 238
Direkte thermisch-oxidative Zersetzung ... 240
Mikrobiologische Behandlung ... 240

Anhang

		Seite
1	Erlaß über die Einrichtung eines Rates von Sachverständigen für Umweltfragen beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	244
2	Literaturverzeichnis	246
3	Verzeichnis der Abkürzungen	267
4	Register	271
5	Veröffentlichungen des Rates	282

Verzeichnis der Abbildungen im Text

		Seite
1.0	Abgrenzung zwischen Bodenschutz und Altlasten	17
1.1	Ableitung der Begriffe Altablagerung, Altstandort, Altlastverdachtsfläche und Altlast	20
1.2	Stand der Aktivitäten der Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg	24
1.3	Stand der Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg	25
1.4	Altlastverdachtsflächen in Bayern – Prioritäten für die Voruntersuchung	26
1.5	Altablagerungen nach Art der Ablagerung in Bremen	28
1.6	Altablagerungen nach Volumengrößenklassen in Bremen	28
1.7	Altablagerungen nach heutiger Nutzung in Bremen	29
1.8	Verdachtsflächen aus Altablagerungen nach Volumengrößenklassen und Flächengrößenklassen in Hessen	32
1.9	Art und Anzahl der Sanierungsmaßnahmen im Bereich Altablagerungen in Hessen	32
1.10	Altstandorte nach Branchengruppen in Hessen	33
1.11	Art und Anzahl der Sanierungsmaßnahmen im Bereich Altstandorte in Hessen	33
1.12	Art und Anzahl der Altlastensanierungsmaßnahmen in Hessen	34
1.13	Altablagerungen in Niedersachsen	36
1.14	Ausgewählte Kriterien zur Erstbewertung von Altablagerungen in Niedersachsen	37
1.15	Altablagerungen in Niedersachsen – Anzahl der Anlagen, die jeweils zum Jahresbeginn in Betrieb beziehungsweise geschlossen waren	37
1.16	Altablagerungen in Niedersachsen – Erstbewertungsergebnis für die Kriterien Volumenklasse und Gefährdungsklasse	38
1.17	Altstandorte nach Branchengruppen in Nordrhein-Westfalen	40
1.18	Altablagerungen nach Volumengrößenklassen und Flächengrößenklassen in Rheinland-Pfalz	42
1.19	Altablagerungen nach gegenwärtiger Nutzung und Lage innerhalb eines Nutzungsgebietes in Rheinland-Pfalz	42
1.20	Altstandorte nach Altlastrelevanz der Betriebsflächen am Beispiel der Stadt Worms und der Gemeinde Betzdorf	43
1.21	Darstellung der Schritte des Sanierungsablaufs	77
1.22	Zuordnung der wichtigsten Sanierungsverfahren zu den Maßnahmentypen	79
1.23	Meß- und Überwachungsaufgaben bei der Altlastensanierung	82
2.1	Verdachtsflächen aus Altablagerungen nach Volumengrößenklassen und Flächengrößenklassen in Brandenburg	108
2.2	Altablagerungen nach Geländeart vor der Ablagerung in Brandenburg	109
2.3	Altablagerungen in Mecklenburg-Vorpommern	110
2.4	Altablagerungen nach Nutzungsarten in Mecklenburg-Vorpommern	111
2.5	Altstandorte nach Entfernung zu Bebauungen in Mecklenburg-Vorpommern	112

		Seite
2.6	Altstandorte und Altablagerungen mit hoher Priorität in Sachsen-Anhalt	114
2.7	Altablagerungsstandorte in Sachsen-Anhalt	115
2.8	Altablagerungen in Sachsen-Anhalt – Erstbewertungsergebnis für die Kriterien Volumenklasse und Gefährdungsklasse	116
2.9	Altablagerungen nach Entfernung zu sensiblen Nutzungen bzw. Schutzgütern in Sachsen-Anhalt	117
2.10	Altablagerungen nach Sohllage zum Grundwasserspiegel und hydraulischer Durchlässigkeit des Bodenkörpers in Sachsen-Anhalt	118
2.11	Altstandorte nach Branchengruppen in Sachsen-Anhalt	119
2.12	Altstandorte nach Flächen- und Gefährdungsklassen in Sachsen-Anhalt	120
2.13	Erstbewertung von Altlastverdachtsflächen im Kreis Bernburg	120
2.14	Altablagerungen in Sachsen	122
2.15	Altablagerungen nach Sohllage zum Grundwasserspiegel und hydraulischer Durchlässigkeit des Bodenkörpers in Sachsen	123
2.16	Altablagerungen nach Entfernungsbereichen zu sensiblen Nutzungen in Sachsen	124
2.17	Altstandorte nach Branchengruppen in Sachsen	125
2.18	Altablagerungen nach Volumengrößenklassen in Thüringen	126
2.19	Altablagerungen in Thüringen nach Entfernung zu sensiblen Nutzungen beziehungsweise Schutzgütern	127
3.1	Rüstungsaltstandorte nach Anlagenart	164
3.2	„Rüstungs"standorte (Altstandorte der Militärproduktion) in Deutschland vor 1948	165
3.3	Stand der Arbeiten im WGT-Projekt	166
3.4	Kontaminationsprofil erfaßter Altlastverdachtsflächen in WGT-Liegenschaften	167
3.5	Betroffene Schutzgüter bei Altlastverdachtsflächen in WGT-Liegenschaften	168
3.6	Ergebnis der Erstbewertung (MEMURA) von Altlastverdachtsflächen in WGT-Liegenschaften	168
3.7	Sofortmaßnahmen bei Altlastverdachtsflächen in WGT-Liegenschaften	169
3.8	Prioritätensetzung mit den Modellen MEMURA und MAGMA	178
3.9	Verfahrensschema zur Durchführung der Bewertung mit dem Modell MAGMA	179
A.1.1	Zuordnung der wichtigsten Sanierungsverfahren zu den Maßnahmentypen	203
A.1.2	Prinzipskizze einer kombinierten hydraulischen Sanierung („In-Topf-Ausspülung")	205
A.1.3	In Betrieb befindliche, genehmigte, in Bau und in Planung befindliche Bodenbehandlungszentren (stationäre Anlagen)	211
A.1.4	Mobile Suspensions-Strip-Anlage	215
A.1.5	Entzüge einer elfjährigen Fruchtfolge bei steigender Schwermetallbelastung des Bodens	218

		Seite
A.2.1	Das Produktspektrum der Braunkohleverschwelung	223
A.2.2	Das Produktspektrum der Carbid-Acetylen-Chemie der ehemaligen Buna-Werke in Schkopau	226
A.2.3	Die Kunststoffproduktionslinien der DDR	228
A.2.4	Bilanz der Braunkohleverarbeitung in der DDR für das Jahr 1976	231
A.2.5	Die Struktur des ehemaligen „Kombinat industrielle Mast" (KIM)	234
A.3.1	Blockfließbild der Anlage „Munster II" (Prinzipskizze)	236
A.3.2	Chemisch-biologische Entsorgung am Beispiel von kontaminierten Böden	239

Verzeichnis der Tabellen im Text

		Seite
1.1	Ablagerungen nach Art und Flächengröße in Westberlin	27
1.2	Altlastverdachtsflächen nach Branchenhauptgruppen in Westberlin	27
1.3	Altlastverdachtsflächen nach empfindlichen Flächennutzungen/ Schutzgebieten in Westberlin	27
1.4	Altablagerungen nach Schadstoffen bzw. Schadstoffgruppen in Bremen	29
1.5	Altablagerungen in Hamburg nach Ablagerungsart	30
1.6	Verdachtsflächen aus Altablagerungen nach Ablagerungsart in Hessen	31
1.7	Verdachtsflächen aus Altablagerungen nach Lage zu gegenwärtigen Nutzungen in Hessen	31
1.8	Altablagerungen in Niedersachsen nach Sohllage und hydraulischer Durchlässigkeit	36
1.9	Stand der Anwendung von Sanierungsverfahren in Nordrhein-Westfalen	39
1.10	Altablagerungen nach Deponieart in Rheinland-Pfalz	41
1.11	Weiterführende Maßnahmen nach Abschluß der Gefährdungsabschätzung für Altablagerungen in Schleswig-Holstein nach Gebietskörperschaften	45
1.12	Altstandorte nach Standorttypen in Schleswig-Holstein	45
1.13	Zuordnung der Orientierungswerte verschiedener, in Deutschland verwendeter Listen zur Bodenbeurteilung, zu Bodennutzungsszenarien	59
1.14	Zuordnung der Bewertungsmodelle nach Zweck der Anwendung und Grundkonzept der Verfahren	67
1.15	Modellstandorte in Deutschland – Technologieüberblick	80
1.16	Zusammenstellung von Kostenschätzungen für die Altlastensanierung in den alten Bundesländern	84
1.17	Spezifische Kosten für die verschiedenen Dekontaminationsverfahren	85
1.18	Kostenabschätzung für drei Sanierungsvarianten	85
1.19	Durchschnittlicher prozentualer Anteil der Teilleistungen an den Gesamtkosten	86
1.20	Altlastenfinanzierungsmodelle in den alten Bundesländern	87
1.21	Übersicht der Altlastenregelungen der Länder	94
2.1	Altablagerungen nach Art der derzeitigen Nutzung am Beispiel ausgewählter Landkreise in Brandenburg	108
2.2	Altstandorte nach Branchengruppen in Mecklenburg-Vorpommern	112
2.3	Altstandorte nach derzeitiger Nutzung in Mecklenburg-Vorpommern	112
2.4	Altstandorte nach Gefährdungsklassen in Sachsen-Anhalt	118
2.5	Altablagerungen nach Ablagerungsart in Sachsen	121
2.6	Altablagerungen in Sachsen – Vorkommen in Schutz- und Nutzungsgebieten	123

		Seite
2.7	Altlastverdächtige Produktionslinien in der ehemaligen DDR und mögliche beurteilungsrelevante Stoffe und Stoffgemische	129
2.8	Zuordnung möglicherweise toxikologisch relevanter Stoffe zu entsprechenden Branchen	136
2.9	Ausgewählte Schätzungen des Finanzierungsbedarfs für die Altlastensanierung in den neuen Bundesländern	158
2.10	Vorläufige Schätzung der Kosten für die Altlastenbewältigung in den neuen Bundesländern	158
2.11	Geschätztes Finanzvolumen der 21 festgestellten Großprojekte – ohne Braunkohlesanierung –	159
3.1	Kategorien militärischer Altlasten	162
3.2	Erfaßte Rüstungsaltlastverdachtsstandorte in der Bundesrepublik Deutschland nach Nutzungsarten	163
3.3	Anzahl der Verdachtsstandorte in den Kategorien 1–3	164
3.4	Anzahl erfaßter Altlastverdachtsflächen auf Bundeswehrliegenschaften	170
3.5	Stand der Bearbeitung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten auf Bundeswehrliegenschaften	170
3.6	Relevante Nitrostoffe auf Sprengstoff-Altlastverdachtsflächen (Auswahl)	173
3.7	Liste militärchemischer Stoffe, für die derzeit tolerierbare, resorbierbare Körperdosen (TRD) abgeleitet werden	177
3.8	Verträge zum Aufenthalt ausländischer Streitkräfte in der Bundesrepublik Deutschland	187
3.9	Ermittlung der voraussichtlichen Sanierungskosten auf ausgewählten WGT-Liegenschaften	192
A.1.1	Chemisch-physikalische Trenn- und Umwandlungsverfahren der Bodenreinigung	212
A.2.1	Standorte und Kapazitäten der Braunkohleschwelanlagen in der ehemaligen DDR	222
A.2.2	Zusammensetzung von Braunkohleaschen ost- und westelbischer Provenienz	224
A.2.3	Standorte der Erzgewinnung und -verarbeitung (Metallurgie)	232
A.3.1	Behandelbare Materialien in der Kampfstoffverbrennungsanlage der Bundeswehr in Munster („Munster I")	240

Einleitung

1. Im Dezember 1989 hat der Sachverständigenrat für Umweltfragen sein Sondergutachten „Altlasten" vorgelegt und damit einen Beitrag zur Bewältigung dieser neuen Aufgabe für die Umweltpolitik geleistet. Das Gutachten hat sich in Fachkreisen und in der Öffentlichkeit als hilfreiche Arbeitsgrundlage erwiesen. Nach Ablauf von fünf Jahren legt der Umweltrat nunmehr das Sondergutachten „Altlasten II" vor. Zu dieser Arbeit haben ihn folgende Gründe bewogen.

2. Im Sondergutachten 1989 hat der Umweltrat Begriffsdefinitionen vorgeschlagen und zahlreiche Empfehlungen ausgesprochen. Diese sollten auf Grund der in den letzten fünf Jahren gesammelten Erfahrungen überprüft und ergänzt werden (Kapitel 1). Hierbei interessierten unter anderem die Entwicklungen bei der Gefährdungsabschätzung für Altlastverdachtsflächen, bei der Sanierungszielsetzung und bei den Sanierungsmaßnahmen. Neue Akzente ergeben sich auch aus rechtlicher Sicht durch die Vorlage von Entwürfen für ein Bundes-Bodenschutzgesetz und für ein untergesetzliches Regelwerk, mit denen das rechtliche Instrumentarium zu Erfassung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung sowie Überwachung von Altlasten geschaffen werden soll. Darüber hinaus sind auch Fragen zur Entwicklung der Kosten, zur Eignung der eingeführten Finanzierungsinstrumente und zu weiteren Finanzierungsmöglichkeiten neu hinzugekommen. Schließlich gibt es inzwischen eine Vielzahl an Beteiligungsbeziehungsweise Mediationsverfahrensvorschlägen zur Einbeziehung direkt von der Altlastenproblematik Betroffener sowie beteiligter beziehungsweise interessierter Kreise. Eine genauere Analyse und Bewertung dieser gesellschaftlichen Entscheidungsfindungsverfahren ist im Umweltgutachten 1996 im Rahmen der Auseinandersetzung mit der Festlegung von Grenzwerten vorgesehen.

3. Das Sondergutachten von 1989 konnte keine Aussagen über die Altlastensituation in den neuen Bundesländern enthalten, weil die tiefgreifenden politischen Veränderungen in der ehemaligen DDR in den Zeitraum seiner Veröffentlichung fiel. Erst im Laufe der Zeit wurden die ökologischen Belastungen der Schutzgüter Boden, Wasser und Luft in den neuen Bundesländern deutlich. In besonderer Weise zählen die mit Altlasten verbundenen Umweltgefährdungen und Umweltschäden hierzu.

Zahlreiche spektakuläre Fälle und eine immer wiederkehrende, mit Altlasten verknüpfte Argumentation bei der Darstellung der Probleme hinterließen den Eindruck, daß in den neuen Bundesländern flächendeckend Altlasten vorliegen. Es ist dringend notwendig, Klarheit über Umfang und Verteilung der Altlasten in den neuen Bundesländern zu schaffen. Hierzu bedarf es einer eingehenden Darstellung über die Art der altlastverdächtigen Flächen und ihrer Gefährdungspotentiale sowie über die Erfordernisse einer nutzungsorientierten Sanierung. Sie kann dazu beitragen, Investitionshemmnisse in den neuen Bundesländern abzubauen. Die bestehenden besonderen Altlastenprobleme in den neuen Bundesländern haben den Ausschlag dafür gegeben, die Situation in einem gesondertem Kapitel 2 zu schildern, obwohl nach Ablauf von vier Jahren viele Probleme gemeinsamer Art sind und für eine einheitliche Darstellung sprechen.

Zu den ökologischen Altlasten im weiteren Sinne gehören auch die Altlasten des Braunkohlebergbaus und des Uranerzbergbaus in den neuen Bundesländern. In beiden Fällen handelt es sich um eigenständige Umweltprojekte mit einer besonderen Dimension. Bei den stillgelegten Tagebauen des Braunkohlebergbaus geht es in erster Linie um Maßnahmen zur Herstellung der bergtechnischen Sicherheit, zur Sanierung der großräumigen Landschaftszerstörung und zur Wiederherstellung eines ausgeglichenen Wasserhaushaltes. Altlastenrelevant im Sinne des Gutachtens sind dagegen nur die alten Ablagerungen und Verfüllungen der Tagebaurestlöcher mit kommunalen oder industriellen Abfällen; sie sind auch Gegenstand des Gutachtens.

Die Koordination der länderübergreifenden Braunkohlesanierung erfolgt in einer Steuerungsgruppe unter Federführung des Bundesumweltministers, in der zuständige Bundesressorts, die betroffenen Bundesländer Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen, die Treuhandanstalt, Unternehmen und Gewerkschaften vertreten sind. Sie gibt dem „Büro Braunkohlesanierung", das durch Kabinettsbeschluß vom 23. September 1992 mit dem Zweck der Unterbreitung von Empfehlungen für Planung und Durchführung der Sanierungsmaßnahmen eingerichtet wurde, die inhaltlichen Vorgaben. Die Braunkohlesanierung ist eine langfristige Aufgabe. Deshalb hält der Umweltrat die Beibehaltung der genannten Institutionen auch über 1994 für wünschenswert.

Die vom Uranerzbergbau hinterlassenen ökologischen Belastungen in Sachsen und Thüringen resultieren aus der von der ehemaligen Sowjetisch-Deutschen Aktiengesellschaft WISMUT (SDAG WISMUT) bis 1990 betriebenen Urangewinnung. Sie sind in erster Linie durch ihre Strahlungsintensität bestimmt. Die Altlasten des Uranerzbergbaus sind Gegenstand eines Untersuchungsprogrammes des Bundesamtes für Strahlenschutz.

4. Die Besonderheiten bei militärischen Altlasten konnten im Sondergutachten 1989 nur partiell berücksichtigt werden. In letzter Zeit hat sich das Problem der durch Herstellung oder Ablagerung von Sprengstoffen und chemischen Kampfstoffen entstandenen militärischen Altlasten um den Bereichder Kontaminationen erweitert, die durch den Militärbetrieb entstanden sind. Die Ursachen liegen in der Freigabe von militärischen Liegenschaften durch die Bundeswehr und durch die ausländischen Streitkräfte in Deutschland. Es erscheint dem Umweltrat zweckmäßig, den Stand der Erfassung und Bewertung zu beurteilen, um zum Beispiel Fehlentwicklungen durch unterschiedliche Vorgehensweisen und bei der Aufstellung von Prioritäten in einem frühen Stadium zu vermeiden. Die aus dem Bereich der militärischen Altlasten gewonnenen Erkenntnisse müssen zur Verhinderung zukünftiger Altlasten auf den noch betriebenen militärischen Standorten Anwendung finden.

1 Entwicklung des Altlastenproblems seit 1989

1.1 Zur Abgrenzung und Auslegung wichtiger Begriffe

5. Das Altlastenproblem ist in den letzten Jahren sowohl in der Umweltpolitik als auch in der Fachwelt immer stärker in den Vordergrund des Interesses gerückt. Die Umweltzusammenhänge und die Dimension des Problems sind – nicht zuletzt durch die im Zuge der Vereinigung beider deutscher Staaten neu hinzugekommenen Belastungen – zunehmend in das Bewußtsein der Verantwortlichen und der Bevölkerung gedrungen und es sind umfassende und intensive Aktivitäten auf Bundes- und Länderebene eingeleitet und vorangetrieben worden. Dabei haben sich zum Teil unterschiedliche Lösungsansätze und Vorgehensweisen herausgebildet. Ein Beispiel ist die uneinheitliche Bildung und Auslegung wichtiger Begriffe. So ist teilweise eine Tendenz zu beobachten, eingeführte Begriffe anders zu interpretieren, zu ergänzen oder völlig in Frage zu stellen und neue Begriffe oder Abgrenzungen zu bilden. Für ein relativ neues Sachgebiet der Umweltpolitik, wie es der Altlastenbereich darstellt, ist das kein ungewöhnlicher Prozeß; er kann einerseits zu Präzisierungen führen, andererseits aber auch Unklarheiten hervorrufen. Die Diskussion über die Begriffsfindung und -verwendung konzentriert sich nach Beobachtungen des Umweltrates vor allem auf

- die Abgrenzung des Bereichs Altlasten vom allgemeinen Bodenschutz,
- den Altlastenbegriff an sich und seine Herleitung und
- die Auslegung des Sanierungsbegriffs.

Da der Umweltrat in seinem Sondergutachten aus dem Jahre 1989 Vorschläge zur einheitlichen Begriffsbildung unterbreitet hat, sieht er sich im Rahmen dieses Gutachtens zu einigen Anmerkungen veranlaßt.

Abgrenzung zum allgemeinen Bodenschutz

6. Bodenschutz muß in mehrfacher Weise erfolgen, nämlich hinsichtlich

- der Flächeninanspruchnahme,
- der andauernden (Schad)Stoffeinträge in Böden und physikalischen Bodenbelastungen sowie
- der Sanierung bereits vorhandener Bodenbelastungen.

Die beiden ersten Aufgaben – also der quantitative und qualitative Bodenschutz – haben die Erhaltung der Böden und ihrer Funktionen zum Ziel, während es sich bei der Sanierung um die Reparatur bereits vorhandener Schädigungen mit dem Ziel der Gefahrenabwehr handelt. Unstrittig ist, daß Flächenverbrauch und Altlasten zwei unterschiedliche Teilbereiche des Bodenschutzes darstellen. Anders verhält es sich hinsichtlich der Differenzierung zwischen andauernden schädlichen Bodenveränderungen durch Stoffeinträge und physikalische Belastungen und der Sanierung von bereits verunreinigten oder sonstwie geschädigten Böden. Die bestehenden Auffassungsunterschiede resultieren in erster Linie aus der unterschiedlichen Interpretation der Abgrenzungskriterien

- Ausdehnung der Belastungen und
- Zeit der Entstehung der Belastungen.

In der Praxis hat sich zwar die Auffassung weitgehend durchgesetzt, nur punktförmige oder kleinflächige Belastungen durch bereits abgeschlossene Handlungen in das Sachgebiet Altlasten einzubeziehen, also flächenhafte Kontaminationen und Devastierungen sowie fortdauernde Handlungen nicht zu berücksichtigen. Es gibt aber auch Auffassungen, die diese Differenzierung vor allem unter Umweltschutzaspekten für nicht sachgerecht halten. Zutreffender sei eine weitergefaßte Abgrenzung unter Verwendung von Begriffen wie „Kontaminationsstandorte oder flächen", „Kontaminationslasten" und andere (z. B. HAHN, 1993; DÖRHÖFER, 1992; LINDEMANN, 1991).

7. Aufgrund der in den letzten Jahren gewonnenen Erfahrungen über Umfang und Ausdehnung besonders von Altablagerungen in den neuen Bundesländern schlägt der Umweltrat vor, für die Beschreibung des räumlichen Verbreitungstyps der Belastung nicht mehr allein auf die Merkmale punktförmig oder kleinflächig zurückzugreifen. Entscheidend ist vielmehr auch, daß es sich um klar abgegrenzte Flächen handelt, die auch relativ großflächig sein können. Als Beispiele sind ausgedehnte Grundstücke ehemaliger Kombinate und Altablagerungen wie etwa Aufbringungsflächen für Produktionsrückstände und Abwässer sowie Industriehalden zu nennen. Bei den großflächigen Altstandorten hat sich entgegen früheren Darstellungen gezeigt, daß sie oft nur zum Teil durchgängig schwer kontaminiert sind, also auch unbelastete Teilflächen einschließen können (Tz. 228). Eine Einordnung dieser Flächen unter den Altlastenbegriff erscheint deshalb sinnvoll, weil sie hinsichtlich der Untersuchung, Bewertung und Sanierung keine grundsätzlich anderen Vorgehensweisen erfordern als punktförmige oder kleinflächige Verdachtsflächen. In den Fällen, in denen sich die Belastungen auf Teilflächen beschränken, muß dennoch das Altlasteninstrumentarium zur Erfassung und Erstbewertung zunächst auf die gesamte Fläche angewandt werden, und es kann sich erst auf den späteren Stufen des Verfahrens eine Einengung auf die tatsäch-

lich kontaminierten Teilflächen ergeben. Bei den anderen in Betracht kommenden Flächen mögen die Belastungen von geringerer Komplexität und Auswirkung sein, jedoch ist auch hier das stufenförmige Vorgehen, wie es bei punktförmigen und kleinflächigen Altlastenflächen praktiziert wird, zweckmäßig. Eine Einordnung dieser Flächen in den Bereich der Altlasten gestattet, auch sie in die Setzung von Prioritäten einzubeziehen.

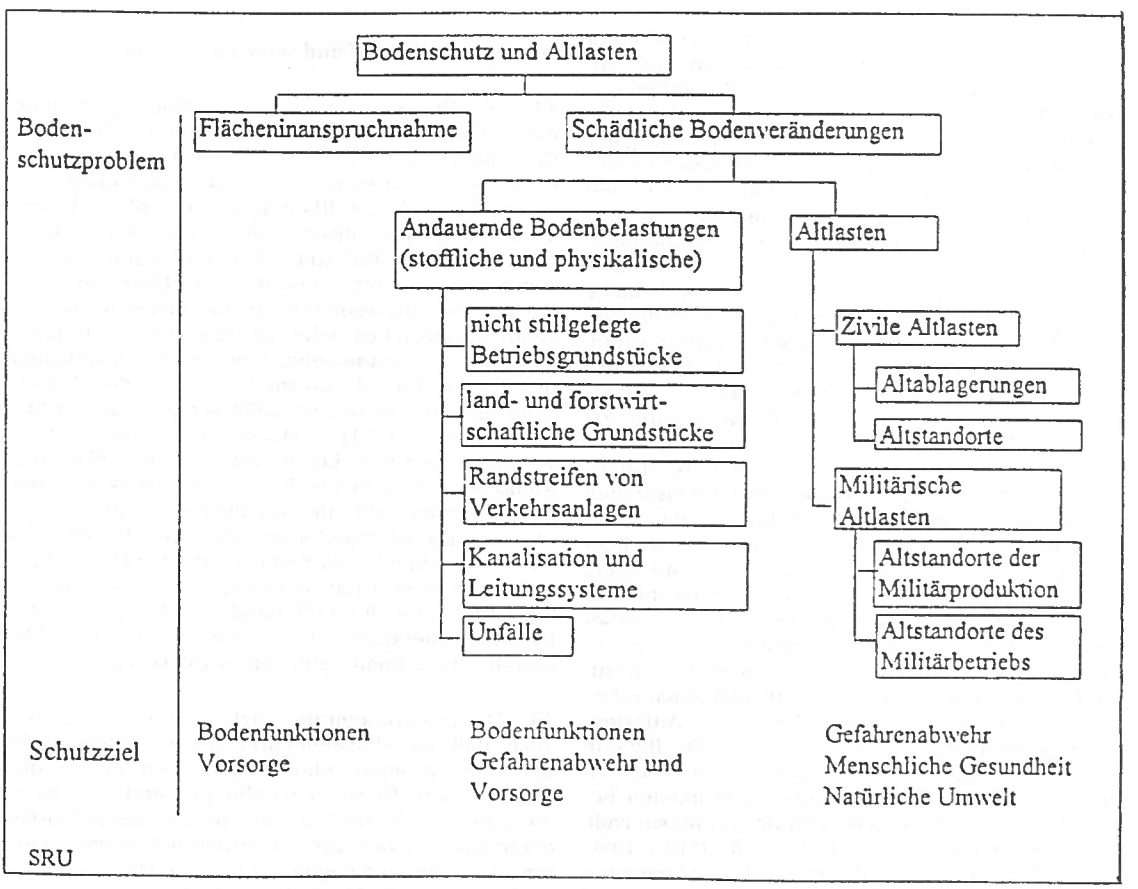
8. Im Gegensatz zu Altlasten handelt es sich bei diffusen Bodenkontaminationen meist um große, nicht klar abgegrenzte Flächen mit Stoffeinträgen aus verschiedenen Quellen. Die Stoffeinträge können aus einer mobilen Einzelquelle, zum Beispiel Gülle- oder Pestizidausbringung im Rahmen landwirtschaftlicher Bodenbewirtschaftung, aus einer Vielzahl von mobilen Quellen (z. B. Randstreifenbelastung der Verkehrswege durch Kraftfahrzeuge) oder aus stationären Quellen mit großer räumlicher Ausbreitung (z. B. Einträge über den Luftpfad und Sedimentablagerungen bei Überschwemmungen) stammen.

Diffuse Bodenbelastungen konzentrieren sich typischerweise auf die obersten Bodenschichten mit einer mehr oder weniger gleichmäßigen Schadstoffverteilung über die betroffene Fläche, und sie erfordern deshalb hinsichtlich der Untersuchung, Bewertung und Sanierung grundsätzlich andere Vorgehensweisen als Altlasten. Es wird aber nicht verkannt, daß zum Beispiel hinsichtlich der Schutzziele, des Gefährdungspotentials, der Gefährdungsabschätzung und der Sanierungsaufgaben auch Gemeinsamkeiten bestehen beziehungsweise die Übergänge fließend sein können. Diffuse Bodenbelastungen sind deshalb durch Anwendung des Instrumentariums des allgemeinen Bodenschutzrechts, wie zum Beispiel im II. Teil des Entwurf eines Bundes-Bodenschutzgesetzes vorgeschlagen wird, zu bewältigen. In Abbildung 1.0 wird die Abgrenzung zwischen Bodenschutz und Altlasten zusammengefaßt dargestellt.

9. Bei Altlasten aus Altablagerungen sind Böden in der Mehrzahl der Fälle nicht mehr vorhanden. Sie stellen weniger eine Boden- als eine Grundwassergefährdung dar; fallweise können auch Oberflächengewässer beeinträchtigt werden. Die Sanierungsziele bei Altlasten aus Altablagerungen lehnen sich be-

Abbildung 1.0

Abgrenzung zwischen Bodenschutz und Altlasten



sonders bei den Sicherungsmaßnahmen eng an die Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen für Deponien an (Multibarrierenprinzip).

Bei Altlasten aus Altstandorten können Böden und Untergrund durch Schadstoffe verunreinigt sein. Je nach Bindungsvermögen und Anreicherungsgrad der Schadstoffe in der wasserungesättigten Bodenzone können die Regelungsfunktion mit ihren stofflichen und energetischen Flüssen, die Produktionsfunktion beim Anbau von Nutzpflanzen und der Lebensraum nachteilig beeinflußt werden. Hierdurch können die Verunreinigungen an Altstandorten zu einem Bodenschutzproblem werden. Darüber hinaus gibt es auch Altstandorte, bei denen Grundwasserbeeinträchtigungen oder gefährdungen vorliegen oder sogar im Vordergrund stehen.

Altablagerungen haben bedingt durch ihr Schadstoffinventar und durch ihre Gefährdungspfade und Sanierungsziele eine unmittelbare Beziehung zur Abfallwirtschaft; bei Altstandorten liegt in der Regel eine größere Nähe zum Bodenschutz vor, wenn auch hier in der Praxis der Sanierung die Übergänge fließend sein können.

Physikalische Bodenbeeinträchtigungen, wie zum Beispiel Erosionen, Bodenversiegelungen oder Devastierungen als Folge des Tagebergbaus, gehören nach Auffassung des Umweltrates nicht zum Altlastenbereich.

10. Das Kriterium des Zeitpunkts der Beendigung der Kontamination bereitet für Altlasten aus Altablagerungen, dem ursprünglichen Altlastenbereich, kaum Interpretationsprobleme. Hier gilt bei der Erfassung in der Regel der Zeitpunkt der Stillegung der Anlage, das heißt die Beendigung der Abfallbeseitigung meist in Form der Deponierung. Bei Altlasten aus Altstandorten bestehen allerdings erhebliche Abgrenzungsprobleme. Dies zeigt sich insbesondere in den unterschiedlichen Definitionen in den Ländergesetzen, die zum Teil auch in Betrieb befindliche Anlagen nicht aus dem Altlastenbegriff ausschließen (Tz. 288ff.). Nach Auffassung des Umweltrates muß sich die Abgrenzung danach richten, ob bei in Betrieb befindlichen Anlagen Boden- und Grundwasserbelastungen verursacht wurden, die in ihrer Art und nach den Umständen der Verursachung denen stillgelegter Anlagen entsprechen. Dies ist grundsätzlich auch der Fall, wenn die Umweltbelastungen aus Teilstillegungen oder aus Produktionsumstellungen noch betriebener Anlagen stammen. Hier liegt ein abgeschlossener Tatbestand vor, der den Einsatz des Altlasteninstrumentariums nahelegt, da die laufende Überwachung seitens der Immissionsschutzbehörde sich nur an den gegenwärtigen Betriebsbedingungen orientieren und nur die mit dem gegenwärtigen Betrieb verbundenen Umweltbelastungen erfassen kann. Der konzeptionelle Zugriff des Altlastenrechts ist dadurch gekennzeichnet, daß der Blick in die Vergangenheit gerichtet wird. Auch wenn im Einzelfall gewisse Abgrenzungsschwierigkeiten bestehen können, erscheint es dem Umweltrat sinnvoll, daß Begriffsmerkmal der „Stillegung" (SRU, 1989, Tz. 42, 58f.) bei Altstandorten in diesem weiteren Sinne zu verstehen. Sicherlich wird dadurch die Zahl der Verdachtsflächen erheblich vermehrt und der Arbeitsaufwand erhöht. Dies beruht jedoch allein darauf, daß mangels Einbeziehung derartiger Standorte in die Definition der Altlasten gegenwärtig die spezifischen Probleme dieser Standorte überwiegend einfach noch ignoriert werden. Eine solche Erfassung als Altlastverdachtsfläche betrifft solche Anlagen, die vor Inkrafttreten der §§ 5 Abs. 3 und 17 Abs. 4a BImSchG im Jahre 1990 teilweise stillgelegt oder bei denen die Nutzung geändert worden sind. Nach diesem Zeitpunkt ist dagegen das immissionsschutzrechtliche Instrumentarium anwendbar; insbesondere dürfte § 5 Abs. 3 BImSchG – unbeschadet des § 15 BImSchG – auch für Teilstillegungen gelten. Im übrigen wiederholt der Umweltrat seine Ermahnung, auch die Belastungen durch andauernde Aktivitäten zu erfassen (SRU, 1989, Tz. 1013ff.).

11. Der Altlastenbegriff ist bisher auf Flächen beschränkt, die gewerblich oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmen genutzt werden. Von Privaten genutzte Flächen können aber bisweilen die gleichen Probleme aufwerfen. Dies gilt zum Beispiel, wenn ein nicht mehr genutzter privater Öltank das Erdreich verunreinigt hat. Die gesetzlichen Grundlagen enthalten keine ausdrückliche Ausnahme für private Altlasten. Nach Auffassung des Umweltrates sollte die Definition der Altlast dem Rechnung tragen und auch private Altlasten erfassen.

Der Altlastenbegriff und seine Herleitung

12. Der Umweltrat hat in seinem Sondergutachten einen Vorschlag zur bundeseinheitlichen Definition für Altlasten unterbreitet (SRU, 1989, Tz. 57ff.). Der ursprünglich nur den Bereich alter Abfallablagerungen umfassende Begriff (ebd., Tz. 1) wurde in diesem Vorschlag um die Altstandorte erweitert. An der Definition, nach der Altlasten Altablagerungen und Altstandorte sind, sofern von ihnen Gefährdungen für die Umwelt, insbesondere für die menschliche Gesundheit ausgehen oder zu erwarten sind, kann grundsätzlich festgehalten werden. Zur Ergänzung und Erklärung ist anzumerken, daß der Begriff „Umwelt" hier in seinem umfassenden Sinne (SRU, 1987, Abschn. 1.1.1) verstanden wird, das heißt, es werden neben dem Leben und der Gesundheit des Menschen die natürliche Umwelt sowie das Wohl der Allgemeinheit und die öffentliche Sicherheit und Ordnung als Schutzgüter mit erfaßt. Bei den von Altlasten ausgehenden akuten und latenten Gefährdungen kann es sich um Belastungen des Bodens, der Gewässer oder der Luft handeln. Hinsichtlich der Definitionsmerkmale im einzelnen wird auf Abschnitt 1.3 des Sondergutachtens 1989 verwiesen.

13. Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen aber auch, daß der Altlastenbegriff in verstärktem Maße auf einer zweiten, eher allgemeinen Ebene gebraucht wird. Er ist Sammelbegriff und Redewendung für verschiedene unangenehme Geschehnisse, die in früherer Zeit ihren Ursprung haben und in ihren Auswirkungen gegenwärtig einen Handlungsbedarf auslösen (EBERLE, 1989). In diesem unspezifi-

schen Sinne wird er inzwischen nicht nur im Bereich Umweltschutz für Belastungen aus zurückliegenden Handlungen (z. B. ökologische Altlasten wie Gewässerbelastungen, Waldschäden), sondern auch in vielen anderen Bereichen verwendet; man spricht von politischen, finanziellen, sozialen Altlasten. Nicht zuletzt durch die deutsche Wiedervereinigung und die damit verbundene Übernahme von Lasten aller Art als Ergebnis der sozialistischen Planwirtschaft erhielt diese allgemeine Begriffsverwendung zusätzlichen Auftrieb. Der Begriff Altlasten entwickelte sich in der Berichterstattung der Medien und in der Alltagssprache zum Modewort. Derartige Entwicklungen in der Begriffsbestimmung haben erfahrungsgemäß die Eigenschaft, sich zu verselbständigen. Für die Einführung und Verwendung eines besonderen Begriffes als Bezeichnung für die im Zusammenhang mit dem Bodenschutz stehenden Altlasten, etwa als Boden-Altlasten, sieht der Umweltrat dennoch keine zwingende Notwendigkeit, da sich in den meisten Fällen aus dem Sinnzusammenhang ergibt, welche Art von „Altlast" jeweils gemeint ist. Zur Abgrenzung von den militärischen Altlasten ist allenfalls die Verwendung des Begriffs „zivile Altlasten" zweckmäßig.

14. Während der Altlastenbegriff relativ einheitlich definiert und verwendet wird, haben unter anderem die im Rahmen dieses Gutachtens durchgeführten Recherchen ergeben, daß mit den Unterbegriffen, auf denen der Altlastenbegriff beruht, uneinheitlich umgegangen wird. Das betrifft die Begriffe Altablagerung, Altstandort und altlastverdächtigte Fläche. Die nachfolgenden Anmerkungen sollen die Notwendigkeit der einheitlichen Begriffsverwendung verdeutlichen und zur Präzisierung beitragen.

15. Abbildung 1.1 (siehe Seite 20) stellt die systematische Herleitung des Altlastenbegriffs in Form eines Ablaufschemas dar. Ausgangspotential sind die von allen Wirtschaftsbereichen genutzten Flächen, also von Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, produzierendem Gewerbe, Handel und Verkehr, Dienstleistungen sowie Staat, privaten Haushalten und Organisationen. Die Anwendung eines Prüfrasters mit den drei Prüfkriterien

- Ablagerung von Abfällen und Produktionsrückständen beziehungsweise möglicher Umgang mit potentiell umweltgefährdenden Stoffen (stoffliches Kriterium),
- Aktivität beziehungsweise Kontamination in der Vergangenheit und abgeschlossen (zeitliches Kriterium) und
- räumlich abgegrenzte Nutzung beziehungsweise Belastung (räumliches Kriterium)

führt zu dem für den Altlastenbereich relevanten Potential der Altablagerungen und Altstandorte. Flächen, die auch nur eines der Prüfkriterien nicht erfüllen (Negativfälle), fallen aus dem Sachgebiet Altlasten heraus, können aber Gegenstand des allgemeinen Bodenschutzes sein oder aus anderen Gründen erfaßt und dokumentiert werden.

Altablagerungen und Altstandorte sind unter dem stofflichen Gesichtspunkt dadurch charakterisiert, daß zwar Hinweise allgemeiner Art über den möglichen Umgang mit oder die Ablagerung von umweltgefährdenden Stoffen vorliegen, aber noch keine Aussagen über Verunreinigungen oder Gefährdungen getroffen werden können. Es handelt sich also um relativ belastungsneutrale Begriffe (SRU, 1989, Tz. 61).

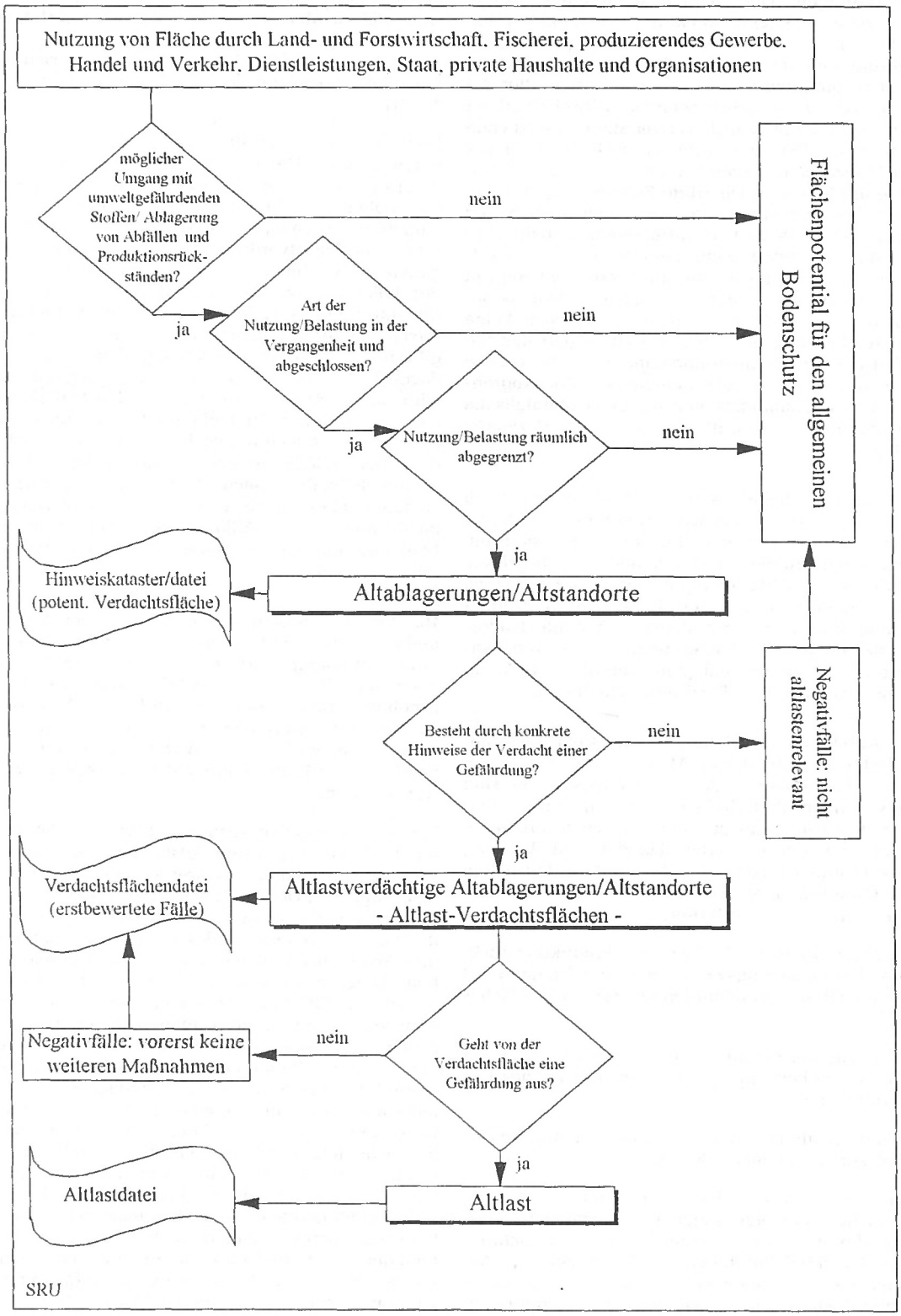
Erst im zweiten Schritt wird mit der Prüfung, ob durch konkrete Hinweise der Verdacht einer Gefährdung für die Umwelt, insbesondere die menschliche Gesundheit, besteht, die Begriffskomponente „Last" eingeführt. Flächen, für die dieses Prüfkriterium zutrifft, sind Altlastverdachtsflächen. Sogenannte Negativfälle, bei denen sich der Verdacht nicht bestätigt, fallen aus der weiteren altlastenbezogenen Betrachtung heraus. Altlastverdachtsflächen bilden ihrerseits das Ausgangspotential für die Altlasten: Ergibt die Gefährdungsabschätzung, daß von der Verdachtsfläche tatsächlich eine Gefährdung ausgeht, wird sie zur Altlast mit der Folge, daß Maßnahmen zur Beherrschung der Gefahr erfolgen müssen. Im Rahmen der Gefährdungsabschätzung ausgeschiedene Negativfälle, bei denen zwar ein Verdacht bestehen bleibt, die tatsächlichen Umstände jedoch zur Annahme einer Gefahr nicht ausreichen, verbleiben im Fallkollektiv der Altlastverdachtsflächen mit der Maßgabe, daß vorerst keine weiteren Maßnahmen ergriffen werden.

16. Es ist offensichtlich, daß eine uneinheitliche und unscharfe Handhabung der genannten Kriterien in der Erfassungspraxis zu nicht vergleichbaren Ergebnissen führen muß. Die Informationen über die Erhebungspraxis in den Ländern lassen die Aussage zu, daß aus unterschiedlichen Gründen von einer einheitlichen und strengen Anwendung des hier vorgeschlagenen Prüfrasters nicht immer ausgegangen werden kann.

Bereits im ersten Schritt zur Ermittlung des Potentials für Altablagerungen und Altstandorte bestehen erhebliche Unterschiede. So werden entsprechend der ursprünglichen Definition des Umweltrates, die ihren Ausdruck in einigen gesetzlichen Regelungen gefunden hat, zum Teil nur punktförmige oder kleinflächige Flächen, insbesondere im Altstandortbereich, erfaßt. Andererseits werden teilweise nicht nur abgegrenzte großflächige Bodenkontaminationen, sondern sogar diffuse Bodenkontaminationen mit einbezogen. Auch das Kriterium des Umgangs mit umweltgefährdenden Stoffen am Standort scheint nicht immer erfüllt zu sein. Der zeitliche Aspekt spielt vor allem – aber nicht nur – in der Erfassungspraxis in den neuen Bundesländern, und dort wiederum besonders im Altstandortbereich, eine erhebliche Rolle. Die besonderen Eigentums- und Produktionsverhältnisse vor und nach der Wende haben dazu geführt, daß nicht nur Standorte mit Teilstillegungen oder Produktionsumstellungen, sondern auch in bisherigem Umfang genutzte Grundstücke oder betriebene Anlagen vorerst in das Altstandortpotential aufgenommen wurden (MÜLLER und zu HOHENLOHE, 1992). Dies war insofern gerechtfertigt, als es sich in vielen Fäl-

Abbildung 1.1

Ableitung der Begriffe Altablagerung, Altstandort, Altlastverdachtsfläche und Altlast



len um Standorte handelte, für die eine Stillegung oder Umnutzung vorgesehen war (LINDEMANN, 1991). Bei den vorliegenden Zahlen für Altstandorte in den neuen Bundesländern (Abschn. 2.1.1 und 2.1.2) ist also eine Begrenzung auf stillgelegte Anlagen, verlassene Grundstücke oder abgeschlossene Nutzung beziehungsweise Kontamination nicht immer vorauszusetzen, während bei den Altablagerungen inzwischen der zeitliche Aspekt durch Festlegung von Stichzeitpunkten weitgehend berücksichtigt ist.

Auch im zweiten Schritt, der Prüfung des Tatbestandes des Verdachts einer Gefahr, besteht in der Praxis keine einheitliche Vorgehensweise. Die Prüfung der Verdachtsanhaltspunkte ist aber für die Qualität des in der Verdachtsflächendatei ausgewiesenen Zahlenmaterials, also des für das weitere Vorgehen letztlich interessierenden Ausgangspotentials, ausschlaggebend.

Im Bereich der Ablagerungen zeigt die Erfahrung, daß nur relativ wenige Fälle in die Kategorie „Negativfälle" entlassen werden können, das heißt, hier verdichten sich die Hinweise meist zum hinreichenden Verdacht einer Gefahr. Anders ist die Sachlage bei den Altstandorten. Die relativ einfache Zuordnung mittels beispielsweise flächendeckender Auswertung von Gewerberegistern nach den Prüfkriterien Betriebsabmeldungen und Branchenzugehörigkeit kann zu erheblichen Fehlern in den Verdachtsflächendateien führen. Noch höhere Fehlerquoten können sich bei der Auswertung von Adreßbüchern oder vergleichbaren Unterlagen ergeben. Auch die Zuordnung zu Gefährdungsklassen allein nach Maßgabe der Zugehörigkeit zu bestimmten Branchen kann zu Fehleinschätzungen führen. Deshalb sind vorliegende Zahlen über altlastverdächtige Altstandorte generell, speziell aber in den neuen Bundesländern, noch immer mit großen Unsicherheiten behaftet. Sie sollten – auch wegen der noch nicht abgeschlossenen Erfassungsphase – als vorläufige Größenordnung verwendet, nicht aber zu Vergleichen, Hochrechnungen oder zum Beispiel als Grundlage für die Kalkulation der Gesamtkosten der Altlastensanierung herangezogen werden.

17. Der Umweltrat bekräftigt seine Empfehlung aus dem Jahre 1989, alle Anstrengungen zu unternehmen, das Stadium der vorläufigen Ergebnisse möglichst rasch zu überwinden und eine solide, bundeseinheitliche und vergleichbare Informationsbasis für Altlastverdachtsflächen (Verdachtsflächen-Dateien) zu schaffen (SRU, 1989, Tz. 68ff.). In der Zwischenzeit sollte vermieden werden, in einer Art Überbietungswettbewerb mit immer höheren Zahlenangaben zu operieren, ohne Informationen darüber zu vermitteln, auf welcher Grundlage das Zahlenmaterial steht und wie es zu interpretieren ist. Veröffentlichungen, in denen hochgerechnet von bis zu einer halben Million Verdachtsflächen in Deutschland gesprochen wird, sind einer sachgerechten und zielgerichteten Altlastenbearbeitung nicht dienlich.

Der Sanierungsbegriff

18. Unter Sanierung von Altlasten wird die Durchführung von administrativen und technischen Maßnahmen verstanden, die sicherstellen, daß von der Altlast nach der Sanierung keine Gefahren für Leben und Gesundheit des Menschen sowie keine Gefährdung für die natürliche Umwelt im Zusammenhang mit der vorhandenen und geplanten Nutzung ausgehen. Sie ist somit ein planerisches Gesamtkonzept zur Nutzung des jeweiligen Raumes und zur Beherrschung schädlicher Umweltauswirkungen von Altlasten, das auf die Gefahrenabwehr abstellt. Neben der Abwehr akuter Gefahren geht es auch um den dauerhaften Schutz des Menschen und der Umwelt (SRU, 1989, Tz. 450). Neben Sanierungsmaßnahmen können auch Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen zur Gefahrenabwehr eingesetzt werden; sie zielen darauf ab, eine Gefährdung der Schutzgüter dadurch zu vermeiden, daß die Akzeptoren von den mit der Altlast verbundenen Gefahren ferngehalten werden (SRU, 1989, Tz. 460). Hierzu zählen auch die Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr (FRANZIUS et al., 1993).

19. Die für die Sanierung anzuwendenden Maßnahmen lassen sich in primär wirkungsorientierte Sicherungsmaßnahmen zur Unterbrechung der Kontaminationswege und in quellenorientierte Maßnahmen zur Dekontamination einteilen. Sicherungsmaßnahmen sind im Hinblick auf die Gefahrenabwehr den Dekontaminationsmaßnahmen gleichwertig, wenn bestimmte Anforderungen erfüllt sind. Die Dekontamination der Altlast durch bloße Ausräumung mit nachfolgender Umlagerung unbehandelter Massen ist grundsätzlich als unerwünschte Problemverlagerung anzusehen, kommt jedoch als eine Art Abwehrmaßnahme in besonderen Fällen, also zum Beispiel bei dringender Gefahr oder Fehlen einer verfügbaren Dekontaminationstechnik, als „unumgängliche" Umlagerung oder neuerdings im Zusammenhang mit Stoffverwertungen in Betracht (SRU, 1989, Tz. 455ff. und 464).

Schutzgut- und nutzungsbezogene Sanierung bedeutet bei Erhaltung vorhandener Standortnutzung, alle im Rahmen der Realnutzung betroffenen Schutzgüter und Umweltmedien vor Gefahren und Schäden zu schützen. Eine Einengung der Schutzgüter zum Beispiel nur auf menschliche Gesundheit und bewirtschaftetes Grundwasser ist aus umweltpolitischer Sicht nicht zu verantworten (Tz. 12). Bei der Planung neuer Nutzungen auf Altlasten ist sicherzustellen, daß im Einzelfall vom Zustand des Bodens und des Untergrundes keine Gefahren für die Schutzgüter ausgehen.

An diesen grundsätzlichen Überlegungen hält der Umweltrat fest und bekräftigt diese im Sondergutachten 1989 entworfenen Prinzipien als Leitbild der Altlastensanierung in der Bundesrepublik Deutschland.

20. *Der Sanierungsbegriff wird allerdings in der Altlastendiskussion nicht einheitlich verwendet, was immer wieder zu Mißverständnissen führt. Die enge Begriffsauslegung geht vom lateinischen Wortsinn*

„Genesung" aus und wird meist standort- und technikbezogen benutzt. Sie stellt auf die Dekontamination ab und umfaßt auch die Dekontamination des Standortes mittels Umlagerung. Sicherungsmaßnahmen sind hingegen nicht einbezogen. Dieser Sanierungsbegriff ist mit der Vorstellung verbunden, daß Sicherungen immer eine minderwertige „Billiglösung", bestenfalls eine Übergangslösung darstellten. Dies kommt in Aussagen wie „nur sichern statt sanieren" oder „zuerst sichern, dann sanieren" zum Ausdruck. Dahinter stehen Vorstellungen über Nettopreisrelationen zwischen Sicherungs- und Dekontaminationsverfahren, die mehrere Größenordnungen betragen sollen.

Der vom Umweltrat gewählte Sanierungsbegriff ist dagegen weitgefaßt. Er zielt auf die Beherrschbarkeit der Altlast in einem Planungs-, Nutzungs- und Überwachungsprozeß ab. Dementsprechend umfaßt er neben quellenorientierter Dekontamination auch Maßnahmen, die die Ursache der Umweltbelastung nicht beheben, deren Wirkung aber eingrenzen und dauerhaft beherrschbar machen, indem eine Nachsorge (Tz. 152ff.) eingeplant ist (Sicherungsmaßnahmen). Mit dieser Auslegung wird der Tatsache Rechnung getragen, daß es nicht möglich ist, alle Altlasten so zu behandeln, daß sie keiner weiteren Nachsorge bedürfen. Nicht der „absolute Belastungszustand", sondern die Emissionen und Expositionen stehen im Vordergrund (Wirkungsseite).

Gegen Sicherungsmaßnahmen wird zu Recht vorgebracht, daß die Wirkung eines Ingenieurbauwerks endlich ist, die Maßnahme gegebenenfalls wiederholt werden muß und diese zeitlich unbefristeter Nachsorge bedarf. Diese Einwände tangieren jedoch die Wirksamkeit der Unterbrechung der Kontaminationswege durch Sicherungsmaßnahmen nicht, optimalen Zustand und funktionierende Überwachung vorausgesetzt. Das stoffliche Potential ist zwar nicht beseitigt, wird aber durch Sicherung und Überwachung beherrscht, wodurch die Bedrohung für Mensch und Umwelt abgewendet ist. Die bloße Anwesenheit einer Schadstoffansammlung innerhalb der „Hülle" einer überwachten, gesicherten (ehemaligen) Altlast kann objektiv nicht als „permanentes Gefahrenmoment" eingestuft werden, weil das Gefährdungspotential vergleichsweise niedrig ist oder nicht relevant wird.

Auch Dekontaminationsmaßnahmen sind per se nicht immer die optimale Lösung. Zwar können qualifizierte Dekontaminationen in höherem Maße und außerdem zeitlich unbegrenzt die Gewähr für die Vermeidung künftiger Umweltrisiken bieten als wirkungsseitig gleichwertige Sicherungsmaßnahmen (SRU, 1989, Tz. 458), ihre potentiellen Vorteile, vor allem ihr tendenziell endgültiger („finaler") Charakter, sind aber nur unter bestimmten Bedingungen gegeben. Die bei der Dekontamination zur Anwendung kommenden Umwandlungs- und Trennoperationen sind naturgesetzlich stets unvollständig. Daraus ergeben sich Restkontaminationen nach durchgeführter Dekontamination, die im voraus einzukalkulieren, mit der Hintergrundbelastung zu vergleichen und für die Folgenutzung zu berücksichtigen sind (SRU, 1989, Tz. 463). Schließlich sind auch Veränderungen über die Einschätzung des Risikos der Restkontamination zu betrachten.

21. In jüngster Zeit wird auf die zunehmende Bedeutung flexibler kombinierter Maßnahmen hingewiesen, bei denen Sicherungs- wie Dekontaminationsverfahren in vielfachen Verknüpfungen eingesetzt werden. Sie können sich räumlich und auch zeitlich – simultan oder konsekutiv – ergänzen und besonders kostenwirksame, jedoch unter Umständen planungs- und zeitaufwendigere Lösungen bieten. Durch solche Verfahrenskombinationen werden die oft als starr angesehenen Grenzen zwischen Sicherung und Dekontamination flexibel. Die Weiterentwicklung und der Einsatz dieser kombinierten Techniken wird vom Umweltrat als zukunftsweisend betrachtet.

1.2 Stand der Erfassung, Bewertung und Sanierung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten

1.2.1 Vorbemerkung

22. Im Sondergutachten 1989 wurde empfohlen, in allen Bundesländern Übersichten zu erstellen, die möglichst differenziert die Struktur der Altlastverdachtsflächen in der Bundesrepublik Deutschland erkennen lassen (SRU, 1989, Tz. 69). Der Umweltrat hat sich bemüht, den aktuellen Stand dieser Arbeiten nach Ablauf von vier Jahren in den einzelnen Ländern zu erfassen. Die verfügbaren Informationen werden nachfolgend für die alten Bundesländer im einzelnen dargestellt, die entsprechenden Angaben zu den neuen Bundesländern finden sich in Abschnitt 2.1.

In den Bundesländern hat sich unter anderem aus den in Abschnitt 1.1 genannten Gründen zum Teil eine unterschiedliche Praxis bei der Erfassung von Altlastverdachtsflächen herausgebildet. Die verfügbaren Ergebnisse konnten deshalb nicht nach einem einheitlichen Muster ausgewertet und dargestellt werden. Generell ist festzustellen, daß im Bereich altlastverdächtiger Ablagerungen die flächendeckende Erfassung und Erstbewertung weitgehend abgeschlossen ist, so daß hier inzwischen mehr als nur Zwischenergebnisse vorliegen. Die Verdachtsflächenerfassung für Altstandorte ist dagegen weiterhin unvollendet.

23. Das ausgewiesene Zahlenmaterial beruht zum größten Teil auf Daten, die dem Umweltrat über die Umweltministerien von den zuständigen Landesämtern zur Verfügung gestellt wurden. Teilweise mußte zu diesem Zweck vorliegendes Datenmaterial von den Behörden gesondert aufbereitet werden. Diese Unterstützung und das kooperative Verhalten soll an dieser Stelle dankend hervorgehoben werden.

Wie aus den einzelnen Länder-Sachstandsberichten zu ersehen, handelt es sich in vielen Fällen um vorläufiges und nicht offizielles Zahlenmaterial; Erhebungszeitraum war das Jahr 1993. Seine Hauptaufgabe hat der Umweltrat nicht darin gesehen, den aktuellen Stand der Erfassungsstatistik wiederzugeben,

sondern einen ersten Überblick über die Struktur der Altlastverdachtsflächen zu vermitteln. Deshalb stehen auch nicht die absoluten Gesamtzahlen, sondern die beispielhafte Verteilung der Fälle nach relevanten Parametern im Vordergrund der Betrachtung. Die Bezeichnungen Altablagerung und Altstandort werden in den Länder-Kurzberichten im Sinne von Verdachtsflächen verwendet, wenngleich wegen der in Tz. 14ff. genannten Gründe eine Gleichsetzung nicht in allen Fällen gerechtfertigt sein kann.

1.2.2 Sachstand in den alten Bundesländern

Baden-Württemberg

24. In Baden-Württemberg wird seit 1987 eine systematische, einheitliche und stufenweise Altlastenbearbeitung praktiziert. Zur Erfassung von Verdachtsflächen wird ein zweistufiges Verfahren angewandt: die flächendeckende historische Erhebung und die einzelfallspezifische historische Erkundung. Die flächendeckende historische Erhebung dient der Feststellung und Lokalisierung von Altablagerungen und Altstandorten sowie der Gewinnung bestimmter Mindestinformationen, die einzelfallspezifische historische Erkundung hat das Ziel, über eine bekannte Fläche alle verfügbaren Informationen zusammenzutragen, die als Grundlage einer ersten Bewertung heranzuziehen sind. Daneben sind das Modellstandortprogramm und Vorhaben mit Modellcharakter, die der Erprobung und Weiterentwicklung von Methoden und Techniken zur Erkundung, Sanierung, Überwachung und Kontrolle dienen sollen, wichtige Bestandteile der systematischen Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg.

25. Abbildung 1.2 gibt einen Überblick über den derzeitigen Stand der Aktivitäten der Altlastenbearbeitung. Die bei der historischen Erhebung (siehe gekennzeichnete Flächen) gewonnenen Mindestinformationen über die Flächen werden in Erhebungsbögen und Kartendarstellungen dokumentiert. Gesamtergebnisse aus den Gemeinden, in denen dieser erste Arbeitsschritt durchgeführt, bewilligt beziehungsweise in Vorbereitung ist, liegen in Form statistischer Auswertungen (z. B. Art der Ablagerung und Fläche, Standortbeschreibung, Nutzungsart usw.) nicht vor. Bisher sind lediglich Angaben aus Piloterhebungen bekannt.

Aufgrund von Hochrechnungen in Pilotgemeinden wird in Baden-Württemberg mit 35 000 bis 40 000 Altlastverdachtsflächen gerechnet, die sich vermutlich je zur Hälfte auf Altablagerungen und Altstandorte verteilen werden. Bisher wurden knapp 4 100 Altlastverdachtsflächen bewertet, davon rund 3 450 Altablagerungen und 630 Altstandorte (Stand: Ende 1993). Abbildung 1.3 stellt am Beispiel der Altablagerungen das bei der Bewertung erreichte Beweisniveau und den entsprechenden Handlungsbedarf dar. Daraus wird ersichtlich, daß mehr als die Hälfte (56 %) aller Fälle auf den Beweisniveaus (BN) 1 bis 3 noch in der Erkundung sind; über die restlichen ist entschieden, und zwar hauptsächlich (72 %) auf Belassen zur Wiedervorlage (B). Immerhin etwa ein Fünftel der entschiedenen Fälle scheidet als Verdachtsflächen aus (A), lediglich in 12 Fällen (weniger als 1 %) sind Sanierungsmaßnahmen, vor allem in Form von Sicherungsmaßnahmen, durchzuführen.

Bayern

26. Im Vergleich zu anderen Bundesländern ist die mit industriellen und gewerblichen Produktionsstandorten verbundene Altlastenproblematik in Bayern weniger stark ausgeprägt. Hinsichtlich der Probleme, die von der früheren Abfallbeseitigungspraxis ausgehen, bestehen jedoch kaum Unterschiede. Dem wurde auch in der seit 1985 laufenden systematischen Erhebung dadurch Rechnung getragen, daß landesweit zunächst die Altablagerungen erfaßt und in einem Kataster gespeichert wurden. Seit 1990 findet eine ständige Fortschreibung dieser von den Kreisverwaltungsbehörden erhobenen Daten statt. Der neueste, aber noch nicht endgültige Stand (Ende 1993) weist 3 820 Altablagerungen als Verdachtsflächen aus. Der zur Zeit stattfindende Abgleich mit den Ergebnissen der 1972 durchgeführten Erhebung von ca. 5 000 gemeindlichen Müllplätzen und die noch weiter laufenden Erfassungsarbeiten werden zu veränderten Zahlen führen. Eine Auswertung der am Bayerischen Landesamt für Umweltschutz bearbeiteten Altablagerungsfälle nach ausgewählten bewertungsrelevanten Kriterien, die einen ersten Eindruck von der Struktur dieser Verdachtsflächen vermitteln könnte, steht noch nicht zur Verfügung.

Eine systematische, flächendeckende Erfassung von Altstandorten hat bisher nicht stattgefunden. Die derzeit im Altlastenkataster erfaßten rund 1 120 Standorte beruhen auf Meldungen von bekannten Verdachtsflächen in den Landkreisen und kreisfreien Städten. Derzeit laufen in mehreren bayerischen Städten systematische Recherchen über gewerbliche und industrielle Standorte, deren Ergebnisse aber noch nicht vorliegen.

27. Für die insgesamt rund 4 900 Verdachtsflächen sind die regionale Verteilung und das Gesamtergebnis der Erstbewertung bekannt. Die regionalen Schwerpunkte liegen in den Regierungsbezirken Oberbayern und Schwaben. Auf die Prioritätsstufen mit dem dringlichsten Untersuchungs- und Weiterbehandlungsbedarf (Stufen 1 und 2 von 6 Prioritätsstufen) entfallen zusammen 26 % aller Verdachtsflächen, 2 % sind bereits saniert (Stufe 6) (Abb. 1.4). Von den zur Sanierung in Frage kommenden 210 Fällen sind bei rund 40 Fällen Maßnahmen beschlossen und bei rund 80 Fällen bereits ergriffen, für den Rest (87 Fälle) ist der Status unbekannt.

Berlin

28. Alle altlastrelevanten Informationen aus den seit Mitte der achtziger Jahre bei den einzelnen Organisationseinheiten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz laufenden Ersterhebungen für Westberlin werden im inzwischen aufgebauten zentralen Altlasten- und Altlast(verdachts)-flächen-Kataster zusammengeführt, rechnergestützt umgesetzt und ständig fortgeschrieben. Seit 1991 werden auch die Altlastverdachtsflächen aller östlichen Bezirke systematisch erfaßt und in das Ber-

Abbildung 1.2

Stand der Aktivitäten der Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg

Stand: Mai 1994

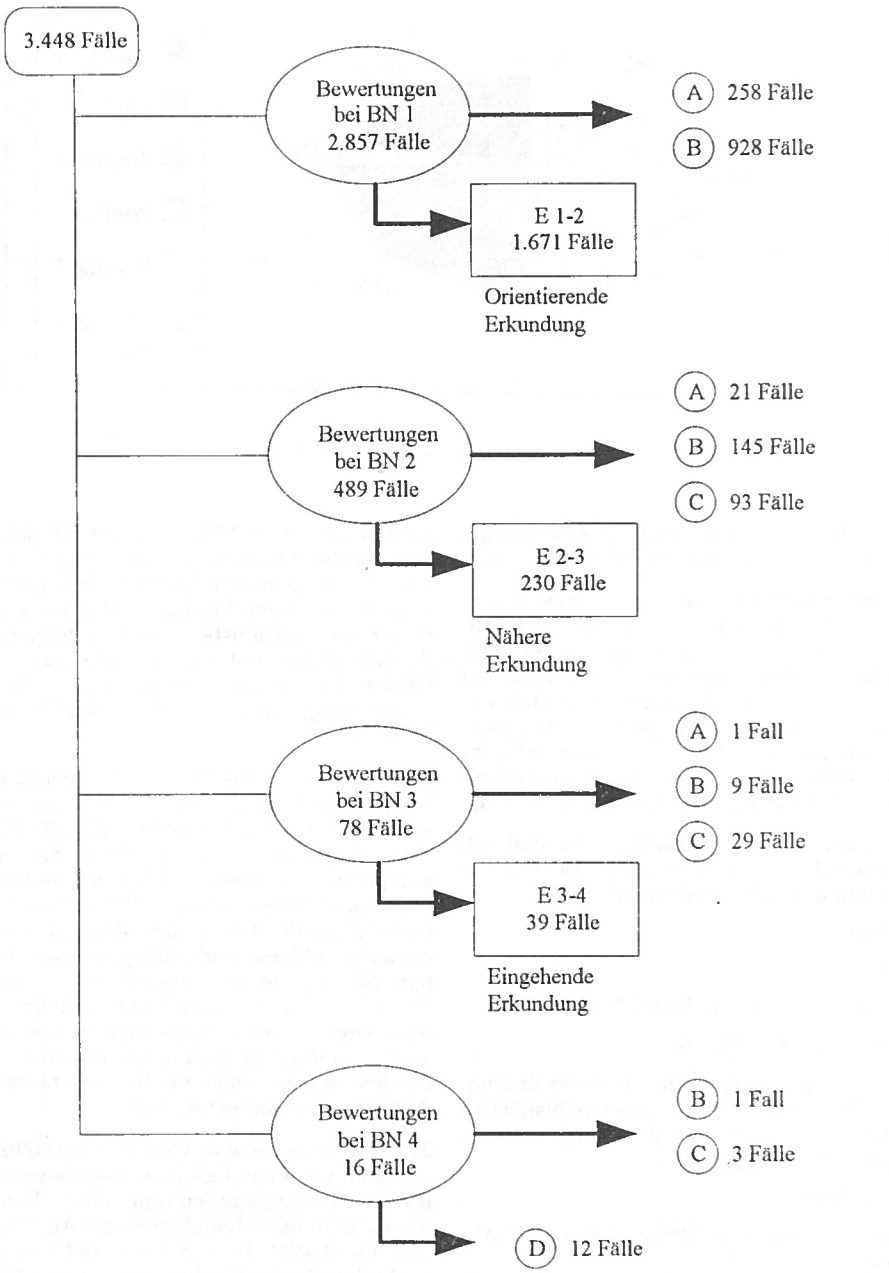


Quelle: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1994, schriftl. Mitt.

Abbildung 1.3

Stand der Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg

Aktuelle Anzahl der bewerteten Altablagerungen für die Beweisniveaus 1 bis 4 aufgeschlüsselt nach dem Handlungsbedarf

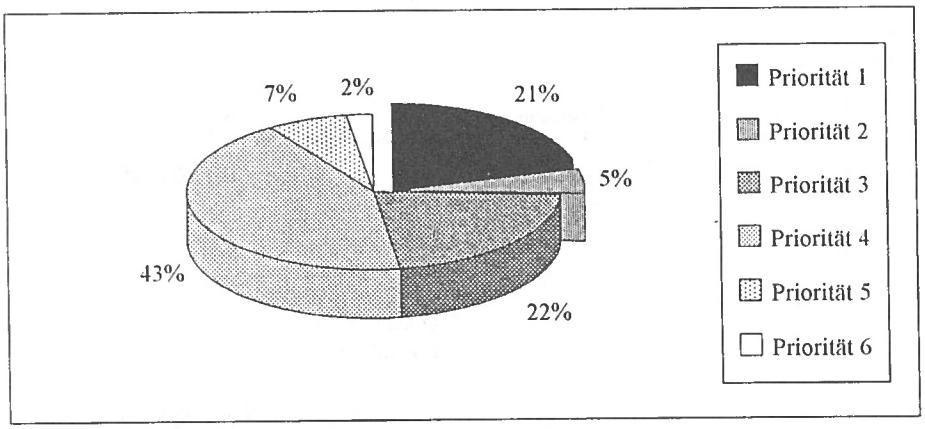


Quelle: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1993, schriftl. Mitt., verändert

Abbildung 1.4

Altlastverdachtsflächen in Bayern – Prioritäten für die Voruntersuchung

Stand: 1. Dezember 1992



Quelle: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 1993 schriftl. Mitt., verändert

liner Kataster überführt. Diese Arbeiten sind weitgehend abgeschlossen, Zwischenergebnisse liegen vor.

Im Altlast(verdachts)flächen-Kataster Berlin waren Ende 1993 5075 Flächen erfaßt. Zu den Flächen zählen sowohl stillgelegte als auch noch in Betrieb/Nutzung befindliche Anlagen/Flächen. Etwas mehr als die Hälfte (53 %) liegen auf dem Gebiet des ehemaligen Ostberlin. Auf die Bezirke Treptow und Weissensee entfallen die höchsten Anteile (9 % bzw. 8 %), es folgen mit jeweils 6 % bis 7 % Neukölln, Reinickendorf, Spandau, Pankow, Koepenick und Lichtenberg.

Etwa ein Viertel aller erfaßten Flächen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie in mindestens drei der unterschiedenen Kategorien, nämlich durch

- Ablagerungen,
- Altstandorte,
- Abwasserentsorgungsflächen und durch
- Unfall oder sonstige Ereignisse

kontaminierte Flächen eingeordnet sind; sie sind damit nur zum Teil typisch für Altlastverdachtsflächen im hier definierten Sinne. Von den verbleibenden knapp 75 % aller Flächen (3 721) sind

- 61 % Altstandorte
- 26 % Kombinationen von Altstandorten und Ablagerungen
- 13 % Ablagerungen.

Sie sind nach dem räumlichen Kriterium als Altlastverdachtsflächen im vom Umweltrat definierten Sinne anzusehen; Angaben zu Anteilen stillgelegter beziehungsweise laufender Nutzungen liegen nicht vor.

29. Bei den Flächen, die Ablagerungen sind, handelt es sich bei mehr als der Hälfte (55 %) um Aufhaldungen, etwa 10 % sind Verfüllungen und 6 % sind Verfüllungen nach Sandabbau; mehr als ein Viertel (28 %) dieser Flächen sind noch nicht bestimmt. Bei dem Merkmal Ablagerungsart dominieren die betriebsbezogenen Ablagerungen und Zwischenlager mit einem Anteil von rund zwei Drittel. Als Altablagerungen, das heißt stillgelegte Ablagerungsplätze, werden lediglich knapp 20 % geführt.

Am Beispiel der bis 1992 in Westberlin als Ablagerungen erfaßten Altlastverdachtsflächen sind einzelne Aussagen zur Struktur möglich. Für die rund 420 Ablagerungen wird als häufigste Ablagerungskomponente Bauschutt (37 %), gefolgt von Hausmüll (33 %) und Industrieabfall (30 %) angegeben. In Tabelle 1.1 ist die Struktur der Ablagerungen nach Flächengrößenklasse und Ablagerungsart wiedergegeben. Sie zeigt unter anderem, daß bei einem Drittel die Ablagerungsart noch nicht bestimmt ist, ein weiteres Drittel Verfüllungen nach Sandabbau und ein Viertel Verfüllungen sind, bei denen wiederum die Flächenklassen 1 000 m² bis 10 000 m² und über 30 000 m² am häufigsten sind.

30. Die rund 1 670 in Westberlin erfaßten Altstandorte sind vor allem Industrie- und Gewerbestandorte (97 %), daneben wurden unter dieser Kategorie Gaswerkstandorte, Bahnanlagen und Agrarstandorte erfaßt. Rund 40 % der Industrie- und Gewerbeflächen sind relativ kleine Flächen bis maximal 1 000 m²; weitere rund 40 % sind nicht größer als 10 000 m². Die Branchenstruktur läßt sich grob aus den ermittelten Grundstücksnutzungen aller in Westberlin erfaßten Verdachtsflächen abschätzen. Betrachtet man nur jene Angaben, die sich auf ehemalige Nutzungen beziehen (Tab. 1.2), handelt es sich vorwiegend um Standorte des verarbeitenden Gewerbes (44 %), des Handels (22 %) und des Dienstleistungsgewerbes (24 %).

Tabelle 1.1

Ablagerungen nach Art und Flächengröße in Westberlin
Stand: 1992 – in Prozent

	Verfüllung	Verfüllung nach Sandabbau	Aufhaldung/ Verfüllung	noch nicht bestimmt	Insgesamt
bis 1 000 m²	2,5	2	0,5	3	8
bis 10 000 m²	8	11	3	10	32
bis 30 000 m²	7	7	1	6	21
über 30 000 m²	7	12	6	14	39
Insgesamt	24,5	32	10,5	33	100

Quelle: SRU, nach Daten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin

Tabelle 1.2

Altlastverdachtsflächen nach Branchenhauptgruppen in Westberlin
Stand: 1992

Branchenhauptgruppe	Prozent
Energie und Wasserversorgung, Bergbau	2
Verarbeitendes Gewerbe	44
darunter:	
– Steine und Erden, Feinkeramik, Glas	11
– Stahl-, Maschinen-, Fahrzeugbau, Büromaschinen	10
– Chemie	8
Baugewerbe	1
Handel und Verkehr	29
Dienstleistungen	24
darunter:	
– Wäscherei	15

Quelle: SRU, nach Daten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin

Rund 70 % aller in Westberlin erfaßten Verdachtsflächen liegen im Bereich einer empfindlichen Nutzung beziehungsweise eines Schutzgutes, wobei die Nutzungsarten Bebauung (26 %), Wasserschutzgebiet einschließlich Trinkwassergewinnungsanlagen (13 %), Naherholungs-, Sport- und Freizeitanlagen (31 %) und Oberflächengewässer/Feuchtgebiete (14 %) am häufigsten sind (Tab. 1.3).

Ende 1993 waren 4 868 Altlast(verdachts)flächen in Berlin mit dem Erstbewertungssystem TUBA (Toxikologische Umwelt-Bewertung von Altlasten) bewertet, weitere 450 Flächen waren in Bearbeitung.

Bremen

31. Obwohl die Freie Hansestadt Bremen weniger stark industriell geprägt ist als Städte in alten Industrieregionen und auch keine spektakulären Altlastenfälle bekannt geworden sind, ist sie doch Standort vieler, auf bestimmte Stadtgebiete konzentrierter Industriebetriebe und weist auch eine Vielzahl alter Ablagerungen auf. Bei der Erfassung der Verdachtsflächen wird unterschieden zwischen Altablagerungen und kontaminationsverdächtigen Standorten, wobei bei letzteren sowohl stillgelegte als auch noch laufende Nutzungen einbezogen werden.

Tabelle 1.3

Altlastverdachtsflächen nach empfindlichen Flächennutzungen/Schutzgebieten in Westberlin
Stand: 1992 – in Prozent

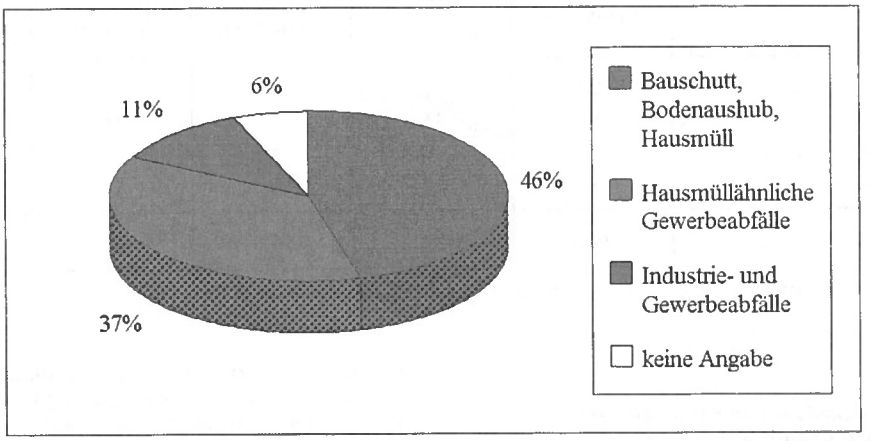
Flächennutzung/ Schutzgebiet	insgesamt	davon	
		innerhalb	angrenzend
Naherholung, Sport- und Freizeiteinrichtungen	31	24	7
Wohnbebauung; einschließlich Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser etc.	26	19	7
Oberflächengewässer, Feuchtgebiet	14	4	10
Natur-, Landschaftsschutzgebiet	9	7	2
Wasserwerke, Brunnen	8	1	7
Wasserschutzgebiet, Wasserschutzzone	5	4,5	0,5
Forst	4	4	–
Landwirtschaft und Gärtnerei	2	2	–
Sonstige	1	0,9	0,1

Quelle: SRU, nach Daten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin

Abbildung 1.5

Altablagerungen nach Art der Ablagerung in Bremen

Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Senators für Umweltschutz und Stadtentwicklung Bremen

Altablagerungen

32. Aufgrund eines Senatsbeschlusses ist eine Arbeitsgruppe der Verwaltung („AG Altablagerungen") seit 1985 zur Erfassung, Erkundung und Erstbewertung der Altablagerungen tätig. Ein 1986 vorgelegter Zwischenbericht wurde 1988 fortgeschrieben; der aktuelle Bericht von Anfang 1993 umfaßt rund 100 altlastverdächtige Ablagerungen, zu denen für die Erstbewertung und orientierende Untersuchung benötigte Informationen, wenn auch nicht vollständig und für alle Verdachtsfälle, vorliegen.

Die beispielhaften Auswertungen ausgewählter Daten zur Ablagerungsart, zum Stoffinventar, zum geschätzten Volumen, zur heutigen Nutzung und zum Grundwasserkontakt gestatten nur einen groben Überblick über die Altablagerungssituation in Bremen. Das Ergebnis einer systematischen, flächendeckenden formalen Erstbewertung in Form einer Prioritätenbildung liegt noch nicht vor.

Knapp die Hälfte (46 %) der Altablagerungen sind in die Kategorie Bauschutt/Bodenaushub/Hausmüll, 37 % in die Kategorie Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle einzuordnen; der Rest (11 %) sind Ablagerungen aus Industrie- und Gewerbebetrieben. Von etwa 6 % liegen keine Angaben vor (Abb. 1.5).

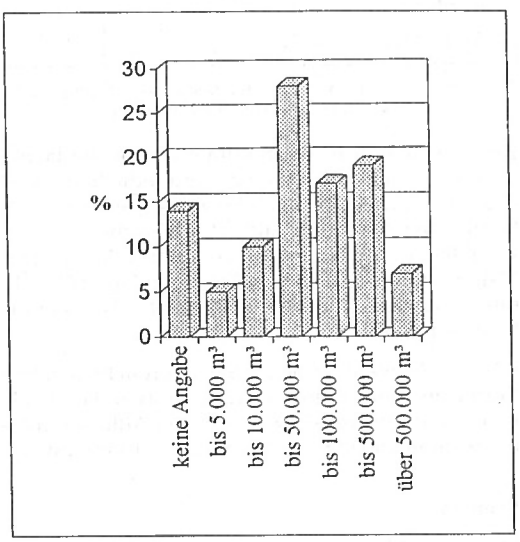
Von rund 40 Altablagerungen liegen Nennungen einzelner Schadstoffe oder Schadstoffgruppen vor, deren prozentuale Verteilung Tabelle 1.4 zeigt. Die Schwerpunkte des Stoffinventars liegen bei den polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und den Schwermetallen.

Die ermittelte Häufigkeitsverteilung nach Volumengrößenklassen (Abb. 1.6) zeigt, daß relativ kleinvolumige Altablagerungen bis 10 000 m³ mit 15 % im Vergleich zu großen (ab 100 000 m³ über 40 %) von geringer Bedeutung sind. Der Anteil ohne Angabe zu diesem Parameter ist mit 14 % relativ hoch. Dies gilt auch für die Informationen zur heutigen Nutzung der Altablagerung (15 % keine Angabe). Am häufigsten werden hier die Nutzungsformen Brachland und gewerbliche Nutzung beziehungsweise Bebauung genannt (Abb. 1.7). Schließlich wird in etwa der Hälfte aller Fälle angegeben, daß Kontakt mit dem Grundwasser besteht.

Abbildung 1.6

Altablagerungen nach Volumengrößenklassen in Bremen

Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Senators für Umweltschutz und Stadtentwicklung Bremen

Tabelle 1.4

Altablagerungen nach Schadstoffen beziehungsweise Schadstoffgruppen in Bremen

40 Fälle; 151 Nennungen

Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen	Nennungen in %
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	15
Zink ..... Kupfer ..... Blei	je 9
Kohlenwasserstoffe ..... Schwermetalle ..... Phenole	je 7
Arsen	6
Adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX) ..	5
Cadmium ..... Sulfate ..... Polyzyklische Biphenyle (PCB) .	je 3
Ammonium ..... Bor ..... Quecksilber	je 2
Sonstige	11

Quelle: SRU, nach Daten des Senators für Umweltschutz und Stadtentwicklung Bremen

Bis 1993 sind bei etwa 70 Altablagerungen Untersuchungen begonnen beziehungsweise durchgeführt worden, und zwar

- 17 orientierende Voruntersuchungen
- 7 weitergehende Voruntersuchungen
- 6 Teiluntersuchungen
- 29 Hauptuntersuchungen
- 4 toxikologische Untersuchungen und
- 7 Sicherungs-/Sanierungsuntersuchungen.

Eine Altablagerung ist saniert worden (Dekontamination, off-site), bei einer wurden Sicherungsmaßnahmen durchgeführt. Von sechs Altablagerungen ist eine Grundwasserbelastung bekannt, bei etwa dreißig weiteren sind derartige Schäden nicht auszuschließen.

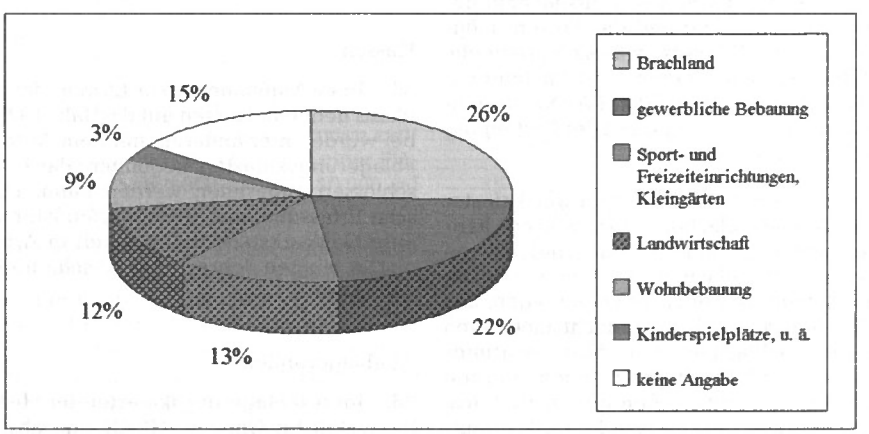
Kontaminierte Standorte

33. Die Arbeiten zur Erfassung von altlastverdächtigen Standorten wurden 1986 von einer verwaltungsinternen Arbeitsgruppe aufgenommen, die unter anderem zur Vorlage einer ersten Kartei mit altlastverdächtigen Standorten in Bremen führten. Im Jahre 1989 wurden hierauf aufbauend Gutachten zur Erfassung kontaminationsverdächtiger Standorte – in Anlehnung an die UBA-Veröffentlichung „Branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen" (KINNER et al., 1986) – und zur genaueren Erkundung von vorgegebenen, bereits bekannten Verdachtsflächen vergeben, deren Ergebnisse seit 1990 vorliegen und Grundlage für die weiteren Arbeitsschritte sind. Im ersten Gutachten wurden rund 4 000 Standorte benannt, bei denen aufgrund in der Vergangenheit angewandter Verfahrenstechniken und der vermutlichen Art und Menge der verwendeten Stoffe Verdachtsanhaltspunkte für Kontaminatio-

Abbildung 1.7

Altablagerungen nach heutiger Nutzung in Bremen

Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Senators für Umweltschutz und Stadtentwicklung Bremen

nen vorliegen können, die dann im Zuge der Erstbewertung bestätigt werden müssen. Die Entwicklung eines hierzu geeigneten Verfahrens ist in Arbeit. Es handelt sich vorwiegend um Betriebe aus den Branchen Mineralölverarbeitung und -vertrieb, Metallverarbeitung, Holzbearbeitung und Imprägnierung, Automobilindustrie und -reparatur.

Das zweite Gutachten recherchierte in rund 100 nicht systematisch ausgewählten Fällen, die auf Meldungen von Verdachtsstandorten aus den Jahren 1986/87 beruhen, näher. Lediglich bei einem Viertel handelt es sich dabei um Verdachtsflächen, auf denen die potentiell belastende Nutzung abgeschlossen ist, das heißt drei Viertel sind noch sogenannte „akute" Standorte. In etwa der Hälfte aller Fälle handelt es sich um Belastungen sowohl aus früherer als auch noch aus laufender Nutzung. Sensible Nutzungen auf den Verdachtsflächen sind bei knapp einem Drittel aller Fälle festzustellen; in der näheren Umgebung liegen solche fast immer vor, vor allem in Form von Wohnungen mit Gärten. In 10 Fällen kommt es wegen der Lage im Trinkwassereinzugsgebiet zu Nutzungskonflikten. 16 Verdachtsflächen liegen in Gebieten, für die ein Bebauungsplanverfahren läuft. In zwei Fällen hat sich der Altlastverdacht als unbegründet erwiesen, sechs Flächen sind saniert worden. Die restlichen Fälle werden der Erstbewertung und gegebenenfalls der weitergehenden Gefährdungsabschätzung zugeführt.

Für das weitere Vorgehen ist beabsichtigt, im Zuge von beantragten Nutzungsänderungen, Strukturbereinigungen und ähnliches die benannten knapp 4 000 Standorte mit Hinweisen auf potentielle Kontaminationen zu prüfen, um so schrittweise alle Verdachtsflächen zu erfassen und in einer Datei zusammenzufassen.

Hamburg

34. Um die erheblichen Altlastenprobleme im Ballungsraum und Hafenstandort Hamburg mit seiner hohen Siedlungs- und Industriedichte abzuarbeiten, wurde bereits 1979 ein Flächensanierungsprogramm erarbeitet und 1981 verabschiedet. Ziel des Programms ist die Erfassung von Verdachtsflächen, deren Gefährdungsabschätzung und die Abwehr möglicher Gefahren. In der Erfassungsphase werden alle relevanten Informationen erhoben und im Informationssystem Flächensanierung (INFLAEX) gespeichert, die Erfassungsbewertung dient der Festlegung von Untersuchungsprioritäten.

1993 wurden im Hamburger Altlasthinweiskataster (AHK) 1 675 Verdachtsflächen ausgewiesen (einschließlich teilsanierter, ohne militärische). Davon sind knapp zwei Drittel Flächen, bei denen lediglich Hinweise auf Geländeveränderungen vorliegen, das heißt, es ist nur von schwachen Verdachtsmomenten auszugehen (sog. A-Flächen). Von dem als grundsätzlich untersuchungsbedürftig anzusehenden rund einem Drittel der Verdachtsflächen gelten 16 % (ca. 100 Fälle) als vorrangig und werden in der Hamburger Prioritätetenliste (HPL) geführt.

Die rund 400 als untersuchungsbedürftig ausgewiesenen Altablagerungen verteilen sich auf die Ablagerungsarten gemäß Tabelle 1.5.

Tabelle 1.5

Altablagerungen in Hamburg nach Ablagerungsart

Stand: 1993

Flächentyp	Anzahl	Prozent
Baggergut, Spülflächen, Aufhöhungen	121	30
Hausmüll, Sperrmüll	84	21
Industrieabfälle	55	14
Schlacken, Aschen	5	1
Sonstige	137	34

Quelle: SRU, nach Daten der Umweltbehörde – Amt für Umweltschutz – Hamburg

Hinweise mit konkretem Verdacht auf Ablagerungen gefährlicher Stoffe und Gegenstände liegen bei etwa einem Viertel der Ablagerungen vor. Die so eingestuften Ablagerungen rekrutieren sich vor allem aus den Kategorien Industrieabfälle und sonstige Ablagerungen.

Zu den im Altlasthinweiskataster bisher ausgewiesenen 229 Altstandorten (davon 50 existierende Betriebe) kommen noch ca. 2000 bekannte Altstandorte im Zusammenhang mit der begonnenen grundlegenden Überarbeitung des Altlasthinweiskatasters hinzu; das gesamte Altstandortpotential wird auf 2500 Verdachtsflächen geschätzt.

Die Auswertung von 34 durchgeführten Sanierungen im Zeitraum von 1988 bis 1990 nach Art der Maßnahmen zeigt, daß vor allem Dekontaminationsverfahren (46 %), weniger dagegen Sicherungsverfahren (16 %) zum Einsatz kamen; bei den verbleibenden 38 % handelt es sich um Umlagerungsmaßnahmen. Im Zeitraum von Mitte 1990 bis Ende 1992 wurden 74 Sanierungsmaßnahmen abgeschlossen, wobei es sich dabei hauptsächlich um Umlagerung (Bodenabfuhr) handelt. Lediglich in 14 Fällen wurden Dekontaminationsverfahren eingesetzt.

Hessen

35. Erste Maßnahmen zur Lösung des Altlastenproblems gehen in Hessen auf das Jahr 1979 zurück. Dabei wurde unter anderem mit dem Aufbau eines Altablagerungskatasters begonnen, das heute als abgeschlossen angesehen werden kann. Die systematische Erfassung von Altstandorten ist, mit Ausnahme alter Gaswerkstandorte, zur Zeit in Arbeit und wird erst in einigen Jahren zum Abschluß gebracht werden können.

Altablagerungen

36. Im Altablagerungskataster der Hessischen Landesanstalt für Umwelt (HLfU) sind abschließend etwa 6 500 Ablagerungen registriert. Die aus einer

Tabelle 1.6

Verdachtsflächen aus Altablagerungen nach Ablagerungsart in Hessen

Stand: 1993 – in Prozent

	Sand-/ Kiesgruben	Tal/Senke/ Graben	Stein-brüche	Ton-/Lehm-grube	Feucht-/ Wasserfläche	Ebene	gesamt
Verfüllung	36	28	15	8	4	0	91
Aufhöhung	1	3	<0,5	<0,5	2	2	9

Quelle: SRU, nach Daten der Hessischen Landesanstalt für Umwelt

ersten Bewertung („hinreichender Verdacht") der vorliegenden Informationen hervorgehenden altlastverdächtigen Fälle sind in der für die weiteren Arbeitsschritte allein relevanten Verdachtsflächendatei (§§ 1624 HAbfAG) zusammengefaßt, die derzeit etwa 3 200 Flächen umfaßt und Grundlage der nachfolgenden Auswertung ausgewählter gefährdungsrelevanter Daten ist.

Von allen altlastverdächtigen Ablagerungen gehören mehr als die Hälfte (56 %) der Anlagenart „ehemaliger Gemeindemüllplatz mit unbekannten Einlagerungen" an, 17 % sind Bauschutt- und Erdaushubdeponien und jeweils 10 % entfallen auf Deponien für besonders überwachungsbedürftige Abfälle, auf Schlacke- und Klärschlammdeponien sowie auf illegale und vermutete Ablagerungen. Als Hausmülldeponien und Deponien für hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (auch firmeneigene und private) werden rund 7 % eingestuft, die sich aus stofflicher Sicht vermutlich wenig von der erstgenannten Gruppe unterscheiden werden.

Über das Ablagerungsgelände und die Geländeveränderungen liegen nur von etwa einem Drittel der Verdachtsflächen Informationen vor, aus denen hervorgeht, daß die Ablagerungstypen

- Verfüllungen von Sand-/Kiesgruben (36 %),
- Verfüllungen von Tal/Senke/Graben (28 %) und
- Verfüllungen von Steinbrüchen (15 %)

am häufigsten vorkommen (Tab. 1.6).

Auch hinsichtlich der Volumen- und Flächenangaben kann nur auf Teilergebnisse zurückgegriffen werden, weil der Ausfüllungsgrad erst bei 34 % beziehungsweise 53 % liegt. Immerhin ist eine gewisse Häufung für Ablagerungen mit einem Volumen zwischen 10 000 m³ und 100 000 m³ (42 %) und einer Flächenausdehnung zwischen 1 000 m² und 10 000 m² (54 %) zu erkennen (Abb. 1.8).

Zu den grundwasserrelevanten Daten Deponiesohlenabstand und Untergrunddurchlässigkeit liegen nur Stichprobenergebnisse vor. Aus 70 Untersuchungsberichten ist bekannt, daß bei jeweils 27 Verdachtsflächen der Untergrund als gering durchlässig beziehungsweise durchlässig, bei 16 Flächen, also knapp einem Viertel, als gut durchlässig eingestuft wird. Bisher sind 35 Fälle mit Grundwasseranschnitt dokumentiert.

Bei den (Mehrfach-)Nennungen der Lage des Standorts zu heutigen Nutzungen überwiegt erwartungsgemäß die Bebauung (36 %) vor der Nutzung als Wasserschutzgebiet (25 %) und Naturschutzgebiet (17 %), wobei der Standort meist innerhalb der angegebenen Nutzungen liegt (Tab.1.7).

Tabelle 1.7

Verdachtsflächen aus Altablagerungen nach Lage zu gegenwärtigen Nutzungen in Hessen

Stand: 1993 – in Prozent

Nutzungsart	gesamt	davon	
		innerhalb	außerhalb
Bebauung	36	26	10
Wasserschutz-gebiet	25	23	2
Naturschutzgebiet	17	16,8	0,2
Freizeitflächen ...	10	9,6	0,4
Landwirtschaft ...	8	6,6	1,4
Heilquellen-schutzgebiet	4	3,9	0,1

Quelle: SRU, nach Daten der Hessischen Landesanstalt für Umwelt

37. Die in der Verdachtsflächendatei dokumentierten Altablagerungen werden nach einem Standarduntersuchungsprogramm näher erkundet und einer behördlichen Untersuchung ihres Gefährdungspotentials unterzogen. Derzeit befinden sich

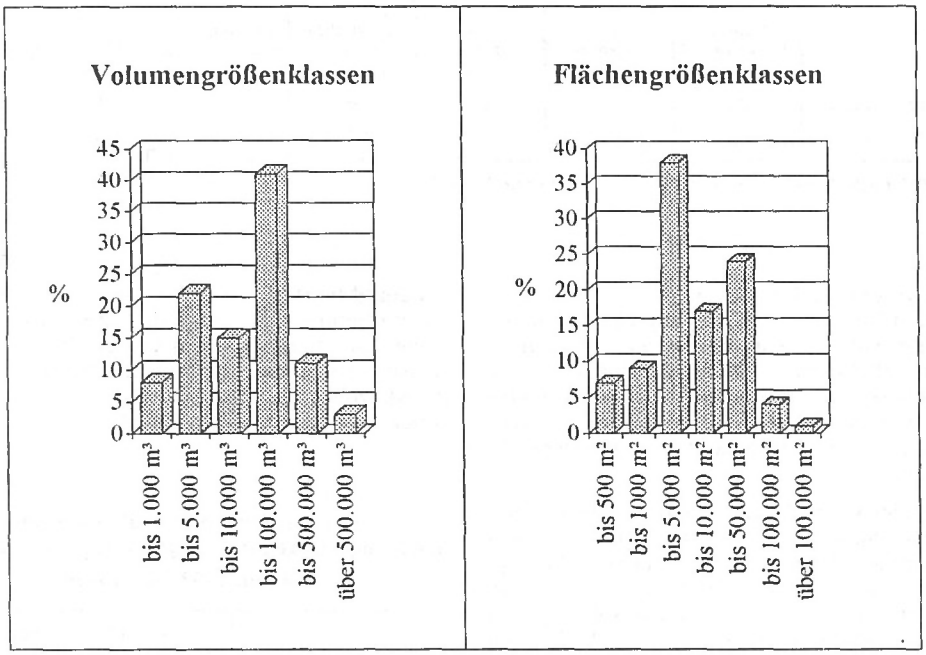
- 312 Verdachtsflächen in Erstuntersuchung,
- 45 Verdachtsflächen in vertiefender Untersuchung und
- 117 Verdachtsflächen in Sanierungsuntersuchung.

Die Altlastensanierungsbilanz Hessens weist Anfang 1993 für den Zeitraum 1980 bis 1992 32 Sanierungsprojekte für den Bereich Altablagerungen aus, wovon der überwiegende Teil (27) noch laufende Verfahren betrifft, das heißt, lediglich 5 Projekte sind abgeschlossen. Abbildung 1.9 gibt einen Überblick über die eingesetzten Verfahren.

Abbildung 1.8

Verdachtsflächen aus Altablagerungen nach Volumengrößenklassen und Flächengrößenklassen in Hessen

Stand: 1993

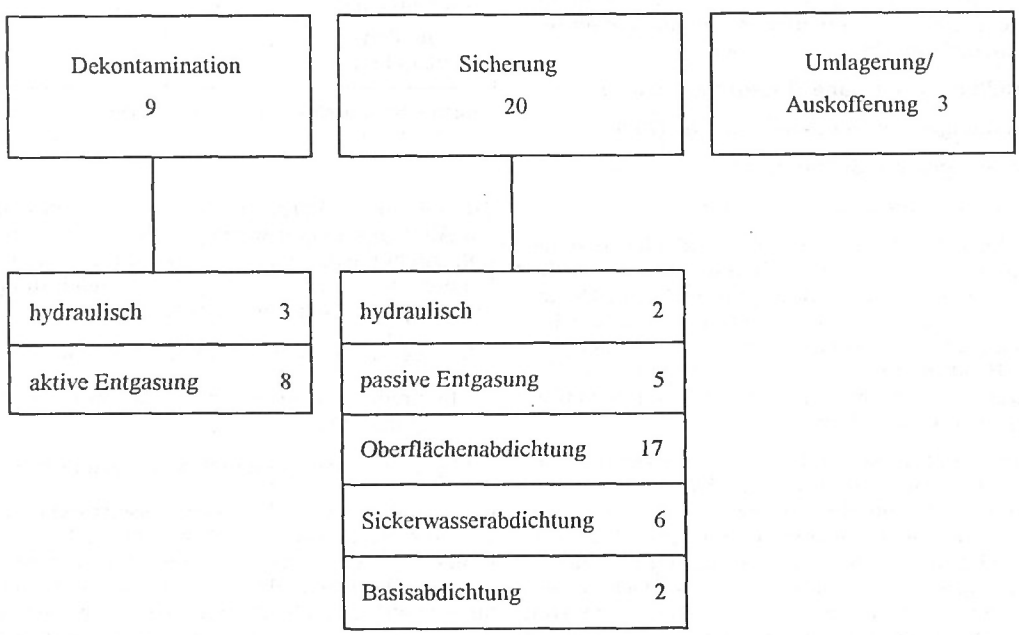


Quelle: SRU, nach Daten der Hessischen Landesanstalt für Umwelt

Abbildung 1.9

Art und Anzahl der Sanierungsmaßnahmen im Bereich Altablagerungen in Hessen

1989–1992

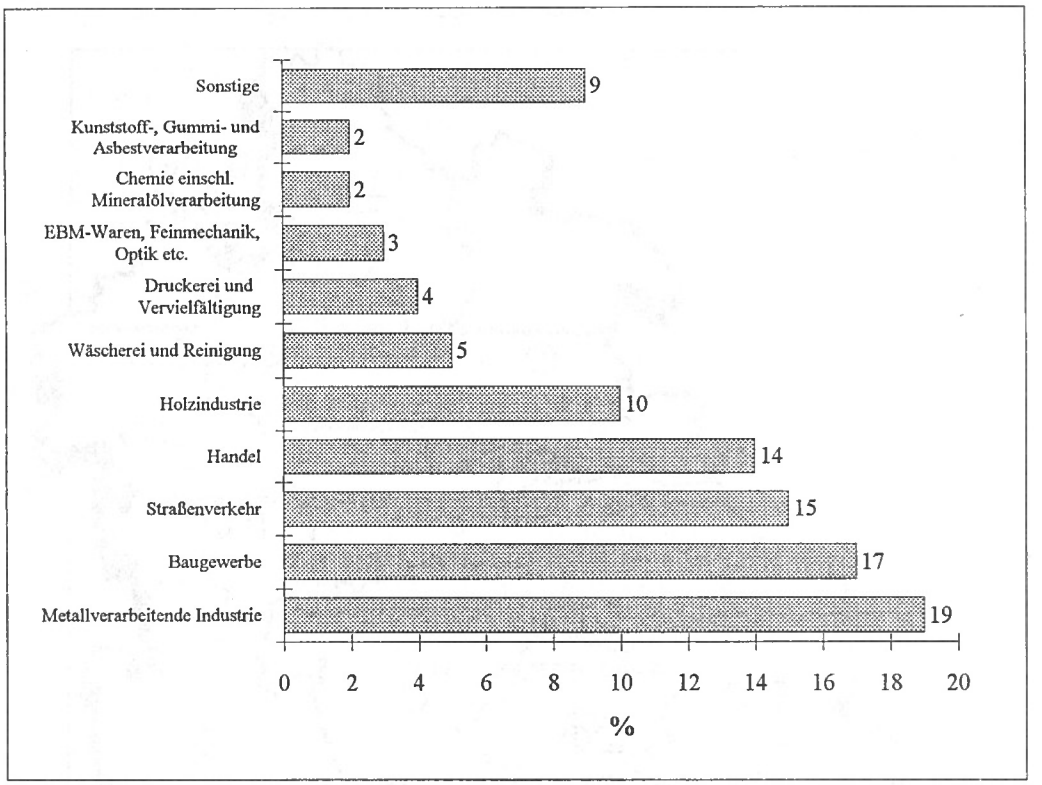


Quelle: Hessische Landesanstalt für Umwelt, 1993, schriftl. Mitt., verändert

Abbildung 1.10

Altstandorte nach Branchengruppen in Hessen

Stand: 1993 – in Prozent

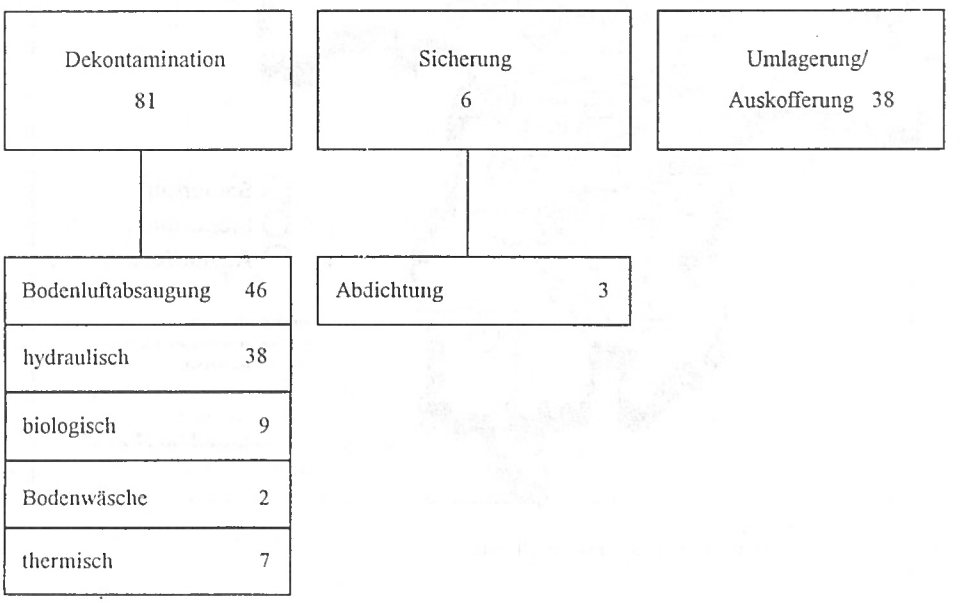


Quelle: SRU, nach Daten der Hessischen Landesanstalt für Umwelt

Abbildung 1.11

Art und Anzahl der Sanierungsmaßnahmen im Bereich Altstandorte in Hessen

1980 bis 1992

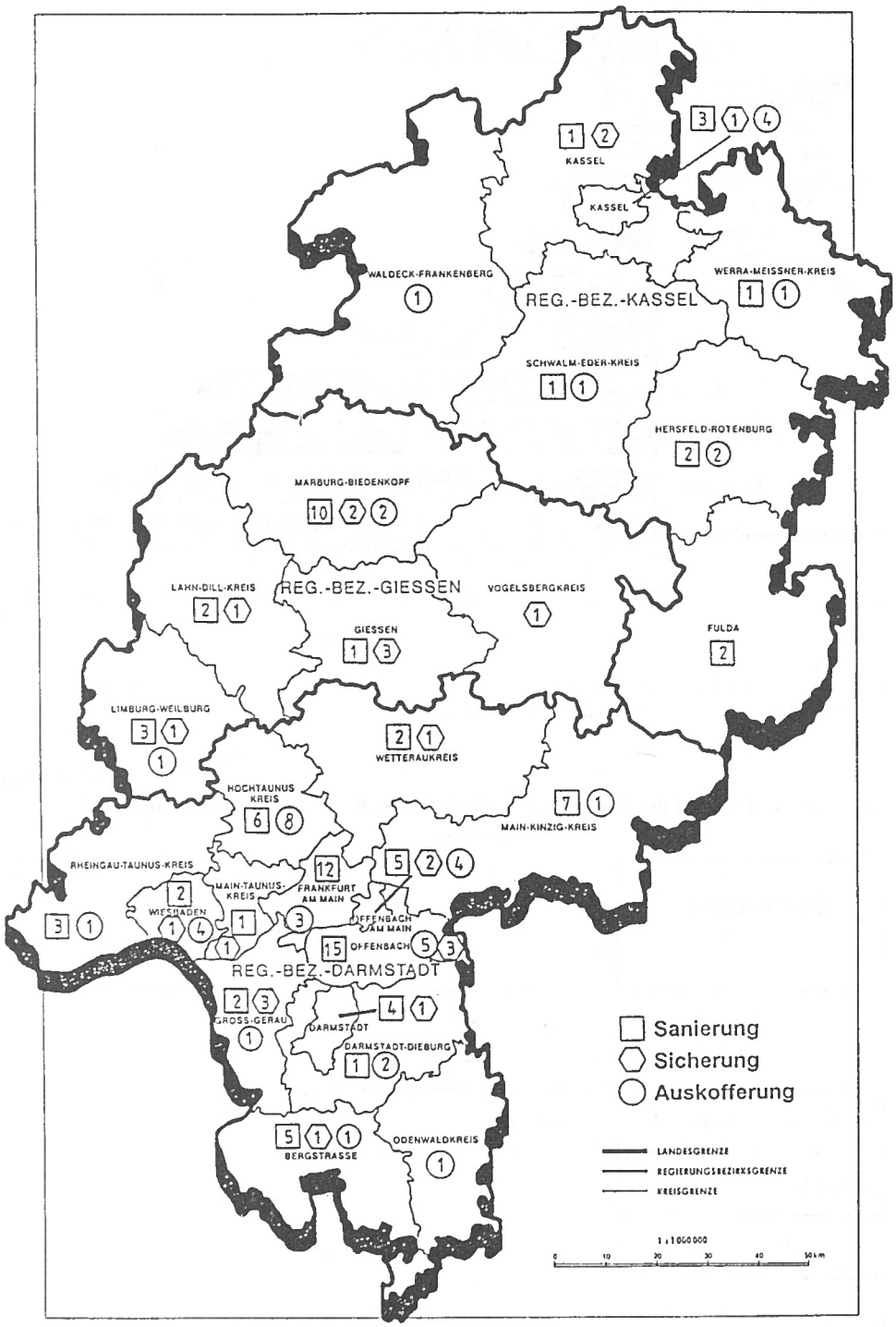


Quelle: Quelle: Hessische Landesanstalt für Umwelt, 1993, schriftl. Mitt., verändert

Abbildung 1.12

Art und Anzahl der Altlastensanierungsmaßnahmen in Hessen

Stand: Juli 1992



Quelle: Hessische Landesanstalt für Umwelt, 1993, schriftl. Mitt.

Altstandorte

38. Ein dem Altablagerungskataster vergleichbares Kataster für die Altstandorte befindet sich erst im Aufbau, Aussagen zur Struktur beziehungsweise zum Gefährdungspotential sind deshalb nicht möglich. Lediglich eine erste vorläufige Zuordnung zu Branchenhauptgruppen für eine Teilmenge von rund 17 000 Standorten liegt vor. Es handelt sich dabei nur um die in den Gewerberegistern abgemeldeten Betriebe (wobei der Rückmeldungsgrad zur Zeit nur 50 % der hessischen Gemeinden ohne Großstädte betrifft), die den beiden internen höchsten Gefährdungsklassen zugeordnet wurden und aus denen sich die Altlastverdachtsflächen vor allem rekrutieren. 90 % aller erfaßten Standorte entfallen auf zehn in Abbildung 1.10 aufgeführte Branchengruppen.

Unabhängig von der begonnenen aufwendigen und schwierigen flächendeckenden Altstandorterfassung wurden seit 1980 für 125 bekannte Einzelstandorte Maßnahmen zur Sanierung eingeleitet; davon sind 40 Projekte abgeschlossen. Über Art und Anzahl aller Maßnahmen gibt Abbildung 1.11 Auskunft.

Abschließend ist in Abbildung 1.12 die regionale Verteilung aller bisher in Hessen ergriffenen Maßnahmen zur Sanierung von Ablagerungs- und Standortaltlasten dargestellt, aus der eine starke Konzentration auf den Regierungsbezirk Darmstadt hervorgeht.

Niedersachsen

39. In Niedersachsen wurde seit 1985 ein Konzept zur systematischen Vorgehensweise bei der Bearbeitung von Altlasten entwickelt und schrittweise umgesetzt. Die organisatorischen Voraussetzungen für die interdisziplinäre Zusammenarbeit und fachliche Unterstützung der zuständigen Gebietskörperschaften bei der Bewältigung des Altlastenproblems sind vom Land durch Errichtung einer Landesarbeitsgruppe Altlasten (LAA) und regionaler Bewertungskommissionen (RBK) geschaffen. Als landeseinheitliche Arbeitsgrundlage dient das Altlastenhandbuch (Niedersächsisches Umweltministerium, 1993), das allen Beteiligten den organisatorischen und fachlichen Rahmen der Umsetzung des Altlastenprogramms vermittelt. Während die flächendeckende Erfassung und Dokumentation für den Bereich der Altablagerungen weitgehend, die gezielte Nachermittlung sowie die formale Erstbewertung erst zum Teil abgeschlossen sind, stehen vergleichbare systematische Arbeiten für Altstandorte noch aus.

Altablagerungen

40. Im Flächenland Niedersachsen wurden bis zum Juli 1993 etwas mehr als 7 500 Altablagerungen in der Zentraldatei des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (NLÖ) erfaßt, über deren räumliche Verteilung Abbildung 1.13 einen Eindruck vermittelt.

Nachfolgend werden beispielhafte Auswertungsergebnisse für ausgewählte allgemeine und erstbewertungsrelevante Kriterien, über deren Erfüllungsgrad laut Erfassungsbogen Abbildung 1.14 Auskunft gibt, zur Charakterisierung der Belastungssituation durch Altablagerungen wiedergegeben.

Einen Überblick über den zeitlichen Verlauf der Stilllegung von Deponien seit 1972, der auf etwa 6 500 Fällen mit Angaben zum Stichtag der Inbetriebnahme und Schließung beruht, gibt Abbildung 1.15. Nicht bekannt ist die entsprechende Verteilungssituation für die rund 1 000 gemeldeten Ablagerungen, von denen zu dieser Frage keine Angaben vorliegen.

Die Auswertung nach Art der Anlage, vermuteter oder abgelagerter Abfallart (gemäß Abfallkatalog von 1980) und Volumen- und Flächenausdehnung läßt sich in der Aussage zusammenfassen, daß es sich hauptsächlich um Grubenverfüllungen (80 %) von Hausmüll (77 %) kleiner bis mittlerer Größe handelt. Am häufigsten kommen Altablagerungen mit einem Volumen bis 5 000 m^3 und einer Flächenausdehnung bis 5 000 m^2 vor. Die für die Erstbewertung relevante Häufigkeitsverteilung nach Volumengrößenklasse und Gefährdungsklasse für insgesamt rund 6 000 Fälle verdeutlicht, daß bei Anwendung eines von 0 bis 55 Punkte reichenden Bewertungsschlüssels (Bodenaushub und kleiner als 1 000 m^3 = niedrigste Punktzahl; Sonderabfall und über 500 000 m^3 = höchste Punktzahl) die Mehrzahl der Fälle im unteren Punktebereich liegt, was auf ein eher geringes Gefährdungspotential und nachrangigen Handlungsbedarf hinweist (Abb. 1.16).

Eine flächendeckende Einschätzung anhand der Bewertungskriterien Untergrund-Durchlässigkeitsstufe und Sohllage zum Grundwasser ist weniger zuverlässig, weil nur für etwa ein Drittel der Fälle die erforderlichen Daten vorliegen. Hier besteht, wie auch aus Abbildung 1.14 ersichtlich, noch relativ großer Nachermittlungsbedarf. Immerhin deutet sich an, daß bei mehr als zwei Drittel von knapp 2 500 Altablagerungen Freisetzungs- und Ausbreitungsmöglichkeiten von Stoffen bestehen, wobei bei einem Viertel die Sohle der Ablagerung sogar unterhalb des Grundwasserspiegels liegt (Tab.1.8, gekennzeichnete Felder).

Potentielle Gefährdungen sind auch aus den jeweiligen Entfernungen der Altablagerungen zu bestimmten wasserwirtschaftlichen Nutzungen abzuleiten, die sich für die bewertungsrelevanten Bereiche wie folgt verteilen:

Entfernung zu

– Trinkwasseranlage	0–1 000 m	13 %
– Wasserschutzgebiet	0–500 m	24 %
– Wasservorranggebiet	0 m (innerhalb)	19 %
– Heilquellenschutzgebiet	0–500 m	2 %.

Schließlich liegen innerhalb einer(s)

– Bebauung	9 %
– Natur- und Landschaftsgebietes	19 %
– Überschwemmungsgebietes	6 %

und innerhalb eines Vorfluters beziehungsweise bis 500 m Entfernung zu einem Vorfluter immerhin 58 % aller Ablagerungen.

Tabelle 1.8

Altablagerungen in Niedersachsen nach Sohllage und hydraulischer Durchlässigkeit

Stand: 1993 – in Prozent

Sohllage \ hydraulische Durchlässigkeit	gering durchlässig	durchlässig	gut durchlässig	Summe
> 10 m über Grundwasserspiegel	2	4	5	11
> 2 bis 10 m über Grundwasserspiegel	6	13	10	29
0 bis 2 m über Grundwasserspiegel	7	15	14	36
unter Grundwasserspiegel	8	16	0	24
Summe	23	48	29	100

Quelle: SRU, nach Daten des Niedersächsischen Landesamts für Ökologie

41. Wie eingangs erwähnt, ist die Erfassungsphase weitgehend abgeschlossen, gezielte Nachermittlungen laufen noch in etwa 1 500 Fällen. In 24 Landkreisen und Städten mit 2 648 Altablagerungen liegt die Erstbewertung vor. Es wird erwartet, daß diese Phase 1994 zum Abschluß gebracht werden kann. In 250 bis 300 Fällen sind Orientierungsuntersuchungen mit Gefährdungsabschätzungen gelaufen, Detail- und Sanierungsuntersuchungen sind erst in Einzelfällen auf den Weg gebracht.

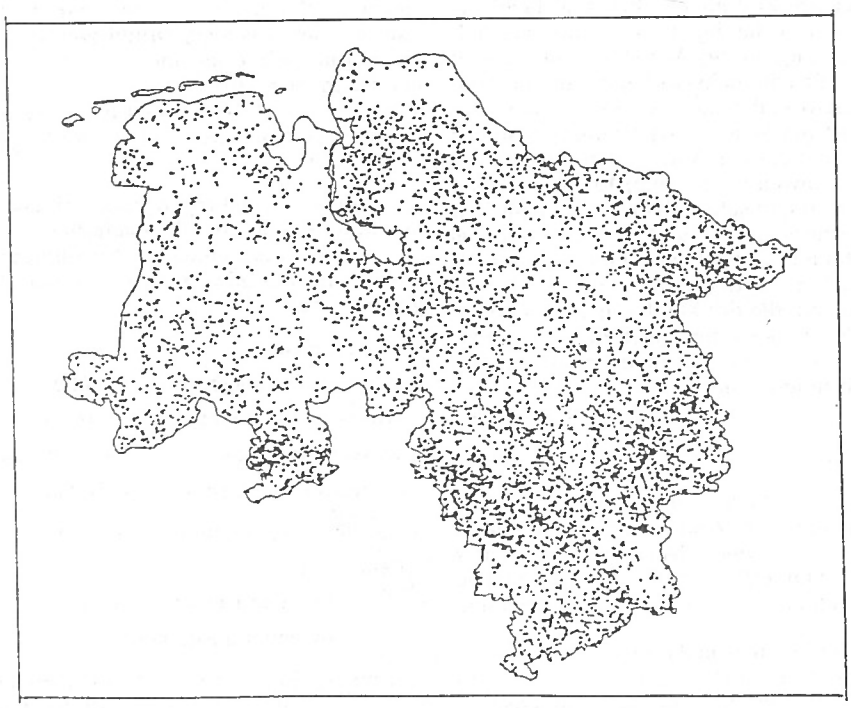
Altstandorte

42. Die systematische Erfassung und Erstbewertung von Altstandorten steht auch in Niedersachen erst am Anfang. Nach einem ersten im Jahre 1985 unternommenen, wegen Erfolglosigkeit eingestellten Versuch einer Bestandsaufnahme ist deutlich geworden, daß eine abgestimmte und machbare Konzeption entwickelt werden muß, die gewährleistet, daß Erfassung und Prioritätenbildung in einem Zuge erfolgen können. Vorarbeiten zur Entwicklung eines Konzeptes für die Altstandorterfassung und bewertung werden zur Zeit im Rahmen eines Pilotprojekts durchgeführt. Die Überlegungen gehen dahin, ein landesweites Erfassungskonzept zu erarbeiten, die Prioritätenbildung aber nicht auf Landesebene durchzuführen. Unabhängig von dieser Entwicklung werden einzelne (z.Zt. weniger als 100) konkrete altlastverdächtige Standorte bearbeitet.

Abbildung 1.13

Altablagerungen in Niedersachsen

Stand: Februar 1993



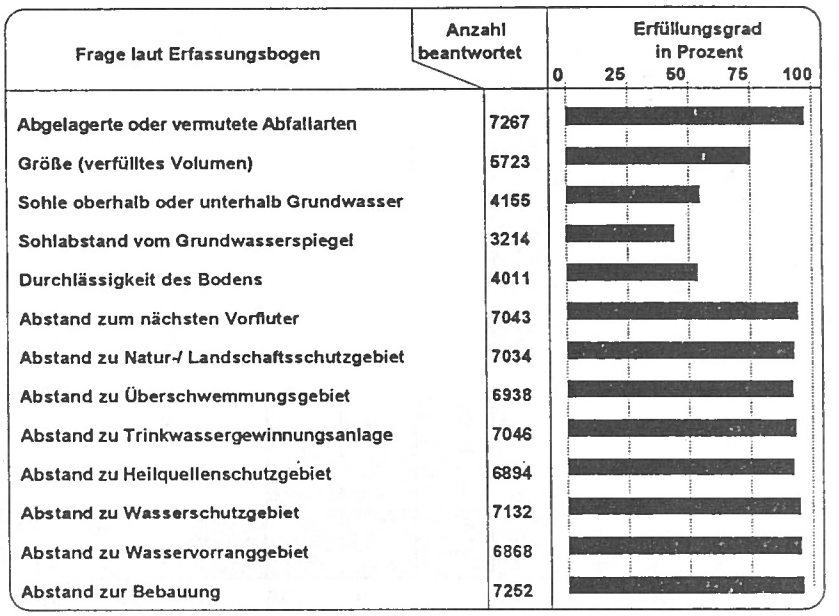
Quelle: Niedersächsisches Umweltministerium, 1993

Abbildung 1.14

Ausgewählte Kriterien zur Erstbewertung von Altablagerungen in Niedersachsen

Sachstand: Februar 1993

Anzahl ausgewerteter Altablagerungen für Gesamtniedersachsen: 7 488 (100 %-Wert)

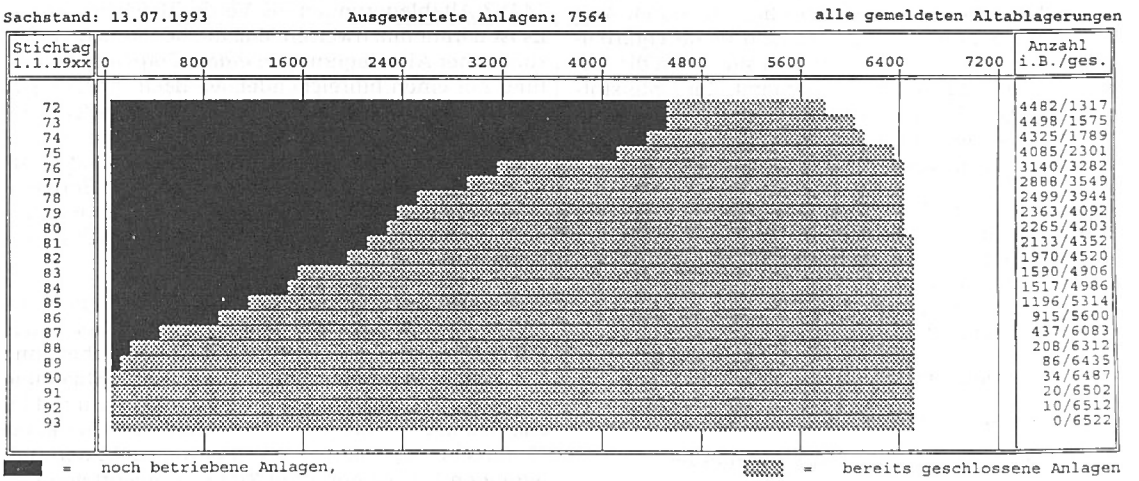


Quelle: Niedersächsisches Umweltministerium, 1993

Abbildung 1.15

Altablagerungen in Niedersachsen

Anzahl der Anlagen, die jeweils zum Jahresbeginn in Betrieb bzw. geschlossen waren

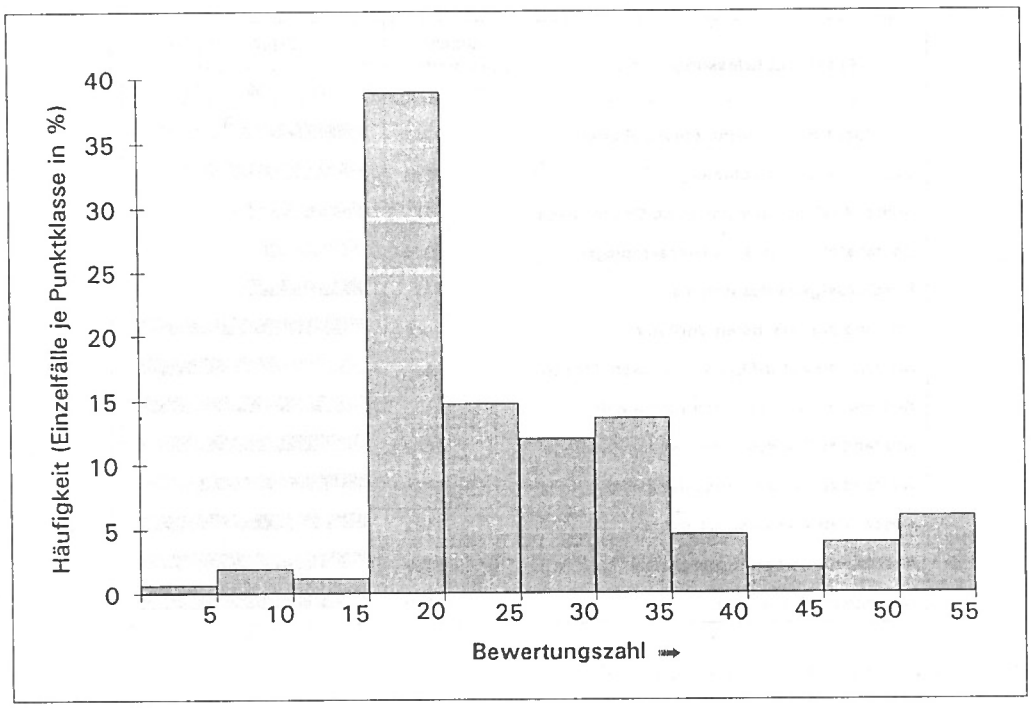


Quelle: Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, 1993, schriftl. Mitt.

Abbildung 1.16

Altablagerungen in Niedersachsen – Erstbewertungsergebnis für die Kriterien Volumenklasse und Gefährdungsklasse

Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Niedersächsischen Landesamts für Ökologie

Nordrhein-Westfalen

43. Die systematische Erfassung und Bewertung von Altlastverdachtsflächen wird in Nordrhein-Westfalen seit 1980 durchgeführt. Die Erhebung ist gesetzliche Aufgabe der unteren Abfallwirtschaftsbehörden bei den Kreisen und kreisfreien Städten. Handelt es sich um Verdachtsflächen, die durch Aufsuchen, Gewinnen, Aufbereiten und Weiterverarbeiten von Bodenschätzen entstanden sind, liegt die Zuständigkeit beim Landesoberbergamt. Zur Unterstützung der Arbeiten in den zuständigen Behörden und Fachdienststellen wurden umfangreiche Arbeits- und Beurteilungshilfen vom Land bereitgestellt.

Die von den Abfallbehörden erhobenen Einzeldaten werden noch nicht vollständig zum Zwecke einer landesweiten Statistik zentral erfaßt und ausgewertet. Dies erfolgt bisher nur für Angaben zur landesweiten Darstellung des aktuellen, das heißt jährlichen Sachstandes für

- die Erfassung von Altlastverdachtsflächen,
- die weitergehende Bearbeitung und
- die Anwendung von Sanierungsverfahren.

Es ist jedoch vorgesehen, alle seit 1979 erhobenen Daten zu vervollständigen, rechnergestützt zu erfassen und in dem Informationssystem Altlasten-Datenbank (ISAL) abzuspeichern, so daß kurzfristig für das gesamte Land repräsentative Auswertungen zur Abschätzung der Gefährdungswahrscheinlichkeit möglich sein werden.

44. Bis April 1994 waren in Nordrhein-Westfalen 14183 Altablagerungen als Verdachtsflächen erfaßt. Es ist darauf hinzuweisen, daß die behördliche Erfassung einer Altablagerung in einem Zuge mit der Prüfung auf einen hinreichenden Verdacht gemäß § 28 Abs. 2 Landesabfallgesetz Nordrhein-Westfalen erfolgen soll, das heißt, Ablagerungen ohne hinreichenden Verdacht (Negativfälle) sollten nicht erfaßt werden. (Für die Erfassungspraxis ist diese Entscheidungsschnittstelle von wesentlicher Bedeutung, insbesondere für den Bereich der Altstandort-Verdachtsflächen).

Wichtigste Abfallgruppen sind feste Siedlungsabfälle (37%) und Bauschutt/Erdaushub (30%), bei einem Fünftel sind die abgelagerten Abfallarten unbekannt. Für die Betriebsdauer beziehungsweise Stillegung und für die Größenstruktur nach Volumen und Fläche liegen nur Stichprobenergebnisse vor, die keine Hochrechnung erlauben. Der Schwerpunkt der Stilllegungen lag bei den rund 2000 ausgewerteten Fällen in den siebziger Jahren (42%). Beim Volumen (rund 1350 Fälle) sind die Größenklassen bis

Tabelle 1.9

Stand der Anwendung von Sanierungsverfahren in Nordrhein-Westfalen

Auswertungsgrundlage: 148 Altablagerungen; 342 Altstandorte
Stand: 31. Dezember 1992

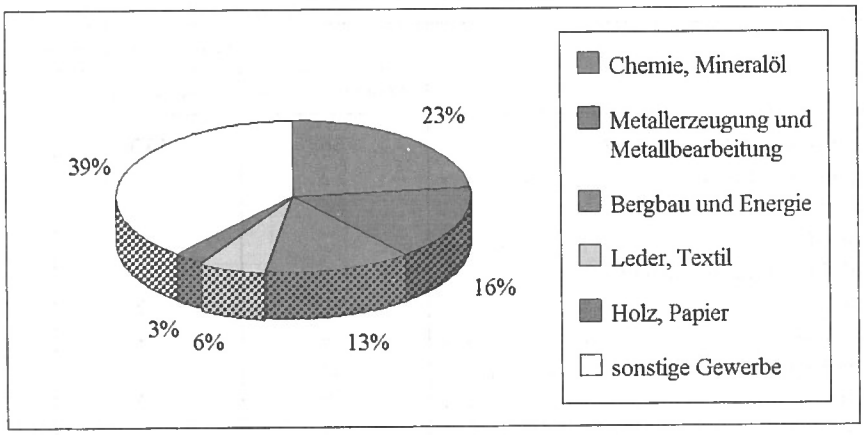
Sanierungsverfahren	Anzahl der Anwendungen auf		
	Altablagerungen	Altstandorte	gesamt
Dekontaminationsverfahren gesamt	**56**	**151**	**207**
Thermische Verfahren gesamt	2	19	21
– Verbrennung	–	13	13
– Art unbekannt	2	6	8
Wasch/Extraktionsverfahren gesamt	1	3	4
– Waschverfahren	1	3	4
– Extraktionsverfahren	–	–	–
Pneumatische Verfahren gesamt	32	37	69
– Bodenluftabsaugung	10	37	47
– Deponieentgasung	22	–	22
Biologische Verfahren gesamt	5	12	17
– Mieten	5	5	10
– Art unbekannt	–	7	7
Hydraulische Verfahren gesamt	16	80	96
Sicherungsverfahren gesamt	**73**	**74**	**147**
Einschießungsverfahren gesamt	54	62	116
– Oberflächenabdichtung	23	23	46
– Oberflächenabdeckung	25	33	58
– vertikale Abdichtung	4	2	6
– nachträgliche Basisabdichtung	1	–	1
– Art unbekannt	1	4	5
Immobilisierungsverfahren gesamt	–	5	5
– Physikalische Wirkungsweise	–	5	5
– Chemische Wirkungsweise	–	–	–
Sonstige Verfahren gesamt	19	7	26
– passive pneumatische Verfahren	11	2	13
– passive hydraulische Verfahren	8	5	13
Umlagerungen gesamt	**72**	**215**	**287**
– Umlagerung on-site	8	17	25
– Umlagerung off-site	64	198	262
Sanierungsverfahren gesamt*)	**201**	**440**	**641**

*) Aufgrund der Berücksichtigung aller auf den Flächen angewandten Sanierungsverfahren übersteigt die Summe der Verfahren die Anzahl der ausgewerteten Einzelfälle.

Quelle: Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen, 1993, schriftl. Mitt.

Abbildung 1.17

Altstandorte nach Branchengruppen in Nordrhein-Westfalen
Stand: 1992



Quelle: SRU, nach Daten des Landesamts für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen

10 000 m³ (31 %) und 10 000 m³ bis 50 000 m³ (37 %), bei der Fläche die Größenklasse 3 000 m² bis 50 000 m² (60 %), am häufigsten vertreten.

45. Die 5322 (Stand: 1.05.1994) erfaßten altlastverdächtigen Altstandorte verteilen sich auf Branchengruppen gemäß Abbildung 1.17. Weitere Informationen, aus denen Tendenzen der landesweiten Gefährdungssituation abgeleitet werden könnten, liegen noch nicht vor.

46. Im Vergleich zu den meisten anderen Bundesländern ist die Bearbeitung von Altlastverdachtsflächen in Nordrhein-Westfalen schon weiter vorangeschritten. Die Zahl der abgeschlossenen und noch laufenden Gefährdungsabschätzungen beträgt ca. 4 100 (Stand: Ende 1992). Hierzu ist zu bemerken, daß die darin enthaltenen 2467 abgeschlossenen Fälle solche sind, bei denen alle Arbeitsschritte der Gefährdungsabschätzung, also Erstbewertung, orientierende Untersuchung, Detailuntersuchung bis zur abschließenden Gefahrenbeurteilung abgearbeitet worden sind. Sanierungsuntersuchungen laufen für 148 Altlastverdachtsflächen, abgeschlossen wurden bereits 158 Fälle. 148 Altablagerungen und 342 Altstandorte wurden saniert; die dabei zur Anwendung gekommenen Sanierungsverfahren sind in Tabelle 1.9 dargestellt.

Rheinland-Pfalz

47. Die Zuständigkeiten für die Erfassung und Bewertung von Altablagerungen und Altstandorten sind im Landesabfallwirtschafts- und Altlastengesetz (LAbfWAG) geregelt. Nach § 26 führt das Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht (LfUG) Erhebungen über Altablagerungen und Altstandorte durch, speichert die gewonnenen Daten, Tatsachen und Erkenntnisse in einem Altablagerungs- und Altstandortkataster und schreibt dies laufend fort. Aus diesem Kataster ergibt sich nach der Erfassungsbewertung durch die zuständigen Behörden das Altlastverdachtsflächen-Kataster, das als Grundlage für die weiteren Bearbeitungsphasen (Gefahrerforschungseingriff, Gefahrenbeurteilung) dient.

Altablagerungen

48. Das Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht hat den Auftrag der Landesregierung vom März 1985 zur Erstellung eines Abfalldeponiekatasters für Rheinland-Pfalz mit dem im Oktober 1990 fertiggestellten Altablagerungskataster erfüllt. In diesem, mit einem Kostenaufwand von 15,9 Mio DM (Landtag Rheinland-Pfalz, Drucksache 12/2923) erstellten Kataster sind mit Stand Mai 1993 rund 14 740 Altablagerungsstellen lokalisiert und dokumentiert. Ergebnisse der Auswertung ausgewählter, für die Erfassungsbewertung relevanter Kriterien werden nachfolgend beispielhaft wiedergegeben.

Über den Betriebszeitraum der Ablagerungen beziehungsweise deren Stillegung liegen zwar keine vollständigen Informationen vor, aus den Angaben zur derzeitigen Nutzung läßt sich aber indirekt schließen, daß in einem nicht unerheblichen Ausmaß noch laufende Ablagerungen kleineren und größeren Umfangs erfolgen (s. Abb. 1.19, Abfalldeponie 7 %).

Zur Charakterisierung der Art der Ablagerungsstelle wurde nicht, wie in den meisten anderen Bundesländern, eine Zuordnung zu fünf Gefährdungsklassen gewählt, vielmehr wurden neun Statuskriterien mit der Möglichkeit der Mehrfachnennung vorgegeben. Die Häufigkeitsverteilung aller Nennungen (Tab. 1.10) weist einen hohen Anteil (47 %) für Bauschutt- und Erdaushubdeponien aus; legt man alle erhobenen Fälle zugrunde, steigt dieser Anteil gar auf 75 %. Der relativ hohe Anteil der Sammelposition „Ablagerungsstelle, Art und Herkunft der Abfälle unbe-

kannt" weist auf einen gewissen Nachermittlungsbedarf hin. Bei den nicht zugelassenen Deponien/Gemeindemüllplätzen dürfte es sich überwiegend um die Kategorie Hausmüll handeln, was auch von der Auswertung der Nennungen nach den Abfallarten

- Bauschutt und Erdaushub 53 %
- Siedlungsabfälle (Hausmüll, Sperrmüll, hausmüllähnlicher Gewerbemüll) 30 %
- Abfallarten unbekannt 17 %

gestützt wird (pro Fall durchschnittlich zwei Nennungen).

Tabelle 1.10

Altablagerungen nach Deponieart in Rheinland-Pfalz

Stand: 1993

Art der Altablagerung	Nennungen in Prozent
Bauschutt- und Erdaushubdeponie ..	47
Nicht zugelassene Deponie/ Gemeindemülldeponie	28
Ablagerungsstelle, Art und Herkunft der Ablagerung unbekannt	21
Firmeneigene Deponie für Industrieabfälle	1
Zugelassene Deponie für Hausmüll etc.	<1
Schlammdeponie	<0,5
Deponie für Industrieabfälle mit privatem Betreiber	<0,5
Sonstige Monodeponien	<0,5
Sonderabfalldeponie	<0,5

Quelle: SRU, nach Daten des Landesamts für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz

Bei 13 670 Ablagerungsstellen (über 90 %) bestehen keine Kenntnisse darüber, ob hier noch Abfälle abgelagert worden sind, die nicht unter die oben genannten Kategorien fallen. Für die rund 550 Fälle, in denen eine derartige Mitablagerung gesichert ist, wurden insgesamt mehr als 20 verschiedene Abfallgruppen genannt, wobei die Kategorien

- Abfälle mineralischen Ursprungs (z. B. Ofenausbrüche, Hütten- und Gießereischutt, metallurgische Schlacken, Krätzen und Stäube, Aschen etc.) mit 26 %
- Abfälle von Mineralölprodukten aus der Erdölverarbeitung und Kohleveredlung mit 13 %
- Mineralische Schlämme mit 10 %
- Kunststoff- und Gummiabfälle mit 9 %
- Abfälle tierischer und pflanzlicher Fettprodukte, aus Tierhaltung und Schlachtung, von Häuten und Fellen mit 8 %
- Abfälle aus Wasseraufbereitung, Abwasserreinigung und Gewässerunterhaltung mit 8 %

als die häufigsten zu nennen sind.

Die Struktur der Ablagerungen nach Volumen- und Flächengrößenklassen zeigt Abbildung 1.18. Etwa die Hälfte entfällt jeweils auf die Größenklassen 1 m^3 bis 5 000 m^3 beziehungsweise 1 000 m^2 bis 5 000 m^2. Mit mehr als 10 % liegt die Quote der Fälle ohne Volumenangabe im Vergleich zur Flächenangabe (weniger als 1 %) recht hoch.

Die am meisten verbreitete Ablagerungsart ist die Hangablagerung (32 %), gefolgt von Grubenverfüllungen (23 %), Talboden (15 %), Ebene-Aufhaldung (13 %), Steinbruch (9 %), Talschluß (5 %) und Baggersee (2 %).

Bei etwa jeder zehnten Ablagerung liegt die Sohle im Grundwasser; über die Beschaffenheit des Untergrundes geben folgende Angaben Auskunft:

Art des Untergrundes	%
- Kluftgestein	39 %
- Lockergestein über Kluftgestein	33 %
- Lockergestein, nicht bindig	21 %
- Lockergestein, bindig	7 %.

Die Auswertung der bewertungsrelevanten Kriterien „gegenwärtige Nutzung der Ablagerungsfläche" und „Lage zu anderen Nutzungen" (Abb. 1.19) lassen sich wie folgt zusammenfassen: Hauptnutzungsarten sind Ödland (38 %) und land- und forstwirtschaftliche Nutzung (31 %); am häufigsten liegen die Ablagerungen in Landschafts- und Naturschutzgebieten (47 %), in Bebauungsgebieten (16 %) sowie innerhalb von Gebieten mit Oberflächengewässern inklusive Quellen (15 %).

49. Nach einer ersten Erfassung der Altablagerungen und deren Zuordnung zu vier Handlungsbedarfsgruppen mittels relativ pauschaler Kriterien wurde in einer zweiten Phase eine landeseinheitliche, rechnergestützte Erfassungsbewertung durchgeführt. Diese Erstbewertung kommt zu dem Ergebnis, daß rund 10 600 Altablagerungen als Altlastverdachtsflächen einzustufen sind, davon 88 mit vordringlichem Handlungsbedarf.

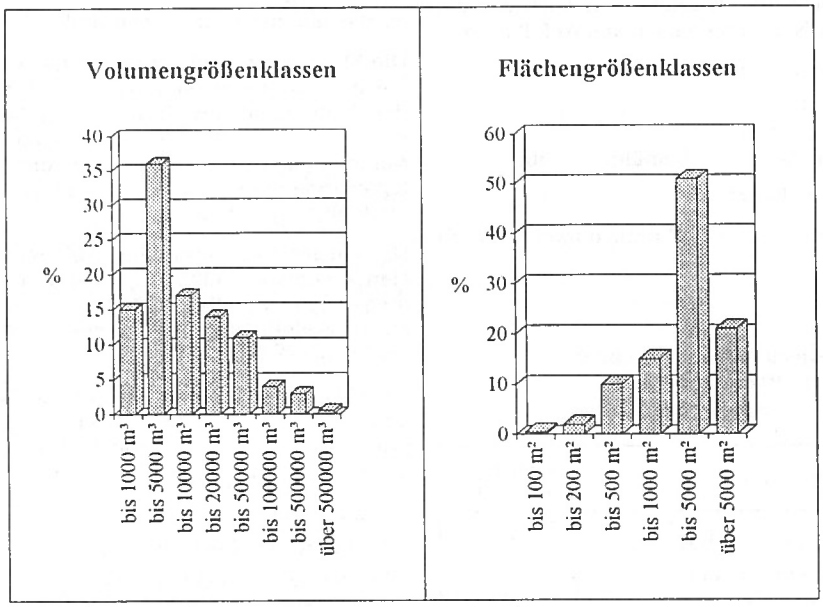
Weiterführende Gefahrerforschungsmaßnahmen, orientierende Untersuchungen und Nacherhebungen wurden inzwischen für etwa 1 000 Verdachtsflächen veranlaßt beziehungsweise durchgeführt; Sanierungsplanungen und Maßnahmen laufen nur in wenigen Einzelfällen.

Altstandorte

50. Die Arbeiten zur systematischen, landesweiten Erfassung von Altstandorten wurden erst später als die Erfassung der Altablagerungen in Angriff genommen. Das entwickelte Konzept „Erfassung und Bewertung von Altstandorten in Rheinland-Pfalz" sieht eine zweistufige Vorgehensweise mit den Schritten Ersterhebung (Erkennung stillgelegter Anlagen mittels Auswertung der Gewerbekarteien) und

Abbildung 1.18

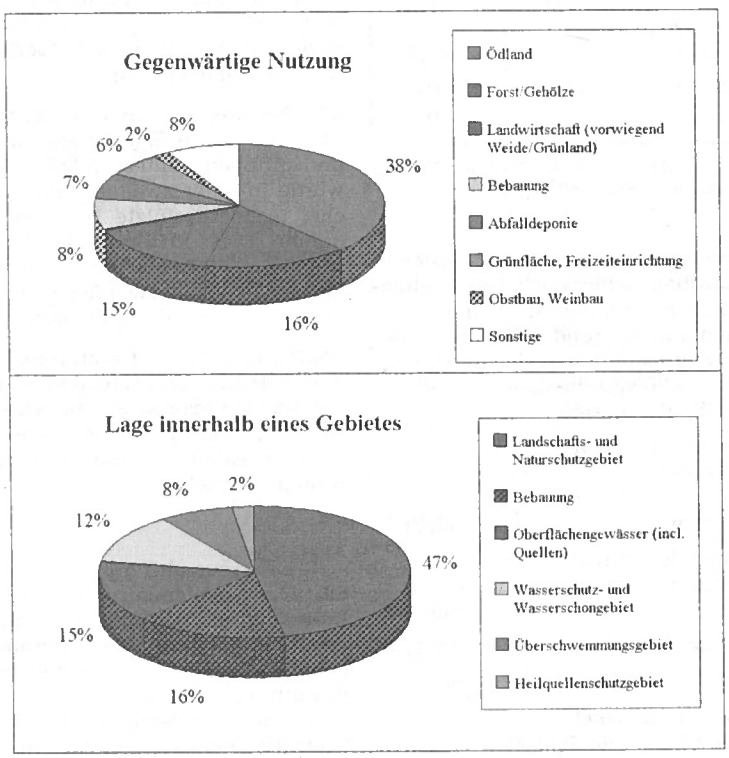
Altablagerungen nach Volumengrößenklassen und Flächengrößenklassen in Rheinland-Pfalz
Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Landesamts für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz

Abbildung 1.19

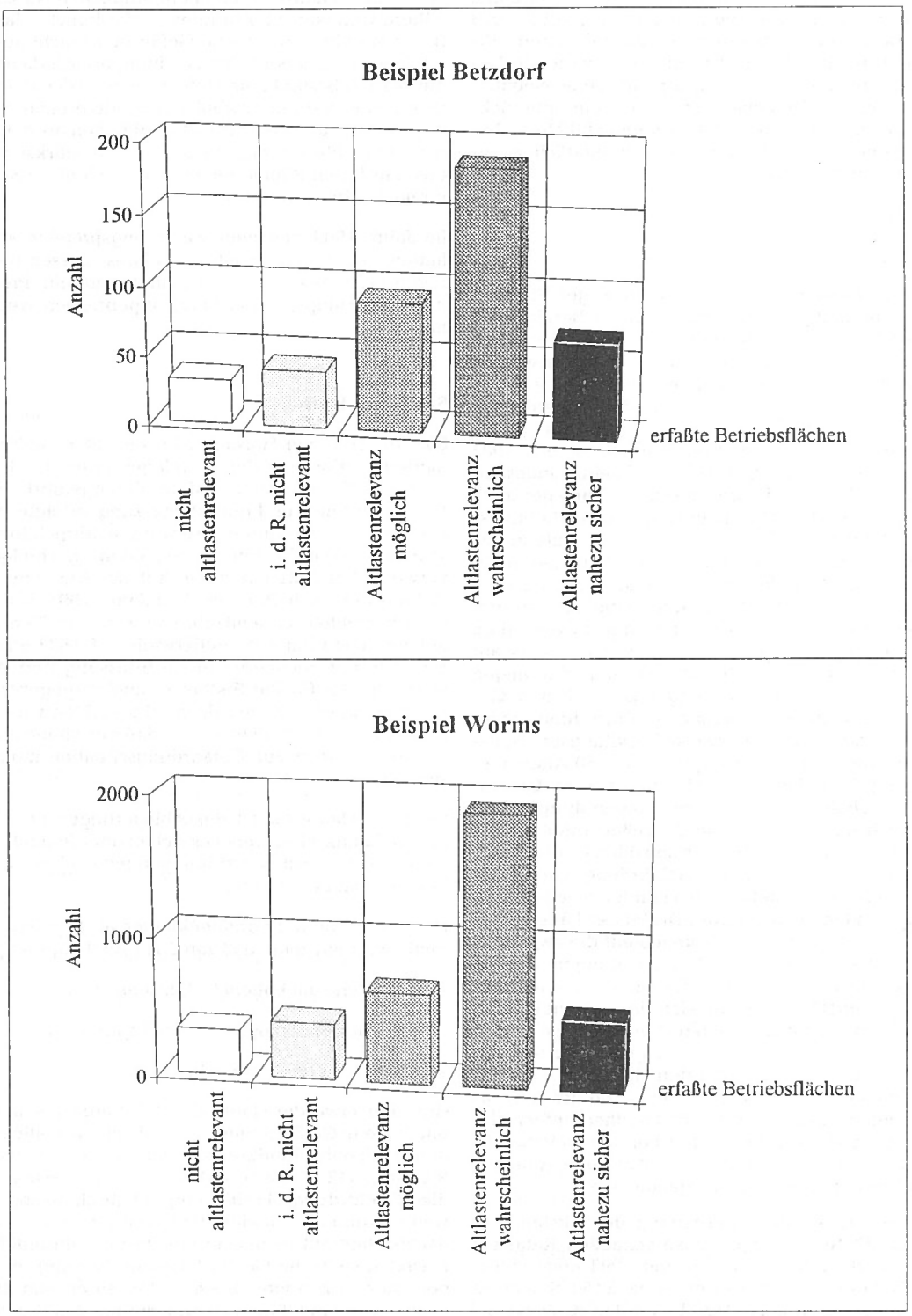
Altablagerungen nach gegenwärtiger Nutzung und Lage innerhalb eines Nutzungsgebietes in Rheinland-Pfalz
Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Landesamts für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz

Abbildung 1.20

Altstandorte nach Altlastrelevanz der Betriebsflächen am Beispiel der Stadt Worms und der Gemeinde Betzdorf
Stand: 1992



Quelle: SRU, nach Daten des Landesamts für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz

vertiefende Erhebung (Prüfung auf Verdachtsanhaltspunkte) vor. Es ist inzwischen als Pilotprojekt in der Stadt Worms und der Gemeinde Betzdorf überprüft und angepaßt worden; Abbildung 1.20 zeigt eine Auswertung zur Altlastenrelevanz der erfaßten Betriebsflächen. Es ist vorgesehen, ab Herbst 1993 stufenweise die umfangreiche flächendeckende Erfassung durchzuführen. Um die zu erwartende Datenflut einzugrenzen, sollen anhand einer Negativliste bestimmte Branchen von vornherein unberücksichtigt bleiben. Über den voraussichtlichen Abschluß der Arbeiten können keine verbindlichen Angaben gemacht werden.

Saarland

51. Das Saarland als jahrhundertelanger Standort der eisenschaffenden Industrie und des Bergbaus ist im Vergleich zu den anderen alten bundesdeutschen Flächenstaaten vom industriellen Strukturwandel und den sich daraus ergebenden Altlastenproblemen besonders betroffen, was sich in der hohen Verdachtsflächendichte niederschlägt. Erste regionale Erhebungen für Altablagerungen wurden bereits 1984 auf den Weg gebracht; ab 1986 wird beim Landesamt für Umweltschutz ein landesweites Altablagerungskataster (ALKA) geführt, dessen erste Erhebungsphase 1990 abgeschlossen war, seither laufend aktualisiert wird und 1994 etwa 1800 Altablagerungen ausweist. Eine landesweite statistische Auswertung der im Kataster enthaltenen Informationen über bewertungsrelevante Kriterien ist noch nicht verfügbar, weil die vollständige Übernahme des Katasters auf EDV noch nicht abgeschlossen ist. Immerhin liegen Ergebnisse der Erstbewertung des möglichen Gefährdungspotentials in Form einer Einstufung in vier Gefährdungs- beziehungsweise Handlungsprioritätsklassen vor. Danach besteht für rund 260 Altablagerungen (15 %) der Verdacht einer akuten Gefährdung, weshalb nähere Untersuchungen dringend erforderlich sind. Ein etwa gleich großer Anteil entfällt auf die niedrigste Erstbewertungsklasse, das heißt, es liegt vermutlich keine Gefährdung vor beziehungsweise es besteht kein Handlungsbedarf. Die verbleibenden mehr als zwei Drittel der Fälle verteilen sich zu etwa gleichen Anteilen auf die zwei mittleren Klassen. Detaillierte Untersuchungen wurden von Landesseite inzwischen für ca. 40 Verdachtsflächen durchgeführt und die sich daraus ergebenden Empfehlungen für die weitere Vorgehensweise den Gemeinden zugeleitet. Eine etwa gleiche Anzahl von Untersuchungen wurde von den Gemeinden in Auftrag gegeben. Damit ist etwa die Hälfte der Altablagerungen mit höchster Priorität detailliert untersucht. Die Festlegung von Prioritäten bei den Detailuntersuchungen wird von einer Arbeitsgruppe Altlasten beim Umweltministerium vorgenommen.

52. Die historische Ersterhebung der Altstandorte und die Erstellung eines entsprechenden Katasters wurde Ende 1990 begonnen und 1993 abgeschlossen. Neueste Zahlen weisen etwa 2450 Standorte aus, wobei die größten Anteile auf den Kreis Neunkirchen (35 %) und den Stadtverband Saarbrücken (31 %) entfallen. Aus vier von sechs Landkreisen liegen von den dort erfaßten rund 1130 Standorten Ergebnisse der Erstbewertung zur Einstufung in vier Gefährdungsklassen vor, die besagen, daß nur 4 % in die Klasse mit der höchsten Untersuchungspriorität – das heißt, Gefährdung einer empfindlichen Nutzung/ nähere Untersuchung dringend erforderlich – fallen. Bei immerhin 57 % ist eine Gefährdung nicht auszuschließen und nähere Untersuchung erforderlich und nur bei 1 % besteht kein Gefährdungsverdacht. Da in dieser Auswertung sowohl der Stadtverband Saarbrücken wie auch der Kreis Neunkirchen als die beiden am dichtesten besiedelten und am stärksten industrialisierten Räume fehlen, wird sich diese Struktur noch erheblich verändern.

Im Jahre 1989 sind neun Sanierungsprojekte angelaufen, von denen jeweils vier abgeschlossen beziehungsweise noch in Arbeit sind und ein Projekt nach der Hauptuntersuchung abgebrochen werden mußte.

Schleswig-Holstein

53. In Schleswig-Holstein wird seit 1984 eine systematische Erfassung der Altablagerungen durch die Kreise und kreisfreien Städte durchgeführt. Eine Erstbewertung zur Prioritätensetzung erfolgte erstmals 1987/88, die Ergebnisse werden jährlich fortgeschrieben. Die letzten vorliegenden, nachfolgend verwendeten Daten beruhen auf der Meldung der Gebietskörperschaften aus dem Jahre 1991. Die damals gemeldete Gesamtzahl von 2755 erfaßten Altablagerungen hat sich mittlerweile auf 2882 erhöht. Eine zentrale rechnergestützte Erfassung und Auswertung aller für die Erstbewertung vorgegebenen, im Erfassungsbogen mit Bewertungszahlen versehenen Kriterien liegt nicht vor, so daß nur einige allgemeine Aussagen zur Gefährdungssituation möglich sind.

Über die Hälfte (53 %) der Ablagerungen entfallen auf die Landkreise, wobei es sich in der Mehrzahl um relativ kleine Grubenverfüllungen (ehemalige „Dorfkippen") handeln dürfte.

Die Einstufung in Prioritätenklassen als Ergebnis der Erstbewertung zeigt, daß von 2544 Altablagerungen

- 8 % solche mit hohem Gefährungspotential,
- 68 % solche mit möglicher Gefährdung und
- 24 % derzeit unproblematisch

sind. Für etwa die Hälfte der 211 Verdachtsflächen mit hohem Gefährdungspotential, die vor allem in den Hamburg-Randkreisen Pinneberg, Segeberg, Stormarn (42 %) lokalisiert wurden, ist inzwischen die Gefährdungsabschätzung abgeschlossen, für weitere rund 30 % laufen die Verfahren. In den Verdachtsfällen mit möglicher Gefährdung (Prioritätenklasse II) steht die Gefährdungsabschätzung mit einer Quote für abgeschlossene Verfahren von 10 % noch am Anfang. Einen Überblick über das Ergebnis der abgeschlossenen Gefährdungsabschätzungen nach weiterführenden Maßnahmen gibt Tabelle 1.11.

Tabelle 1.11

Weiterführende Maßnahmen nach Abschluß der Gefährdungsabschätzung für Altablagerungen in Schleswig-Holstein nach Gebietskörperschaften

Stand: 1991

	Anzahl Gefährdungs-abschätzung	davon		
		keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Überwachung angeordnet	Sanierung erforderlich
Kreisfreie Städte	19	7	6	6
Hamburg Randkreise	85* (70)	13	42	15
Übrige Kreise	182* (180)	30	144	6
Schleswig-Holstein gesamt	286	50	192	27

*) Differenz: keine Angaben zu Maßnahmen erhältlich

Quelle: Schleswig-Holsteinischer Landtag, 1991, verändert

54. Für Altstandorte, in Schleswig-Holstein auch als kontaminierte Betriebsflächen bezeichnet, führten die Gebietskörperschaften erstmals 1988 eine Erhebung durch. Die seinerzeit ermittelte Anzahl von 1123 Standorten ist auf rund 3 800 (Stand 1993) angewachsen. Im Gegensatz zu den Altablagerungen ist hier mit erheblichen Veränderungen zu rechnen, weil sowohl die systematische landesweite Erfassung als auch die einheitliche Bewertung, die sich auf das in Baden-Württemberg entwickelte Modell stützen soll, noch nicht weit vorangeschritten sind. Die erfaßten Standorte konzentrieren sich erwartungsgemäß auf die Städte (40%) und die Hamburg-Randkreise (37%), die Landkreise sind hier von geringer Bedeutung. Die Aufgliederung der Verdachtsflächen nach Branchen (Tab. 1.12) zeigt, daß es sich vorwiegend um mineralölverarbeitende Betriebe und Tankstellen handelt. 105 Verdachtsflächen befinden sich in der Gefährdungsabschätzung, für 156 ist das Verfahren mit dem Ergebnis, daß bei

- 69% Sanierung erforderlich,
- 6% Überwachung anzuordnen,
- 25% keine weitere Maßnahme erforderlich

ist, abgeschlossen (Schleswig-Holsteinischer Landtag, 1991).

1.2.3 Fazit

55. Die Zusammenfassung der vorliegenden Daten ist durch die geschilderte uneinheitliche Definition und Erfassungspraxis erschwert. Dies läßt sich zum Beispiel auch an der halbjährlich vom Umweltbundesamt veröffentlichten Statistik über Altlastverdachtsflächen, die mit Stand 31. Dezember 1993 69 029 Verdachtsflächen für die alten Bundesländer ausweist, ablesen: Um die Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern zu erklären, muß auf Erläuterungen in 17 Fußnoten zurückgegriffen werden (UBA, 1994). Inzwischen hat sich die Gesamtzahl der erfaßten Verdachtsflächen auf 73 559 erhöht (UBA, schriftl. Mitt. vom 23. Oktober 1994).

Der Umweltrat betrachtet es als dringend erforderlich, aggregierbare und vergleichbare Daten zur Verfügung zu stellen. Voraussetzung dafür ist die Schaffung und Vervollständigung von Verdachtsflächen-Dateien, in die relevante Fälle nach vergleichbaren Kriterien im Rahmen einer Erstbewertung, das heißt, nach Ausscheiden der Negativfälle auf der Stufe der Verdachtsprüfung (siehe in Abbildung 1.1), aufgenommen werden sollten. Nur auf diesem Wege wird es möglich sein, von den noch immer recht groben Zahlen zu realistischeren Gesamtangaben für Altlastverdachtsflächen in Deutschland zu kommen.

56. Statistiken über die gesamte Anzahl der Verdachtsflächen sind ohne Zweifel für die weitere Altlastenbearbeitung unverzichtbar. Aufschlußreicher sind allerdings Aussagen über die Belastungssitua-

Tabelle 1.12

Altstandorte nach Standorttypen in Schleswig-Holstein

Stand: 1991

Standorttyp	Prozent
Betriebe mit Mineralölverarbeitung und -lagerung, einschließlich stillgelegter Tankstellen	43,0
Kfz-Betriebe	6,9
Schrottplätze	6,0
Metallverarbeitende Betriebe	5,9
Holzverarbeitende Betriebe	3,4
Chemische Reinigungs-Betriebe	3,3
Druckereien	3,0
Chemische Werke und Betriebe	2,8

Quelle: Schleswig-Holsteinischer Landtag, 1991, verändert

tion, weil sie einen Eindruck vom Ausmaß der Gefährdung und von der Dringlichkeit der Maßnahmen vermitteln können. Die Suche nach Gemeinsamkeiten und zusammenfassenden Ergebnissen auf Grundlage der vorliegenden Daten führt leider noch nicht zu umfassenden und aussagekräftigen Ergebnissen. Immerhin sind einige vorläufige Trends auszumachen. So ist etwa aus den vorliegenden Erfassungsdaten zu erkennen, daß Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (43 %) sowie Bauschutt und Erdaushub (31 %) zu den wichtigsten Abfallgruppen der Altablagerungen gehören, wohingegen der Anteil für industrielle Abfälle 10 bis 15 % nicht übersteigt.

Der Umweltrat empfiehlt eine breitangelegte Untersuchung, inwieweit die Abfallgruppe Bauschutt und Erdaushub kontaminiert ist und ob für diesen Typ der altlastverdächtigen Flächen eine einheitliche Art der Behandlung beziehungsweise Sanierung möglich ist (Ziel: Typisierung von Sanierungsfällen).

In vielen Fällen ist das volle Ausmaß der Grundwassergefährdung noch nicht bekannt. Die Schlußfolgerung, daß altlastverdächtige Altablagerungen in der Mehrzahl der Fälle nicht mit Bodenproblemen, sondern mit Grundwasserproblemen verbunden sind, könnte durch eine bundesweite Auswertung noch besser bewertet werden (SRU, 1989, Tz. 142ff., 930). Die aus den Ländern bislang vorliegenden Ergebnisse zur Lage der Deponiesohle und zur Bodendurchlässigkeit lassen noch keine zusammenfassende Bewertung zu.

Auch die Angaben zur räumlichen Ausprägung der Altablagerungen sind noch zu unvollständig, um zusammenfassende Aussagen machen zu können. Bei diesem Merkmal können außerdem topographische und geologische Unterschiede zwischen den Ländern eine Zusammenfassung erschweren. Der am häufigsten vorkommende Altablagerungstyp scheint aber die Verfüllung in Gruben und Senken zu sein. Über die Nutzung beziehungsweise über die Lage der Altablagerungen innerhalb bestimmter Nutzungen lassen sich ebenfalls noch keine zusammenfassenden Aussagen machen. Immerhin ist in einigen Bundesländern festzustellen, daß Altablagerungen häufig in Naturschutzgebieten liegen.

57. Für den Bereich der Altstandorte sind wegen der meist noch in den Anfängen steckenden Erfassung Schlußfolgerungen noch weniger möglich. Selbst die teilweise vorliegenden Angaben zur Branchenzugehörigkeit erlauben wegen der uneinheitlichen Systematik kaum eine Aussage. Lediglich eine gewisse Häufung für die Branchen Mineralölverarbeitung, Chemie und Metallverarbeitung scheint sich abzuzeichnen. Bei den noch ausstehenden Erfassungs- und Auswertungsarbeiten für Altstandorte sollten für die Branchengruppenbildung möglichst stoffliche Gesichtspunkte berücksichtigt und zu stark aggregierte Gruppenbildung, wie etwa „Dienstleistungen" oder „Handel und Verkehr", vermieden werden. Unverzichtbar ist die Einbeziehung der Landwirtschaft, weil auch in diesem Bereich Probleme durch Altstandorte auftreten können.

Die bisher durchgeführten Sanierungsmaßnahmen lassen als Zwischenergebnis den Schluß zu, daß die Quote der Umlagerung (Auskofferung) hoch ist. Überlegungen, ob und inwieweit hier eine Änderung erfolgen kann, sollten im entsprechenden LAGA-Arbeitskreis angestellt werden.

1.3 Gefährdungsabschätzung

1.3.1 Zur Entwicklung seit 1989

58. Die schon im Sondergutachten 1989 beschriebenen Vorgehensweisen bei der Gefährdungsabschätzung (SRU, 1989, Abschn. 3.3.3) haben sich aufgrund fehlender bundeseinheitlicher Vorgaben länderspezifisch weiterentwickelt. Die meisten der neuen Bundesländer haben das Erfahrungspotential der alten Bundesländer genutzt. Bis auf das Land Brandenburg haben sie das Konzept des Landes Baden-Württemberg in ihr Konzept einbezogen. Sachsen-Anhalt und Brandenburg benutzen im Prinzip das Verfahren des Landes Nordrhein-Westfalen. Auch in den alten Bundesländern sind Gemeinsamkeiten festzustellen. So sind die Vorschläge des Instituts für wassergefährdende Stoffe (IWS) an der Technischen Universität Berlin zur Bewertung des Gefährdungspotentials von altlastverdächtigen Flächen in die Bewertungsmodelle für das Land Hessen und für Berlin eingeflossen. Niedersachsen, Schleswig-Holstein, eventuell auch Rheinland-Pfalz und das Saarland beabsichtigen, das Konzept des Landes Baden-Württemberg in modifizierter Form einzusetzen.

59. In Abschnitt 1.3.6.2 wird ein Überblick über die verschiedenen Bewertungsverfahren gegeben (Tz. 106ff.; Tab. 1.14). In allen Bundesländern ist die gleiche Grobstruktur des stufenweisen Vorgehens, das heißt eine Arbeitsphasengliederung und Beurteilung auf der Basis des Vorschlages in der Informationsschrift der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA, 1990), festzustellen. Auch werden die Belastungsmuster der altlastverdächtigen Flächen durch die Stoffcharakteristik (Schadstoffe und Freisetzungen), durch die Standortcharakteristik (Geologie und Hydrogeologie) und durch die Nutzungscharakteristik (Exposition der betroffenen Schutzgüter) beschrieben.

Die Unterschiede in den verschiedenen Bewertungsverfahren zeigen sich in der Aufschlüsselung der Fakten und Informationen, in ihrer Einordnung in ein Schema von Abfragen und besonders in den Wegen zu einer integrierten Aussage. Die Verknüpfung der verschiedenen Parameter mit entsprechenden Bewertungszahlen und Punktationen ist in den Ländern nicht gleich. Entscheidend ist hierbei auch die Frage der Beurteilung der ermittelten Schadstoffe. Hierfür werden in der Regel Listen mit Konzentrationswerten herangezogen (Abschn. 1.3.5). Die Vielzahl an Listen hat zu Unsicherheiten bei den Bearbeitern und bei den von den Maßnahmen Betroffenen geführt. Eine schwindende Akzeptanz der Sanierungsmaßnahmen mit endlosen Diskussionen zwischen Bürgern, Experten und Verwaltung sind nicht zu vermeidende Folgen (KÜHNEL et al., 1992). Die länderspezifische

Vorgehensweise berührt nicht den Gleichbehandlungsgrundsatz innerhalb eines Landes, sondern den auf Bundesebene.

60. Der Umweltrat sieht in der nicht völlig identischen länderspezifischen Vorgehensweise zur Erstbewertung und zur Durchführung der orientierenden Untersuchung unter Einbeziehung der vorgesehenen bundeseinheitlichen Prüfwerte kein gravierendes Problem, weil die verschiedenen Vorgehensweisen alle geeignet sind, Altlastverdachtsflächen zu erfassen und zu erkunden. Für die Detailuntersuchung unterstützt er bundeseinheitliche Kriterien, denn deren Ergebnis entscheidet, ob eine altlastverdächtige Fläche eine Altlast ist. Von dem geplanten Bundes-Bodenschutzgesetz und seinem untergesetzlichen Regelwerk erhofft sich der Umweltrat eine stärkere Vereinheitlichung der Detailuntersuchung und ihrer Bewertung.

Der Umweltrat begrüßt in diesem Zusammenhang die von der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) in Abstimmung mit der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) erarbeiteten „Einheitlichen Bewertungsgrundsätze zu vorhandenen Bodenverunreinigungen/Altlasten" vom Mai 1993 (LABO, LAGA, LAWA, 1993). Sie liefern einen wesentlichen Beitrag für eine gleichmäßige Behandlung aller altlastverdächtigen Flächen und Altlasten. In die Bewertungsgrundsätze sind Empfehlungen aus dem Sondergutachten 1989 aufgenommen worden.

Ein weiterer wesentlicher Beitrag zur Vereinheitlichung ist die von der LABO, LAWA und LAGA vereinbarte Einrichtung gemeinsamer Arbeitsgruppen zur

- Gefahrenbeurteilung des Wirkungspfades Bodenverunreinigungen/Altlasten-Mensch (Direktübergang) und zur
- Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquellen für das Grundwasser.

Zur Gefährdungsabschätzung im Entwurf eines Bundes-Bodenschutzgesetzes

61. *Auf Bundesebene liegt der Referentenentwurf eines Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (E.-BBodSchG, Stand: Februar 1994; s. Abschn. 1.6.1.2) vor. In § 17 ist den zuständigen Behörden die Erfassung, Untersuchung und Bewertung der altlastverdächtigen Flächen auferlegt, wie sie auch schon in einigen Ländergesetzen vorgesehen ist.*

Die wichtigsten Bewertungsmaßstäbe sind

- *Art und Konzentration der Schadstoffe,*
- *ihre räumliche Verteilung im Boden,*
- *die Möglichkeit einer Ausbreitung in der Umwelt,*
- *die Aufnahme von Schadstoffen durch Menschen, Tiere und Pflanzen sowie*
- *die Berücksichtigung der früheren und derzeitigen Bodennutzung.*

Die Abschätzung des Gefährdungspotentials muß sich einzelfallbezogen auf die in Betracht kommenden Ausbreitungspfade und die möglicherweise betroffenen Schutzgüter erstrecken. Das Ziel der Bewertung besteht darin, eine Verdachtsfläche entweder aus dem Verdacht zu entlassen oder als Altlast festzustellen und zu charakterisieren sowie die Entscheidung über zu ergreifende Maßnahmen vorzubereiten.

Weiterhin ist der Begründung des Referentenentwurfs zu entnehmen, daß Maßnahmenwerte auch Indizes sein können, die ausgehend von der Bodenbelastung eine ganze Reihe von Gefährdungsfaktoren einbeziehen und in einer Punktzahl das Gefährdungspotential einer Altlast bewerten. Diese Aggregation muß die für die Gefährdungsabschätzung relevanten Parameter enthalten, und ihre Gewichtung muß in der Gesamtbewertung transparent bleiben.

Für den Bereich der Prioritätensetzung im Falle einer Sanierung bestimmen die Kriterien

- *Art des bedrohten Schutzgutes (Gesundheitsgefahren für Menschen besitzen höchste Priorität),*
- *Maß der zu erwartenden oder eingetretenen Schutzgutverletzungen und*
- *zeitliche Nähe des Schadenseintritts*

die Dringlichkeit der Sanierung (ad § 21 Abs. 2) und ob die Möglichkeit zur Schadensabwehr davon abhängt, daß Maßnahmen schnell ergriffen werden (Begründung zum Referentenentwurf zu § 21).

Zur Erkennung, Konkretisierung und Beurteilung von Gefährdungen beziehungsweise Gefahren werden Umweltstandards benötigt; sie sollen den Vollzug unbestimmter Rechtsbegriffe für die entscheidende Behörde erleichtern, den Entscheidungsvorgang beschleunigen und die Vorhersehbarkeit der Behördenentscheidung erhöhen (JARRAS, 1987). Die Schutzstandards müssen sich auf wissenschaftlich fundierte Annahmen stützen, damit höhere Rechtsklarheit erreicht wird.

Zu den Umweltstandards im Altlastenbereich gehören die Referenzwerte mit ihrer Beschreibung eines Zustandes der geogenen oder nicht von Altlastverdachtsflächen herrührenden anthropogenen Belastungen, die Prüfwerte zur Beurteilung der Notwendigkeit weiterer Untersuchungen und die Maßnahmenwerte zur Auslösung von Sanierungsmaßnahmen (Bodenwerte).

Im Zusammenhang mit der Anwendung dieser Standards muß die spezifische Einzelfallsituation berücksichtigt werden. Das bedeutet, daß nutzungs- beziehungsweise schutzgutorientierte Prüfwerte als Orientierungswerte und als eine Art „Bedenklichkeitsschwelle" die Detailuntersuchung, das heißt Prüfungen aller Umstände des Einzelfalls, auslösen.

Maßnahmenwerte sind als Orientierungswerte zu verstehen, bei deren Überschreiten in der Regel eine Gefahrensituation vorliegt. Dies entbindet die Behör-

de nicht von der Pflicht, die konkreten örtlichen Verhältnisse zu berücksichtigen.

In der Begründung zum Bodenschutzgesetz-Entwurf wird darauf hingewiesen, daß Maßnahmenwerte gegenüber Prüfwerten einen erhöhten Verbindlichkeitsgrad aufweisen. Sie müssen nutzungsbezogen festgelegt sein. Dies führt zu einer größeren Nähe zur Einzelfallbetrachtung. Darüber hinaus muß geprüft werden, ob eine Gefahr für ein bestimmtes Schutzgut konkret vorliegt.

1.3.2 Untersuchungsmaßnahmen für die Gefährdungsabschätzung

62. Seit Veröffentlichung des Sondergutachtens haben sich die dort beschriebenen Untersuchungsmaßnahmen (SRU, 1989, Abschn. 3.3.1) auf allen Gebieten weiterentwickelt. Beispielhaft seien hier neue Ansätze zu Screening- und Sammelmethoden (u. a.: SORGE et al., 1994, passives Adsorptionsverfahren zur Erkundung; MATZ, 1993, mobile Gaschromatographie-Massenspektrometrie und Röntgenfluoreszenzanalyse) sowie zur Feststellung von Schwermetall-Bindungsformen (CALMANO und FÖRSTNER, 1993; OBERMANN und CREMER, 1992; ZEIEN und BRÜMMER, 1991; CALMANO, 1990a, b) genannt. Über mögliche Bindungsformen und angepaßte Extraktionsmethoden als Schlüsselproblem der Probenaufbereitung berichten unter anderen BUNDT und STEINHART (1993), MAHRO et al. (1993), RICHNOW et al. (1993) sowie PENNERSTORFER et al. (1992). Die Möglichkeiten und Grenzen der Bestimmung von Kohlenwasserstoffen in Wasser und Boden werden von HOLLERBACH et al. (1993) verdeutlicht. Auf die Notwendigkeit einer sorgfältigen Protokollierung beziehungsweise Konstanthaltung wichtiger Begleitparameter bei der Grundwasserbeprobung weist VAN STRAATEN (1992) hin. Alle Weiterentwicklungen tragen zu einer Verbesserung der Datenlage und zur Minderung des unbestimmten Risikos bei (SRU, 1989, Tz. 1010).

Qualitätssicherung in der Altlastenanalytik

63. Besonders die Ergebnisse chemischer und physikalischer Analysen bilden die Grundlage der Gefährdungsabschätzungsverfahren bei Altlastverdachtsflächen und dienen der Prüfung des Sanierungserfolges. Da von ihrer Richtigkeit weitreichende Entscheidungen für die Gesundheit des Menschen und für die Umwelt, aber auch solche finanzieller Art abhängen, ist der Qualitätssicherung bei Probenahme, Probenaufbewahrung und -aufbereitung und bei der Analytik besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Der Umweltrat hat schon im Sondergutachten Altlasten zur Sicherstellung der Qualität von Untersuchungsergebnissen eine bundeseinheitliche Regelung für die Qualitätssicherung in der präanalytischen Phase (Probenentnahme, -konservierung, Transport und Lagerung) und bei der Probenaufbereitung und Analytik sowie eine Sicherstellung der Qualifikation von Untersuchungsstellen gefordert (SRU, 1989, Tz. 376–386). Bisher gibt es diese Regelungen noch nicht. Einzelne Länder (z. B. LÖLF NRW, 1988) oder Gremien (z. B. LABO, 1993) haben für bestimmte Fragestellungen Qualitätssicherungsanweisungen ausgearbeitet.

Der Umweltrat sieht auf dem Feld der Qualitätssicherung bei der Altlastenanalytik noch folgenden Handlungsbedarf:

- Die Grundsätze der „Guten Laborpraxis" nach § 19a des Chemikaliengesetzes müssen auch für auf dem Gebiet der Altlastenanalytik tätige Laboratorien gelten und ihre Einhaltung entsprechend der ChemVwV-GLP (v. 29.10.1990, Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 204a) überwacht werden.
- Neben der Akkreditierung analytischer Laboratorien durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) sollte auch ein Akkreditierungsverfahren für Probenahmestellen erwogen werden, wobei die Anforderungen an den Ausbildungsstand der Probenehmer festzulegen sind.
- Eine auf Bundesebene tätige altlastenspezifische Kalibrierungs- und Referenzstelle, die zum Beispiel altlastspezifische Ringversuche durchführt und Referenzproben zur Verfügung stellt, ist dringend einzurichten.
- Wichtig sind Leitlinien für die Probenahmeplanung und Probenahme sowie Arbeitsvorschriften für die präanalytische Phase, unter anderem Probentransport, aufbewahrung und aufbereitung. Technisch-wissenschaftliche Vereinigungen oder Normenorganisationen sind hier aufgerufen.

1.3.3 Toxikologische Kriterien für die Gefährdungsabschätzung

64. Toxikologische Bewertungen spielen für die Abschätzung der Gefährdungen der menschlichen Gesundheit, die von Altlastverdachtsflächen ausgehen und für die Bewertung von Sanierungsmaßnahmen und -erfolgen die entscheidende Rolle. Von ihnen hängt letztlich die Sanierungsentscheidung und die Wahl des Sanierungskonzeptes ab. Der Umweltrat hat im Sondergutachten Altlasten 1989 festgestellt, daß bis dahin für alle Bereiche der Gefährdungsabschätzung bei Altlasten allgemein anerkannte Kriterien weitgehend fehlten. Er forderte, ausreichende Grundlagen für die Beurteilung zu schaffen, indem einheitliche Kriterien zur Gefährdungsabschätzung bundesweit eingeführt werden (SRU, 1989, Tz. 108f.). Vor allem wurde angemahnt, die Kenntnisse über Verhalten und Verbleib von Stoffen in Abfallkörpern, Boden, Bodenluft und im Grundwasser, über die Toxikologie – hier besonders über Langzeitwirkungen – und über die Abschätzung der Ausbreitung auf den verschiedenen Pfaden zu verbessern. Bisher sei zwar eine Beschreibung der Verunreinigung mittels detaillierter chemischer Analysen möglich, eine Beschreibung der zu erwartenden Wirkung jedoch schwierig und allenfalls qualitativ möglich (ebd. Tz. 111f.). Die Gefährdung sollte immer im Bezug auf Schutzgüter und Nutzungsarten gesehen werden.

1.3.3.1 Zu den toxikologischen Grundlagen und Anforderungen

65. Bei der toxikologischen Gefährdungsabschätzung kann zwischen der Expositionsabschätzung und der Bewertung der Exposition anhand expositionsbezogener Orientierungswerte, die nach toxikologischen Kriterien abgeleitet wurden, unterschieden werden.

Die Elemente der Expositionsabschätzung sind:

- Die Ermittlung der bestehenden und/oder der zukünftig geplanten Nutzungsart und der exponierten Personengruppen.

  Aus der bestehenden und/oder geplanten Nutzungsart (z. B. Industriestandort, Siedlungsfläche, Park, Spiel- oder Sportplatz) ergibt sich, welche Personengruppen (z. B. Berufstätige oder Kinder) in welchem Ausmaß und für welche Zeitdauer mit den Gefahrstoffen der Altlast in Berührung kommen.

- Die Ermittlung der relevanten Expositionspfade und der Expositionshöhe.

  Durch analytische Erfassung der Kontamination der Umweltmedien kann die Schadstoffmenge abgeschätzt werden, die oral, inhalativ oder dermal aus diesen Medien oder über Pflanzen und/oder Tiere, die von den kontaminierten Flächen stammen, aufgenommen wird. Da dieses Verfahren sehr aufwendig ist, werden meist Expositionsszenarien zur Expositionsabschätzung verwendet. In diesen sind Zahlenwerte für die Aufnahmeraten von Atemluft, Bodenpartikeln sowie Körpergewicht bei bestimmtem Lebensalter und so weiter vorgegeben. Derzeit schwanken diese Werte noch stark von Abschätzungsmodell zu Abschätzungsmodell. Der Umweltrat fordert eine einheitliche Vorgabe dieser Werte, damit in vergleichbaren Situationen vergleichbare Expositionshöhen bestimmt werden. Bei der Festsetzung können die von der Environmental Protection Agency der Vereinigten Staaten erarbeiteten Daten als Grundlage verwendet werden (EPA, 1989).

Die einzelnen Schritte der Expositionsabschätzung sind im Sondergutachten 1989 ausführlich behandelt worden, und die dort getroffenenen Aussagen haben nach wie vor Gültigkeit (SRU, 1989, Tz. 151ff. und Abschn. 2.6.2, Tz. 205 bis 207).

66. Neben der Bestimmung der Expositionshöhe durch die Messung der äußeren Belastung besteht eine weitere Möglichkeit in der Messung der inneren Belastung. Beim sogenannten „Human-Biomonitoring" werden Gehalte von Schadstoffen oder deren Umwandlungsprodukten in Blut, Harn, Haaren oder anderem körpereigenem biologischen Material gemessen. Auf diese Weise wird die für die toxische Wirkung relevante innere Gesamtbelastung bestimmt. Für den Einsatz dieser Methode bei der Gefährdungsabschätzung für Altlasten ist nicht notwendigerweise Voraussetzung, daß alle relevanten Expositionspfade und Einflußfaktoren neben der Altlast bekannt sind (z. B. Belastung durch Nahrung und Rauchen), wodurch sich ein Vorteil gegenüber anderen Methoden ergibt. Referenzwerte, die die allgemeine Hintergrundbelastung beschreiben, müssen vorliegen; außerdem müssen Kenntnisse über das toxikokinetische Verhalten und den Metabolismus des Stoffes im menschlichen Körper vorhanden sein (EWERS et al., 1993a). Biomonitoring kann jedoch nur für Stoffe angewendet werden, die in einem zugänglichen Körpermaterial meßbare Konzentrationen erreichen.

Von Vorteil ist hierbei vor allem, daß die Unsicherheiten bei der Abschätzung der äußeren Belastung vermindert werden und die tatsächliche innere Belastung ermittelt werden kann. Allerdings finden sich bei Stoffen, die schnell wieder ausgeschieden werden, im Gegensatz zu Stoffen, die sich im Körper anreichern, nur relativ geringe Anteile in den Körpermedien. Zudem ist generell für solche Untersuchungen das Einverständnis der Betroffenen Voraussetzung (siehe auch SRU, 1989, Tz. 209f.).

Anforderungen an eine optimale Herleitung toxikologisch begründeter Orientierungswerte

67. Toxikologische Anforderungen an die Ableitung eines expositionsbezogenen Orientierungswertes für die Gefährdungsabschätzung wurden zum Teil schon im Sondergutachten 1989 dargestellt (SRU, 1989, Abschn. 2.6, Tz. 200ff.). Allerdings wurden dort nicht die optimalen toxikologischen Anforderungen, sondern das Machbare beschrieben. Inzwischen liegen Ergebnisse aus dem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten" mit Vorschlägen zu tolerierbaren resorbierbaren Körperdosen (TRD) vor, die als toxikologische Grundlage zur Ableitung von Bodenwerten (Prüfwerte, Maßnahmenwerte) dienen sollen (HASSAUER et al., 1993; Tz 84ff.).

68. Für die Entscheidung, ob die bei der Expositionsabschätzung bestimmte Expositionshöhe noch vertretbar ist, oder ob sie zu toxischen Wirkungen führt, muß ein toxikologisch begründeter Orientierungswert vorliegen. Diesem muß die resorbierte Schadstoffdosis zugrunde liegen, denn nur die resorbierte Dosis kann an die Zielstruktur gelangen und ihre Wirkung entfalten. Daher ist es wichtig zu ermitteln, in welcher Form ein Schadstoff aufgenommen wird. Ist es die toxikologisch relevante Form, oder ist der Schadstoff derart an eine Matrix gebunden, daß er nach Aufnahme in den Körper nicht aus der Matrix herausgelöst und resorbiert werden kann? Bereits bei Probenaufbereitung und Analytik sind diese Fragen zu berücksichtigen.

69. Neben Orientierungswerten für die Langzeitexposition müssen auch solche für die kurzfristige Expositionen ermittelt werden. Vor allem für Sanierungsarbeiten, aber auch bei Störfällen, ist es wichtig, daß Orientierungswerte für eine kurzfristige Spitzenbelastung vorliegen. In der jährlich von der Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft vorgelegten MAK- (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) und BAT- (Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte) Werte-Liste sind zu jedem MAK-Wert Spitzenbegrenzungen in Form von Kurzzeitwerthöhe und -dauer sowie Häufigkeit pro Schicht

(acht Stunden) angegeben. In Analogie dazu sollten Orientierungswerte für die Spitzenbegrenzung vor allem für inhalativ aufgenommene, lokal reizende Stoffe abgeleitet werden. Solange hierfür Werte fehlen, muß auf die MAK-Werte zurückgegriffen werden. Bei der Gefährdungsabschätzung muß darauf geachtet werden, ob eine solche kurzfristige Spitzenbelastung eintreten kann (siehe auch BRACKE et al., 1994).

70. Für die Langzeitexposition müssen pfadspezifische duldbare tägliche und/oder wöchentliche Aufnahmemengen abgeleitet werden, die von der resorbierbaren Schadstoffform und den resorbierten Mengenanteilen ausgehen. Die Bestimmung dieser Werte muß nach einheitlichen toxikologischen Kriterien erfolgen, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Welternährungsorganisation (FAO), vom Bundesgesundheitsamt (BGA) und anderen Gremien wurden solche duldbaren Aufnahmemengen vor allem für Verunreinigungen in Lebensmitteln und Trinkwasser abgeleitet. Diese Werte können als erste Anhaltspunkte für Orientierungwerte für die langfristige Exposition dienen, jedoch muß berücksichtigt werden, daß es sich meist nicht um die resorbierte, sondern um die zugeführte Menge handelt und daß sich die Resorptionsrate aus Lebensmitteln von der aus anderen Umweltmedien, vor allem Luft, wesentlich unterscheiden kann.

71. Die duldbaren Aufnahmemengen auf der Basis der Resorptionsrate müssen für Schadstoffe mit Wirkungsschwelle so gewählt sein, daß bei lebenslanger Exposition keine nachteiligen Wirkungen auftreten. Bei Kanzerogenen, für die, wenn sie gentoxisch wirken, keine Wirkungsschwelle existiert, muß der Wert so gewählt werden, daß eine durch politische Entscheidung festzusetzende Zunahme der Tumorinzidenz nicht überschritten wird. Hierbei ist die unterschiedliche medizinische und gesundheitspolitische Bedeutung der verschiedenen Tumorarten zu berücksichtigen.

72. Zur Ableitung der duldbaren resorbierten Aufnahmemenge müssen Untersuchungsergebnisse toxikologischer Studien herangezogen werden. Die Datenbasis sollte so breit wie möglich sein, das heißt, es sollten sowohl epidemiologische Studien als auch die verschiedensten Kurzzeit- und Langzeitendpunkte von tierexperimentellen Studien und In-vitro-Studien, die möglichst unter vergleichbaren Bedingungen durchgeführt wurden, berücksichtigt werden. Fehlendes Wissen sollte nicht durch Einrechnen von sogenannten Sicherheitsfaktoren kompensiert werden. Ist die Datenbasis zu gering, sollte vorläufig auf die Angabe eines Orientierungswertes verzichtet werden.

Der Umweltrat empfiehlt dringend, einheitliche Kriterien zur Durchführung von toxikologischen Studien aufzustellen, die zur Ableitung von Orientierungswerten verwendet werden. Zudem sollte ein Katalog von Endpunkten erarbeitet werden, der bei der toxikologischen Charakterisierung von altlastrelevanten Stoffen mindestens zu berücksichtigen ist. Es sollten sowohl kurzfristige als auch langfristige Endpunkte einbezogen werden. Vor allem Kanzerogenität, Teratogenität (Fruchtschädigung), Neurotoxizität und die allergisierende Wirkung dürfen nicht fehlen.

Zur toxikologischen Charakterisierung von Stoffen sollte die alleinige Verwendung von Werten wie LD_{50} (letale Dosis für 50 % der Versuchstiere), LOAEL (lowest observed adverse effect level) oder NOAEL (no observed adverse effect level) vermieden werden, denn sie lassen keine Aussage über wichtige Charakteristiken wie die Steilheit der Dosis-Wirkungsbeziehung, die Toxikokinetik und -dynamik zu.

73. Ist die Resorptionsrate eines Schadstoffes nicht bekannt, sollte sie unter Berücksichtigung qualitativer Eigenschaften, wie physikalisch-chemische Parameter, oder über die Resorptionsrate strukturell ähnlicher Substanzen abgeschätzt werden. Ist dies nicht möglich, sollte aus Gründen der Sicherheit eine Resorptionsrate von 100 % angenommen werden.

In einigen Fällen können statt der Bestimmung einer Resorptionsrate bereits sogenannte physiologisch basierte pharmakokinetische Modelle eingesetzt werden, mit deren Hilfe sich die für die Wirkung relevante Dosis im Zielgewebe berechnen läßt. Sie beruhen auf physiologischen Vergleichen zwischen Mensch und Versuchstier und sollten für möglichst viele Substanzen oder Substanzgruppen erarbeitet werden.

74. Vor der endgültigen, nutzungsbezogenen toxikologischen Beurteilung der von der Altlast emittierten Schadstoffe muß festgestellt werden, wieviel Prozent der duldbaren resorbierten Aufnahmemenge bereits durch Hintergrundbelastungen wie Nahrung einschließlich Trinkwasser sowie Luftverunreinigungen aus weiteren Emissionsquellen (z. B. Verkehr) ausgeschöpft sind. Die Exposition durch die Altlast darf nicht höher sein als die Differenz, die sich aus duldbarer Aufnahme minus Hintergrundbelastung ergibt. Die Hintergrundbelastung kann entweder im Einzelfall für jeden Standort, für jede exponierte Personengruppe und für die in Frage kommenden Umweltmedien oder mittels allgemeingültiger, durchschnittlicher Werte berücksichtigt werden. Die Verwendung von Durchschnittswerten kann bei hoher Hintergrundbelastung zu einer Überschreitung der duldbaren resorbierten Aufnahmemenge führen.

75. Die Hintergrundbelastung braucht nicht explizit berücksichtigt zu werden, wenn bekannt ist, welche Bodenbelastung zu welcher zusätzlichen inneren Belastung führt. Für den Sektor Boden/Altlasten liegen bisher nur wenige Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Schadstoffgehalten in Umweltmedien einerseits und der inneren Belastung andererseits vor (CARLISLE und WADE, 1992; POLISSAR et al., 1990; EWERS et al., 1988). Auf anderen Sektoren hat sich das Verfahren des Human Biomonitoring bereits bewährt. So werden zum Beispiel seit langem Belastungen am Arbeitsplatz über Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte (BAT-Werte) geregelt. Um aufgrund von Biomonitoring-Ergebnissen nutzungsbezogene Bodenwerte abzuleiten, für die feststeht, daß sie keine Erhöhung der inneren Belastung zur Folge haben, sollten die Forschungsbemühungen auf diesem Feld intensiviert werden. Dabei muß beachtet

werden, daß die Expositionssituationen sich von Altlast zu Altlast in vielen Punkten unterscheiden können, so daß sich zum Beispiel trotz gleicher Bodenkonzentration, je nach Art der Nutzung, unterschiedliche innere Konzentrationen ergeben.

76. Sollten die toxikologisch abgeleiteten Werte so hoch liegen, daß phytotoxische Effekte zu erwarten sind (z. B. dreiwertiges Chrom, Zink), müssen die Bodenwerte (Tz. 61) in Abhängigkeit von der Nutzung gesenkt werden. Des weiteren kann der Fall auftreten, daß die toxikologisch abgeleiteten Werte in Bereichen liegen, in denen es zu geruchlichen Belästigungen kommt (z. B. für Phenole oder Phthalate). Hier müssen organoleptische Kriterien zur Beurteilung mit herangezogen werden.

77. Die bisherigen Ausführungen bezogen sich ausschließlich auf einzelne Schadstoffe. In der Regel trifft man an Altstandorten und Altablagerungen jedoch auf Mehrstoffgemische, deren einzelne Komponenten nicht immer im Detail bekannt sind. Die einzelnen Stoffe im Gemisch können ihre toxische Wirkung gegenseitig verstärken oder auch hemmen. Bisher gibt es keine allgemeingültigen toxikologischen Modelle, die es erlauben, die Auswirkungen eines Stoffgemisches auf den Menschen vorauszusagen. Aussagen über Kombinationswirkungen sind nur möglich, wenn die Wirkmechanismen der Stoffe bekannt sind. So weiß man zum Beispiel, daß Malathion, ein insektizider organischer Phosphorsäureester, im Warmblüter – also auch im Menschen – sehr gut durch Esterase-Enzyme entgiftet wird. Wird Malathion – in einer nicht toxischen Dosis – in Kombination mit ebenfalls nicht toxischen Dosen anderer organischer Phosphorsäureester, vor allem mit Thiophosphorsäureestern wie zum Beispiel Parathion (E605) aufgenommen, kommt es zur Hemmung der entgiftenden Esterasen und es kann trotz der niedrigen Dosen zu schweren Vergiftungen kommen (vgl. auch SRU, 1989, Tz. 279ff.). Der Möglichkeit einer Wirkungsverstärkung von Stoffgemischen sollte daher hohe Aufmerksamkeit gewidmet werden. Wenn eine mechanistische Klärung nicht möglich ist, sollten stoff- und wirkungsbezogene Sicherheitsfaktoren angeführt werden.

78. Bei der Prioritätensetzung im Rahmen der Gefährdungsabschätzung muß neben der Höhe der Überschreitung der duldbaren resorbierten Aufnahmemengen auch die Schwere des zu erwartenden Schadens berücksichtigt werden. Dabei sind vor allem folgende Begriffspaare zu beachten (vgl. SRU, 1994, Tz. 672):

akute Effekte	– chronische Wirkungen
Primärschaden	– Sekundärfolgen (v. a. Spät- u. Dauerschäden)
sofort eintretende Wirkung	– mit Latenz auftretende Effekte
reversible Veränderungen	– irreversible Veränderungen
leicht therapierbar	– schwer therapierbar

Die in der linken Spalte aufgeführten Effekte und Schäden sind leichter erkennbar und dadurch vermeidbar, leichter behebbar oder beeinträchtigen die Lebensqualität weniger als die rechts stehenden schwereren gesundheitlichen Schäden. Auch die Anzahl der exponierten Personen sollte bei der Gefährdungsabschätzung berücksichtigt werden.

Noch bestehende Defizite bei der Gefährdungsabschätzung

79. Die genannten Anforderungen können in den meisten Fällen aufgrund der unzulänglichen Datenlage nicht in der wünschenswerten Weise berücksichtigt werden. Einer der Problempunkte ist, daß viele der in Altlasten vorkommenden Stoffe noch nicht ausreichend oder gar nicht toxikologisch charakterisiert sind. Häufig sind nur vereinzelte Angaben über die akute Toxizität (LD_{50}, meist oral) und eventuell die Ergebnisse einiger Kurzzeit-in-vitro-Versuche zur Gentoxizität in der Literatur zu finden.

Weiterführende Untersuchungen, wie zur Inhalation oder zur dermalen Aufnahme, zur chronischen Wirkung oder zu mit Latenz auftretenden Wirkungen fehlen häufig. Aussagen zu Neurotoxizität, Teratogenität und zur allergisierenden Wirkung werden nur sehr selten gemacht. Um diese Endpunkte zu erfassen, sind aufwendige Tests nötig. Aussagefähige Kurzzeittests, wie es sie für die Gentoxizität gibt, fehlen für diese Endpunkte noch.

80. Für die Bewertung kanzerogener Stoffe wird im allgemeinen das linearisierte Multi-Stage-Modell (LMS-Modell) verwendet, das von der Gentoxizität solcher Verbindungen ausgeht. Für gentoxische Kanzerogene gibt es keine Schwellenwerte, unterhalb derer keine Wirkung auftritt. Da es auch nicht-gentoxische Kanzerogene gibt, müssen neue Konzepte zur Beurteilung kanzerogener Stoffe ausgearbeitet werden. Meist stammen die Erkenntnisse über die Kanzerogenität von Stoffen aus Tierversuchen, bei denen hohe Dosen eingesetzt wurden. Um auf das Risiko für den Menschen bei niedrigen Dosen schließen zu können, wird mittels mathematischer Modelle von hohen Dosen auf niedrige extrapoliert.

Das derzeit noch verwendete „unit risk" auf der Basis des LMS-Modells sollte in Zukunft durch eine differenziertere Betrachtungsweise ersetzt werden. Dazu ist eine Einbeziehung weitergehender Wirkungsdaten notwendig. Erste Berichte über neue Strategien der Risikobewertung liegen bereits vor. Über „Tissue-dose-modelling" sollen Mechanismen der Wirkung sowie der Metabolismus, die Toxikodynamik und -kinetik eingebracht werden. Es müssen – und das nicht nur für Kanzerogene – durchgängige Kriterien geschaffen werden, nach denen die Stoffe toxikologisch untersucht werden, um eine einheitliche und möglichst genaue Bewertung vornehmen zu können (ALBERT, 1994; McCLELLAN, 1994; NRC, 1994).

Bei gentoxischen Kanzerogenen ist jede noch so kleine Dosis mit einem Krebsrisiko verbunden. Das bedeutet, daß eine Exposition gegenüber einem solchen Stoff das vorhandene Krebsrisiko in jedem Fall erhöht. Wie hoch dieses zusätzliche Krebsrisiko sein darf, welches Risiko also noch akzeptierbar ist, wird

zur Zeit im politischen Raum diskutiert (HASSAUER et al., 1993; WICHMANN und IHME, 1992; LAI, 1992).

Die Environmental Protection Agency der Vereinigten Staaten (EPA) schlägt als akzeptables zusätzliches lebenslanges Krebsrisiko 1 : 10 000 (10^{-4}) bis 1 : 100 000 (10^{-5}) vor. Als „praktisch unbedenkliche Dosis" (virtually safe dose) wird diejenige Dosis bezeichnet, die einem zusätzlichen Risiko von 1 : 1 000 000 (10^{-6}) entspricht (WICHMANN und IHME, 1992). Diese Pauschalbeurteilung läßt unberücksichtigt, daß verschiedene Tumorarten sehr unterschiedliche medizinische und gesundheitspolitische Bedeutung haben. Der Umweltrat empfiehlt daher bei der Gefährdungsabschätzung kanzerogener Stoffe eine differenziertere Betrachtung.

81. Quantitative Daten aus epidemiologischen Beobachtungen beim Menschen bilden die Ausnahme, da solche Studien nur möglich sind, wenn eine große Gruppe über lange Zeit relativ hohen Konzentrationen einer Substanz ausgesetzt ist. Dies ist meist nur bei beruflicher Exposition der Fall. Auch Aussagen über Toxikodynamik und -kinetik sowie über den Metabolismus gibt es meist nicht.

Aus den genannten Gründen müssen zur Kalkulation der Orientierungswerte Sicherheits- oder besser „Unsicherheits"faktoren herangezogen werden, so daß die erhaltenen Werte mehr die Unsicherheit und Unwissenheit als die konkrete Gefährdung beschreiben. Bei den (Un)Sicherheitsfaktoren handelt es sich um Faktoren zur Extrapolation von LOAEL (lowest observed adverse effekt level) auf NOAEL (no observed adverse effekt level), subchronischer Expositionsdauer auf chronische, Tierversuche auf den Menschen sowie um Faktoren zum Schutz empfindlicher Personengruppen. (Siehe auch Tz. 84ff. und Übersicht zu Tz. 86).

Mindestanforderungen an die Gefährdungsabschätzung

82. Wegen der beschriebenen Defizite und der Vielzahl der zu bearbeitenden Fälle ist eine exakte Bestimmung des Risikos für die Exponierten nicht möglich. Es muß deshalb nach einem Weg gesucht werden, der mit praktikablen Mitteln in akzeptablem Zeit- und Kostenrahmen zu einem Ergebnis führt, das keine unvertretbaren toxikologischen Risiken beinhaltet. Der Umweltrat erkennt einerseits das Dilemma zwischen der Forderung nach möglichst gesicherter Gefährdungs- und Risikoabschätzung und der Forderung nach einfacher, zeit- und kostensparender Bewertung, sieht andererseits aber auch die Defizite, die sich daraus für die toxikologische Bewertung ergeben. Deshalb ist es wichtig, einen tragfähigen, das heißt auch der Öffentlichkeit gegenüber verantwortbaren Kompromiß zu finden.

83. Die folgenden Mindestanforderungen an die Gefährdungsabschätzung sollten immer erfüllt sein:

- Transparenz: Was waren die Gründe für die Auswahl der bewerteten Stoffe?

  Welche toxischen Wirkungen (Endpunkte) und welche toxikologischen Untersuchungen wurden berücksichtigt?

  Wie wurde der Orientierungswert berechnet? Wurden Sicherheitsfaktoren berücksichtigt, und wurden sie begründet?

  Werden von Zeit zu Zeit neue Erkenntnisse eingearbeitet?
- Vor jeder Gefährdungsabschätzung sollen Expositionsszenarien erarbeitet werden und zwar nach Dosis beziehungsweise Konzentration sowie Zeitdauer und Häufigkeit der Einwirkung. Daraus soll die vom Menschen aufgenommene Schadstoffmenge bestimmt oder verläßlich abgeschätzt werden.
- Die toxikologisch begründeten Vergleichswerte sollen als duldbare (tägliche, wöchentliche) resorbierte Stoffmengen (z. B. tolerierbare, resobierbare Dosen, Tz. 84) gefaßt werden.
- Die Hintergrundbelastung soll berücksichtigt werden.
- Bei krebserzeugenden Stoffen sollte das Risiko als maximal duldbarer Zuwachs der Tumorinzidenz zugrundegelegt werden, wobei die unterschiedliche gesundheitspolitische Bedeutung der einzelnen Tumorarten Berücksichtigung finden sollte (Tz. 80).
- Bodenwerte sollen nicht als Grenzwerte für die Schadstoffgehalte in Umweltmedien angegeben werden, sondern es müssen nutzungs- und schutzgutspezifische Orientierungswerte als Entscheidungshilfen aufgestellt werden.
- Zu den Orientierungswerten sollten immer adäquate Analysemethoden angegeben werden.

1.3.3.2 Bestehende Ansätze zur toxikologischen Gefährdungsabschätzung

Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten

84. In Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt und der Expertengruppe „Gefahrenbeurteilung bei Altlasten" (GefA) hat das Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (FoBiG) für eine Liste von 82 altlastrelevanten Stoffen toxikologische Basisdaten zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten aus der Literatur zusammengetragen und für verschiedene Aufnahmepfade, meist oral und inhalativ, Orientierungswerte, das heißt tolerierbare resorbierbare Dosen (TRD), abgeleitet. Die Auswahl der Stoffe erfolgte hauptsächlich auf der Grundlage der Häufigkeit ihres Auftretens in Altlasten. Wegen der in Tz. 79ff. beschriebenen Defizite, vor allem wegen der der Ableitung zugrunde liegenden, in verschiedenen Labors unter unterschiedlichen Bedingungen durchgeführten Versuche, haben die Werte nur Vorschlagcharakter und unterliegen einer ständigen Aktualisierung (HASSAUER et al., 1993).

Die Werte wurden so abgeleitet, daß sie nur jeweils einen Pfad berücksichtigen, so daß bei Aufnahme über mehrere Pfade die duldbaren Aufnahmemengen pro Pfad entsprechend reduziert werden müssen. Kombinationswirkungen wurden nicht berücksichtigt.

Die Erarbeitung der tolerierbaren resorbierbaren Dosis geht von den Vorgaben des Entwurfes eines Bundes-Bodenschutzgesetzes aus (§ 9 E.-BBodSchG, Stand: Februar 1994). Dabei wird versucht, die toxikologischen Minimalforderungen zu berücksichtigen und von resorbierten Dosen auszugehen sowie alle für die toxische Wirkung relevanten Aufnahmepfade zu berücksichtigen. Allerdings bergen solche Werte die Gefahr, daß in der Praxis ihr vorläufiger Charakter übersehen wird. Sie werden überbewertet und es wird nicht mehr zwischen gut belegten Werten und solchen, für die die Datenbasis unzureichend ist, unterschieden. Im Grunde sollte immer kenntlich gemacht werden, welche Studien der Ableitung zugrunde liegen und wie valide die Ergebnisse dieser Studien nach dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand sind.

85. Am meisten sind die verwendeten Sicherheitsfaktoren (Tz. 81) von jeweils bis zu 10 umstritten. Zwar können einzelne Faktoren von Fall zu Fall etwas variiert werden, allerdings ist nicht hinreichend klar zu erkennen, welche Kriterien dafür verwendet wurden. Die eingesetzten Faktoren müssen sich nach Meinung des Umweltrates immer am Wirkungscharakter des zu bewertenden Stoffes orientieren und müssen sehr differenziert verwendet werden.

Ebenso kann die multiplikative Verknüpfung der Faktoren problematisch sein. Eine Multiplikation ist nur gerechtfertigt bei voneinander unabhängigen Risiken, die sich nicht additiv zusammensetzen und die sich gegenseitig nicht verstärken. Es bestehen aber berechtigte Zweifel, daß die vier Sicherheitsfaktoren (Tz. 81) wirklich voneinander unabhängig sind. Die Faktoren sind eine Gewichtung von Unwissenheit aufgrund statistischer Unwägbarkeiten und nicht ausreichender Datendichte. Daher muß ihre Anwendung transparent sein, und Orientierungswerte, die mit großer Unsicherheit behaftet sind, müssen als solche kenntlich gemacht werden.

86. Der Umweltrat fordert daher, daß eine Grenze für die Festlegung von Sicherheitsfaktoren mit Hilfe von wissenschaftlichen Kriterien definiert wird. Die Vorgehensweise zur Anwendung der Faktoren muß deutlich dargestellt werden, um eine falsche Einordnung zu vermeiden. Sicherheitsfaktoren sollten nicht pauschal angesetzt werden. Ebensowenig sollten sie reinen Vorsorgecharakter haben.

Die bei der Ableitung der Orientierungswerte verwendeten, als „pragmatisch" definierten Vorgaben, sind in der folgenden Übersicht noch einmal im Zusammenhang kritisch kommentiert.

Kritische Kommentare zum Konzept der toxikologischen Ableitung von tolerierbaren resorbierbaren Körperdosen (TRD) nach HASSAUER et al. (1993)

1. Differenzierung zwischen NOAEL (no observed adverse effect level) und LOAEL (lowest observed adverse effect level)

NOAEL und LOAEL werden in diesem Konzept als Konstanten eingesetzt und dienen als Grundlage von Rechenoperationen. Damit soll die Gesetzesforderung, Prüf- und Maßnahmenwerte zu erstellen, erfüllt werden.

Tatsächlich ist aber die Ermittlung von NOAELs und LOAELs im Tierexperiment von einer Serie von Unsicherheiten und Zufällen bestimmt: Wahl der Dosis und der Dosisprogression, Auswahl des Toxizitätskriteriums, Steilheit der Dosis-Wirkungs-Kurve, Präzision beziehungsweise Impräzision des biologischen Meßverfahrens, allgemeine Haltungsbedingungen, Größe des Tierkollektivs, interindividuelle Schwankung der Empfindlichkeit und so weiter. Erwartungsgemäß sind daher zufolge allgemeiner Facherfahrung NOAELs und LOAELs nicht reproduzierbar; die Werte können bei Repetitiv-Versuchen bis zu einer Größenordnung schwanken. Dies ist eine größere Spanne, als sie nach diesem Konzept als Umrechnungsfaktor vorgegeben wird. Bei dieser Sachlage ist die Verwendung von NOAELs und LOAELs als Rechenkonstanten wissenschaftlich nicht zu begründen.

2. (Un)sicherheitsfaktoren von (bis zu) 10 und ihre multiplikative Verknüpfung

Im Maximum werden bei unzureichender Datenlage viermal Faktoren von je 10 vorgegeben, so daß bei multiplikativer Verknüpfung eine (Un)sicherheitsspanne von bis zu 10 000 resultieren kann.

Die Vorgabe von jeweils Faktor 10 ist willkürlich und findet weder eine wissenschaftliche Begründung, noch einhellige internationale Anerkennung. Ebensowenig ist die multiplikative Aggregation mit biologisch-toxikologischen Regeln zu begründen. Bei kritikloser Anwendung werden Gefährdung und Risiko absehbar bei vielen Stoffen um Größenordnungen überschätzt. Derart umfängliche Fehleinschätzungen sind mit dem Vorsorgeprinzip nicht mehr zu rechtfertigen.

Der Umweltrat schließt sich hier der internationalen Fachmeinung an, daß das Ausmaß der Unsicherheiten nicht standardisierbar ist. Die Einzelstoffbewertung unter kritischer Würdigung aller Einflußgrößen führt insgesamt zu realistischeren Ergebnissen. Als wesentliche Bewertungsgrößen sieht der Umweltrat dabei Struktur- und Wirkungs-Analogien, Steilheit der Dosis-Wirkungs-Beziehungen, und vor allem qualitative Wirkungskriterien, wie reversibel/irreversibel, Heilbarkeit/Nichtheil-

barkeit, Betroffensein essentieller/nichtessentieller Funktionen und Stellenwert der Schadwirkung und seiner Sekundärfolgen für die Lebensqualität.

3. Unterscheidung zwischen sicheren, wahrscheinlichen und verdächtigen Humankanzerogenen

Ob der Nachweis, daß ein Stoff sich am Menschen als krebserzeugend erweist, erbracht werden kann oder nicht, wird von der epidemiologischen Untersuchung und deren Ausdeutung nach bestimmten Plausibilitätsannahmen bestimmt. Ob geeignete Daten vorliegen oder nicht, wird aber mehr von Zufällen als von der Datengewinnung selbst bestimmt. Der positive wie der negative Nachweis einer Humankanzerogenität sind an eine Reihe von Voraussetzungen geknüpft:

- *Es muß eine längere Einwirkungszeit (Latenzzeit, in der Regel mehrere Jahrzehnte) verstrichen sein;*
- *es müssen hinreichend große Kollektive (Hunderte bis Tausende) von Exponierten und Nichtexponierten verfügbar sein;*
- *die Expositionsdosis muß hoch genug sein;*
- *die Tumorart und/oder -häufigkeit müssen sich hinreichend von expositionsunabhängig auftretenden Tumoren abheben;*
- *es muß überhaupt eine geeignete Studie mit geeigneter Fragestellung und Methodik durchgeführt werden.*

Viele krebsverdächtige Stoffe können aus dem einen oder anderen Grunde diese Voraussetzungen gar nicht erfüllen. Dadurch ändert sich aber ihre Wirkungsstärke und damit ihre Gefährlichkeit keineswegs. Damit ist die (zusätzliche) Anwendung von Sicherheitsfaktoren für diese Stoffe wissenschaftlich nicht zu begründen; die heute üblichen Risikoabschätzungen aus Tierversuchsdaten berücksichtigen bereits Unsicherheiten im Hinblick auf die Wirkungsstärke der Stoffe.

4. Vorgabe einer Inzidenzzunahme von 10^{-5} für alle Kanzerogene

Die „zumutbare" Zunahme der Tumorinzidenz um 10^{-5} Fälle ist eine politische Vorgabe. Sie berücksichtigt nur das statistische Kriterium der Inzidenz, und zwar durchgängig für alle Tumorarten. Krebserkrankungen haben aber höchst unterschiedlichen Stellenwert im Hinblick auf Frühwarnsymptome (etwa Hautkrebs auf der einen, Mesotheliome auf der anderen Seite), Malignität und Metastasierungsneigung, Heilbarkeit (gut bei den meisten Hautkrebsarten, schlecht bis nicht heilbar zum Beispiel bei Lungen-, Ovarial- und Brustfellkrebs), Behandlungskosten und vor allem Verlauf und dessen Einfluß auf die Lebensqualität. Berücksichtigt man diese Kriterien, so ist eine pauschale Festsetzung eines akzeptablen (Zusatz)Risikos von 10^{-5} nicht vertretbar.

5. Differenzierung zwischen subchronischen und chronischen Toxizitätsdaten

Das Konzept legt bei Vorliegen lediglich subchronischer Toxizitätsdaten einen (Un)sicherheits-Faktor von 10 ein.

Dieses ist wissenschaftlich nicht begründbar. Es ist allgemein anerkannte Facherfahrung, daß die meisten Schadeffekte schon im subchronischen Versuch (bei Labornagern in der Regel sechs Monate) aufgedeckt werden. Nur wenige, meist alterskorrellierte Schadqualitäten können im chronischen Versuch (bei Labornagern in der Regel 18 bis 24 Monate) zusätzlich erfaßt werden. Ein Faktor von 10 ist daher hier nicht angemessen.

Bewertung der Grundwassergefährdung von Altablagerungen – Toxizitätszahl

87. Im Konzept des Institutes für Wasser, Boden und Lufthygenie (WaBoLu) zur Bewertung der Grundwassergefährdung von Altablagerungen ist eine standardisierte toxikologische Bewertung vorgesehen (KERNDORFF et al., 1993). Die Autoren schlagen keine Orientierungswerte in Form von Körperdosen vor, sondern standardisieren das toxische Potential der Stoffe in Form einer dimensionslosen Bewertungs- oder „Toxizitätszahl". In die Berechnung der „Toxizitätszahl" gehen verschiedene qualitative und quantitative Parameter ein:

- Vollständigkeit der getesteten Kriterien,
- Angaben zur Dosis-Wirkungsbeziehung,
- Kanzerogenität,
- besonders relevante In-vitro- und In-vivo-Kurzzeittests,
- Beobachtungen beim Menschen.

Für den Bereich Grundwasser/Trinkwasser werden die Bewertungszahlen zu duldbaren Konzentrationen in Beziehung gesetzt. Dafür wird der Bereich der möglichen Toxizitätszahlen in sechs Stufen eingeteilt, denen bestimmte Konzentrationsbereiche in logarithmischer Progression zugeordnet werden. Dabei wird vorgegeben, daß die Bewertungszahlen dem dekadischen Logarithmus der Konzentration proportional sind.

Die Auswahl und die Wichtung der toxischen Endpunkte sind rein subjektiv und werden nur unzureichend begründet. Es gibt für den Anwender keine Möglichkeit der Variation und der Anpassung an einzelfallspezifische Gegebenheiten. Auch die Vorgabe, daß die „Toxizitätszahlen" dem dekadischen Logarithmus der Konzentration proportional sind, ist wissenschaftlich nicht begründet (siehe auch Abschn. 1.3.4).

Sonstige Ansätze

88. Das von EIKMANN und KLOKE (1993) vorgeschlagene Modell des *Drei-Bereiche-Systems* enthält

in seinen Orientierungswerten auch den Bodenwert III, der den Toxizitätsbereich markiert, in dem Schäden an Schutzgütern (Pflanze, Tier, Mensch, Ökosystem) erkennbar werden können und der Schutzmaßnahmen erforderlich macht. Dieser Wert wurde aus Literaturdaten unter Einbeziehung plausibler Sicherheitsfaktoren errechnet. Dabei wurde der Kanzerogenität die größte Bedeutung beigemessen. Das methodische Vorgehen beim Ableiten der anderen Bodenwerte entspricht dem Verfahren beim Kinderspielplatz-Erlaß Nordrhein-Westfalen (MinBl. NRW 1990, 1252). Als Bodenwert I wurde das 95-Perzentil aus den Analysen von Böden in Nordrhein-Westfalen definiert (allgemeine Hintergrundbelastung).

Die toxikologisch-wissenschaftliche Ableitung der Bodenwerte wird nur unzureichend begründet, so daß nur schwer deren Entstehen nachvollzogen werden kann. Auch scheint dem Umweltrat die Wichtung der toxischen Endpunkte subjektiv; sie wird nicht wissenschaftlich begründet.

89. In der Gemeinsamen Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums und des Sozialministeriums über *Orientierungswerte* für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen *des Landes Baden-Württemberg* (GABl. 1993, S. 1115) werden Hintergrundwerte für Boden und Grundwasser, Prüfwerte zum Schutz von Grundwasser und Grundwassernutzungen, zum Schutz der menschlichen Gesundheit auf kontaminierten Flächen und zum Schutz von Boden – Schutzgut Pflanzen – sowie Toleranz- und maximal zulässige Emissionswerte zum Schutz von Grundwasser für insgesamt 31 anorganische und organische Stoffe angegeben. In der Verwaltungsvorschrift wird zwar ausgeführt, daß die Werte so abgeleitet wurden, daß aus „humantoxikologischer Sicht" selbst bei der empfindlichsten Zielgruppe (Kleinkinder) und der empfindlichsten Nutzung (unversiegelte Spielplatzanlagen) nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse keine gesundheitliche Gefährdung zu erwarten ist. Welche toxischen Endpunkte betrachtet und welche toxikologischen Studien einbezogen wurden, ist jedoch nicht zu entnehmen. Als Expositionsszenarien werden Kinderspielflächen, Siedlungsflächen und Gewerbeflächen unterschieden.

90. Die *C-Prüfwerte* des Reichsinstitutes für Volksgesundheit und Umwelthygiene der *Niederlande*, in der Fassung vom 20. April 1988, haben in Deutschland eine breite Anwendung gefunden (BERG und ROELS, 1991). EIKMANN (1993) kommt in einem Kommen-tar zu dem Schluß, daß die Verknüpfung des „ökotoxikologischen" mit dem „humantoxikologischen" C-Prüfwert nicht adäquat ist.

Inzwischen sind die neuen niederländischen Interventionswerte in Kraft (VROM, 1994). Der neue Leitfaden „Bodensanierung" enthält nur noch A-Werte (Hintergrundwerte) und C-Werte, die nach wie vor integrierte Werte aus toxikologisch und ökotoxikologisch abgeleiteten Werten sind. Die B-Werte wurden gestrichen. Die Ableitung der C-Werte erfolgte unter Zugrundelegung der Expositionsannahmen für die Nutzung „Wohnen mit Garten (wenig selbst angebautes Gemüse, 20% Verzehr von Eigenanbau)" unter Einbeziehung der Expositionspfade Bodeningestion, Aufnahme von Gemüse und Bodeninhalation, wodurch sie höher liegen als die unter Zugrundelegung von Multifunktionalität abgeleiteten früheren Werte. Die neue Regelung enthält mehr Werte für Einzelstoffe und legt mehr Gewicht auf physikalisch-chemische Eigenschaften sowie den Eintrag in den Boden als die von 1988. Zudem ist eine Bodentypkorrektur der Werte vorgesehen. Bei Überschreiten des C-Wertes besteht eine gesetzliche Sanierungspflicht. Die Dringlichkeit der Sanierung (innerhalb bis zu vier Jahren, innerhalb bis zu 25 Jahren oder erst nach über 25 Jahren) wird im Ergebnis der anschließenden aktuellen Expositionsabschätzung mit dem Modell CSOIL festgelegt, welches zwischen zehn Nutzungsklassen unterscheidet (BERG, 1991). Früher war der A-Wert grundsätzlich Sanierungszielwert, nach der neuen Regelung kann der Zielwert zwischen A- und C-Wert liegen, sofern mit Hilfe des CSOIL-Modells bei diesem Wert kein Risiko mehr ermittelt wird. Dabei wird grundsätzlich zwischen Multifunktionalität und IBC-Konzept (isolieren, beherrschen, kontrollieren) unterschieden. Kriterien sind nun Kosten, Umweltverträglichkeit und technische Machbarkeit. Da die neue niederländische Liste auf einem definierten Szenario beruht und auf die Verwendung im niederländischen Gefährdungsabschätzungsverfahren zugeschnitten ist, rät der Umweltrat von einer isolierten Anwendung auf Altlastverdachtsflächen in Deutschland ab.

1.3.3.3 Schlußfolgerungen und Empfehlungen zur toxikologischen Gefährdungsabschätzung

91. Die geschilderten Probleme bei der Gefährdungsabschätzung und die noch bestehenden Schwierigkeiten bei den Bemühungen um eine bundeseinheitliche Grundlage zur Bewertung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten zeigen, daß noch weitere Arbeiten und insbesondere Vereinbarungen notwendig sind. Hierfür ist unter anderem vorgesehen, einen vorliegenden Diskussionsentwurf eines untergesetzlichen Regelwerkes zum Entwurf des Bundes-Bodenschutzgesetzes in einer Projektgruppe unter Beteiligung der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz und der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall weiter zu bearbeiten.

Der Umweltrat kommt auf der Grundlage des gegenwärtigen Kenntnisstandes zu folgenden Schlußfolgerungen und Empfehlungen:

- Prüf- und Maßnahmenwerte können im strengen wissenschaftlichen Sinne nicht begründet werden; sie können lediglich von wissenschaftlichen Grunddaten abgeleitet werden. In den Begründungen zu den rechtlichen Regelungen sollte darauf hingewiesen werden.
- Das System der gestuften Anwendung festgelegter Prüf- und Maßnahmenwerte richtet sich nach den Vorgaben des Gesetzesvorhabens (E.-BBodSchG). Es sollte deutlich gemacht werden, daß nicht für alle Stoffe die toxikologischen Hilfsgrößen verfügbar sein werden.

- Die vorgeschlagenen Vorgehensweisen zur toxikologischen Gefährdungsabschätzung sollten nicht festgeschrieben werden. Vielmehr sollte die Verpflichtung aufgenommen werden, dem Fortschritt wissenschaftlicher Erkenntnis – in den Gefährdungsabschätzungsstrategien einerseits und der Verbesserung der Datenlage andererseits –, in der Einzelfallbewertung Rechnung zu tragen.
- Bei Einzelstoffbewertungen sollte in Fällen, wo die Datenlage ganz unzureichend ist, von einer Endbewertung Abstand genommen werden. Statt dessen sollten die Erfordernisse weiterer Untersuchungen klar definiert und als Forderung formuliert werden.
- Damit ist nicht nur das stufenweise Vorgehen bei den Maßnahmen, sondern auch der Vorgang der Gefährdungsabschätzung als iterativer Prozeß aufzufassen und umzusetzen. Für die Gefährdungsabschätzung bedeutet dies, nach Maßgabe des Vorliegens oder Nichtvorliegens erforderlicher Daten, die Gefährdungsstufen zu charakterisieren, ihre Wertigkeit und Verbindlichkeit abzustufen. Nach Verfügbarwerden weiterer, zuvor eingeforderter Daten, ist die Gefährdungsabschätzung fortzuschreiben. Damit würde man zu neuesten Bestrebungen der Environmental Protection Agency der Vereinigten Staaten aufschließen, die im Begriff ist, das alte, starre Bewertungssystem durch eine iterative Vorgehensweise zu ersetzen (ALBERT, 1994; McCLELLAN, 1994; NRC 1994).

92. In jedem Modell, das für den Expositionspfad Boden/Grundwasser/Mensch eine gesundheitliche Beurteilung einbezieht, spielt der Vergleich der expositionsbedingten Körperdosisraten mit toxikologisch begründeten duldbaren resorbierten Aufnahmemengen eine herausragende Rolle. Für die Ableitung/Erarbeitung dieser Vergleichswerte muß eine transparente und einvernehmliche Methode vorliegen.

Stellungnahmen zur Ableitung von toxikologischen Orientierungswerten auf der Basis des Forschungs- und Entwicklungs-Vorhabens „Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten" und auch die eigene Wertung (Übersicht zu Tz. 86) machen deutlich, daß hier noch Bedarf an fachlicher Konsensfindung besteht. Analog der Vorgehensweise bei der Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK-Kommission) und im Beratergremium umweltrelevante Altstoffe (BUA) sollte auch hier ein ständiger Expertenkreis eingerichtet werden. Aufgabe dieses Expertenkreises ist es, die Validierung der verwendeten wissenschafltichen Erkenntnisse vorzunehmen, einvernehmlich die Konventionen und die duldbaren resorbierten Aufnahmemengen vorzuschlagen sowie den Fortschritt wissenschaftlicher Erkenntnis und die Verbesserung der Datenlage ständig zu verfolgen.

Nur durch ein in der Wissenschaft anerkanntes Gremium werden Voraussetzungen geschaffen, die immer wieder auftretenden Auseinandersetzungen zwischen Gutachter und Gegengutachter an der „Front" der Beurteilung der Gefährdungsabschätzung zu objektivieren. Die Mitglieder des Expertengremiums müssen Einzelpersönlichkeiten aus den für die Fragestellung zuständigen Fachdisziplinen sein.

1.3.4 Zur Gefährdungsabschätzung für Grundwasser

93. Sowohl bei der Detailuntersuchung altlastverdächtiger Flächen als auch bei der Kategorisierung der Altlasten spielen Mobilitäts- und Persistenzpotentiale der Schadstoffe im Hinblick auf die Grundwassergefährdung eine entscheidende Rolle. Auf die Bewertung des Schadstoffübergangs vom Boden ins Grundwasser gehen KERNDORFF et al. (1993) in „Bewertung der Grundwassergefährdung von Altablagerungen" ausführlich ein.

Der zunächst für Altablagerungen ausgearbeitete Bewertungsansatz sieht bei der Bewertung des Schadstoffübergangs vom Kontaminations- zum Nutzungs-/Expositionsort die Ermittlung eines sogenannten *Grundwassergängigkeitspotentials* von Stoffen vor. Dieses setzt sich aus dem sogenannten Transferpotential und dem sogenannten *Persistenzpotential* zusammen. Diese stoffspezifischen Potentiale sind im Prinzip allgemein anwendbar. Für Altstandorte müssen jedoch noch entsprechende Vorarbeiten geleistet werden (KERNDORFF et al., 1993).

Bei der Ermittlung der genannten Potentiale wird von folgenden Überlegungen ausgegangen: Das Ausbreitungsverhalten eines Stoffes im Grundwasser wird durch seine physikalisch-chemischen Eigenschaften und von der Beschaffenheit des Untergrundes bestimmt. Da der für den „Rückhalt" von Kontaminanten maßgebliche organische Kohlenstoff-Gehalt in Lockersedimenten überwiegend sehr gering ist, hängt die Ausbreitung einer Kontaminanten im Grundwasser neben den Stoffeigenschaften praktisch nur noch von geohydrologischen Parametern ab. Durch die Ermittlung der wesentlichen stoffspezifischen Parameter, die das Ausbreitungsverhalten steuern, kann dieses bestimmt und standardisiert werden; ebenso können Abschätzungen über den möglichen Transport einer Kontaminanten im Grundwasser erfolgen.

Die wichtigsten stofflichen Größen sind die „pfadspezifische Persistenz" und das „pfadspezifische Transferverhalten". Zur Quantifizierung beider Größen wären aufwendige Experimente mit Prioritätskontaminanten sowohl im Labormaßstab als auch unter Freilandbedingungen notwendig, ohne Garantie auf Verläßlichkeit bei der Übertragung der Verhältnisse in die Praxis. Da entsprechende Ergebnisse in absehbarer Zukunft nicht zu erwarten sind, wird versucht, ein Potential beider Größen zu quantifizieren. Als Transferpotential einer Substanz wird ihre stoffspezifische Möglichkeit zur Migration vom Kontaminationsort zum Nutzungsort verstanden. Das Persistenzpotential einer Substanz beinhaltet entsprechend eine Aussage über die stoffspezifischen Möglichkeiten eines chemischen oder biologischen Abbaus während des Transfers. Beide Größen werden

von KERNDORFF et al. (1993) als „Erfahrungswerte" an Altablagerungen gewonnen.

Das Transferpotential anorganischer Substanzen leitet sich aus dem Produkt der Bewertungszahlen für die Nachweishäufigkeit und für den Kontaminationsfaktor ab, dasjenige organischer Substanzen kann aus einem stoffspezifischen Mobilitäts- und Akkumulierbarkeitspotential ermittelt werden. Hierbei müßten eine Vielzahl von Parametern berücksichtigt werden, die wiederum voneinander abhängen oder sich in ihrer Aussage überschneiden. Als aus Erfahrung wesentliche, zur Ableitung und Quantifizierung des Transferpotentials geeignete Größen werden für den Grundwasserpfad die Wasserlöslichkeit und der Dampfdruck als Maß für das Mobilitätspotential sowie der Octanol/Wasser-Verteilungskoeffizient (Maß für Bioakkumulierbarkeit) und der chi-Index (Maß für Geoakkumulierbarkeit) als Maß für das Akkumulierbarkeitspotential erkannt. Wegen der ungleichen Wertebereiche der einzelnen Stoffkenndaten werden sie vor einer Verknüpfung jeweils auf die Wertebereiche 1 bis 100 normiert.

Bei der Ermittlung des Persistenzpotentials anorganischer Stoffe wird zwischen einfachen Ionen mit pfadspezifischer Persistenz (Nickel- und Cadmiumionen usw. – nicht abbaubar), zusammengesetzten Ionen mit persistenten Anteilen (Chromat- und Arsenationen usw.) und zusammengesetzten Ionen ohne Persistenz (Nitrat-, Ammonium- und Cyanidionen usw. – können abgebaut werden) unterschieden. Die Ermittlung des Persistenzpotentials organischer Substanzen ist im Vergleich zu der anorganischer Substanzen schwierig. Verallgemeinerbare Meßergebnisse zur Persistenz fehlen. Ideal wären beispielsweise Halbwertzeiten unter definierten Bedingungen.

Daten zur Abschätzung des Potentials einer organischen Substanz für den abiotischen Abbau, wie zum Beispiel der Chemische Sauerstoffbedarf (CSB), oder für den biotischen Abbau, wie zum Beispiel der Biochemische Sauerstoffbedarf (BSB), liegen jedoch für viele Substanzen vor und werden daher im vorliegenden Fall ersatzweise zur Bestimmung des Persistenzpotentials benutzt. Es kann derzeitig noch nicht entschieden werden, welcher der beiden Parameter – wenn überhaupt – für den Grundwasserbereich realistischer ist. Deshalb wird vorläufig das Persistenzpotential einer organischen Substanz als Mittelwert aus der Bewertungszahl des CSB und der des BSB definiert. Da BSB- und CSB-Werte als Prozent des theoretisch möglichen Abbaus angegeben werden, ergibt sich die Bewertungszahl durch Subtraktion von 100, damit hohe Bewertungszahlen eine hohe Persistenz repräsentieren.

Aus der Multiplikation der Bewertungszahl des Transferpotentials und der des Persistenzpotentials resultiert definitionsgemäß das Grundwassergängigkeitspotential.

94. Mit der Kenntnis der Konzentrationen von Prioritätskontaminanten am Quellort sowie der stoffbedingten Grundwassergängigkeitspotentiale kann der Transfer ins Grundwasser bis hin zum Nutzungsort abgeschätzt werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch die Kenntnis der standortspezifischen geohydrologischen Beschaffenheit. Substanzen mit geringem Transfer- und Persistenzpotential (das heißt leicht adsorbierbar und abbaubar) sind auch in sehr langen Zeiträumen nur im unmittelbaren Bereich der Emissionsquelle existent. Dagegen muß bei Substanzen mit geringem Transfer-, jedoch hohem Persistenzpotential langfristig (länger als 25 Jahre) mit einer signifikanten Ausbreitung gerechnet werden. Mit kurzen Ausbreitungszeiten und unter Umständen weiter Ausbreitung ist dagegen im besonderen Maße bei Substanzen mit hohem Transfer- und Persistenzpotential (weniger als 10 Jahre) zu rechnen.

95. Inwieweit und in welcher Form die Transferpotentiale der Prioritätskontaminanten als Retardationsfaktoren beziehungsweise ihre Persistenzpotentiale als Abbaukonstanten in Transportmodelle eingebaut werden können, kann derzeit noch nicht in vollem Umfang abgeschätzt werden. Von einigen Stoffen sind jedoch experimentell ermittelte Retardationsfaktoren vorhanden, die in guter Relation zu ihren mit dem vorgestellten Modell ermittelten Grundwassergängigkeitspotentialen stehen. Wesentlich ist, daß mit Hilfe dieser Vorgehensweise abgeschätzt werden kann, ob Emissionen einer Abfallablagerung einen Nutzungsort erreichen können, in welchem Zeitraum das etwa sein wird und welche Konzentrationen zu erwarten sein werden.

96. Das Bewertungsmodell von KERNDORFF et al. (1993) erscheint dem Umweltrat für eine rasche, wenig kostenintensive und standardisierte Bewertung von altlastrelevanten Altablagerungen gut geeignet und sollte auch für Altstandorte Anwendung finden. Andere Wege, wie zum Beispiel die Berücksichtigung der biologischen Halbwertzeit von Verunreinigungen, lassen in absehbarer Zeit keine praktikablen Lösungen erwarten.

Gleichwohl empfiehlt der Umweltrat, die Grundlagenforschung über Boden- und Grundwasserlebensgemeinschaften voranzutreiben. Die Erkenntnisse sollten vor allem bei der Stofftransportmodellierung, wenn entsprechend standortspezifische Daten ermittelt werden beziehungsweise vorhanden sind, Eingang finden. Bislang bleiben biologische Abbauvorgänge hier meist unberücksichtigt. Eine Ausnahme stellen die Redox-Reaktionen beim physikalisch-chemisch-biologischen Abbau von Nitrat dar (KINZELBACH et al., 1992a und b). Schwerpunkte könnten in interdisziplinärer Zusammenarbeit die Prognose der Schadstoffausbreitung und des -abbaus bei einer zu überwachenden Altlast sein, das heißt mit kontinuierlicher Überprüfung der Prognoseergebnisse, sowie vor allem die Prognose bei hydraulischen und biologischen Sanierungsmaßnahmen und deren Überwachung. Auch bei der biologischen off-site-Sanierung sollten Grundlagenerkenntnisse, zum Beispiel Halbwertzeiten unter kontrollierten Bedingungen, einfließen.

Hierdurch könnten Erfahrungen gesammelt werden, um die mit einer zeitlichen Streckung der Sanierung von Altlasten verbundenen Risiken besser beurteilen zu können. Die Sammlung der Erfahrungen sollte in einer Bundesbehörde erfolgen.

1.3.5 Werte zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen

Bestehende Wertelisten

97. In Deutschland werden mittlerweile zahlreiche verschiedene Wertelisten zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen im Rahmen von Gefährdungsabschätzungsverfahren bei Altlasten verwendet. In einer „Bestandsaufnahme der vorliegenden Richtwerte zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen" haben EWERS et al. (1993b) die diesen Werten zugrundeliegenden Ableitungskriterien untersucht. Die Analyse kommt zu dem Ergebnis, daß die Berücksichtigung der untersuchten Kriterien in sehr unterschiedlichem Maße erfolgt. Um zu einer einheitlichen Sprachregelung zu gelangen, ordneten die Autoren die in den einzelnen Wertelisten verwendeten unterschiedlichen Bezeichnungen für die verschiedenen Kategorien von Orientierungswerten einheitlichen Begriffen zu. Sie verwenden die Begriffe „Hintergrundwert", „Prüfwert", „Eingreifwert", „Sanierungszielwert" und „Einbauwert", wobei die Definitionen der beiden erstgenannten Begriffe der der entsprechenden Begriffe im Entwurf eines Bundes-Bodenschutzgesetzes vergleichbar sind. „Eingreifwert" kann mit dem Begriff „Maßnahmenwert" im Gesetzentwurf gleichgesetzt werden. In Tab. 1.13 sind die verschiedenen Orientierungswerte der insgesamt 38 Wertelisten bestimmten Nutzungs- und Expositionsszenarien zugeordnet.

In den meisten Listen werden nutzungs- und schutzgutbezogene Werte angegeben. Häufig werden folgende Nutzungsarten unterschieden:

- Kinderspielplätze,
- Wohngebiete, Haus- und Kleingärten mit Nutzpflanzenanbau,
- Sport- und „Bolz"plätze,
- Park- und Freizeitanlagen,
- Industrie- und Gewerbeflächen,
- landwirtschaftliche Nutzflächen,
- nicht agrarisch genutzte Flächen (Wald- und Forstgebiete, Ödländer),
- Grundwasserschutzgebiete,
- Naturschutzgebiete.

Nur 15 der untersuchten Wertelisten enthalten Hintergrundwerte. Eine detaillierte und nachvollziehbare Darstellung der Untersuchungen und Ableitungskriterien ist nur bei einem Teil dieser 15 Wertelisten vorhanden, ansonsten finden sich entweder keine näheren Angaben oder es wird allgemein auf entsprechende Untersuchungen oder auf die wissenschaftliche Literatur verwiesen. Die Hintergrundwerte der verschiedenen Listen stimmen im Rahmen gewisser Variationsbreiten überein.

Für Prüf- und Maßnahmenwerte zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen finden sich detaillierte toxikologische Ableitungskriterien und Sachbegründungen in mehreren der untersuchten Wertelisten. Die angegebenen Werte beziehen sich fast durchweg auf die orale Aufnahme. Andere untersuchte Listen enthalten zum Teil nur allgemeine Erläuterungen zur Anwendung und Umsetzung. Hier fehlen detaillierte und nachvollziehbare Darstellungen der Ableitungskriterien ganz oder liegen nur für einzelne Werte vor. Mehrere Listen übernehmen die Zahlenwerte anderer Wertelisten.

Regelungen mit nutzungsbezogenen Werten geben toxikologische Begründungen nur für einen Teil dieser Werte, zum Beispiel die für Kinderspielplätze, an, während die Werte für andere Szenarien nicht oder zumindest nicht toxikologisch begründet werden. Trotz dieser Unterschiede in der Ableitung schwanken die Werte der verschiedenen Listen für gleiche Stoffe und gleiche Nutzungsszenarien selten mehr als um den Faktor zehn.

Das Schutzgut Mensch ist in den Listen am häufigsten genannt (elfmal Mensch oder menschliche Gesundheit, neunmal Kleinkinder und je zweimal Kinder oder Erwachsene). Zwölf Listen führen Grundwasser als Schutzgut, eine Liste Wasser allgemein an. In 13 Listen werden Pflanzen, in drei Listen Tiere und in fünf Listen Umwelt und Natur als Schutzgüter genannt. Je einmal werden Bodenorganismen, Bodenqualität sowie der Arbeitsschutz bei der Sanierung als Schutzgüter angegeben. Drei Listen enthalten keine expliziten Angaben zu Schutzgütern.

Darüber hinaus werden in den untersuchten Listen in der Mehrzahl Werte für Metallionen angegeben (31 mal). Außerdem sind in vielen Listen Werte für andere anorganische Stoffe aufgeführt. Werte für nicht halogenierte und halogenierte organische Verbindungen finden sich in fast allen Listen.

Zum Problem der Verläßlichkeit von Prüfwerten und Maßnahmenwerten

98. Wie bei allen Wertekategorien, die in irgendeiner Form handlungsauslösend sind, wird auch für die nach dem Entwurf eines Bundes-Bodenschutzgesetzes zu erlassenden Prüf- und Maßnahmenwerte im Bereich der Altlasten eine gewisse Konstanz und Dauerhaftigkeit und damit Verläßlichkeit für die von den Maßnahmen Betroffenen gefordert. Auf der anderen Seite sollen aber neue Erkenntnisse über Schadstoffe und ihr Verhalten in der Umwelt und für die Gesundheit des Menschen immer wieder Eingang in die behördlichen Entscheidungen finden. Dieser Konflikt ist nicht auflösbar, sondern nur durch pragmatisches Vorgehen zu entschärfen.

Dementsprechend dürfen Listen mit Bodenwerten nicht festgeschrieben werden, sondern bedürfen einer regelmäßigen Revision und Anpassung an neue Erkenntnisse. Dabei sollten, neben Häufigkeit des Vorkommens, Menge und Konzentration der Stoffe, folgende Stoffcharakteristika und andere Kriterien beachtet werden:

- toxisches Potential,
- Mobilität, Mobilisierbarkeit,
- Akkumulierbarkeit im Organismus,
- Bioverfügbarkeit,
- Langzeitgefährdungspotential (vor allem Krebs),
- Abbaubarkeit in den Umweltmedien.

Tabelle 1.13

Zuordnung der Orientierungswerte verschiedener, in Deutschland verwendeter Listen zur Bodenbeurteilung, zu Bodennutzungsszenarien

Werteliste — Szenario	Gem. VwV Bearbeitung Altlasten Bad.-Württemberg, 1993	VwV Anorganische Schadstoffe, Bad.-Württemberg, 1993	Hinweise Bodenbelastung, Bayern, 1991	Metalle auf Kinderspielplätzen, Bayern, 1992	Richtwerte Kinderspielplätze, Berlin, 1992	Berliner Liste Berlin, 1994	Brandenburgische Liste, Brandenburg, 1990	Metalle auf Kinderspielplätzen, Bremen, 1991
Hintergrundwerte	ja	ja				ja		ja
Pauschalwerte							Maßnahmenwert (o) Einbauwert (o)	
Kinderspielplatz	Sanierungszielwert (T, TDI, PTWI, oral, Resorption)	Prüfwert (o)		Maßnahmenwert (T, TDI, oral)	Prüfwert (T, PTWI, oral)	Prüfwert (T; aus Richtwerte Kinderspielplätze (Berlin, 1992)) Einbauwert (o)	Maßnahmenwert (o)	Prüfwert (T, PTWI) Maßnahmenwert (T, PTWI) Einbauwert (T, PTWI), alle oral
Wohngebiete/ Haus- und Kleingärten	Sanierungszielwert (K x 6)			Maßnahmenwert (aus K berechnet, oral)		Prüfwert (Wohn: aus K (x 2 bis x 10); Gärten: eigene Untersuchungen an Böden und Pflanzen, sowie aus Mindestuntersuchungsprogramm Kulturböden (Nordrhein-Westfalen, 1988) und Daten der ZEBS) Maßnahmenwert (s. Prüfwert) Einbauwert (s. Prüfwert)		
Nutzpflanzenbau	Sanierungszielwert (o)	Prüfwert (o) Maßnahmenwert (o)				Prüfwert (L u. E) Maßnahmenwert (s. Prüfwert) Einbauwert (s. Prüfwert)	Maßnahmenwert (o, P)	
Gewerbegebiete						Prüfwert (aus K x 5 bis x 20)		
Parkanlagen	Sanierungszielwert (K x 6)							
Sport/Bolzplatz						Einbauwert (L, E)		Maßnahmenwert (T, PTWI) Einbauwert (s. Prüfwert) alle oral
Grundwasserschutz		Prüfwert (o)	Prüfwert (o) Maßnahmenwert (o)			Prüfwert (pauschale Annahmen unter Berücksichtigung von Stoffeigenschaften)	Maßnahmenwert (o)	
Naturschutz		Prüfwert (o; Bodenbeschaffenheit)						

noch Tabelle 1.13

noch Zuordnung der Orientierungswerte verschiedener, in Deutschland verwendeter Listen zur Bodenbeurteilung, zu Bodennutzungsszenarien

Werteliste / Szenario	PAK/PCB auf Kinderspielplätzen Bremen, 1991	Bremer Prüfwerte Bremen, 1993	Hamburger Prüfwerte, Hamburg, 1990	Mineralölleitwerte, Hamburg, 1990	Leitwerte organische Schadstoffe Hamburg, 1992	Orientierungswerte Boden, Hessen, 1992	Orientierungswerte Altlasten, Hessen, 1993	„Empelder Liste", Niedersachsen, 1993
Hintergrundwerte		ja				ja		
Pauschalwerte						Einbauwert (o)	Prüfwert (E) Maßnahmenwert (E) Sanierungszielwert (E)	
Kinderspielplatz	Maßnahmenwert (T, DTA) Einbauwert (T, DTA, LM) alle oral		Prüfwert (T)					Maßnahmenwert (L, v, oral)
Wohngebiete/Haus- und Kleingärten		Prüfwert (H und T) Maßnahmenwert (T)	Prüfwert (T, oral und inhalativ)					Maßnahmenwert (aus K und L)
Nutzpflanzenbau			Prüfwert (T, oral und inhalativ)					
Gewerbegebiet		Prüfwert (H, T) Maßnahmenwert (s. Prüfwert)	Maßnahmewert (akute T, oral)					
Parkanlagen		Prüfwert (H, T) Maßnahmewert (s. Prüfwert	Prüfwert (T)					
Sport/Bolzplatz								
Grundwasserschutz			Prüfwert (E)	Maßnahmenwert (Sanierungszielwert (s. Prüfwert) Einbauwert (s. Prüfwert)	Maßnahmenwert (aus C-Prüfwerte (NL, 1988), Berliner Liste (Berlin, 1993)) Sanierungszielwert (s. Prüfwert) Einbauwert (s. Prüfwert)			
Naturschutz			Prüfwert (Nutzpflanzenanbau x 5, bodenökolog. Kriterien)					

noch Tabelle 1.13

noch Zuordnung der Orientierungswerte verschiedener, in Deutschland verwendeter Listen zur Bodenbeurteilung, zu Bodennutzungsszenarien

Werteliste — Szenario	Mindestuntersuchungsprogramm Nordrhein-Westfalen, 1988	Metalle auf Kinderspielplätzen Nordrhein-Westfalen, 1992	PAK/PCB/PCDD auf Kinderspielplätzen, Nordrhein-Westfalen, 1992	PAK/PCB in Kulturböden Nordrhein-Westfalen, 1992	Prüfwerte Altlasten, Nordrhein-Westfalen, 1993	Orientierungswerte Altablagerungen, Rheinland-Pfalz, 1992	Orientierungswerte Boden, Sachsen-Anhalt, 1992	Orientierungswerte Boden, Schleswig-Holstein, 1992
Hintergrundwerte		ja				ja		
Pauschalwerte								
Kinderspielplatz		Prüfwert (H) Maßnahmenwert (T) Sanierungszielwert (T) Einbauwert (T) alle oral	Prüfwert (T, DTA) Maßnahmenwert (T, DTA) Sanierungszielwert (T, DTA) Einbauwert (T, DTA) alle oral, Dioxinwerte aus BL-AG Dioxine Bericht 1992					
Wohngebiete/ und Kleingärten					Prüfwert (T, PTWI; nur Erwachsene oral)	Prüfwert (o) Sanierungszielwert (o)		
Nutzpflanzenbau	Prüfwert (E zu H, P, Lebens- und Futtermittelrichtwerte)			Prüfwert (L, P)				
Gewerbegebiet					Prüfwert (T; nur Erwachsene, oral)	Prüfwert (o) Sanierungsziel (o)		
Parkanlagen					Prüfwert (T; nur Erwachsene, oral)			
Sport/Bolzplatz								
Grundwasserschutz							Prüfwert (o) Maßnahmenwert (o) Sanierungszielwert (o)	Prüfwert (o)
Naturschutz	Prüfwert (E, Lebensmittelrichtwerte) (o)					Prüfwert (o) Sanierungszielwert (o)		

noch Tabelle 1.13

noch Zuordnung der Orientierungswerte verschiedener, in Deutschland verwendeter Listen zur Bodenbeurteilung, zu Bodennutzungsszenarien

Werteliste / Szenario	BL-AG DIOXINE Bericht, 1992	Klärschlammverordnung, BMU, 1992	UVP-Verwaltungsvorschrift, BMU, 1993	Orientierungswerte, EIKMANN; KLOKE, 1993	RAL-Einbauwerte, Institut für Gütesicherung, 1991	Richtwerte 1991, KLOKE, 1991	Beurteilung Kulturböden, KÖNIG, 1990	PAK in Böden, Kommunalverband Ruhrbebiet, 1992
Hintergrundwerte			ja	ja	ja	ja	ja	
Pauschalwerte	Maßnahmenwert (o) Einbauwert (o)	Prüfwert (o)			Eiinbauwert (o)			
Kinderspielplatz	Maßnahmenwert (o)			Prüfwert (L u. Metalle auf Kinderspielplätzen (Nordrhein-Westfalen, 1990)) Maßnahmenwert (s. Prüfwert) Sanierungszielwert (s. Prüfwert) alle oral				
Wohngebiete/ Haus- und Kleingärten	Maßnahmenwert (o)			Prüfwert (v) Maßnahmenwert (s. Prüfwert) Sanierungszielwert (s. Prüfwert) alle inhalativ und oral)				
Nutzpflanzenbau	Prüfwert (o) Maßnahmenwert (o)	Maßnahmenwert (rechtsverbindl. Grenzwert; o)	Prüfwert (o; P)	Prüfwert (v) Maßnahmenwert (s. Prüfwert) Sanierungszielwert (s. Prüfwert) alle inhalativ und oral; für landwirtschaftliche Nutzflächen: oral und P		geogen und pedogen bedingte Elementgehalte und tolerierbare Gehalte in Kulturböden	Prüfwerte (aus Mindestuntersuchungsprogramm Kulturböden (Nordrhein-Westfalen, 1988))	Prüfwert (P, E) Maßnahmenwert (s. Prüfwert)
Gewerbegebiet				Prüfwert (v) Maßnahmenwert (s. Prüfwert) Sanierungszielwert (s. Prüfwert) alle inhalativ und Aufnahme über kontaminiertes Trink/ Grundwasser				
Parkanlagen				Prüfwert (v) Maßnahmenwert (s. Prüfwert) Sanierungszielwert (s. Prüfwert) alle inhalativ und oral				
Sport/Bolzplatz				Prüfwert (v) Maßnahmenwert (s. Prüfwert) Sanierungszielwert (s. Prüfwert) alle inhalativ und oral				
Grundwasserschutz				Prüfwert (o) Maßnahmenwert (o) Sanierungszielwert (o)				
Naturschutz				Prüfwert (L, P) Maßnahmenwert (L, P) Sanierungsziel (L, P)				

noch Tabelle 1.13

noch Zuordnung der Orientierungswerte verschiedener, in Deutschland verwendeter Listen zur Bodenbeurteilung, zu Bodennutzungsszenarien

Werteliste — Szenario	LAGA-Information Altlasten, 1991	LAGA, Verwertung von Reststoffen (Entwurf), 1993	LAWA-Empfehlungen, Entwurf 1992	VCI, Abteilung Bodenrichtwerte, 1989	C-Prüfwerte, Niederlande, 1988	Hintergrund- und Referenzwert für Böden LABO, 1994
Hintergrundwerte						ja
Pauschalwerte					Prüfwert (E, M, T) Maßnahmenwert (E, M, T) Sanierungszielwert (E, M, T) Einbauwert (E, M, T)	
Kinderspielplatz	wie Hamburger Prüfwerte, 1990	Einbauwert (o)		Maßnahmenwert (L)		
Wohngebiete/ Haus- und Kleingärten	wie Hamburger Prüfwerte, 1990					
Nutzpflanzenbau	wie Hamburger Prüfwerte, 1990	Einbauwert (o)		Maßnahmenwert (L, P)		
Gewerbegebiet	wie Hamburger Prüfwerte, 1990	Einbauwert (0)				
Parkanlagen		Einbauwert (o)				
Sport/„Bolz"platz		Einbauwert (o)		Maßnahmenwert (L)		
Grundwasserschutz		Einbauwert (o)	Prüfwert (o) Maßnahmenwert (o)	Maßnahmenwert (L)		
Naturschutz		Einbauwert (o)		Maßnahmenwert (L)		

Quelle: EWERS et al. 1993b, verändert

Abkürzungen:

o Ableitung ohne Einbeziehung toxikologischer Überlegungen
DTA duldbare tägliche Aufnahmemenge
E Erfahrungswerte
H Hintergrundbelastung berücksichtigt
K entsprechender Orientierungswert aus dem Kinderspielplatz-Szenarium
L nach Literaturangaben
M Modellberechnungen
NL Niederlande
P Pflanzentransfer berücksichtigt
PTWI provisionable weekly intake = vorläufige wöchentliche Aufnahmemenge
T Ableitung bezieht toxikologische Überlegungen mit ein
TDI tolerable daily intake (duldbare tägliche Aufnahmemenge)
v verbale Begründung
ZEBS Zentrale Erfassungs- und Bewertungsstelle beim Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin

99. Da Prüfwerte dazu dienen sollen, den Altlastverdacht zu erhärten und die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen anzuzeigen, hält es der Umweltrat für gerechtfertigt, hier Quoten zu vergeben, die angeben, wieviel der duldbaren täglichen resorbierten Aufnahmemenge ausgeschöpft werden darf. Diese Quoten sollten sich auf den Gesamtgehalt des jeweiligen Schadstoffes im Boden beziehen, das heißt, der Gesamtgehalt darf einen festzusetzenden Prozentsatz der duldbaren resorbierten Aufnahmemenge nicht überschreiten. Dieser Prozentsatz sollte für jeden Schadstoff, oder wenn möglich für jede Schadstoffgruppe, in Abhängigkeit von der ubiquitären Vorbelastung in Nahrungsmitteln, Trinkwasser und Luft bestimmt werden. Es gilt abzuwägen, ob bei hoher ubiquitärer Belastung (z. B. 80 % der duldbaren resorbierten Aufnahmemenge) eine relativ geringe Zusatzbelastung durch die Altlastverdachtsfläche (ca. 10 % der duldbaren resorbierten Aufnahmemenge) zumutbar ist oder nicht. Die zumutbare Bela-

stung ist eine Frage von gesellschaftspolitischer Bedeutung. Hier muß der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit berücksichtigt werden. Der Umweltrat schlägt vor, 20 % der duldbaren Aufnahmemenge als Prüfwerte festzulegen und für Stoffe, bei denen die ubiquitäre Belastung hoch ist, 10 % der duldbaren Aufnahmemenge festzulegen.

100. Der Maßnahmenwert soll als Entscheidungshilfe dienen, ob von der Verdachtsfläche eine konkrete Gefährdung ausgeht. Sein Überschreiten macht, unter Berücksichtigung des jeweiligen Bodenzustandes, in der Regel aus der Verdachtsfläche eine Altlast.

Bei der Festlegung des Maßnahmenwertes kann aus toxikologischer Sicht eine Dosis angegeben werden, ab der adverse Effekte auftreten (LOAEL, lowest observed adverse effect level). Ob diese Effekte eine Gefahr im juristischen Sinne bedeuten oder nicht, ist keine Entscheidung des Toxikologen, sondern muß politisch festgelegt werden. Es ist unbestreitbar, daß für akut toxische Verbindungen Dosen angegeben werden können, die mit einer Wirkung verbunden sind und eine Gefahr darstellen. Aber gerade für chronisch wirkende Stoffe oder solche, die mit großer Latenzzeit wirken, ist es schwer abzuschätzen, wie groß die Wahrscheinlichkeit des Wirkungseintrittes und wie schwerwiegend die resultierende Wirkung ist.

Der Umweltrat befürwortet, daß beim Maßnahmenwert der resorbierbare Anteil des Schadstoffgehaltes im Boden zugrundegelegt werden soll, macht aber gleichzeitig darauf aufmerksam, daß zur Bestimmung dieses Anteils bisher die Analysemethoden fehlen (siehe Übersicht zu Tz. 101), so daß dieser Anteil abgeschätzt werden muß. Dies ist jedoch mit Unsicherheiten verbunden, die zu erläutern sind.

Auch für die Maßnahmenwerte gilt, daß stoffspezifisch ein fester Prozentsatz der duldbaren resorbierten Aufnahmemenge festgelegt werden kann, der maximal ausgeschöpft werden darf, damit keine Maßnahmen ergriffen werden müssen. Die Normierung bedarf aber noch weiterer Klärung. Gegebenenfalls könnte eine gestufte Vorgehensweise, in Abhängigkeit von den örtlich vorliegenden Hintergrundbelastungen, angewandt werden. Die ad-hoc Arbeitsgemeinschaft „Referenz- beziehungsweise Hintergrundwerte für Böden" des Arbeitskreises IV „Bodenbelastung" der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz ermittelt bundesweit region- und bodentypspezifische Hintergrundgehalte von Schadstoffen. Diese Werte könnten bei einer gestuften Vorgehensweise Verwendung finden.

101. Der Umweltrat macht darauf aufmerksam, daß die Probenaufbereitungs- und Analysemethoden so gewählt werden sollen, daß Aussagen hinsichtlich der pfadspezifischen Verbreitung und der Resorbierbarkeit der Stoffe möglich sind. Zu den Prüf- und Maßnahmenwerten muß eine adäquate Analytik ausgearbeitet werden (s. Übersicht Seite 65).

1.3.6 Verfahren zur Gefährdungsabschätzung

1.3.6.1 Zur Struktur der Verfahren

102. Über die in Abschnitt 1.3.1 erwähnten länderspezifischen Verfahren hinaus wurden weitere Bewertungsansätze und -systematiken bei Forschungsinstituten vom Bund in Auftrag gegeben, zum Beispiel die „Bewertung der Grundwassergefährdung von Altablagerungen – Standardisierte Methoden und Maßstäbe„ des Institutes für Wasser-, Boden- und Lufthygiene (WaBoLu; KERNDORFF et al., 1993), das Bewertungsmodell zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten (UMS-Modell; DOETSCH et al., 1994), die Systematik zur Prioritätenermittlung bei der Sanierung von Altlasten (PRISAL; BRACKE et al., 1994) und die Systematik zur Kostenermittlung bei der Altlastensanierung (KOSAL; BRACKE et al., 1993), oder von Kommunalverbänden, zum Beispiel Stadtverband Saarbrücken, entwickelt. Abwandlungen des Konzeptes des Landes Baden-Württemberg wurden für militärische Altlastverdachtsflächen vorgenommen (Modell zur Erstbewertung militärischer und Rüstungs-Altlasten-Verdachtsflächen (MEMURA; IABG, 1992) und Modell zur Abschätzung der Gefährdung durch militärische und Rüstungs-Altlasten-Verdachtsflächen (MAGMA; HOPPE und HEINRICH, 1995); Verfahren des Institutes für wassergefährdende Stoffe (IWS; SCHULZ-TERFLOTH und LÜHR, 1994) für Niedersachsen).

Alle diese Ansätze beziehungsweise Verfahren haben divergierende Ansprüche und bedienen sich entweder nur formal der gleichen Begriffe oder verschiedener Begriffe mit unter Umständen gleichem Inhalt (siehe auch SRU, 1989, Tz. 432, 434). Die Unterschiede in den verschiedenen Bewertungsmodellen zeigen sich – neben dem Endpunkt im Ablaufschema – in den Feinstrukturen: in der Aufschlüsselung der Fakten und Informationen, in der Güte der benötigten Angaben, in ihrer Einordnung in ein Schema von Abfragen und besonders in den Wegen zu einer integrierten Aussage. In der Regel handelt es sich um streng formalisierte Zuordnungs- und Berechnungsverfahren, die sich am Prinzip der Nutzwertanalyse orientieren, das heißt Punkte vergeben und Bewertungszahlen generieren, während das Bewertungsverfahren des Landes Bayern als einziges ein rein verbal-argumentatives Verfahren ist. Die nutzwertanalytischen Bewertungsziffern können teilweise mit Stoffkonstanten und Meßwerten in direktem, zum Beispiel logarithmischem, oder in nur indirektem, zum Beispiel durch Klasseneinteilung begründetem Zusammenhang stehen und zusätzlich normiert sein, zum Beispiel auf Hintergrundwerte. Häufig werden Wichtungen an geschätzten oder abgeleiteten Zahlenwerten vorgenommen, wodurch unvermeidlich subjektive Wertungen in das Ergebnis einfließen können. Auch die Rangfolge gleicher Bausteine in den verschiedenen Modellen zeigt Unterschiede, weil die Relevanz eines Phänomens subjektiv anders bewertet und zum Teil deshalb an anderer Stelle im Gesamtablauf berücksichtigt wird oder sogar an mehreren Stellen, zum Beispiel „Stoffcharakteristika allgemein", „Stoffcharakteristika Ausbreitungsvorgänge", „Stoffcharakteristika Exposition". Die strukturbedingten Unterschiede zwischen den

Anforderungen an die Analytik zu Prüf- und Maßnahmenwerten

Prüfwerte – Analytik

Auch der Umweltrat ist der Auffassung, daß Prüfwerte auf der Basis von Gesamtgehalten im Boden festgelegt werden sollen, wenn die Exposition „direkter/oraler Kontakt" des Menschen vorliegt.

Beim Schutzgut Grundwasser und Oberflächengewässer kommt es vor allem auf die mobilen beziehungsweise mobilisierbaren Anteile der Schadstoffbelastungen im Boden an (s.a. „Einheitliche Bewertungsgrundsätze zu vorhandenen Bodenverunreinigungen/Altlasten" der LABO/LAGA/LAWA vom Mai 1993). Hierzu ist die Eluierbarkeit zu ermitteln. Prüfwerte für das Eluat aus Bodenproben sind in den „Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden" der LAWA vom September 1993 enthalten.

Das Ziel, eine Methode zu finden, die die unter realen Bedingungen eluierbaren bzw. mobilen und mobilisierbaren Stoffanteile ermittelt, wird nur eingeschränkt erreicht werden können. Dennoch ist eine Methode erforderlich. Die bisher verwendete Methode nach DIN 38 414-S4, die nur eine sehr eingeschränkte Aussagekraft hat, ist auf jeden Fall ergänzungsbedürftig. Vorschläge liegen in der Literatur vor (u.a. OBERMANN und CREMER, 1992).

Der Umweltrat empfiehlt, Arbeiten im Deutschen Institut für Normung (DIN) zur Entwicklung eines einheitlichen und aussagekräftigen Verfahrens für die Eluierbarkeit voranzutreiben.

Maßnahmenwerte – Analytik

Für das Schutzgut menschliche Gesundheit und für die Exposition „direkter/oraler Kontakt" kann der Maßnahmenwert auf Basis von Gesamtgehalten der Schadstoffe im Boden nur als Übergangslösung angesehen werden. Die hiermit verbundene Überbewertung des Risikos ist nicht ohne weiteres abschätzbar, wird aber durch die nicht immer notwendigen Sanierungsmaßnahmen zu wirtschaftlichen Mehrkosten führen.

Der Umweltrat ist der Auffassung, daß Bemühungen unternommen werden sollten, eine Methode zur Bestimmung des resorptionsverfügbaren Anteils der bodengebundenen Schadstoffe zu entwickeln, die auch für die organischen Stoffe angewandt werden kann.

Bis diese standardisierten Extraktionsverfahren vorliegen, sollten Maßnahmenwerte, die aufgrund der tolerierbaren resobierten Aufnahmemengen in ihrer toxikologischen Wirkung abgeleitet werden, noch nicht Eingang in die Praxis finden.

Modellen spiegeln auch diejenigen in Verwaltungsstruktur und politischen Wertungen wider (DÖRHÖFER, 1992).

103. Die nutzwertanalytisch aufgebauten Bewertungsansätze sind grob in zwei Typen mit unterschiedlichem Grundkonzept einzuteilen (siehe auch Tab. 1.14):

- Konzepte mit Relativwert-Punktesystemen, deren Bewertungsergebnis eine inhaltsneutrale Punktzahl ist und deren Absolutwert nur in Relation zu anderen Punktzahlen gleicher Herkunft interpretiert werden kann. Typisch sind sie für die formale Erstbewertung.

- Absolutwertbasierte Systeme, die von den gemessenen Absolutwerten ausgehend Bewertungsziffern ableiten. In dieser Gruppe sind die anspruchsvollsten Varianten aller Bewertungsverfahren, die Prognose- oder Simulationsmodelle zur Expositionsabschätzung, zu finden. Ziel derartiger Simulationsmodelle ist eine Modellierung des Umweltverhaltens einzelner gefährlicher Stoffe oder Stoffkombinationen in einem bestimmten Umweltmedium. Dazu ist eine differenzierte Betrachtung von Stoffen, Parametern und Pfaden erforderlich. Es wird berechnet, welche Konzentrationen und Frachten auf bestimmten Pfaden entstehen könnten; diese werden mit toxikologischen Belastbarkeitsparametern verglichen. Eine Vielzahl von Informationen muß so verarbeitet, transformiert und verknüpft werden, daß das Bewertungsergebnis zu den absoluten Ausgangswerten nachvollziehbar zurückverfolgt werden kann.

Je nach Detaillierungsgrad und Dateninput-Bedarf können diese Systeme zur Erstbewertung oder im Rahmen der orientierenden Untersuchung und der Detailuntersuchung eingesetzt werden. Bei steigender Informationsfülle sind sie allerdings für die gleichzeitige Bearbeitung sehr vieler Verdachtsflächen nicht mehr geeignet.

104. Bei Bewertungsverfahren nach Punktesystemen ist die Vergabe der Punkte und deren Verknüpfung wissenschaftlich nicht exakt begründbar. Derartige Verfahren können sich jedoch auf die Grundlage wissenschaftlicher Plausibilität stützen und sind ein wichtiges Hilfsmittel für die Verwaltung, um die große Zahl der altlastverdächtigen Flächen in einheitlicher Weise zu bewerten (SRU, 1989, Tz. 443).

Auch die Verknüpfung der vielfachen Einzelparameter oder Punktationen mit Gewichtungsfaktoren zu den maßgeblichen Bewertungsziffern oder zahlen ist in den Modellen unterschiedlich und unbegründet. Üblich ist eine vielstufige, kombinierte Rechenvor-

schrift aus Multiplikation und Addition, eventuell unter Beteiligung logarithmischer Teilfunktionen; Angaben nur in Matrixform kommen selten vor. Wahrscheinlichkeitsmathematische Überlegungen zu Eintrittswahrscheinlichkeiten von Schäden („Risiko"), verursacht durch die zu verknüpfenden, voneinander teils unabhängigen, teils abhängigen Ereignisse, spielen dabei keine Rolle (HOFFMANN, 1992). Der Begriff des „Risikos" sollte im Zusammenhang mit der Gefährdungsabschätzung nur als pragmatische Größenbezeichnung gesehen werden. Die betrachteten Gefährdungsabschätzungsmodelle generieren verschiedentlich eine Reihe von Risikomaßzahlen („Risikoindizes"), die günstigenfalls mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten von Schäden an den Schutzgütern korrelieren können. Sie werden überwiegend mit Plausibilitätskriterien aus der Erfahrung begründet (SRU, 1989, Tz. 443), nicht jedoch mit toxikologischen Risikokonzepten. Für die Güte der ermittelten Bewertungsziffern sollte daher der Anspruch der Wissenschaftlichkeit und des getreuen Abbildens nicht erhoben werden, da es sich lediglich um nützliche Entscheidungshilfen zur Prioritätsfestlegung handelt.

105. Werden numerische Beurteilungshilfen mit Orientierungswerten (Wertelisten) zur Einordnung und Einschätzung der Gefährdung der Schutzgüter durch die potentiell vorkommenden oder emittierten Schadstoffe benutzt, so haben diese maßgeblichen Einfluß auf das Endergebnis der Bewertung, sowohl bei Einzelfallbewertung als auch bei vergleichender Bewertung (Abschn. 1.3.3.2, 1.3.4; SRU, 1989, Tz. 394 ff.). Die Benutzung unterschiedlicher Bewertungssysteme und die Anwendung verschiedener Wertelisten durch die Gebietskörperschaften kann dazu führen, daß die Bewertungspraxis uneinheitlich ist. Dieser Umstand könnte als besonderes Kennzeichen eines föderalen Staatswesens positiv gewertet werden, das regional angepaßte, optimale Lösungen ermöglicht. Zugleich kann jedoch der Grundsatz der Gleichbehandlung innerhalb eines Bundeslandes verletzt werden, was bundesweit unerwünschte Nebenwirkungen zeigt (Tz. 59). Die einheitliche Bewertung und Beurteilung bekommen somit ihre eigenständige Bedeutung erst mit der Forderung nach überregional bis bundesweit gleichen Lebensverhältnissen sowie rechtmäßiger Gleichbehandlung, so daß bei der Prioritätenermittlung und bei der Vergabe von Mitteln – gleichgültig, ob Förder- oder allgemeine Haushaltsmittel – diese Grundsätze eingehalten werden sollten. Die Leitfäden der Länder zur Altlastenbearbeitung sowie ihre Bewertungsmodelle verweisen auf bestimmte – möglichst landeseigene – Listen oder Wertetabellen, die zum Teil als Landes-Verwaltungsvorschriften verrechtlicht worden sind. Insofern dienen sie indirekt auch der Gleichbehandlung, zumindest auf Landesebene.

1.3.6.2 Verfahrensüberblick

106. Im Sondergutachten 1989 wurden die gebräuchlichen Bewertungsverfahren analysiert und typisiert (SRU, 1989, Abschn. 3.3.2, 3.3.3 und 3.3.4). Inzwischen haben die Länder mehrheitlich gesetzliche Regelungen erlassen, die auch die Fragen der Bewertung und die Zuständigkeiten regeln. Für den neu hinzugekommenen Verwaltungsbereich militärische Altlasten haben die Länder Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen sowie der Bund diverse Bewertungsverfahren entwickeln lassen (Abschn. 3.3.2.2).

In Tabelle 1.14 wird der Versuch unternommen, die vorhandenen Verfahren nach dem Zweck der Anwendung und den Grundkonzepten grob einzuteilen.

107. Bei der – immer noch steigenden – Anzahl von Verdachtsflächen wird es immer schwieriger werden, jeden einzelnen Fall in Form von Sachverständigengutachten bewerten zu lassen. Aus diesem Problem erwuchs die Forderung nach formalisierten Bewertungsverfahren auch für die Ermittlung des Gefährdungspotentials und des Handlungsbedarfs im Einzelfall. Das Bewertungsergebnis kann leicht als anonymes, antizipiertes Sachverständigengutachten interpretiert werden, das mit Hilfe angeschlossener Datenbanken und Expertensysteme das gesamte verfügbare Expertenwissen in geeigneter Weise berücksichtige. Um dieser Entwicklung und Auffassung entgegenzuwirken, hat der Umweltrat die Zwischenschaltung eines Expertengremiums mit Korrekturbefugnissen empfohlen (SRU, 1989, Tz. 444). Auch bei der Entwicklung des Bewertungsmodells zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten (Modell für die umweltmedizinische Beurteilung der menschlichen Schadstoffexposition durch Altlasten – „UMS-Modell") ist erklärtes Ziel, daß das Modell die Arbeit des Gutachters nicht ersetzen, sondern unterstützen sollte (DOETSCH et al., 1994). Der Umweltrat begrüßt diese Bestrebung ausdrücklich.

108. Ein Forschungsvorhaben hatte zum Ziel, die Ansätze der Länder zur Altlastenbewältigung zu analysieren und synoptisch darzustellen (CLAUS et al., 1993). Das Spektrum der Vorgehensweisen reicht danach von einer durchgehenden, stark formalisierten Verfahrensweise (Baden-Württemberg) bis zu einer Einzelfallbetrachtung (Nordrhein-Westfalen). Das Vorhaben kommt zu dem Schluß, daß sich ein einheitliches Verfahren auf der Grundlage bestehender Länderkonzepte nicht wird durchsetzen lassen, ohne zumindest an den differierenden Konzepten tiefgreifende Änderungen vorzunehmen. Keines der bestehenden Länderkonzepte eignet sich unverändert für eine bundesweite Anwendung. Ein weitgehend optimiertes Bewertungsverfahren zu konzipieren, das möglichst nur die Vorzüge der Ländermodelle auf sich vereint, wäre zwar theoretisch denkbar, es dürfte jedoch am Widerstand der Länderverwaltungen scheitern, die Bestandsschutz für ihre Verfahren reklamieren würden.

109. Für die frühe Bearbeitungsphase der Erstbewertung zwecks Ermittlung der Bearbeitungsrangfolge sind die formalisierten Erstbewertungsverfahren ausreichend (SRU, 1989, Tz. 444). Diese Verfahren unterscheiden sich hinsichtlich Inhalt und Formalismus zwar mannigfach, jedoch vermutlich nicht so gravierend, daß durch die Anwendung eines bestimmten Verfahrens der Altlastverdacht zu früh und ohne Grund ausgeräumt worden wäre. Aus der Lite-

Tabelle 1.14

Zuordnung der Bewertungsmodelle nach Zweck der Anwendung und Grundkonzept der Verfahren

Zweck der Anwendung des Verfahrens	Beprobungslose, formale Erstbewertung zur Prioritätenermittlung			Orientierende Bewertung und Detailbewertung			
Grundkonzept des Verfahrens (Typ) —— Herkunftsbereich	Absolutwertbasierte Verfahren	Relativwertverfahren	verbalargumentativ	Absolutwertbasierte Verfahren	Relativwertverfahren	verbalargumentativ	Absolutwertbasierte Expositionsprognose-/ Simulationsmodelle
Länder	Berlin: „Toxikologische Umwelt-Bewertung von Altlasten (TUBA)" Niedersachsen: IWS-Bewertungsmodell zur Gefährdungsabschätzung von Rüstungsaltlastverdachtsflächen (Beweisniveau 1)	Baden-Württemberg: eigenes Bewertungsverfahren (Beweisniveau 1), auch in Niedersachsen (modif.), Schleswig-Holstein: nur für Altstandorte Nordrhein-Westfalen: ISAL-Bewertungsverfahren Hamburg: „AGAPE" Hessen: Modell nach IWS und TGU Schleswig-Holstein: Modell für Altablagerung Saarland: Stadtverband Saarbrücken oder Baden-Württemberg	Bayern („Verfahren": gemäß Handbuch vorgehen)	Niedersachsen: IWS-Bewertungsmodell zur Gefährdungsabschätzung von Rüstungsaltlastverdachtsflächen (Beweisniveau 2) Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz u. a.: Einzelfallbewertung (mit/ohne Bewertungskommission)	Baden-Württemberg: Bewertungsverfahren (Beweisniveau 2 und 3), auch in anderen Bundesländern (s. Spalte 3) Niedersachsen: Baden-Württemberg-Verfahren modif. + US-EPA (Beweisniveau 3) Hamburg: Bewertungsverfahren der Baubehörde/Umweltbehörde	Bayern („Verfahren": gemäß Handbuch vorgehen)	
Bund		Treuhandanstalt-Schätzverfahren (THA-‚Crash') Modell zur Erstbewertung von militärischen und Rüstungsaltlast-Verdachtsflächen („MEMURA")		Modell zur Abschätzung der Gefährdung durch militärische und Rüstungsaltlast-Verdachtsflächen („MAGMA")			„Umweltmedizinische Beurteilung der menschlichen Schadstoffexposition durch Altlasten" (UMS-Modell) Modul 1 von „PRISAL" Standardisiertes Bewertungsmodell zur Bewertung der Grundwassergefährdung durch Altlasten (WABoLu-Modell)
Kommunale Körperschaft	Oberhausen: Bewertungssystem zur Prioritätenermittlung („ESPERAL")	Stadtverband Saarbrücken: „Expertensystem Handlungsmodell Altlasten (XHMA)"			Stadtverband Saarbrücken: „XHMA" (s. Spalte 3)		
Ausland		USA: „Hazard Ranking System (HRS)" der Environmental Protection Agencay (EPA)			USA: „HRS" (s. Spalte 3) (zum Teil)		USA: integriertes Expositions-Analyse-Modell der EPA Niederlande: C-Wert-Boden-Modell („CSOIL")
Ergebnis der Bewertung	Einstufung in Klassen; Dringlichkeit der Bearbeitung; Reduzierung untersuchungsbedürftiger Fälle			Gefährdungsabschätzung (Zwischen- und Detailbewertung) zur Feststellung einer Altlast; Gefahrenbeurteilung; Priorisierung; Handlungsempfehlungen auch für den Einzelfall			

Legende: AGAPE: Abschätzung des Gefährdungspotentials von altlastverdächtigen Flächen zur Prioritätenermittlung; ISAL: Informationssystem Altlasten; IWS: Institut für wassergefährdende Stoffe an der TU Berlin; PRISAL: Systematik zur Prioritätenermittlung bei der Sanierung von Altlasten; TGU: Technologieberatung Grundwasser und Umwelt GmbH, Koblenz; WaBoLu: Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes (früher: des Bundesgesundheitsamtes) SRU

ratur sind keine vergleichenden Untersuchungen bekannt, die diese These stützen könnten. Der Umweltrat sieht in der länderspezifischen Vorgehensweise bei der Erstbewertung kein gravierendes Problem (Tz. 60). Für die orientierende Phase sollten die vorgesehenen bundeseinheitlichen Prüfwerte maßgebend sein (s. Abschn. 1.3.3, 1.3.5).

Die Detailphase betreffend ist der Umweltrat der Auffassung, daß die bundeseinheitliche Lösung in einem länderübergreifenden Bewertungsverfahren zu suchen sein sollte, das eine auf Absolutwerten beruhende, toxikologisch fundierte Expositionssimulation beziehungsweise prognose als Grundlage hat. Das entwickelte Bewertungsmodell zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten („UMS-Modell") ist ein entsprechender Ansatz (BMU, 1994a und b).

1.3.7 Ökotoxikologische Aspekte bei der Gefährdungsabschätzung

110. Bei der Bewertung von Altlastverdachtsflächen beziehungsweise von Altlasten wird auf die Gesundheit des Menschen als wichtigstes Schutzgut abgestellt. Die Bewertungsverfahren berücksichtigen auch – allerdings in recht unterschiedlichem Umfang – die Umweltmedien Wasser und Böden als wichtige Schutzgüter, jedoch vorrangig wiederum mit Bezug auf die Gesundheit des Menschen (Erzeugung von Nahrungsmitteln und Trinkwasser). Der Gefährdung der belebten Umwelt wird aufgrund der Komplexität von Lebensgemeinschaften und der Kenntnislücken über Wirkungszusammenhänge bislang kaum Aufmerksamkeit gewidmet (SRU, 1989, Tz. 427). Dies gilt auch für die Frage, ob Ökosystemgleichgewichte im Altlasteneinflußbereich nur temporär oder auf Dauer geschädigt sind.

111. Ökotoxikologie hat die Aufgabe, Wirkungen von chemischen Stoffen (Umweltchemikalien) auf einzelne Arten, Biozönosen und Ökosysteme möglichst in Abhängigkeit von ihrer Menge und ihrer Einwirkungsart zu untersuchen, qualitativ sowie quantitativ zu erfassen, zu beschreiben und gegebenenfalls Wirkungsschwellen zu ermitteln. Ihre Ergebnisse liefern Grundlagen für die Festlegung von Gütekriterien (Richt- oder Grenzwerte) zum Schutz und zur Stabilisierung der biotischen und abiotischen Umwelt. Ökotoxikologie hat daher die Vielfalt der in der Natur vorkommenden Pflanzen-, Tier- und Mikroorganismenarten, ihre natürlichen Lebensbedingungen, das Zusammenwirken biotischer und abiotischer Faktoren, die netzartigen Beziehungen innerhalb von Lebensgemeinschaften und ganzen Ökosystemen und andere Bedingungen wie Ökosystemgröße und -stabilität zu berücksichtigen.

Zu den „klassischen" Fragestellungen der Ökotoxikologie gehört die Aufklärung vermuteter schädlicher Wirkungen von Umweltchemikalien sowie der zugrundeliegenden Mechanismen. Daneben versucht man zunehmend, durch die Erarbeitung und Anwendung einer begrenzten Zahl von ökotoxikologischen Parametern die Umwelterheblichkeit oder -gefährlichkeit von Stoffen grob abzuschätzen, um auf diese Weise besondere Belastungen der Umwelt zu erkennen oder vorherzusagen. Zu diesen Parametern gehören physikalisch-chemische und biologische Stoffeigenschaften, anhand derer das Schicksal des jeweiligen Stoffes in der Umwelt abgeschätzt werden kann, sowie Toxizitätsdaten, die an einigen Organismenarten jeweils stellvertretend für andere Arten gewonnen werden. Einige Prüfparameter und -verfahren für solche Abschätzungen wurden bereits in internationaler Zusammenarbeit weitgehend standardisiert. In Deutschland bilden standardisierte Prüfrichtlinien die Grundlage der Stoffprüfung für neu anzumeldende Stoffe nach dem Chemikaliengesetz (vgl. hierzu SRU, 1994, Tz. 537 ff.).

112. Die Ökotoxikologie beschäftigt sich zunehmend auch auf ökosystemarer Ebene mit Maßstäben für tolerierbare Belastungen von Ökosystemen durch Schadstoffeinträge und für tolerierbare Bodenbelastungen (z. B. Konzept der kritischen Eintragsraten, SRU, 1994, Tz 204 f.).

Verschiedene Methoden zur Ableitung ökologischer Risiken, auch als ökotoxikologische Risikoanalyse oder Risikoabschätzung bezeichnet (vgl. SRU, 1987, Abschn. 3.1.3.2), sind in der Entwicklung. Diesen Ansätzen liegt, im Gegensatz zur Gefährdungsabschätzung der Gesundheit des Menschen, bei der Definition des ökologischen Risikos ein mehr oder weniger willkürlich festgelegtes Schutzniveau zugrunde, das einen bestimmten Prozentsatz von Arten einer Gemeinschaft vor nachteiligen Einwirkungen schützen soll, zum Beispiel 95 %. Der festgelegte Prozentsatz von Arten wird zur Erhaltung eines funktionierenden Ökosystems mit seinen Regelungsfunktionen für erforderlich gehalten. Auch in der Beschreibung des „Normalzustandes" eines Ökosystems, das heißt der natürlichen Schwankungsbreiten seiner Populationen und seiner abiotischen Randbedingungen, liegt ein mehr oder weniger willkürliches Element (Zusammenstellung der Ansätze bei FRÄNZLE et al., 1993). In der Niederländischen Liste wird für Altlasten von einem Schutz von 50 % der Bodenorganismen ausgegangen, um einen dauerhaften Erhalt der Bodenfunktionen zu gewährleisten (VROM, 1994; Tz. 90).

SCHÜÜRMANN et al. (1994) haben durch eine ökotoxikologische Risikoabschätzung die potentielle Gefährdung von Bodenorganismen durch die Cadmiumgehalte von Ackerböden der Industrieregion Leipzig-Halle bestimmt. Sie sehen in diesem Ansatz einen allgemeinen Weg zur ökotoxikologischen Charakterisierung der Belastung von Umweltkompartimenten mit Stoffen im regionalen Maßstab sowie zur Ableitung von schutzzielorientierten Bodenqualitätskriterien.

113. Als Schäden im ökologischen Sinne werden solche Veränderungen angesehen, die über das natürliche Schwankungsmaß der betroffenen Populationen oder Ökosysteme hinausgehen und sich oft nur über größere Zeiträume manifestieren, sowie Veränderungen, die entweder überhaupt nicht oder oft erst Jahrzehnte nach der toxischen Einwirkung und mit hohem Aufwand rückgängig gemacht werden können. Durch diesen hohen Anspruch wird deutlich, daß es schwierig, wenn nicht unmöglich ist, ökotoxische Wirkungen systematisch zu untersuchen

und mit vertretbarem Aufwand bei der Bewertung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten zu berücksichtigen. Dennoch sollten aus ökologischer Sicht grundsätzlich Bewertungsverfahren Eingang finden, die Anhaltspunkte für nachhaltige Veränderungen der Regelungs- und Lebensraumfunktion geben, wie zum Beispiel

- eine selektive Bestandsverminderung von Arten mit hohem Zeigerwert,
- eine breitgestreute Verminderung des Bestands einer ganzen Gruppe wichtiger Organismen, zum Beipiel Bodenbakterien mit speziellen Funktionen, Milben, Regenwürmer sowie
- grundlegende Veränderungen des Biotops, das heißt sowohl vieler Partner der Lebensgemeinschaften als auch wichtiger Faktoren ihres Lebensraums, wie sie zum Beispiel in Bergbaufolgelandschaften und auf Truppenübungsplätzen zu erwarten sind.

Veränderungen im Artenbestand können sowohl die Artenvielfalt (Diversität) als auch die Anzahl der Individuen einer Art (Abundanz) betreffen. Die ersteren sind oft gravierender, weil sie in das Gefüge der Ökosysteme stärker eingreifen als mengenmäßige Abweichungen, die in der Natur ohnehin auftreten und leichter im Rahmen der Selbstregulation wieder zurückgeführt werden können. Große Bedeutung haben solche Veränderungen, die zu Beeinträchtigungen der Abbau-, Puffer- und Filterfunktionen führen, da diese weitreichende Auswirkungen auch auf benachbarte Systeme, wie das Grundwasser, haben können.

114. Bei der Gefährdungsabschätzung ist zunächst zu klären, ob die jeweilige Altlastverdachtsfläche oder Altlast überhaupt als Ökosystem oder Teilökosystem eingestuft werden kann. Vor allem bei großen Flächen ist diese Frage aufgrund potentieller großflächiger Auswirkungen auch in die Ökosysteme der Umgebung und aufgrund der Tatsache, daß diese Flächen selbst zumindest teilweise nicht durch Überbauung intensiv genutzt werden und damit Teilökosysteme beherbergen, zu bejahen. Aber auch bei kleineren Altlastflächen wird zumindest in Teilbereichen ein Bewuchs vorhanden sein, der Boden eine Belebung besitzen und ein Austausch mit der Umgebung stattfinden, so daß eine Einbeziehung ökotoxikologischer Methoden und Bewertungen in die Gefährdungsabschätzung für die dort vorhandenen Teilökosysteme durchaus berechtigt erscheint. Nur bei völliger Überbauung sollte sich die Gefährdungsabschätzung allein auf die Gesundheit des Menschen konzentrieren.

115. Bereits im Vorfeld der Gefährdungsabschätzung müßte die ökotoxikologische Bewertung von Stoffen Grundlageninformationen bereitstellen. Hierbei kann es aus ökologischer Sicht kaum ausreichen, Stoffprüfungen nur nach den Prüfrichtlinien des Chemikaliengesetzes vorzunehmen, da sich die Auswahl der zu untersuchenden Organismen an den besonders wichtigen und besonders empfindlichen Repräsentanten unterschiedlicher Trophiestufen der jeweiligen Umweltkompartimente oder Ökosysteme orientieren müßte (s. a. VAN STRAALEN, 1993).

116. DEBUS und HERRCHEN (1993) haben für 75 altlastrelevante Stoffe auf der Basis von ökotoxikologischen Begründungen die Konzentrationen abgeleitet, die für den Boden im Hinblick auf den Erhalt seiner ökologischen Funktion und Diversität ein „maximal akzeptables Risiko" darstellen. Diese Werte werden als „bodenbiologische Orientierungswerte" bezeichnet, das heißt, es handelt sich um Konzentrationen, bei deren Überschreitung nach derzeitigem Kenntnisstand für terrestrische Organismen eine Schädigung erfolgen kann. Die aus Laboruntersuchungen gewonnenen Daten spiegeln jedoch nicht notwendigerweise das Verhalten der Stoffe im natürlichen Boden wider und somit das tatsächliche Risiko unter Umweltbedingungen, da die dort andere biologische Verfügbarkeit nicht berücksichtigt wird. Auch wird hier der „Orientierungswert" in anderer Weise definiert als bei den tolerierbaren, resorbierbaren Dosen (Tz. 84 ff.).

117. Neben dieser „klassischen" Vorgehensweise ist auch die Untersuchung von Populationen im Ökosystemzusammenhang und die Einbeziehung von Langzeitwirkungen, die alle Teilökosysteme und deren Vernetzung in Raum und Zeit umfassen müßte, anzustreben. Wenn es im Rahmen der Gefährdungsabschätzung erforderlich wird, Aussagen über den Grad der Funktionsfähigkeit von Ökosystemen, von Lebensgemeinschaften und von Teilökosystemen in Böden und Wasser zu machen, sind zunächst geeignete Prüfmethoden, die diesen Ansprüchen genügen, zu entwickeln und zu standardisieren (Zusammenstellung möglicher Testansätze vor allem für Böden als Teilökosysteme bei FRÄNZLE et al., 1993; vgl. auch DEBUS und HERRCHEN, 1993). Gewonnene Erkenntnisse sind danach in die Gefährdungsabschätzung einzubringen.

118. Bei der Entwicklung solcher Prüfmethoden besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. Die Eignung von Organismen unterschiedlicher Trophiestufen zur Abbildung von Nahrungsketten, ökosystemaren und Populationszusammenhängen sowie die Erkennung von mutagenen Potentialen sollten im Vordergrund stehen. Beispiele hierfür sind: Modellökosysteme bzw. Mikrokosmostests, Toxizität auf verschiedenen Trophiestufen, Veränderung von Collembolen-(Springschwanz-), Nematoden-(Fadenwürmer-) und Protozoen-(Einzeller-)Gesellschaften in Böden sowie Beeinträchtigung von sedimentbewohnenden Insektenlarven in Fließgewässern, Rekombinationstests, Tests auf nicht vollendete Entwicklung zum Adultstadium und sogenannte Life-Cycle-Tests. Vor allem für Oberflächengewässer und deren Belebung haben erweiterte Testverfahren bereits einen hohen Stand der Entwicklungsreife erreicht. Die Heterogenität und damit schlechte Standardisierbarkeit von Böden sowie deren Puffer-, Filter- und Stoffumwandlungsvermögen machen für diesen Ökosystemausschnitt die besondere Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Betrachtungsebene erforderlich. Diesem komplexen Ansatz sind jedoch deutliche Grenzen gesetzt, so daß die in Entwicklung befindlichen Testverfahren auch nur eine erste Annäherung an diese Anforderungen darstellen können. Bakterientestsysteme eignen sich kaum für die Erfül-

lung dieser Aufgabe. Sie sollten vorwiegend als Schnelltestverfahren zur Abschätzung ökotoxikologischer Risiken bei der Gefährdungsabschätzung im Altlastenbereich eingesetzt werden (GUNKEL und AHLF, 1990).

Für den Ökosystemausschnitt Grundwasser liegen keine ökotoxikologischen Bewertungsansätze vor und sind auch in naher Zukunft nicht zu erwarten. Von KERNDORFF et al. (1993) werden Oberflächenwassertests (Biochemischer und Chemischer Sauerstoffbedarf, BSB/CSB) aus pragmatischen Gründen in der Gefährdungsabschätzung berücksichtigt; sie sind aber aus ökotoxikologischer Sicht für das Grundwasser nicht geeignet (vgl. Abschn. 1.3.4). Da das Grundwasser einerseits im allgemeinen Wasserkreislauf eingebunden ist, große Fließstrecken zurücklegt und sich in ständigem Austausch mit seiner Umgebung befinden kann, andererseits jedoch nur in sehr langen Zeiträumen eine Stoffumwandlung und damit Stoffelimination im Grundwasser stattfindet, ist seine Verunreinigung durch Altlasten aus ökotoxikologischer Sicht unter allen Umständen zu vermeiden.

119. Altablagerungen sind in der Regel und Altstandorte häufig mit einem Gemisch von Stoffen bekannter und unbekannter Art verunreinigt. Die Verunreinigungen können sich auf unterschiedliche Ökosystemausschnitte verteilen. Dieser Sachverhalt ist aus ökotoxikologischer Sicht auch im Verfahren der Gefährdungsabschätzung zu berücksichtigen. Um solche komplexen Wirkungen in der Umwelt erfassen zu können, kommen Verfahren des aktiven und passiven Biomonitoring in Frage (SRU, 1987, Tz. 1700, 1710 ff.). Die wenigen standardisierten Verfahren erscheinen für den Bereich Altlasten jedoch kaum geeignet, der speziellen Problematik gerecht zu werden, so daß auch hier ein erheblicher Forschungs-, Entwicklungs- und Standardisierungsbedarf festzustellen ist.

Vor allem Untersuchungen auf Veränderungen der Artenzusammensetzung im Ökosystemausschnitt Boden könnten helfen, Unsicherheiten bei der Bewertung potentieller Langzeitwirkungen zu verringern und sollten deshalb vorrangig weiterentwickelt werden. Hierbei handelt es sich um gleiche oder ähnliche Methoden, wie sie bereits bei der Einzelstoffbewertung angesprochen wurden: Veränderung von Collembolen-, Nematoden- und Protozoen-Gesellschaften in Böden sowie Beobachtung der (Lauf)Käfer-Populationen, das heißt Ausfall einzelner Arten der jeweiligen Gruppe oder Rückgang der Gesamtindividuenzahl in der Gruppe und damit Funktionsbeeinträchtigung im Ökosystem; darüber hinaus aber auch um Tests auf Stoffakkumulationen und Biomagnifikation von Stoffen in Nahrungsketten, zum Beispiel bei Regenwurmarten, Asseln sowie um Schnelltestverfahren zur Grobeinschätzung möglicher ökotoxikologischer Risiken. Testverfahren des passiven Biomonitoring bieten am ehesten die Chance, durch Vergleich potentiell belasteter Standorte mit solchen ohne Belastung Auskunft über Beeinträchtigungen von Organismen zu geben. Es wäre jedoch auch denkbar, in bis zu einem gewissen Grade standardisierten Verfahren des aktiven Biomonitoring gezielt Informationen über Bioakkumulation und Populationsveränderungen zu sammeln.

Die vor allem bei Altablagerungen mögliche potentielle Gefährdung von Oberflächengewässern und ihren Lebensgemeinschaften sollte durch verbesserte Gewässertests untersucht und bewertet und die Ergebnisse in die Gefährdungsabschätzung eingestellt werden. Neben einem Testansatz, der die verschiedenen Trophiestufen berücksichtigt, wie Bakterien als Destruenten, Algen als Primärproduzenten, Daphnien als Primärkonsumenten, Fische als Sekundärkonsumenten, sind bei Fließgewässern Untersuchungen an sedimentbewohnenden Insektenlarven wünschenswert. Testsysteme für Grundwasserlebensgemeinschaften liegen nicht vor.

120. Untersuchungen des Biomonitoring können zur Zeit jedoch nur von einer kleinen Zahl von Wissenschaftlern durchgeführt und interpretiert werden. Da es sich hierbei zum Teil um Grundlagenforschung handelt, sind auch der Zeit- und der Kostenfaktor zu berücksichtigen. Diese Voraussetzungen erschweren den breiten Einsatz dieser Verfahren in der Gefährdungsabschätzung. Ihr Einsatz sollte zunächst modellhaft an ausgesuchten Altlasten mit wissenschaftlicher Betreuung erfolgen. An solchen „Modellaltlasten" könnte auch Fragen der Expositionsmodellierung als verbindendem Glied zwischen Emissions- und Wirkungsanalyse nachgegangen werden, um die Ausbreitung der Schadstoffe zwischen den Teilökosystemen treffender erfassen und in die Gefährdungsabschätzung einstellen zu können. Der Einsatz ökotoxikologischer Verfahren sollte vor allem auch dort vorgesehen werden, wo Ungewißheit über das Gefährdungspotential besteht. In Zukunft ist der jeweils gewonnene Zuwachs an Wissen stufenweise in Form einer ökotoxikologischen Risikoanalyse in die Verfahren der Gefährdungsabschätzung zu integrieren. Dabei ist zu klären, welche Bedeutung ökologischen Erkenntnissen im Rahmen einer ökotoxikologischen Risikoanalyse zugemessen werden sollte. Für den Fall, die Wiederherstellung der Multifunktionalität würde angestrebt, müßte den ökotoxikologischen Risiken ein den gesundheitlichen Risiken entsprechendes Gewicht eingeräumt werden.

1.4 Sanierungsziele und -maßnahmen

1.4.1 Sanierungsziele

Gefahrenabwehr

121. In der Diskussion um den Grad der Altlastensanierung reicht die Spannbreite der Zielvorstellungen nach wie vor von der „reinen" ordnungsrechtlich notwendigen Gefahrenabwehr bis zur ökologisch wünschenswerten Wiederherstellung des Status quo ante oder der Multifunktionalität einer Fläche (FRANZIUS und FREIER, 1994). Der Umweltrat ist unverändert der Auffassung, daß das oberste Ziel der Sanierung einer Altlast die Abwehr von Gefahren für Leben und Gesundheit des Menschen ist. Weiteres Sanierungsziel ist das Abwenden von Gefährdungen für die natürliche Umwelt, insbesondere für das Grundwasser, unter Berücksichtigung der vorhande-

nen oder geplanten Nutzung eines Standortes (SRU, 1989, Tz. 446–450).

Die Anknüpfung an bewirtschaftetes Grundwasser findet zwar eine gewisse Parallele im Nutzungsbezug des Gefahrenbegriffs beim Schutz von Flächen, trägt jedoch der rechtlich anerkannten, besonderen Schutzwürdigkeit und der Empfindlichkeit des Grundwassers nicht ausreichend Rechnung. Auch nicht konkret bewirtschaftetes Grundwasser unterliegt der gesetzlichen Bewirtschaftungsordnung und bedarf des altlastenrechtlichen Schutzes, wobei allerdings eine Differenzierung bei den Sanierungszielen möglich ist (Tz. 126f.). Nach Auffassung des Umweltrates sind auch Natur und Landschaft grundsätzlich als altlastenrechtliche Schutzgüter anzusehen; eine schwerwiegende, nachhaltige Beeinträchtigung des Naturhaushalts stellt eine Gefahrenlage dar, die durch entsprechende Maßnahmen zu beseitigen ist.

122. Die Einschätzung, daß sich aus naturwissenschaftlichen, technischen, rechtlichen und schließlich finanziellen Gründen der ursprüngliche Zustand eines Standorts, wie er vor der Kontamination bestand, in der Regel nicht wiederherstellen läßt (SRU, 1989, Tz. 448f.), hat sich durch die in der Sanierungspraxis gewonnenen Erfahrungen bestätigt. So stellt die Sanierung in den meisten Fällen eine Maßnahme dar, die nicht über den jeweils gebotenen Grad der Gefahrenabwehr hinausgeht (KÜHNEL, 1992). Der Umweltrat sieht sich damit in seiner Auffassung bestätigt, daß an die Sanierung von Altlasten nicht die Zielvorstellungen des Vorsorgeprinzips geknüpft werden können. Dies gilt auch im Fall des Grundwasserschutzes. Die strenge Anwendung des Besorgnisgrundsatzes (§§ 26, 34 WHG) verkennt den systematischen Unterschied zwischen allgemeinem, an der Vorsorge orientierten Gewässerschutz und auf die Gefahrenabwehr beschränkten Sanierungsrecht; sie würde dem Grundwasser einen Schutz zuerkennen, der über den der menschlichen Gesundheit hinausginge. Aus den genannten Gründen werden nach wie vor sachlich wie zeitlich differenzierte Zielsetzungen bei der Abwehr und Beherrschung von Auswirkungen aus Altlasten gefordert (SRU, 1989, Tz. 448ff.), das heißt,

- daß bei der Ableitung von Sanierungszielen sowohl eine Orientierung an der planungsrechtlich zulässigen Nutzung als auch an den am Standort betroffenen Schutzgütern und ihren Funktionen erfolgen muß und
- daß Sanierungsziele nicht zu früh endgültig festgelegt werden sollen, sondern mit dem Erkenntnisfortschritt aus der Durchführbarkeitsstudie in einem iterativen Prozeß entwickelt und konkretisiert werden müssen.

123. Aus dem übergeordneten Sanierungsziel der Gefahrenabwehr lassen sich noch keine konkreten Vorgaben für den erforderlichen Grad einzelner Sanierungen ableiten. Welche (Rest-)Belastung nach einer Sanierung verbleiben darf, richtet sich nach der Nutzung, nach der Funktion und nach der möglichen Exposition der Schutzgüter Gesundheit des Menschen, Grundwasser, Böden, Natur und Landschaft sowie Sachgüter. Hieraus begründet sich nicht die Forderung nach Wiederherstellung des Zustandes vor der Kontamination oder nach vollständiger Eliminierung der Schadstoffe (LILIE, 1993, S. 218). Der Umweltrat hat dazu bundeseinheitliche, nach Schutzgut und Nutzung differenzierte Rahmenbedingungen für eine Festlegung von Sanierungszielwerten im Einzelfall gefordert (SRU, 1989, Tz. 451, 636f.). Diese Rahmenbedingungen liegen bislang noch nicht vor. Bei der Festlegung des Sanierungszielwertes sollten folgende Kriterien berücksichtigt werden:

1. Unterschreitung der Gefahrenschwelle,
2. Abwägung zwischen technisch geeigneten Verfahren unter dem Aspekt der größtmöglichen Gefahrenabwehr und der Wirtschaftlichkeit,
3. Umweltverträglichkeit der Sanierungsmaßnahme.

Eine einzelfallbezogene Herangehensweise ist grundsätzlich sachgerechter als die Vorgabe bundeseinheitlicher starrer Sanierungszielwerte, welche lediglich die unterschiedliche Nutzung einer Fläche berücksichtigen (FRANZIUS und FREIER, 1994). Eine pauschale Regelung zu Sanierungszielwerten in Form von Listen beziehungsweise eine starre Orientierung an Prüf- und Maßnahmenwerten wird auch vom Umweltrat nicht als sinnvoll erachtet, da hierbei die vielfältigen Umstände des Einzelfalls keine Berücksichtigung finden. Ein flexibler Umgang mit Sanierungszielwerten ist insbesondere durch die Orientierung der Altlastensanierung an der Gefahrenabwehr gegeben.

124. Immer wieder wird die Frage „How clean is clean?" gestellt und im Zusammenhang mit schwierigen Entscheidungen im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen diskutiert. Der Umweltrat ist der Auffassung, daß diese Frage längst beantwortet ist. Im Rahmen der Gefahrenabwehr ist die Altlast in einen das Wohl der Allgemeinheit nicht mehr schädigenden oder störenden Zustand zu versetzen (SRU, 1989, Tz. 450f.). Bezieht man in die Frage des erforderlichen Sanierungsgrades die Überschreitung der Maßnahmen- und Prüfwerte ein, so schlagen FRANZIUS und FREIER (1994) vor, daß das Sanierungsziel in der Regel unterhalb dieser Werte anzusetzen ist. Bei der Festlegung der erforderlichen Unterschreitung sollten vor allem die standortspezifische Gegebenheit, aber auch die Validität der Maßnahmen- und Prüfwerte berücksichtigt werden (Tz. 98ff.). Je größer das Ausmaß der Unsicherheit, das aus der Höhe des Produkts der multiplizierten Sicherheitsfaktoren erkennbar ist (Tz. 81, 86), desto größer muß der Abstand zwischen Maßnahmen- beziehungsweise Prüfwert und dem Sanierungszielwert gewählt werden. Der Ermittlung des Sanierungszielwertes sollte eine detaillierte Risikoabschätzung für alle als relevant erkannten Gefährdungspfade vorangehen und in deren Ergebnis sollte das tolerierbare Restrisiko unter Berücksichtigung des als geeignet ausgewählten Sanierungsverfahrens ermittelt werden.

Als Sanierungszielwerte kommen bei Dekontaminationsmaßnahmen insbesondere tolerierbare Restschadstoffkonzentrationen im Boden beziehungsweise im Grundwasser in Frage, während bei Sicherungsverfahren tolerierbare Schadstofffrachten be-

ziehungsweise zulässige Emissionskonzentrationen geeignet sind.

125. Bei der Festlegung eines Sanierungszielwertes sind auch die mit dem vorgeschriebenen Untersuchungsverfahren verbundenen Nachweisgrenzen und Meßunsicherheiten (DIN 1319, Teil 3) zu beachten. So sollte ein Sanierungszielwert die Summe aus Nachweisgrenze und zweifacher Vergleichbarkeit, definiert nach DIN ISO 5725, in keinem Fall unterschreiten, um technisch sinnvoll, erfüllbar und kontrollierbar zu sein. Weitere Einzelheiten sollten in Anlehnung an DIN 51848, Teil 1, vereinbart werden, oder sogar analog zur „Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG", die für den Lebensmittelbereich gilt, im untergesetzlichen Regelwerk des geplanten Bundes-Bodenschutzgesetz verankert werden. Insbesondere müssen die Grundsätze zur Planung und statistischen Auswertung von Untersuchungen vorgeschrieben werden.

126. Die durch Altlasten möglichen beziehungsweise schon eingetretenen Verunreinigungen des *Grundwassers* führen zu der Frage nach der anzustrebenden Qualität des Grundwassers. Im Zusammenhang mit dieser Frage wird darauf hingewiesen, daß die bisherige Sanierungspraxis nicht zufriedenstellend ist (JÖRISSEN et al., 1993).

Schon bei der Gefährdungsabschätzung muß die derzeitige und zukünftige Nutzung des Grundwassers in die Betrachtungen einbezogen werden. Wird das Grundwasser als Trinkwasser genutzt, dient die Trinkwasserverordnung als Maßstab. Hiernach gilt das Reinheitsgebot des Wassers, das heißt, anthropogen bedingte, nachteilige Veränderungen müssen vom Wasser ferngehalten werden. Wird das Wasser als Brauchwasser genutzt, können geringere Anforderungen an die Wasserqualität bereits ausreichen. Auch ungenutztes Grundwasser darf nicht ohne Schutz bleiben, da verunreinigtes Wasser wegen des im Untergrund geringen Selbstreinigungsvermögens über lange Zeiträume im natürlichen Wasserkreislauf verbleibt und bei Ausbreitung oder später erfolgender Nutzung zu Gefährdungen führen kann.

127. Neben den im Sondergutachten 1989 beschriebenen Beurteilungskriterien (SRU, 1989, Tz. 162-174) hat die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 1994 Orientierungswerte für Boden- und Grundwasserbelastungen veröffentlicht (Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden, Stand Oktober 1993). Sie geht davon aus, daß über den geogenen Hintergrund hinausreichende Stoffkonzentrationen nachteilige Veränderungen darstellen. Diese werden für Grundwasser als Mindeständerungen im Vergleich zum (unbelasteten) Oberstrom beziehungsweise zu den Referenzwerten (= geogener Hintergrund) angegeben. Die Werte stellen als Vergleichsmaßstab eine Hilfe zum Beispiel bei der Beurteilung des Verunreinigungsgrades oder des Sanierungszieles dar. Diese Orientierungswerte dürfen keinesfalls schematisch angewandt werden und können nur Ausgangspunkt für eine auf die örtlichen Bedingungen abgestimmte Bewertung des Einzelfalls sein. Orientierungswerte dürfen insbesondere nicht als Grundwasserqualitätsziele gedeutet werden.

128. Der Umweltrat geht davon aus, daß Grundwasserschäden grundsätzlich mit dem Ziel saniert werden sollten, möglichst den „ursprünglichen" Zustand wiederherzustellen und damit die natürlichen Austauschvorgänge im Grundwasser anzustreben. Allerdings können Grundwasserbelastungen wegen der hydrogeologischen Bedingungen und der begrenzten Wirksamkeit technischer Verfahren in aller Regel nicht mehr vollständig behoben werden. Mindestziel einer Sanierung von Grundwasserschäden muß aber sein,

- Gesundheitsgefahren weitestgehend zu vermeiden,
- stark ökotoxische Wirkungen und sonstige massive Umweltbeeinträchtigungen abzuwehren,
- Nutzungen wieder zu ermöglichen und
- wertvolle Schutzgüter in ihrem Bestand zu sichern und ihre Funktionen wiederherzustellen (LAWA 1994).

Als Entscheidungshilfe werden Maßnahmenschwellenwerte (Wertebereiche) vorgeschlagen. Als Sanierungsziel soll eine deutliche Unterschreitung der Maßnahmenschwellenwerte für Leitparameter angestrebt werden, wobei die technische Machbarkeit und der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz zu berücksichtigen sind.

Erhöhte Sanierungsanforderungen gelten innerhalb eines Einzugsgebietes einer Wassergewinnungsanlage für die öffentliche Wasserversorgung. Sollte sich im Rahmen einer Sanierung zeigen, daß trotz erheblicher Anstrengungen das Sanierungsziel nicht ganz erreicht wird, so kann der zulässige Konzentrationswert für das Sanierungsziel unter Berücksichtigung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit erhöht werden. Bei Nichterreichbarkeit von Trinkwasserqualität kann durch Änderung der Bewirtschaftung die Nutzung als Brauchwasser vorgesehen werden (vgl. LAWA, 1994).

Der Umweltrat sieht in diesen Empfehlungen einen praktikablen und pragmatischen Weg. Mit der für die Sanierungs- oder Schutzmaßnahmen vorgeschlagenen Regelung wird der Grundsatz eines flächendeckenden, ungeteilten Grundwasserschutzes nicht durchbrochen.

129. Die Sanierungsanforderungen an kontaminierte Böden, die als Altlast das Grundwasser gefährden, lassen sich aus wasserwirtschaftlicher Sicht nur im Einzelfall festlegen. Die im Abschnitt 1.3.5 dargestellten Einflüsse und Zusammenhänge mit ihren lokalen Verhältnissen spielen bei der Festlegung der Sanierungsziele eine entscheidende Rolle.

Die in den Empfehlungen der LAWA (1994, Tabelle 3) aufgeführten Orientierungswerte für Bodenbelastungen für einige organische Kontaminanten können nur Ausgangspunkt für eine auf die örtlichen Bedingungen abgestimmte Bewertung des Einzelfalles sein. Hierbei muß von eluierbaren Stoffanteilen ausgegangen werden. Der Umweltrat weist ausdrücklich darauf hin, daß erkannte Bodenverunreinigun-

gen durch Stoffe mit hohem Grundwassergängigkeitspotential unverzüglich saniert werden sollten, um eine weitere Ausbreitung im Untergrund und im Grundwasserleiter zu verhindern. Mit dieser Prioritätensetzung können die Kosten für notwendige Grundwassersanierungsmaßnahmen gesenkt werden.

130. Mangelndes Nutzungsinteresse und Finanzmittelknappheit auf der einen Seite und dringender Bedarf an Vorrangflächen für den *Naturschutz* auf der anderen Seite führen häufig zu der Überlegung, von Altlasten betroffene Flächen Naturschutzzwecken zu widmen und die Altlasten nicht zu sanieren. Diese Naturschutzflächen sollen dann der Sukzession und gegebenenfalls einer gelenkten Erholungsnutzung überlassen werden (EMBERGER, 1994; BARSCH et al., 1993; Deutscher Rat für Landespflege, 1993). Voraussetzung einer solchen Nutzungswidmung ist die naturschutzfachliche Eignung der betreffenden Flächen.

Eine Berücksichtigung möglicher Empfindlichkeiten des Naturhaushalts – unabhängig von direkten Nutzungsansprüchen des Menschen – und etwaige spätere Nutzungsansprüche kommen bei dieser Zielstrategie zu kurz. Zur Beurteilung von Bodenkontaminationen bisher in Deutschland verwendete Wertelisten lassen bis auf wenige Ausnahmen eine Berücksichtigung nicht genutzter Ökosysteme beziehungsweise des Naturschutzes als Nutzungsszenario vermissen (Tz. 97), weil die menschliche Gesundheit in den Vordergrund der Altlastensanierung gestellt wird und diese zum Beispiel bei einem Nutzungsvorrang für den Naturschutz kaum oder nicht direkt betroffen wäre. Somit läßt sich aus den Wertelisten in der Regel kein Sanierungsbedarf bei Naturschutzflächen ableiten; eine Sanierung der vorhandenen Altlasten unterbleibt folglich.

Ökotoxikologische Kriterien, wie sie zum Beispiel in den Listen von DEBUS und HERRCHEN (1993) und in der Niederländischen Liste (VROM, 1994) enthalten sind, und ein standortbezogenes Biomonitoring (Abschn. 1.3.7) bieten geeignete Ansätze zur Ableitung von Sanierungszielen bei nicht genutzten Ökosystemen.

131. Der Umweltrat empfiehlt, daß nicht genutzte Ökosysteme und somit Naturschutzflächen grundsätzlich bei der Ableitung von Sanierungszielwerten als „Nutzungsszenario" berücksichtigt werden. Dabei geht er allerdings davon aus, daß eine Sanierung von Altlasten in Naturschutzvorranggebieten nur in Ausnahmefällen aus Gründen des Naturschutzes erforderlich sein wird.

Weitergehende Sanierungsziele

132. Vom Ziel der Gefahrenabwehr sind weitergehende Sanierungsziele zu unterscheiden, die aus strukturpolitischen Gründen, wie etwa dem Anstreben einer geordneten städtebaulichen Entwicklung oder der Förderung der Regionalentwicklung, erreicht werden sollen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß vom Verursacher einer Altlast nicht verlangt werden kann, eine über die pflichtgemäße Gefahrenabwehr hinausreichende gestalterische Sanierungsaufgabe zu übernehmen. Damit wird die Verfolgung ehrgeiziger Sanierungsziele dort nicht ausgeschlossen, wo sie freiwillig und mit angemessenem Aufwand finanziert werden kann (Tz. 202ff.).

Wegen der mittlerweile besser abschätzbaren Dimension der Altlastenproblematik sollte in stärkerem Maße als bisher berücksichtigt werden, daß die Altlastensanierung in die Gesamtschau der umweltpolitischen Ziele und Aufgaben eingebettet sein sollte. Dies bedeutet auch, daß der Altlastensanierung zwar keine allgemeine Vorrangstellung eingeräumt werden kann, daß sie regional aber durchaus eine Schwerpunktaufgabe darstellt (vgl. Abschn. 2.3.1).

133. Die auf die möglichen Belastungswirkungen von Altlasten konzentrierte Betrachtung und die damit einhergehende Forderung nach Abmilderung der schädlichen Wirkungen kann dazu führen, daß Umweltrisiken, die sich durch den Einsatz bestimmter Sanierungsmaßnahmen ergeben können, vernachlässigt oder übersehen werden. So wird in Anbetracht des erreichten technologischen Entwicklungsstandes und der in vielen Fällen gegebenen Sanierungsalternativen das allgemeine Ziel der Umweltverträglichkeit einer Sanierungsmaßnahme noch zu wenig beachtet (SEEGER, 1994; SRU, 1989, Tz. 458 und 590). Eine mangelnde Überprüfung der Umweltverträglichkeit einer Maßnahme kann dazu führen, daß statt einer Umweltentlastung nur eine Verlagerung und Umverteilung von Schadstoffen erzielt wird und daß unter Umständen zusätzliche Eingriffe in den Naturhaushalt bewirkt werden. Der Umweltentlastung an einem kontaminierten Standort kann eine Umweltbelastung an einer anderen Stelle gegenüberstehen, zum Beispiel am Maßnahmeort selbst, auf den Transportwegen oder auf einer Deponie. Beispielsweise wird in Nordrhein-Westfalen fast die Hälfte des im Rahmen der Sanierung angefallenen verunreinigten Bodenmaterials lediglich ausgekoffert und unbehandelt auf die Deponie gebracht (FICHTNER, 1993). Ein anderes Beispiel ist der zunehmende Transport von Bodenmaterial zu zentralen Sanierungsanlagen und zum Ort der Verfüllung (Stichwort „Bodentourismus") (vgl. Tz. 162). Ziel jeder Altlastensanierung sollte jedoch eine insgesamt positive Umweltbilanz sein (SEEGER, 1994; FOHRMANN, 1992; PIETSCH und SCHWARZ, 1992).

In die Umweltbilanz sind außer den anlagenbezogenen Auswirkungen auch die vor- und nachbereitenden Maßnahmen, wie etwa Aushub und Transport sowie Wiederverfüllung von Bodenmaterial oder Auf- und Abbau einer Bodenbehandlungsanlage, einzubeziehen. Um den möglicherweise auftretenden Zielkonflikt zwischen der durch die Sanierung angestrebten Entlastungswirkung und den mit den Sanierungsmaßnahmen verbundenen Umweltbeeinträchtigungen zu vermindern, sollte nach Auffassung des Umweltrates die vielfach noch vorherrschende sektoral orientierte, das heißt technische Betrachtungsweise bei der Erarbeitung des Sanierungskonzepts durch einen integrierten Ansatz abgelöst werden (SIMMLEIT und ERNST, 1994).

134. Inwieweit die in der Literatur vorgeschlagenen Bewertungskriterien und maßstäbe für diese Entscheidungsfindung (GEHRKE, 1994; JESSBERGER und NETELER, 1992a) allgemein anerkannt und damit bundeseinheitlich angewandt werden, ist eine Frage der Übereinkunft. Diese Diskussion über die Möglichkeiten der Festlegung von Kriterien verfahrensbedingter Emissionen und ihrer Bewertung muß in entsprechenden Fachverbänden stattfinden. Diese sollten, bevor ordnungsrechtliche Festlegungen erfolgen, baldmöglichst eine Richtlinie erarbeiten und der Öffentlichkeit vorlegen.

135. Zwar ist erst mit dem endgültigen Abschluß der Erfassung aller Altlastverdachtsflächen ein besserer Einblick in die flächenhafte Dimension der Altlastenproblematik möglich. Die große Zahl der durch die Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten neu hinzugekommenen Altlastverdachtsflächen, insbesondere in Form großflächiger Industriebrachen und frei werdender militärisch genutzter Flächen, läßt jedoch bereits jetzt auf die gestiegene Relevanz der Altlastensanierung für den Bodenschutz schließen.

Eines der Ziele des Bodenschutzes ist die Verminderung des Zuwachses der Flächeninanspruchnahme durch stark flächenzehrende Nutzungen wie etwa Siedlung und Verkehr sowie die Schonung des noch verbliebenen Freiraums. Mit Hilfe von Sanierungsmaßnahmen ist es möglich, kontaminierte Flächen für eine bestimmte Nutzung – in Einzelfällen für eine Nutzung jedweder Art – wieder herzurichten. Zwar kann es wegen der real begrenzten Möglichkeiten der Sanierung (Tz. 122) kein ureigenes oder eigenständiges Ziel der Altlastensanierung sein, „Flächenrecycling" um jeden Preis zu betreiben. Angesichts der erheblichen Flächeneinsparungspotentiale in anderen Bereichen (SRU, 1994, Tz. 285 und 290), gerade auch bei der Inanspruchnahme von Freiflächen durch Siedlung und Verkehr, wäre es sicher verfehlt, von der Altlastensanierung prioritär das Ziel der Flächeneinsparung zu verlangen. Mit Hilfe der Altlastensanierung kann jedoch ein wichtiger Beitrag zum Recycling von bereits genutzten Flächen und zum Schutz von Freiflächen geleistet werden (WIGGERING, 1994).

136. Altlasten sind ein deutliches Hemmnis für eine flächensparende städtebauliche Entwicklung, besonders in Verdichtungsgebieten (KIEPE, 1993; REIß-SCHMIDT, 1988; ZIEGELER und KÖTTER, 1984). In der Regel ist die zukünftige, rechtlich zulässige Nutzung, von der die Sanierungszielwerte abzuleiten sind, schon vor der Bewertung und Sanierung durch den Bebauungsplan vorgegeben. Wenn sich aus der Nutzung kostenträchtige Sanierungsaufgaben ergeben, werden diese häufig durch Umwidmung der Flächennutzung im Zuge eines einfachen Planänderungsverfahrens abgewendet. Das hat zur Folge, daß höherwertige, zugleich empfindlichere Nutzungen, die eine hohe Schutzgutqualität verlangen, zugunsten der Kostenersparnis aufgegeben werden, ohne daß der Boden saniert wird (FISCHER et al., 1993).

Außerdem verzögern befürchtete Bodenbelastungen vielerorts die Bauleitplanung und blockieren somit den Grundstücksmarkt. Denn aufgelassene Industrieflächen werden von erweiterungs- oder ansiedlungswilligen Unternehmen nicht angenommen, weil Sorge vor der Übernahme unkalkulierbarer Risiken und Kosten besteht.

Wenn statt der Sanierung von Beginn an die Inanspruchnahme von Freiflächen eingeleitet wird, führen Altlasten unmittelbar zu städtebaulichen Fehlentwicklungen (Tz. 260). Je zügiger aber die Sanierung erfolgt und je höher der Sanierungsgrad ist, desto weniger müssen schützenswerte Freiflächen für Siedlungszwecke in Anspruch genommen werden. Besonders in den traditionellen Industrieregionen und den großen Verdichtungsräumen sollte im Bereich von Altstandorten die Wiederherstellung bestimmter Nutzungspotentiale auf bereits genutzten und kontaminierten Flächen ein wesentliches Element des Bodenschutzes sein. Dieses weitergehende Ziel der Altlastensanierung sollte sowohl aus umweltpolitischen als auch aus entwicklungs- und strukturpolitischen Gründen angestrebt werden.

137. Es ist zu befürchten, daß Altlastenflächen nicht in der gewünschten Qualität zur richtigen Zeit wieder nutzbar gemacht werden. Deswegen setzt die Wiederherstellung der Nutzbarkeit einer Altlastenfläche nicht nur die Sanierung dieser Fläche voraus, sondern auch die Berücksichtigung der angrenzenden Nutzungsarten und der Nutzungsstruktur. Aus ökonomischer Sicht sollte folglich das Nachfragepotential nach einer bestimmten Nutzung in einem Raum beachtet werden. Dabei unterliegen die tatsächliche Nutzungsstruktur und die Nachfrage nach bestimmten Nutzungen einem fortwährenden Wandel. Insoweit sollten die Zielsetzungen einer über die Gefahrenabwehr hinaus freiwillig geleisteten Sanierungsmaßnahme nicht nur im Hinblick auf die Ergebnisse der Gefährdungsabschätzung flexibel sein. Sie sollten auch die Nutzungsdynamik und Gesamtentwicklung eines Raumes berücksichtigen, um damit eine insgesamt umweltverträgliche und flächensparende Nutzung zu erreichen. Bis zu einem gewissen, realistischen Nutzungsansprüchen entsprechenden Grad sollten in der Langfristperspektive jeweils weiterreichende Sanierungsstufen möglich sein, so daß im Idealfall eine jeweils empfindlichere Nutzung stattfinden kann. Ein solches weitreichendes und stufenweises Vorgehen setzt allerdings die Sicherstellung einer Langzeitbeobachtung und -überwachung von Altlasten (Tz. 152ff.; SRU, 1989, Abschn. 4.3.3), die Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse und, da die Inanspruchnahme des Altlastverantwortlichen auf Maßnahmen der Gefahrenabwehr begrenzt ist, vor allem die Lösung der Finanzierungsprobleme voraus (Abschn. 1.5). Eine in diesem Sinne dynamische Zielfestlegungsstrategie ist beispielsweise bei einer heute planungsrechtlich noch nicht festgestellten, in der Zukunft aber absehbaren Umnutzung von ehemaligen Industrieflächen zu empfindlicheren Gewerbe- oder sogar zu Wohnzwecken oder bei der Umwidmung von ehemals militärisch genutztem Gelände zu Grünflächen mit Erholungsfunktion von Bedeutung.

138. Mit der Verbesserung des Erfassungsgrades und des Kenntnisstandes über Lage und Verteilung

von Altlastverdachtsflächen (Abschn. 1.2 und 2.1) ist die raum- und umweltplanerische Relevanz von Altlastensanierungsfällen deutlich gestiegen. Der Umweltrat ist wegen der flächenhaften Dimension und der gewachsenen Bedeutung des Altlastenproblems für die Gesamtplanung der Auffassung, daß mit der Altlastensanierung das Ziel der Integration der Altlastenfläche in die Gesamtplanung einer Kommune oder einer Region verfolgt werden sollte.

Die Sanierungsplanungen sollten sich – soweit möglich – in ihrer konkreten Ausgestaltung an den Planungsunterlagen der Länder und Kommunen orientieren. Umgekehrt sollten regionale und lokale Entwicklungsplanungen und -aktivitäten die realen Möglichkeiten und Grenzen der Sanierung einbeziehen. Sanierungsplanung auf der einen Seite, Raum- und Umweltplanung auf der anderen Seite sollten weitgehend parallel bearbeitet werden und nach dem „Reißverschlußprinzip" eng aufeinander abgestimmt werden – soweit dies nicht die Abwehr von akuten Gefahren verzögert oder behindert (vgl. Tz. 262). Eine lineare Vorgehensweise würde ein anstehendes Sanierungsverfahren zu sehr hinauszögern. Das simultane Vorgehen setzt aber ein problem- und prozeßbezogenes Planungsverständnis mit neuen und effizienten Beteiligungs- und Kommunikationsformen voraus (vgl. WIEGANDT, 1989; FÜRST, 1986).

Generell sollten Sanierungsziele so festgelegt werden, daß ehemalige Altlastenflächen umfassend in die Flächenplanung integriert werden können. Entsprechend sollte es aber auch möglich sein, bei einzelnen komplexen Sanierungsfällen im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit und Finanzierbarkeit weniger schutzbedürftige Nutzungen zuzulassen. Dazu ist eine sorgfältige Abwägung aller Belange zwischen den Beteiligten notwendig (FRANZIUS und FREIER, 1994).

139. Mit dem ARGEBAU-Mustererlaß (Tz. 223) liegen für die Ebene der verbindlichen Bauleitplanung bereits Regelungen vor, wie Grundstücke mit Altlasten bei der Gestaltung des Bebauungsplanes zu behandeln sind. Der Umweltrat ist der Auffassung, daß die gegenseitige Berücksichtigung von Gesamtplanung und Altlastensanierung nicht erst auf der Ebene der rechtsverbindlichen Planung ansetzen sollte, sondern möglichst auf allen für den räumlichen Maßstab der Altlastensanierung bedeutsamen Planungsebenen.

In Anlehnung an SCHMIDT und DELSCHEN (1993) sollte das „Management" von Altlastenflächen neben der inzwischen weitgehend systematischen Gefährdungsabschätzung auch eine Einschätzung der künftigen Nutzungsmöglichkeiten umfassen. In einem systematischen Abwägungsprozeß, der die Belange des Umweltschutzes, der Wirtschaft und des Städtebaus berücksichtigt, sollte ein optimales Nutzungskonzept bei angemessenem Sanierungsaufwand entwickelt werden (vgl. FISCHER et al., 1993). In Nordrhein-Westfalen haben sich beispielweise im Rahmen von Grundstücksfonds entwickelte Nutzungskonzepte, die in einem iterativen, interdisziplinären Planungsprozeß entstanden sind, als wirkungsvolles Instrument zur Reaktivierung von Zechenbrachen erwiesen (GÜTTLER und SCHMID, 1994).

Für die Erarbeitung des Sanierungskonzepts schlagen SIMMLEIT und ERNST (1994, S. 296ff.) das Instrument der Raumverträglichkeitsuntersuchung (RVU) vor. Die RVU umfaßt einen integrierten Ansatz zur Prüfung der Verträglichkeit potentiell anwendbarer Sanierungstechniken mit

- der städtebaulichen Situation und Planung sowie
- der aktuellen und absehbaren Umweltqualität am jeweiligen Standort.

Mit der RVU werden einzelfallbezogen die Vor- und Nachteile von verschiedenen Sanierungsvarianten zur Erreichung der Sanierungszielwerte beurteilt. Damit hat die RVU auch Einfluß auf die endgültige Festlegung von Sanierungszielwerten. Die RVU kann überdies einen Beitrag zur Erfüllung der kommunalen Planungspflichten nach § 1 Abs. 5 BauGB und § 1 BNatSchG leisten.

140. Die ökonomischen Rahmenbedingungen, unter denen die Altlastensanierung stattfindet, schränken deren Spielraum erheblich ein. Dies führt dazu, daß innerhalb der Gesamtzahl der Sanierungsfälle eine Rangfolge der Bearbeitung hergestellt werden muß. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde eine Systematik zur Prioritätenermittlung für die Sanierung festgestellter Altlasten „PRISAL" (BRACKE et al., 1994) erarbeitet, die neben der Bewertung der Gefahrensituation (Module 1 und 2) ausdrücklich auch raumbedeutsame Wirkungszusammenhänge und wirtschaftliche Aspekte (Module 3 bis 5) berücksichtigt. „PRISAL" soll als optimiertes Planungsinstrument bei – fachlicher und finanzieller – Beteiligung des Bundes an Sanierungsmaßnahmen eine wirkungsvolle Mittelvergabe für die Sanierungsdurchführung gewährleisten. Auf der Warteliste stehende, zu sanierende Altlastenfälle sollen vergleichbar sowie aus der Sanierung resultierende Sanierungseffekte und die Sanierungseffizienz abbildbar gemacht werden. Dazu werden die Bewertungsergebnisse der fünf Module separat gewichtet und zu einer Gesamtaussage verdichtet.

Es wäre zu prüfen, inwieweit Elemente aus dieser Systematik zur Prioritätenermittlung von den Ländern unter Berücksichtigung regionspezifischer Belange aufgegriffen werden könnten.

1.4.2 Durchführbarkeitsstudien für die Sanierung

141. Der im Sondergutachten 1989 vorgeschlagene und als Sanierungsplanung bezeichnete mehrstufige Planungsprozeß wurde in die Schritte

1. Entwicklung des Nutzungskonzepts und der Sanierungsziele,
2. Sanierungsuntersuchung und Machbarkeitsstudie (mit Sanierungsalternativen),
3. Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes sowie seine Umsetzung

gegliedert (SRU, 1989, Abschn. 4.3.1).

In der Praxis werden die einzelnen Planungsschritte nach der „Honorarordnung für Architekten und Ingenieure" (HOAI, 1991) beziehungsweise der „Verdingungsordnung für Bauleistungen" (VOB, 1992) als Vorplanung, Entwurfsplanung und Hauptplanung ausgerichtet, weil Ausschreibungen und Bauleistungen diesen folgen müssen (CROCOLL, 1993; HETTLER und NOE, 1993; WARRELMANN, 1993). Da sich auch der Entwurf eines Bundes-Bodenschutzgesetzes des Begriffes Sanierungsplanung bedient, wird hier der Begriff „Durchführbarkeitsstudien" verwendet.

142. In der Praxis der Durchführbarkeitsstudie werden die Sanierungsziele zunehmend nicht als starre Vorgaben formuliert, sondern in einem iterativen Prozeß zusammen mit dem Sanierungskonzept erarbeitet. Sanierungsziele werden ganz maßgebend von den jeweiligen standortspezifischen Gegebenheiten und der technischen Machbarkeit der Sanierung – das heißt der Eignung und der Leistungsfähigkeit der Sanierungsverfahren – beeinflußt. Daraus folgt, daß die einzelnen Untersuchungsschritte in vielfältiger Weise miteinander vernetzt sind und eine strikte Abgrenzung zwischen ihnen nicht möglich, vielmehr eine flexible Vorgehensweise erforderlich ist, mit der die Machbarkeit der Sanierung nachgewiesen werden soll.

Der Umweltrat befürwortet diese flexible Vorgehensweise und schlägt vor, daß neben den technischen Machbarkeitskriterien die weiteren Komponenten

- Kostenwirksamkeit,
- Finanzierbarkeit,
- Genehmigungsfähigkeit,
- Zeit,
- Sicherheit und
- Herbeiführung der öffentlichen Akzeptanz

in die Durchführbarkeitsstudie integriert werden.

Das iterative Vorgehen (JESSBERGER und NETELER, 1992a) bedeutet, daß das Konzept der nutzungsorientierten Sanierung pragmatisch durch das Konzept der sanierbarkeitsorientierten Nutzung ersetzt werden muß, wenn das Leitziel die Weiter- oder Wiedernutzung einer Fläche anstelle von Nutzungsverzicht sein soll. Noch verbleibende duldbare Nutzungsformen sollen geprüft werden.

143. Die einzelnen Schritte der Durchführbarkeitsstudie zur Erstellung eines Sanierungskonzeptes werden in Abbildung 1.21 dargestellt. Die Koordinierung des gesamten Ablaufs sollte unabhängigen, qualifizierten Sachverständigen überlassen werden. Besonders ist auf eine sinnvolle Arbeitsteilung, Abstimmung und Kontrolle hinsichtlich der Probenahme und der Auswertung zu achten. Durch die Vergabe an einen Generalunternehmer kann dieses in der Regel nicht gewährleistet werden.

144. Im Rahmen der Durchführbarkeitsstudie sind zahlreiche Untersuchungen notwendig, die über den Umfang der Detailuntersuchungen zur Gefährdungsabschätzung hinausgehen. Zu den Schwierigkeiten mit der Probenahme und Probenaufbereitung (präanalytische Phase), wie sie im Sondergutachten 1989 (Tz. 353ff.) beschrieben sind, kommen die Probleme mit der Maßstabsvergrößerung (Scale-up) bei den Sanierungstechniken hinzu. Die Ergebnisse von Untersuchungen im Labormaßstab beziehungsweise im halbtechnischen Maßstab zur Eignung von Sanierungsverfahren können nicht sicher auf die Verhältnisse vor Ort übertragen werden. Dies betrifft prinzipiell zwar alle Sanierungsverfahren, ist jedoch bei den Dekontaminationsverfahren weitaus schwerwiegender als bei bautechnischen Sicherungsverfahren.

Dieses Verfahrensrisiko sollte minimiert werden, indem die Auswahl geeigneter Verfahren zum jeweiligen Sanierungsfall beziehungsweise die besondere Eignung des ausgewählten Verfahrens nach detaillierten Bewertungsverfahren mit Hilfe von Großversuchen, die insbesondere bei Aufbereitungsverfahren die Maßstabsvergrößerung verifizieren sollten, vorgenommen werden.

145. Bewertungsverfahren beziehungsweise -hilfen unterschiedlichen Detailierungsgrades und Anspruchsniveaus sind grundsätzlich verfügbar beziehungsweise in Entwicklung. Hinzuweisen ist zum Beispiel auf das als Expertensystem angebotene „SAS – Systematische Auswahl zur Kostenabschätzung von Sanierungsverfahren", das allerdings weitgehend auf Anbieterangaben aufbaut (SCHAAR, 1992). Ein im Rahmen eines Forschungsvorhabens von JESSBERGER und NETELER (1992b) entwickeltes, detailliertes, formalisiertes Verfahren (BESAL) arbeitet mit Punktvergabe und Gewichtungsfaktoren verbal-argumentativ sowie nutzwertanalytisch. Sollte sich das Verfahren in der Verifizierung an Modellstandorten bewähren, kann eine wesentliche Objektivierung der Verfahrensauswahl erwartet werden (ODENSASS, 1994; LASSL et al., 1993).

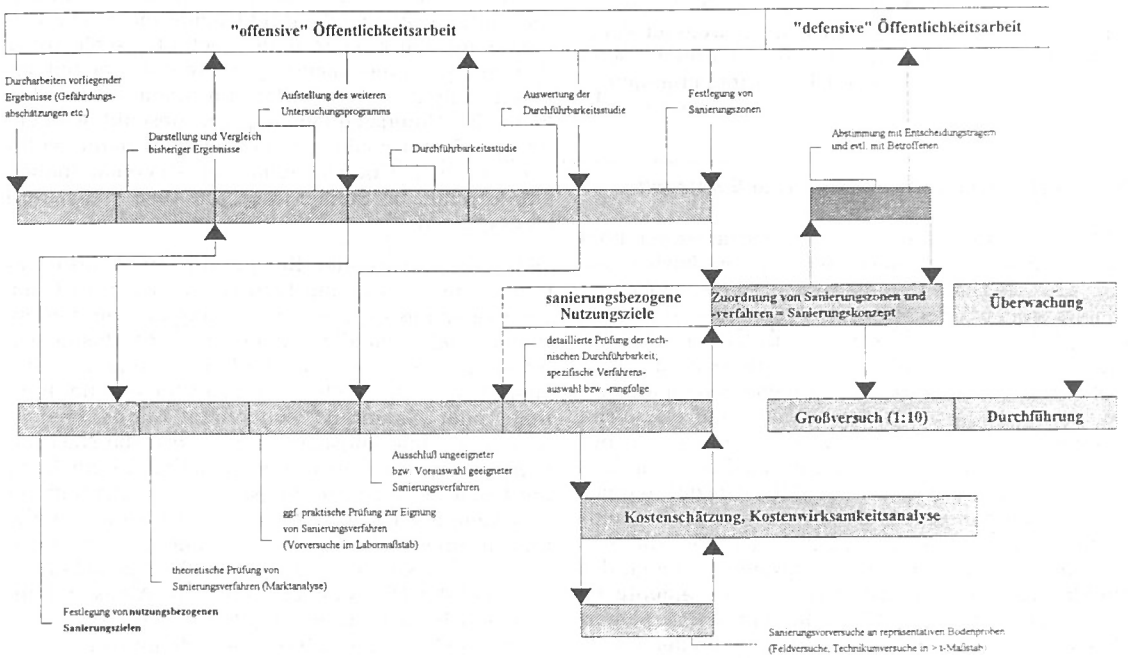
Mittlerweile gibt es auch qualitative, weniger formalisierte, jedoch auf Erfahrungen aus durchgeführten Sanierungen basierende Bewertungs- und Entscheidungsmatrizes. Sie werden – vorwiegend für den Grundwasserbereich – von planenden Ingenieurbüros und landeseigenen Sanierungsgesellschaften aufgestellt und gepflegt (HIMASG, 1993; JÖRISSEN et al., 1993; DVWK, 1991) und dienen dabei vorrangig ebenfalls der Vorauswahl geeigneter Verfahren. Zunehmend finden aber auch für die Erstellung komplexer Sanierungskonzepte Kombinationen geeigneter Verfahren Anwendung.

146. Im grundwasserbeeinflußten Untergrund werden die numerischen Strömungs-, Transport- und Stoffumwandlungsmodelle (SRU, 1989, Tz. 133f.) weiterentwickelt und inzwischen auch zur Wirksamkeitsprognose sowie – in Verbindung mit der Dateninterpretation bei der Überwachung – zur Erfolgskontrolle eingesetzt, um den zeit- und kostenintensiven Ansatz „Versuch und Irrtum" zu vermeiden (DVWK, 1991; KINZELBACH, 1992, 1991). Dabei darf das Instrument „Modellieren" nicht überbewertet werden:

> „Modelle können immer nur ein grobes Abbild des komplexen Untergrunds abgeben. Insofern wird es nie in allen Einzelheiten möglich sein, Strömung, Transport oder gar Reaktionen im Untergrund

Abbildung 1.21

Darstellung der Schritte des Sanierungsablaufs



Quelle: LASSL, 1992, verändert

nachzuvollziehen, geschweige denn zu prognostizieren. Es muß jedoch auch gesehen werden, daß eine sachkundige systematische Abschätzung mit Hilfe eines Modells trotz der inhärenten Unsicherheiten meist zu einer besseren Maßnahme führt als blindes Ausprobieren am Objekt. Letzteres verbietet sich oft schon aus Sicherheits- und Zeitgründen. Schließlich ist auch eine Auslegungsstrategie möglich, bei der das Modell durch Simulation des schlimmsten Falles oder durch Simulation mit Bandbreiten von Parametern bzw. stochastischen Verteilungen von Untergrundparametern zu sicheren Dimensionierungen in der Auslegung führt." (DVWK, 1991, S. 152).

147. Bewertungsverfahren oder Leitfäden berücksichtigen Haupt- und Nebenziele des Sanierungsvorhabens und prüfen Dekontaminations- und Sicherungsverfahren sowie ihre sinnvollen Kombinationen auch unter Kostenwirksamkeitsaspekten. Die Genehmigungsfähigkeit wird nicht geprüft. Das Ergebnis, der Vorschlag eines Sanierungskonzeptes, ist als erste Stufe des erwähnten iterativen Vorgehens zu bezeichnen (Tz. 142f.). Die Eignungsprüfungen im Rahmen der Vorauswahl können die Sanierungsuntersuchung keineswegs ersetzen, sind aber als geeignete Grundlage anzusehen.

148. Auch in dieser Untersuchungsphase sind Qualitätssicherungsprogramme einzuplanen (Tz. 63). Einflüsse durch wirtschaftliche Eigeninteressen sind zu vermeiden. Eine Qualitätssicherungsplanung im weiteren Sinne sollte auch die Vermeidung von Planungsfehlern und das Vertragsmanagement umfassen (WITTMANN, 1994). Die Vermeidung von Planungsfehlern ist zum Teil eine Klärungs- und Abstimmungsaufgabe hinsichtlich der Sanierungszielvorgaben und der Ausschreibungen, die auch und besonders die Probenahme- und Analyseverfahren verbindlich festlegen. Zum anderen können mangelnde Kompetenz von Beteiligten oder wirtschaftliche Interessen zu strukturellen Verzerrungen des Projekts führen. Hierzu zählen auch Versäumnisse in den vorangegangenen Planungs- und Untersuchungsschritten der Durchführbarkeitsstudie, zum Beispiel „Sparen an der falschen Stelle", die unerwartete Schwierigkeiten technischer sowie finanzieller Art verursachen können. Die meisten Probleme sind durch entsprechende Vertragsgestaltung vermeidbar.

149. Diese Gründe sprechen für die Notwendigkeit eines eingeplanten Kontrollsystems, das die Erbringung vereinbarter Leistungen überwacht. Die Bemühungen der Gütegemeinschaft Recyclingbaustoffe sind auch als Maßnahmen zur Qualitätssicherung zu sehen (Richtlinie RAL-RG 501/2 v. August 1991). Die von Bodenreinigungsbetrieben gesetzten Maßstäbe bei der Aufbereitung von kontaminierten Böden und Bauteilen zur Wiederverwertung werden durch Einbeziehung des Deutschen Instituts für Gütesicherung und Kennzeichnung (RAL) mit Hilfe eines Systems von Eigen- und Fremdüberwachung verläßlich. In die gleiche Richtung zielen die „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln" der Länder-

arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA, 1994), die ähnlich der RAL-Richtlinie mehrere Zuordnungsklassen durch die Zuordnungswerte „Feststoff" und „Eluat" definieren. Die LAGA-Listen enthalten im Vergleich zu den RAL-Gütekriterien wesentlich weniger Parameter. Die Werte sind in der Regel niedriger, sollen aber einen höheren Verbindlichkeitsgrad erlangen.

1.4.3 Maßnahmen und Verfahren zur Sanierung

150. Der Umweltrat hat im Sondergutachten 1989 die Maßnahmen zur Beherrschung von Auswirkungen aus Altlasten systematisiert und die einzelnen Maßnahmen und technischen Verfahren beschrieben (SRU, 1989, Tz. 455ff., Abb. 4.1). Er hält an der Definition fest, nach der Maßnahmen zur Sicherung und Dekontamination prinzipiell als gleichberechtigte Sanierungsmaßnahmen gelten können und als solche zusammengefaßt werden (Tz. 19). Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen sind in der Regel als Zwischenlösungen bis zur Durchführung der eigentlichen Sanierungsmaßnahmen zu sehen. Die einfache Umlagerung unbehandelten Materials gilt, von besonderen Ausnahmefällen abgesehen, wegen des Problemverlagerungscharakters nicht als eigentliche Sanierungsmaßnahme (SRU, 1989, Tz. 464f.). Neuerdings wird das bei einer Dekontamination der Standorte anfallende Material aus Produktionsrückständen auch verwertet (s. Tz. 529). Auch das Anlegen gesicherter Erdaushubdeponien wird erwogen. Abbildung 1.22 zeigt die Sanierungsverfahren im Überblick.

151. Die wichtigsten Trends der letzten Jahre für die einzelnen Maßnahmen und Verfahrensarten werden in Anhang 1 aufgezeigt, um einen allgemeinen Überblick über den derzeitigen Stand der Sanierungstechnik zu vermitteln. Zur Vertiefung der angesprochenen Entwicklungen bei den einzelnen Verfahren werden zahlreiche Literaturstellen ausgewiesen. In diesem Zusammenhang begrüßt der Umweltrat entsprechende Forschungsprogramme des Bundes zur Entwicklung und Erprobung von Sanierungstechniken. Im Rahmen des BMFT-Programms „Modellhafte Sanierung von Altlasten" werden

- verschiedene Sanierungstechniken als Einzelverfahren oder Verfahrensverbund in der Praxis erprobt und in Abhängigkeit von der späteren Nutzung der Altlast bewertet,
- dekontaminierte Bodenmassen wiederbeziehungsweise weiterverwendet sowie gegebenenfalls Renaturierungen der sanierten Böden durchgeführt,
- Erfolgskontrollen der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen unter externer wissenschaftlicher Begleitung angesetzt.

An den in Tabelle 1.15 ausgewiesenen Standorten kommen standort- und schadstoffspezifisch optimiert unterschiedliche Sanierungstechniken zum Einsatz (BMFT, 1994).

1.4.4 Überwachung

152. Es besteht heute weitgehend Einigkeit darüber, daß die Sanierungsbegleitung die sicherheitsrelevanten wie auch die direkt sanierungsrelevanten Parameter überwachen muß. Nach abgeschlossener Sanierung tritt die Nachsorgephase mit zum Teil anderen Aufgaben ein. Unter günstigen Umständen kann die Untersuchungsfrequenz gesenkt werden. Auf die Unterschiede zwischen Überwachung der Sicherung und Überwachung der Dekontamination wurde schon im Sondergutachten 1989 (Tz. 625ff.) eingegangen.

153. Mit wachsender Bedeutung der Altlastensanierung im Verwaltungshandeln wachsen auch die Überwachungsaufgaben der Gebietskörperschaften. In dem Maße, wie die Länder ihre Verdachtsflächen erfassen und bewerten, werden immer mehr Flächen den Aufgabenfeldern „Fachtechnische Kontrolle" oder „Sanierung" zugeordnet. Mit der Beendigung der Sanierungsmaßnahmen setzt die Nachsorgephase ein. Hier müssen die dauerhafte Einhaltung der festgesetzten Sanierungsziele einerseits und der wirksame Schutz der betroffenen Schutzgüter andererseits überwacht werden. Sowohl bei der „fachtechnischen Kontrolle" der Beobachtungsflächen als auch bei der Überwachung sanierter Altlasten handelt es sich um Langzeitaufgaben, auf die sich Kommunen und sonstige Träger einstellen müssen.

Die finanziellen Engpässe der Gebietskörperschaften werden eine zeitliche Verschiebung sowohl der Gefährdungsabschätzungen als auch der Sanierungen bewirken, wobei innerhalb der Maßnahmen auch eine Verschiebung zu Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen sowie zu Sicherungsmaßnahmen zu erwarten sein wird.

Diese Entwicklungen sind nur dann zu verantworten, wenn die Maßnahmen von verstärkten Überwachungstätigkeiten begleitet werden. Hinzu kommen die – bezogen auf die festgesetzten oder erwünschten Sanierungsziele – nicht sanierbaren Flächen, die weder mit vertretbarem noch mit unverhältnismäßig hohem Aufwand an Kosten und Energie saniert werden können. Für diese Flächen kommen nur Nutzungsänderungen oder die Überwachung der Nutzung in Frage. Solche Fälle gibt es oft bei nicht erreichbaren beziehungsweise tief verlagerten, sogar unter bebauten Flächen verdrifteten oder dort liegenden Kontaminationen wie Chlorkohlenwasserstoffe, Mineralölkohlenwasserstoffe (einschl. Schweröl-Linsen) und Quecksilber.

Das dauerhafte Erreichen des Sanierungsziels muß auch im Zusammenhang mit der ubiquitären und der örtlichen Hintergrundkonzentration sowie mit der Möglichkeit der Nachlieferung aus eingeschlossenen Schadstoffphasen gesehen werden. Ein Wiederanstieg der Schadstoffkonzentration infolge von Nachlösungsvorgängen kann nur im Laufe der Dauerüberwachung festgestellt werden.

Im Rahmen einer derartig langfristig angelegten Kontrolle, die schon in der Planungsphase beginnt, wird erst sichtbar, ob ein bereits angestrebtes Sanierungsziel überhaupt dauerhaft erreicht werden kann

Abbildung 1.22

Zuordnung der wichtigsten Sanierungsverfahren zu den Maßnahmentypen

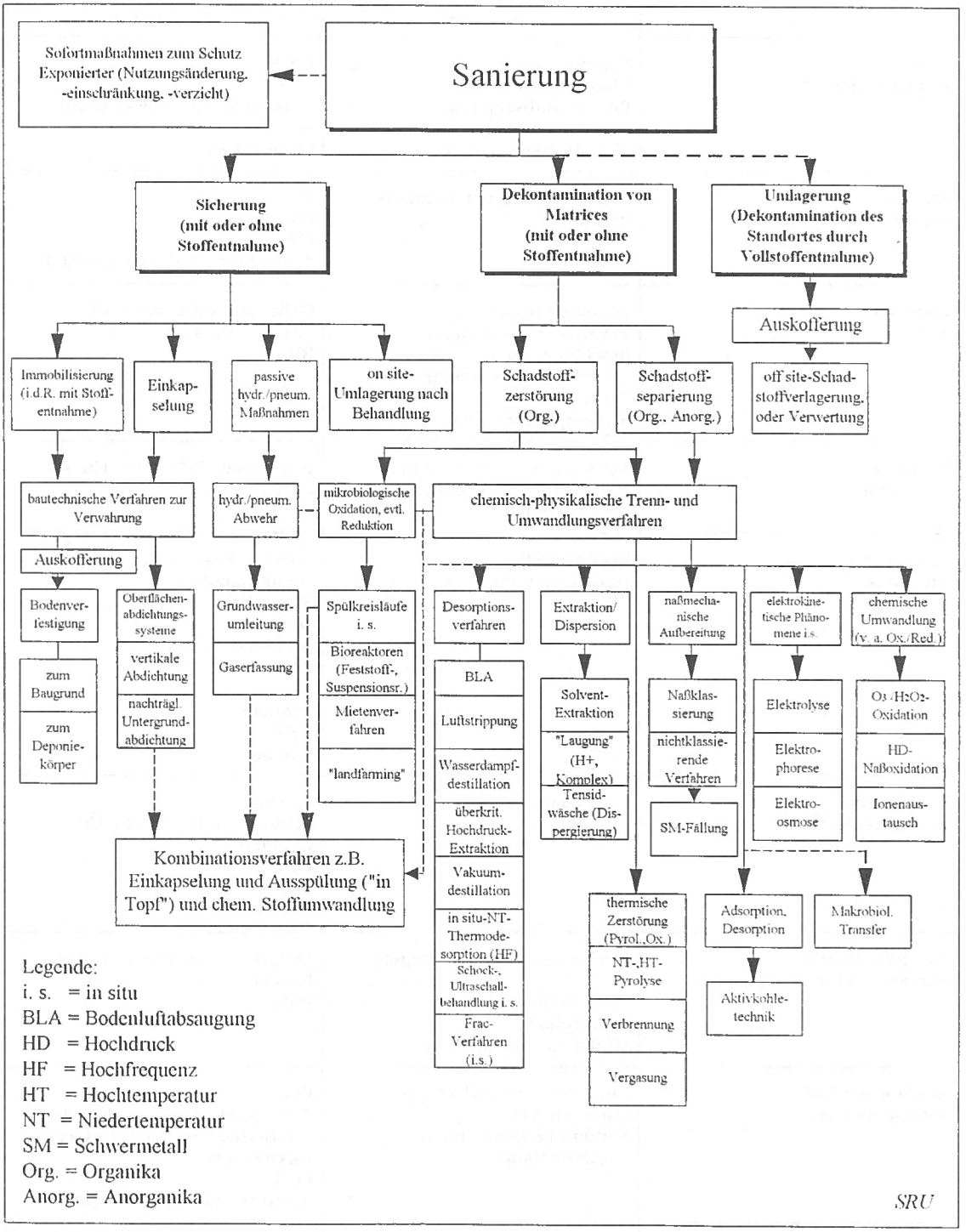


Tabelle 1.15

Modellstandorte in Deutschland – Technologieüberblick

Standort	Technologie	Kontamination
Berlin Haynauer Str. 58	Bodenwaschen Mikrobiologie Bodenluftabsaugung Pyrolyse (Drehrohr) Grundwasserreinigung	CKW BTX Mineralölkohlenwasserstoffe PCB PCDD/PCDF
München Gaswerkstandort	Bodenwaschen mit Vakuum-destillation	PAK Pb Cyanide Aliphatische Kohlenwasserstoffe
Hannover Kertess Chemie	Bodenluftabsaugung In situ Bodenwaschen (mit Großrohren) Grundwassersanierung Dichtwand Schwerphasenentnahme	CKW und Abbauprodukte (Tri, Per, VC etc.) BTX
Hannover Varta Süd	Voruntersuchungsprogramm mit verschiedenen Boden-waschverfahren	Schwermetalle: Pb, Sb, Cd, As PAK
Stadtallendorf Rüstungsaltlast	Bodenwaschen Hochtemperaturverbrennung	Trinitrotoluole (TNT) Dinitrotoluole Mononitrotoluole Dinitrobenzole Aromatische Amine PAK Arsen Phenole BTX Cyanide
Saarbrücken Burbacher Hütte	Hochtemperaturverbrennung Mikrobiologie Bodenwaschen	Phenole Schwermetalle: Pb, Hg, Cu Cyanide BTX PAK Sulfide
Konz-Stadtmitte ehemaliges Industriegelände	Hochtemperaturverbrennung (Drehrohr) Thermische Reinigung (Desorption) Grundwassersanierung	Mineralölkohlenwasserstoffe Phenole PAK
Stade-Riensförde Altablagerung	Entnahme des hochkonta-minierten Materials Sortierung, Behandlung, Wiedereinbau	PAK Aliphatische Kohlenwasserstoffe chlorierte aromatische Kohlen-wasserstoffe PCB Schwermetalle (Zn, Pb, Cu)
Schkopau BUNA AG	thermische Verfahren Wasch- und Extraktions-verfahren In situ	Schwermetalle (Hg etc.) BTX CKW

noch Tabelle 1.15

Standort	Technologie	Kontamination
Ilsenburg Kupferhütte	Dekontamination Immobilisierung Einkapselung Mikrobiologie	PCDD/PCDF Schwermetalle (Cu, Ni)
Angermünde SAD „Große Hölle Zichow"	thermische Behandlung chem.-phys. Verfahren biologische Verfahren Einkapselung	

Quelle: BMFT, 1994

oder ob es korrigiert werden muß. Dies gilt insbesondere für die iterative Annäherung an ein realisierbares und dem Verhältnismäßigkeitsprinzip entsprechendes Sanierungsziel (Tz. 142).

154. Im Bereich der Überwachung sollten neben technischen Meßsystemen auch geeignete Verfahren des aktiven und passiven Biomonitoring eingesetzt werden. Ökotoxikologische Untersuchungen könnten sich auf die Phase der Sanierung mit geändertem Luft- und Wasserhaushalt und auf dekontaminierte Standorte beziehen. Ob es möglich sein wird, Abluft auf ökotoxische Stoffe zu testen, wäre zu prüfen. Zumindest bei solchen Sanierungsverfahren, die ohne Zerstörung von Schadstoffen auskommen, aber mit Stripping arbeiten, oder bei denen eine Ausgasung zu erwarten ist, wäre eine Begleitung von chemisch-physikalischen Bestimmungsmethoden durch ökotoxikologische Testverfahren denkbar. Bekannte und standardisierte Verfahren aus der Luftreinhaltung erscheinen ohne Adaption hierfür jedoch wenig geeignet.

Bei Sanierungsverfahren können auch Abwässer auftreten, deren Behandelbarkeit in kommunalen Kläranlagen oder deren Unbedenklichkeit über ökotoxikologische Abbauprüfungen in sogenannten Kläranlagensimulationsmodellen getestet werden kann. Vorliegende Erfahrungen zeigen, daß Laborprüfungen in der Regel ein geringeres Eliminationspotential abbilden, als zum Beispiel eine biologische Kläranlage im Normalbetrieb aufweist. Belastete Abwässer sollten deshalb unter gleichmäßigen Belastungszuständen biologisch gereinigt werden, um eine Verlagerung von Schadstoffen in die Umwelt zu vermeiden.

155. Um die Qualität einer Dekontaminationsmaßnahme nachzuweisen, kommen ökotoxikologische Testverfahren auf Wiederbelebbarkeit des gereinigten Bodenmaterials vor der Rückverfüllung in Frage. Neben einfachen Keimtests können zum Beispiel Populationstests zur Wiederbesiedelbarkeit mit Nematoden, Collembolen, Protozoen und anderen Kleinlebewesen nach Vermischung mit belebtem natürlichem Bodenmaterial durchgeführt werden. Solche Tests sind dringend zu empfehlen, um den Erfolg von Bodenreinigungsverfahren zu dokumentieren. Sie stellen ein Verbindungsglied zu Testsystemen dar, mit deren Hilfe in der Nachsorgephase eine Überwachung auf ökotoxikologische Unbedenklichkeit möglich ist.

156. Altlasten, bei denen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen durchgeführt wurden und die einer ständigen Überwachung bedürfen, sollten ebenfalls dauerhaft durch Biomonitoringverfahren überwacht werden. Hierfür bieten sich die bereits bei der Gefährdungsabschätzung (Tz. 110ff.) angesprochenen Verfahren für die Ökosystemausschnitte Boden und Oberflächenwasser an. Solche Altlasten könnten auch als Forschungsobjekt ökotoxikologischer Umwelt-Dauerbeobachung dienen, wobei insbesondere Langzeituntersuchungen auf Abbaubarkeit von Stoffen, deren Langzeitwirkungspotential und der Vergleich von ökotoxikologischer Modellierung mit den auf Dauer gewonnenen Ergebnissen im Vordergrund stehen sollte. Belastungen des Umweltkompartiments Grundwasser können zur Zeit ökotoxikologisch nicht beurteilt werden, so daß die Ökotoxikologie bei der Überwachung von Altlasten insgesamt nur einen Teilbeitrag liefern kann. Für viele Bereiche ist die gezielte Einschaltung von Sachverständigen erforderlich.

Die Struktur der verschiedenen Überwachungsaufgaben (SRU, 1989, Abb. 4.17) wird hier, geringfügig ergänzt, wiederholt, um die Bedeutung und die Komplexität dieser Tätigkeiten zu unterstreichen (Abb. 1.23).

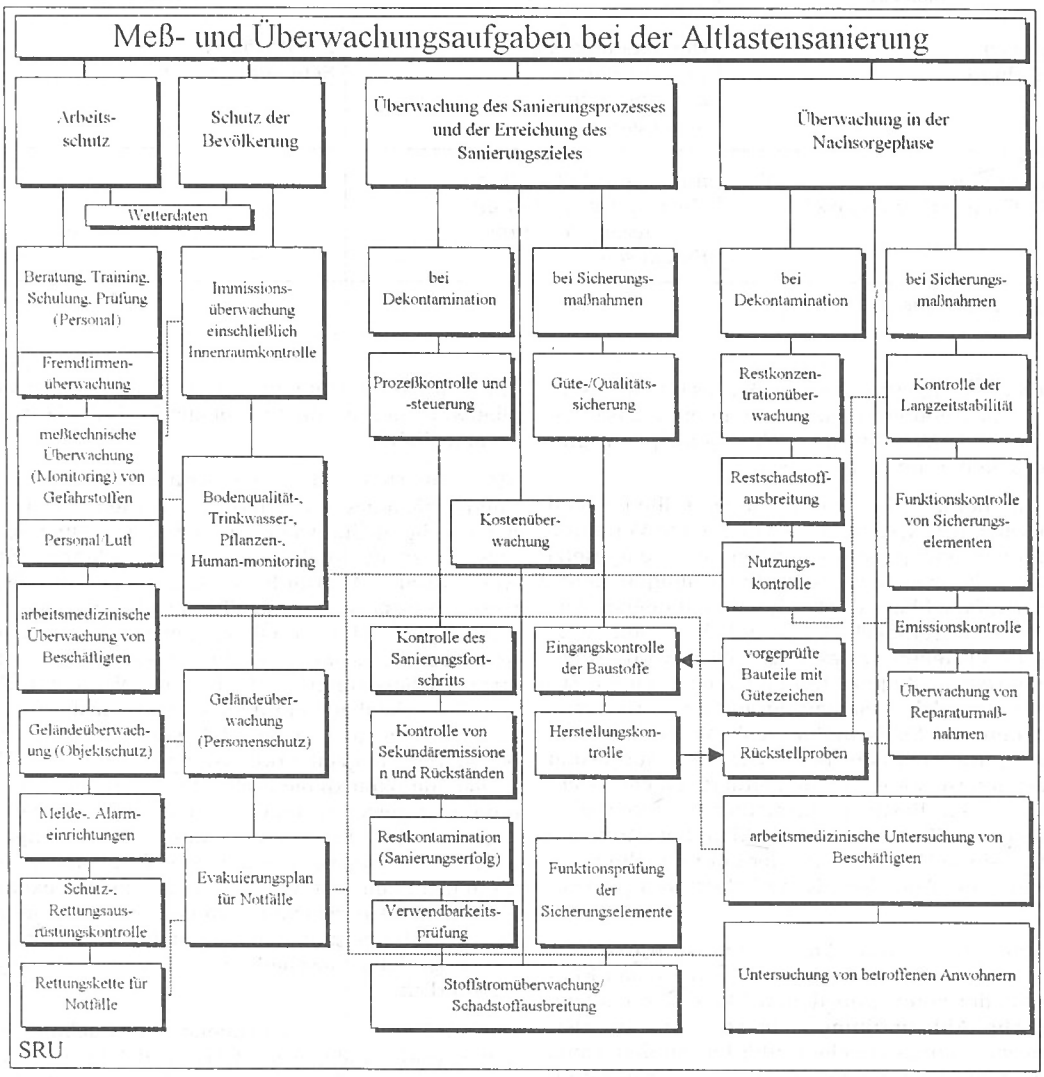
1.4.5 Fazit zur Sanierungstechnik und -überwachung

157. Die Entwicklung der *Sanierungstechnik* in den letzten Jahren ist von mehreren Widersprüchen gekennzeichnet, die eine fach- und zielgerechte Anwendung verschiedener Verfahren erschweren. Die Widersprüche sind nur zum Teil in der Technik selbst begründet; die allgemeine Wirtschaftsentwicklung sowie die finanziellen Engpässe haben das Geschehen am Sanierungsmarkt übermäßig stark mitgeprägt.

Die verfahrensbezogenen Entwicklungen zeigen zunächst eine Verfeinerung beziehungsweise Auffächerung der Grundverfahren in zahlreiche Verfahrensvarianten, die sich immer schwieriger miteinan-

Abbildung 1.23

Meß- und Überwachungsaufgaben bei der Altlastensanierung



der vergleichen lassen. Es sind verschiedene Verfahrenskombinationen, zum Beispiel für Mehrfachkontaminationen, erfolgreich eingesetzt worden. Diese zukunftsweisenden Kombinationslösungen werden vom Umweltrat begrüßt. Darüber hinaus befinden sich einige neue Ansätze in der Entwicklung, so daß in bestimmten speziellen Bereichen der Dekontamination eine deutliche Weiterentwicklung erwartet werden kann. Von solchen Bereichen abgesehen ist die Sanierungstechnik jedoch vielfach an ihre Grenzen gestoßen.

158. Bei qualifizierten Sicherungsmaßnahmen bezweckt die Verfeinerung der Grundverfahren die Verbesserung der Abschottungswirkung; über die Langzeitwirksamkeit – insbesondere bei der Diffussionssperrwirkung – können noch keine konkreten Aussagen gemacht werden. Eine weitere mit Kostensteigerung verbundene Verbesserung der Absperrwirkung könnte die Maßnahme fallweise obsolet erscheinen lassen, wenn die Kosten den Bereich einer Dekontamination erreichen würden. Der Kontrollierbarkeit der Bauwerke allgemein sowie der Rückholbarkeit der Verfestigungsmassen, zum Beispiel bei der Vermörtelung, wurde bisher zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet.

Bei der Dekontamination zielt die Entwicklung auf einen verbesserten Stoffübergang ab, damit niedrigere Restkonzentrationen und gegebenenfalls geringere Rückstandsmengen erreicht werden können.

Dies ist am ausgehobenen Untergrundmaterial am besten praktizierbar.

159. Diese Leistungssteigerungen in qualitativer und quantitativer Hinsicht haben Anlagen mit hohem Aufwand an Steuerung, Energie, Prozeßstoffverarbeitung und Entsorgung zur Folge. Es fehlen jedoch weitgehend Untersuchungsmethoden, die zwischen gefährlichen und ungefährlichen Bindungsformen der Restschadstoffe unterscheiden könnten, um überproportional energieintensive, überflüssige Eingriffe zu vermeiden.

Die Anlagen sind in der Lage, anspruchsvolle Sanierungsaufgaben hinsichtlich Schadstoffbelastung und Bodenqualität – einzeln oder als Kombinationsverfahren – zu lösen. Trotz des hohen verfahrenstechnischen und energetischen Aufwands können sie die in sie gesetzten Erwartungen nicht immer erfüllen:

- Positive Labor- und Technikumsergebnisse lassen sich nicht ohne weiteres auf die Sanierungspraxis übertragen (ungenügende Maßstabsvergrößerungsschritte; unbekannte Schadstoffbindungsformen im System „Boden"), so daß häufig zu hohe Restkonzentrationen zurückbleiben.
- Weitere Verfahrensverbesserungen und -anpassungen führen in der Regel zu erhöhten Kosten.

160. Die vom Umweltrat für wünschenswert gehaltene Verteuerung der Deponierung allgemein – und somit der Umlagerung – trat nicht ein; der Deponiepreis entspricht nach wie vor nicht der realen Knappheit der Deponiekapazitäten. Dadurch wird die Umlagerung unbehandelten Materials begünstigt, die Entwicklung und Anwendung anspruchsvoller Reinigungsverfahren dagegen stark beeinträchtigt.

Anspruchsvolle Dekontaminations-, im wesentlichen Bodenreinigungsverfahren, müssen mit billigen Beseitigungsverfahren (Umlagerung, Vermörtelung) sowie preiswerteren Sicherungsverfahren in Wettbewerb treten, wobei die Folgekosten bei der Beseitigung und Sicherung nicht immer voll erfaßt werden. Dadurch verlieren anspruchsvolle – meist mit erheblicher Förderung der öffentlichen Hand entwickelte – Verfahren ihren Modell-Charakter nicht und können den Markt auch nicht durchdringen; ihr hohes Wirkpotential bleibt ungenutzt.

Als Folge des Preiskampfs der Wettbewerber ist in jüngster Zeit auch ein Gegentrend zur Vereinfachung der Verfahrenstechnik zur Kostensenkung zu beobachten, was meist entweder durch chemische Hilfsstoffe oder durch Qualitätseinbußen („Billigangebote") erreicht werden kann. Das Ergebnis ist die Aufsplittung des Marktes beziehungsweise des Verfahrensangebotes in ein Hochleistungssegment und ein „Low-cost-low-duty"-Segment („halbe Maßnahme zum halben Preis"), wobei Hochleistungsverfahren zunehmend das Machbare, aber nicht immer das Nützliche demonstrieren.

161. Der allgemeinen Mittelknappheit steht die steigende Anzahl sanierungsbedürftiger Altlasten gegenüber, was sich in der Verschiebung der Altlastenbearbeitung auf die Zeitschiene (Hinauszögern der Entscheidungen) sowie in vereinfachten Sanierungszielen und verfahren zeigt. Auf die vorgegebenen geringen Finanzmittel können neben der Anwendung von Schutz-, Beschränkungs- und Überwachungsmaßnahmen Sanierungen zugeschnitten werden, indem statt mit Aushub „in situ" gearbeitet wird, wobei höhere Restkonzentrationen in Kauf genommen werden, Verfahren durch Zielnutzungsänderungen oder durch neue Ideen und Konzepte weitgehend vereinfacht oder anspruchslose Verfahren gewählt werden. Anspruchsvolle Verfahrenskombinationen kommen somit kaum zum Einsatz. Die Knappheit der Finanzmittel sollte jedoch als Chance zur Entwicklung kostengünstiger Sanierungen genutzt werden, ohne Abstriche an den im Einzelfall erforderlichen Maßnahmen zur Abwehr und Beherrschung der Gefahren zu machen.

162. Bestehende oder in Bau befindliche stationäre Bodenreinigungsanlagen betreiben bundesweite Akquisition; thermische Anlagen in den Niederlanden bedienen den gesamten europäischen, vor allem den deutschen Markt. Dieser Konkurrenzdruck wird vermehrt europaweite Bodentransporte zur Folge haben. Eine mit Bodentourismus einhergehende Sanierungsmaßnahme ist mit bedeutenden Umweltbelastungen allein wegen der induzierten Verkehrsbelastung verbunden, was den Sinn der Sanierung durchaus in Frage stellen kann. Es ist deshalb anzustreben, Sanierungskonzepte auf ihre sekundären Umwelteffekte hin zu überprüfen und Bodenferntransporte über ca. 200 bis 600 km nur per Bahn oder Schiff zuzulassen; darüber hinausgehende Transportentfernungen sollten per Ausschreibung ausgeschlossen werden.

163. Hinsichtlich künftiger *Überwachungsaufgaben* sollten folgende Schwerpunkte gesetzt werden:

- Überwachung der zu sanierenden Flächen
- Überwachung des zu reinigenden Grundwassers
- Überwachung von Beobachtungsflächen (Grundlage zur Detailuntersuchungsentscheidung)
- Überwachung nicht sanierbarer Flächen
- Überwachung sanierter Flächen einschließlich des Grundwassers
- Überwachung des geochemischen Umfelds im Untergrund sowie dessen Wirkung auf kontaminierte, verfestigte oder gereinigte Massen
- Überwachung aller Flächen in Bergsenkungs- und Sümpfungsgebieten.

Bei der Überwachung sanierter Flächen muß nach Sicherungs- und Dekontaminationsmaßnahmen unterschieden werden. Im Falle von Sicherungsmaßnahmen müssen die Wirksamkeit der Sicherungselemente, – unter anderem bautechnische Lösungen wie Oberflächenabdichtungen und Abdeckungen, Langzeitverhalten von Immobilisaten, Migrationsverhalten – sowie die Wirksamkeit der hydraulischen Begleitmaßnahmen überwacht werden.

Bei durch Dekontamination sanierten Flächen sollten die Mobilität und Mobilisierbarkeit der restlichen Schadstoffe, die Einhaltung der Einbauwerte auch bei Mehrfachkontaminationen, die bodenkundlichen Kennwerte der gereinigten Substrate sowie – bei in situ-Maßnahmen – Inhomogenitäten, Endpunkt der

Sanierung, insbesondere bei Schadstofflinsen und fahnen, über einen angemessenen Zeitraum verstärkt in die Überwachung mit einbezogen werden. Bei nutzungsabhängigen Sanierungsziel- und Einbauwerten ist unter Umständen die zulässige Nutzung zu überwachen.

Darüber hinaus sollten die Überwachungstätigkeiten im Altlastenbereich eine Kostenkontrolle mit einschließen. Die Mehrkosten einer gründlichen Untersuchung in der Planungsphase beziehungsweise einer umfassenden Überwachung des Sanierungsprozesses zahlen sich meist im Sanierungsergebnis und spätestens in der Nachsorgephase aus.

1.5 Kosten und Möglichkeiten der Finanzierung

1.5.1 Kostenschätzungen

164. Angesichts der Dimension des Altlastenproblems einerseits und der knappen finanziellen Mittel andererseits stehen Schätzungen des Finanzierungsbedarfs und Überlegungen zu den Finanzierungsmöglichkeiten nach wie vor im Mittelpunkt der Diskussion. Wichtige Voraussetzungen für eine solide Abschätzung des Finanzierungsbedarfs sind möglichst genaue Kenntnisse über Anzahl und Struktur von Altlastverdachtsflächen und Altlasten sowie Kostenschätzungen für Erfassung, Gefährdungsabschätzung, Sanierung und Überwachung. Solange diese Voraussetzungen nicht erfüllt werden, sind alle Schätzungen mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Zur Ermittlung der anfallenden Kosten für die Altlastensanierung wird auf die grundlegenden Ausführungen in Kapitel 5 des Sondergutachtens 1989 verwiesen. Dort hat der Umweltrat schon darauf hingewiesen, daß das Problem der Unsicherheit bei der monetären Bewertung von Umweltschäden auch für den Bereich Altlasten gilt. Umfassende Monetarisierungen aller Verluste, die der Volkswirtschaft durch Altlasten entstehen, lagen nicht vor; lediglich für Teilbereiche waren Kostenabschätzungen vorgenommen worden (SRU, 1989, Tz. 651 ff.).

165. 1991 haben HÜBLER und SCHABLITZKI die volkswirtschaftlichen Verluste durch Bodenbelastungen für die alten Bundesländer untersucht. Unter den betrachteten Bodenbelastungen ist auch das Belastungsfeld Altlasten beschrieben. Bei der Monetarisierung der negativen externen Effekte der Altlastenproblematik werden folgende Kostenarten berücksichtigt:

- Flächeninanspruchnahme durch Altlasten (Ausweichkosten)
- eingeschränkte Nutzbarkeit abgeschlossener Deponien (Altablagerungsplätze) und sanierter Altlasten (Schadenskosten)
- Erfassung, Gefährdungsabschätzung und Kontrolle von Altlasten (Planungs- und Überwachungskosten)
- Sanierung von Altlasten (Beseitigungs- und Vermeidungskosten).

Die Modellannahmen gehen im wesentlichen auf Datenmaterial vor 1990 zurück; auch werden Annahmen hinsichtlich der Sanierungsmaßnahmen gemacht, die Dekontaminationsmaßnahmen unter anderem nicht vorsehen.

Auf der Basis der vorgegebenen Annahmen und Variationen des Untersuchungs- und Sanierungsbedarfs sowie der jeweiligen Anzahl von Altablagerungen und Altstandorten wurden, bezogen auf die gesamte Variationsbreite, eine Mittelvariante und eine Maximalvariante der Kosten der Altlastensanierung als Modellberechnung ausgeführt. Für das Jahr 1989 errechnen sich je nach Variante Kosten von 5,2 bis 12,6 Mrd. DM/Jahr für die ersten fünf Jahre (HÜBLER und SCHABLITZKI, 1991).

Weitere beispielhafte Kostenabschätzungen aus den vergangenen Jahren sind in Tabelle 1.16 aufgeführt. Angaben zu den neuen Bundesländern finden sich in Abschnitt 2.4.5.2.

Tabelle 1.16

Zusammenstellung von Kostenschätzungen für die Altlastensanierung in den alten Bundesländern

Jahr	Quelle	Mrd. DM
1989	Kaiser Unternehmensberatung	29,1
1989	Institut für Wirtschaftsforschung	17
1989	TÜV Rheinland	100
1990	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung	54,6
1990	Reidenbach (DIFU)	52,7
1991	Wicke (SenStadtUm Berlin)	50–200
1991	Wirtschaftsministerkonferenz	52–390

Quelle: FRANZIUS, 1991, verändert

166. Ein wesentlicher Faktor bei der Abschätzung der Gesamtkosten sind die Einzelkosten für Sanierungsmaßnahmen. Im Sondergutachten 1989 sind Beispiele für die Größenordnungen der spezifischen Kosten für die verschiedenen Verfahren der Sanierung und Umlagerung für den Zeitraum der Jahre 1987 bis 1989 zusammengestellt (SRU, 1989, Tz. 664, Tab. 5.2). Ein Vergleich dieser Kosten (Anhaltswerte) mit neueren Angaben von WICHERT (1993) zeigt, daß sich die Größenordnungen insgesamt nicht wesentlich geändert haben (Tab. 1.17). Durch die steigende Zahl konkreter Projekte hat sich die Spannweite des Kostenrahmens verringert.

167. JESSBERGER (1993) setzt in einer Kostenbetrachtung folgende Sanierungskosten an:

Für Einkapselung

- Oberflächenabdichtung 175 DM/m²
- Vertikale Dichtwand (15 m Tiefe) 300 DM/m²

Für Dekontamination

- „Pauschale" Dekontamination 450 DM/m³
- „Spezielle" Dekontamination 750 DM/m³

Aufgrund dieser Preise ermittelt JESSBERGER unter der Annahme von rund 23 600 zu sanierenden Altlasten, die in drei Größenklassen unterteilt werden, je nach Wahl des Sanierungsverfahrens einen Kostenrahmen von 184 Mrd. DM bis 925 Mrd. DM. Tabelle 1.18 zeigt diese Kostenabschätzung im einzelnen.

Tabelle 1.17

Spezifische Kosten für die verschiedenen Dekontaminationsverfahren

Verfahren	Kostenrahmen DM/t	
	1987/89[1])	1993[2])
Thermische Verfahren („on site")	100–800	200–500
Extraktions- und Waschverfahren („on site")	100–350	100–300
Biologische Verfahren		
„in situ"-Verfahren	10–200	30– 60
„on site"-Verfahren	100–300	100–200

Quelle: [1]) SRU, 1989, Tz. 664, Tab. 5.2
[2]) WICHERT, 1993

168. Der Umweltrat hat in seinem Sondergutachten 1989 auf die Bedeutung systematischer Kostenermittlungen, in denen alle Kostenbestandteile Berücksichtigung finden, hingewiesen (SRU, 1989, Tz. 658, Tab. 5.1). Inzwischen liegen neue Vorschläge zur Systematisierung von Kostenschätzungen vor. ODENSAß (1994) gliedert zum Beispiel den gesamten Leistungsumfang einer Sanierung nach

- Kernleistungen der Sanierungsmaßnahmen (z. B. thermische Behandlung),
- Umlagerung von kontaminierten Böden auf Deponien,
- Entsorgung von Reststoffen und Abfällen,
- sonstigen Leistungen (z. B. Baustelleneinrichtung, Abbrucharbeiten) und
- Zusatzleistungen, zu denen unter anderem auch Kosten für Öffentlichkeitsarbeit gehören.

Im Auftrage des BMU ist von der Arbeitsgemeinschaft focon-Ingenieurgesellschaft mbH und TÜV Rheinland e.V. eine Systematik zur Ermittlung der Kosten der Altlastensanierung (KOSAL) entwickelt worden mit dem Ziel, den voraussichtlichen Kostenrahmen nutzungs- und standortspezifisch ermitteln zu können. Sie ist an die spezielle Altlastensituation

Tabelle 1.18

Kostenabschätzung für drei Sanierungsvarianten

Klasse[1])	1	2	3	Gesamt
Fall 1	100 % Pauschal-Dekontamination (450 DM/m³)			
	340 Mrd. DM	383 Mrd. DM	202 Mrd. DM	925 Mrd. DM
Fall 2	20 % Spezial-Dekontamination 80 % Sicherungsmaßnahmen (750 DM/m³)			
Dekontamination	113 Mrd. DM	128 Mrd. DM	68 Mrd. DM	
Sicherung	11 Mrd. DM	11 Mrd. DM	4 Mrd. DM	
Summe	124 Mrd. DM	139 Mrd. DM	72 Mrd. DM	335 Mrd. DM
Fall 3	10 % Spezial-Dekontamination 90 % Sicherungsmaßnahmen (750 DM/m³)			
Dekontamination	57 Mrd. DM	64 Mrd. DM	34 Mrd. DM	
Sicherung	12 Mrd. DM	12 Mrd. DM	5 Mrd. DM	
Summe	69 Mrd. DM	76 Mrd. DM	39 Mrd. DM	184 Mrd. DM

[1]) Klasse	1	2	3
Volumen (m³)	40 000	200 000	1 000 000
Fläche (m²)	2 000	10 000	50 000
Radius (m)	25	56	126
Anteil	80 %	18 %	2 %

Quelle: JESSBERGER, 1993

der neuen Bundesländer angepaßt und wird dort inzwischen vor allem für Bundesliegenschaften eingesetzt. Die Systematik besteht aus vier sukzessiv miteinander verknüpften Modulen. Modul 1 dient der Aufbereitung von Eingangsinformationen zu Altlastverdachtsflächen. Im Modul 2 findet die Gefährdungsbewertung statt. Anschließend wird ein Sanierungsszenario entwickelt (Modul 3), dessen Kosten mit Hilfe des Moduls 4 kalkuliert werden. Die Gesamtsanierungskosten werden ermittelt, indem die Kosten für jede Kernleistung und die dazu erforderlichen Nebenleistungen (Vorleistungen, verfahrensbegleitende Maßnahmen und Folgeleistungen) bestimmt werden. In Tabelle 1.19 sind die einzelnen Teilleistungen sowohl für Sicherungs- als auch für Dekontaminationsmaßnahmen mit den – in der Regel aus abgeschlossenen Sanierungsfällen ermittelten – prozentualen Kostenansätzen ausgewiesen. Zu den verfahrensbegleitenden Leistungen zählen unter anderem die Kosten für Probenahme, Analytik und Erfolgskontrolle mit einem Anteil zwischen 1% und 8% an den Gesamtkosten. Die höchsten Ansätze werden bei der Behandlung von kontaminiertem Grundwasser oder Oberflächenwasser und bei der Bodenluftabsaugung bestimmt. Extrem hohen Analytikkosten, die bei bestimmtem Schadstoffinventar wie polychorierten Dibenzodioxinen und -furanen anfallen, wird durch Zuschläge Rechnung getragen (BRACKE et al., 1992). Nach Auffassung des Umweltrates können diese Kostenanteile durch gut überlegte Rationalisierung im Probenahmeumfang und in der analytischen Methodik noch beachtlich reduziert werden.

Die Prozentanteile der Einzelkosten an den Gesamtkosten variieren in Abhängigkeit von den standortspezifischen Gegebenheiten jedes einzelnen Falles. In den in der Tabelle angegebenen Variationsbreiten kommt auch die unterschiedliche Effizienz regionaler Anbieter von Sanierungsleistungen zum Ausdruck. Dies sollte Veranlassung sein, die sicherlich vorhandenen Kostensenkungspotentiale zu erschließen. Da-

Tabelle 1.19

Durchschnittlicher prozentualer Anteil der Teilleistungen an den Gesamtkosten

Teilleistungen	Anteil an den Gesamtkosten [%]				
	– Sicherung –		– Dekontamination –		
			off-site		on-site
	Oberflächenabdichtung	Vertikale Abdichtung	Thermik	Chem.-phys. Verfahren	Mikrobiologie
Vorleistungen	**4–10**	**4–10**	**5–10**	**5–10**	**5-10**
Erfassung	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Gefährdungsabschätzung	0,1–3	0,1–3	0,5–5	0,5–5	0,5–5
Sofortige Gefahrenabwehr	0,5–2	0,5–2	0,5–2	0,5–2	0,5–2
Sanierungsuntersuchung	3–6	3–6	3–8	3–8	3–8
Kernleistung	**60–70**	**45–65**	**32–50**	**30–50**	**50-60**
Verfahrensbegleitende Leistungen	**15–30**	**25–45**	**37–57**	**27–47**	**30–35**
Sanierungsplanung (incl. Gutachterleistungen, Genehmigungen, Bauüberwachung)	5–9	5–10	5–7	3–6	5–10
Baustelleneinrichtung/-räumung	2–10	8–14	3–6	3–5	6–8
Aushub/Erdarbeiten	1	2,0–5	10–15	8–12	10–15
Arbeitsschutz/Emissionsschutz	5	5	5–8	4–7	5–8
Wasserhaltung	–	0–20	0–3	0–3	0–3
Transport	–	–	5–30	5–25	–
Zwischenlagerung	1–4	4–10	0–15	0–12	–
Vorbehandlung (Sieben, Brechen)	–	–	0–5	0–4	0–3
Probenahme/Analytik/Erfolgskontrolle	1–4	1–4	4–9	4–8	4–8
Öffentlichkeitsarbeit	0,1–0,5	0,1–0,5	0,1–0,5	0,1–0,5	0,1–0,5
Entschädigung	variabel				
Folgeleistungen	**6–10**	**6–10**	**6–10**	**18–30**	**5–12**
Reststoffentsorgung/Ablagerung	–	1–3	1–5	14–22	1–8
Wiedereinbau/Renaturierung	1–3	–	5–8	5–8	4–8
Langzeitüberwachung/Nachsorge (ca. 1 Jahr)	5–7	5–9	–	–	–

Quelle: BRACKE et al., 1992

zu ist Voraussetzung, daß in den Gebietskörperschaften eine qualifizierte Prüfergruppe eingerichtet wird. Insgesamt hat der Umweltrat den Eindruck, daß noch nicht alle Möglichkeiten zur Kostensenkung ausgeschöpft sind.

169. Ob es gelingen wird, mit Hilfe derartiger projektbezogener Kostenermittlungen auch verläßliche Schätzungen des gesamten Finanzierungsbedarfs zu erreichen, bleibt abzuwarten. Generell ist eine deutliche Steigerung der zu erwartenden Kosten der Altlastensanierung in den letzten Jahren festzustellen. Das zeigen zum Beispiel auch Erfahrungen aus Modellsanierungen, bei denen die geplanten Kosten meist überschritten wurden. Ob zukünftig durch Standardisierung von Sanierungsteilschritten Einsparungen möglich werden, ist noch unklar. Auf jeden Fall ist zu erwarten, daß der technische Fortschritt zur Kostensenkung beitragen wird. Unter Berücksichtigung der notwendigen Sanierungen in anderen, zum Beispiel osteuropäischen Staaten, kann der Standardisierungseffekt langfristig an Bedeutung gewinnen.

170. Voraussetzung für verläßlichere Hochrechnungen des Finanzbedarfs bleibt die Reduktion von Unsicherheitsfaktoren. Als solche sind insbesondere zu nennen:

- Die Angaben zur *Quantität* der Altlasten beziehen sich üblicherweise auf die Anzahl der Verdachtsflächen. Entscheidender für die Kostenabschätzung wären die Angaben zum Volumen des kontaminierten Bodens und zur Größe der Altlastverdachtsflächen.
- Auch die Angaben zur *Qualität* der Altlasten und damit zur Intensität der nötigen Sanierungen sind, bedingt durch fehlende Gefährdungsabschätzung in der Detailphase, die letztlich die zu erwartenden Kosten aufdecken, gewöhnlich unzureichend.
- Sowohl die Sanierungsziele als auch die Nutzungsziele bei den einzelnen Altlasten sind im Stadium der allgemeinen Kostenschätzung noch nicht definiert.
- Schließlich sind Eignung und Leistungsfähigkeit der Sanierungsverfahren beziehungsweise techniken im Hinblick auf die Erreichung eines Sanierungs- beziehungsweise Nutzungsziels noch nicht ausreichend bekannt.

1.5.2 Derzeitige Finanzierung in den alten Bundesländern

171. Trotz der Unsicherheiten bei der Angabe des Finanzierungsbedarfs (SRU, 1989, Tz. 686ff.) haben viele Bundesländer Finanzierungsmodelle entwickelt, deren Grundtypen sich nach Kooperationsmodellen, Abgaben, Lizenzgebühren- und Fondslösungen unterscheiden lassen. Die einzelnen Modelle sind in ihren Grundfunktionen bereits im Sondergutachten beschrieben (SRU, 1989, Tz. 715ff.), so daß im einzelnen auf die Konstruktionen nicht mehr eingegangen werden muß. Allerdings sind seither nicht nur erste Erfahrungen in den alten Bundesländern gemacht worden, sondern es haben sich auch teilweise neue Entwicklungen ergeben, die im folgenden dargestellt und in Tabelle 1.20 zusammengefaßt werden.

Tabelle 1.20

Altlastenfinanzierungsmodelle in den alten Bundesländern

Abgabenlösung Abfall Sonderabfall, Wasserentgelt	 Bremen Berlin, Niedersachsen
Altlastenfonds/Abgabenlösung (auf Sonderabfall)	Baden-Württemberg, Hessen
Lizenzgebührenlösung	Nordrhein-Westfalen
Kooperationsmodell	Bayern; Rheinland-Pfalz (bis 31. 12. 93)
Ohne Modell	Hamburg (Kooperation in Einzelfällen), Rheinland-Pfalz (seit 1. 1. 94), Saarland, Schleswig-Holstein

Quelle: SRU

Baden-Württemberg

172. In Baden-Württemberg rechnet man bis zum Jahre 2000 für die Altlastenbearbeitung mit Aufwendungen in Höhe von 2 Mrd. DM (Umweltministerium Baden-Württemberg, 1992).

Unterschieden wird hinsichtlich der Finanzierung grundsätzlich zwischen der Förderung der Sanierung kommunaler Altlasten einerseits sowie industriell und gewerblich verursachter Altlasten (für die der Verursacher nicht vollständig zur Kostenübernahme herangezogen werden kann) andererseits. Baden-Württemberg praktiziert deshalb eine Mischfinanzierung aus einem sogenannten Altlastenfonds und der Finanzierung aus der Sonderabfallabgabe – also ein kombiniertes Fonds- und Abgabenmodell.

Zur finanziellen Unterstützung der betroffenen Städte und Kommunen bei der Behandlung kommunaler Altlasten ist vom Land und von den Kommunen 1988 ein Altlastenfonds gegründet worden, der sich jährlich mit 18 Mio. DM aus dem Ökologieprogramm des Landes speist, während der Rest zu 75% aus Mitteln des kommunalen Investitionsfonds (als Bestandteil des Finanzausgleichs zwischen Land und Kommunen) und zu 25% aus Landesmitteln getragen wird (SRU, 1989, Tz. 770). Der Finanzrahmen des Altlastenfonds betrug 1993 101 Mio. DM und 1994 85,5 Mio. DM, so daß seit 1988 Zuwendungen in Höhe von rund 500 Mio. DM gewährt worden sind. Vorrangig gefördert wird die Sanierung kommunaler Altablagerungen, während lediglich ein geringer Teil (1992: 20%) des jährlichen Haushaltsansatzes für die Förderung der Sanierung kommunaler Altstandorte aufgewendet wird. Diese Regelung, die auf den Zeitraum von 1988 bis 1993 beschränkt ist, soll jedoch im Rahmen einer anstehenden Novellierung der Förder-

richtlinien durch eine einheitliche Förderung der Sanierung von Altablagerungen und Altstandorten ersetzt werden.

Allerdings sind nur Erkundungsmaßnahmen zu 100% zuwendungsfähig, während nachfolgende Sanierungsmaßnahmen lediglich zu 50% bis maximal 80% und Überwachungsmaßnahmen gar nur zu 35% bis maximal 75% in Form von Zuschüssen gefördert werden.

Die Erfahrungen mit dem kommunalen Altlastenfonds werden vom Land insgesamt als sehr gut bezeichnet, wobei dies aus der Höhe des Zuwendungsvolumens in Höhe von 500 Mio. DM geschlossen wird, das die Kommunen in die Lage versetzt, auch umfangreiche Sanierungsmaßnahmen durchzuführen.

Zur Sanierung industriell verursachter Altlasten, für die kein Verursacher mehr herangezogen werden kann, stehen auch Mittel aus der seit 1991 in Baden-Württemberg erhobenen Abgabe auf Sonderabfälle bereit. Abgabepflichtig ist unmittelbar der Abfallerzeuger. Das Aufkommen aus der Abgabe betrug von April 1991 bis Dezember 1993 insgesamt 68,6 Mio. DM, das zu einem Teil (28,89 Mio. DM) für Altlastenbehandlungsmaßnahmen verwendet werden konnte.

Allerdings ist die Abfallabgabe, da sie primär Lenkungszwecken dient und auf eine zukünftige kontinuierliche Verringerung des Abgabeaufkommens angelegt ist, nur bedingt zur Sanierung privater Altlasten geeignet. Damit ist die Finanzierung dieser Altlasten – auch eingedenk der vermuteten altlastverdächtigen Flächen – noch nicht befriedigend gelöst.

Bayern

173. Bayern praktiziert seit 1989 ein reines Kooperationsmodell zur Finanzierung der Altlastensanierung. Auf der Grundlage einer freiwilligen Vereinbarung hat der Freistaat Bayern zusammen mit der Industrie eine privatwirtschaftlich organisierte „Gesellschaft zur Altlastensanierung in Bayern" (GAB) geschaffen. Paritätischer Anteilseigner ist neben dem Freistaat ein von Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft getragener Verein unter Federführung des Landesverbandes der Bayerischen Industrie (LBI) (SRU, 1989, Tz. 769). Beide Gesellschafter beteiligen sich für zehn Jahre mit jeweils 3 Mio. DM jährlich an der Finanzierung. Die Mitgliedsbeiträge werden bei den Unternehmen im Wege der Selbstveranlagung erhoben, wobei sich die Höhe des Beitrags an den jeweiligen Sondermüllentsorgungskosten beziehungsweise an dem Firmenumsatz bemißt. Dieses Kooperationsmodell gilt jedoch nur für die Sanierung von industriellen Altablagerungen und standorten. Die Kommunen haben sich an dem Modell nicht beteiligt mit der Folge, daß sie für die Sanierung ihrer eigenen Altlasten selbst aufkommen müssen. Bis Mai 1994 wurde in insgesamt 21 Fällen die Übernahme der Kosten durch die GAB befürwortet. Bei zehn der übernommenen Fälle handelt es sich um Kontaminationen, die durch den Betrieb von chemischen Reinigungsanlagen verursacht worden sind. Seit der Gründung der GAB sind 31 Mio. DM für die Gefährdungsabschätzung und Sanierung von Altlasten bewilligt worden; insgesamt werden der GAB in den geplanten zehn Jahren 60 Mio. DM zur Verfügung gestellt.

Wegen des zu erwartenden Anstiegs der Sanierungsfallzahlen ist jedoch abzusehen, daß die zur Verfügung stehenden Finanzmittel auch nicht annähernd ausreichen werden, um den Finanzierungsbedarf zu decken. Zudem bleibt in Bayern die Finanzierung der kommunalen Altlasten auch weiterhin ungelöst.

Berlin

174. Das Land Berlin rechnet mit einem Gesamtbedarf von rund 10 Mrd. DM zur Sanierung aller Altlasten. Als ein Beitrag zur Altlastensanierung wird in Berlin seit dem 1. Januar 1990 ein Grundwasser-Entnahmeentgelt in Höhe von 0,30 DM je Kubikmeter Grundwasser erhoben, das insbesondere zur Abwehr von Gefahren für das Grundwasser oder zur Beseitigung von Schäden an diesem zu verwenden ist (DIHT, 1993).

Der Entwurf eines Berliner Landesabfallabgabengesetzes sieht für besonders überwachungsbedürftige Abfälle Abgabesätze zwischen 50 DM und 150 DM je Tonne vor. Die Beiträge sollen sich nach kurzer Übergangszeit verdoppeln. Das Abgabeaufkommen soll auch für Maßnahmen zur Bewältigung ökologischer Gefahren eingesetzt werden. Die Sanierung von Altlasten dürfte damit über das Abgabeaufkommen möglich sein. Auch für Berlin gilt jedoch, daß über diese Maßnahmen (Abgabelösungen) nur ein Teil des ermittelten Gesamtbedarfs gedeckt werden kann.

Bremen

175. Bremen hat 1991 für die Untersuchung von Altablagerungen 3 Mio. DM aufgebracht. Seit November 1992 hat Bremen ein Abfallabgabengesetz, dessen Finanzaufkommen insbesondere für Aufgaben in den Bereichen Technologieentwicklung und Altlastensanierung eingesetzt werden soll. Die Abgabesätze sind nach Abfallarten zwischen 50 DM und 150 DM je Tonne gestaffelt und sollen ab 1996 verdoppelt werden. Von 1993 bis 1995 wird ein jährliches Abgabeaufkommen von 7,5 Mio. DM erwartet. Gefördert werden sollen die Projekte jeweils nach einem differenzierten Verursacher- und Gemeinlastprinzip: Im Einzelfall können auch Sanierungsfälle, bei denen es einen haftungspflichtigen Verursacher gibt, gefördert werden.

Hamburg

176. Hamburg hat noch kein Finanzierungskonzept zur Altlastensanierung erarbeitet, sondern setzt auf eine bundeseinheitliche Finanzierungslösung. Wegen der Vielzahl der Altlastverdachtsflächen sind bislang Verhandlungen über kooperative Finanzierungsmodelle zwischen Land und Industrie gescheitert. Nur in Einzelfällen kam es zur finanziellen Beteiligung der Industrie an Sanierungsmaßnahmen, etwa beim Sanierungsfall der Deponie Georgs-

werder, an der sich zehn Unternehmen der chemischen und der mineralölverarbeitenden Industrie mit 23,4 Mio. DM beteiligt haben. In der mittelfristigen Finanzplanung von 1993 bis 1998 sind jährlich zwischen 55 Mio. DM und 70 Mio. DM zur Untersuchung und Sanierung altlastverdächtiger Flächen vorgesehen. 1993 sollen aus diesen Mitteln insgesamt 67 Altlastensanierungen beziehungsweise Sanierungsvorbereitungen begonnen werden (Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft, Drs. 14/4502 vom 20. Juli 1993).

Hessen

177. In Hessen wurden im kommunalen Bereich 1992 zur Finanzierung von rund 100 Untersuchungs- und Sanierungsmaßnahmen Zuwendungen in Höhe von 20 Mio. DM gewährt, die je zur Hälfte aus der Altlastenfinanzierungsumlage und aus dem kommunalen Finanzausgleich stammen. Die Altlastenfinanzierungsumlage haben die Kreise und kreisfreien Städte als kommunale Entsorgungspflichtige aufzubringen. Die Umlage berechnet sich dabei nach der Menge des zu entsorgenden Hausmülls, kann also auf die Abfallgebühr abgewälzt werden (Brüggemann, 1992, S. 41).

Träger der Altlastensanierung in Fällen, in denen ein Sanierungsverantwortlicher nicht oder nicht rechtzeitig ausgemacht werden kann, ist seit 1989 die Hessische Industriemüll GmbH (HIM). Die Finanzierung der Altlastensanierung war zunächst durch eine Vereinbarung zwischen dem Land Hessen, den kommunalen Spitzenverbänden, der gewerblichen Wirtschaft und der HIM im November 1989 geregelt worden. Die Vereinbarung sah auch die freiwillige Beteiligung der Wirtschaft an der Altlastenfinanzierung im Bereich der gewerblichen Altlasten vor. Diese freiwillige Beteiligung der Wirtschaft an den Kosten der Altlastensanierung ist jedoch durch das Hessische Sonderabfallabgabengesetz vom Juni 1991 hinfällig geworden. Durch das Gesetz wird die Übergabe von Sonderabfällen zur Behandlung oder Ablagerung abgabepflichtig. Die Abgabesätze sind seit dem 1. Januar 1993 je nach Gefährlichkeit, Vermeidbarkeit und Verwertbarkeit der Abfälle zwischen 100 DM und 300 DM pro Tonne gestaffelt.

Die Einnahmen sind dabei unter anderem für die Abwehr ökologischer Gefahren im Zusammenhang mit abgabepflichtigen Abfällen oder im Umgang mit gefährlichen Stoffen zweckgebunden; somit kann ein Teil des Abgabeaufkommens zur Altlastensanierung aufgewendet werden. Das Aufkommen aus der Abfallabgabe ist allerdings in Folge der überraschend schnellen Anpassungsreaktionen der Wirtschaft hinter den Erwartungen zurückgeblieben, so daß dieses Finanzierungsmodell den künftigen Anforderungen noch nicht genügt.

Niedersachsen

178. Ähnlich wie in Hessen und in Baden-Württemberg ist auch in Niedersachsen eine Abgabe auf besonders überwachungsbedürftige Abfälle durch Gesetz eingeführt worden. Abgabepflichtig sind nach diesem Gesetz vom Dezember 1991 die Abfallerzeuger. Gestaffelt nach Abgabestufen werden seit dem 1. Januar 1993 zwischen 100 DM und 300 DM pro Tonne Sonderabfall erhoben. Während das Abgabeaufkommen 1992 ca. 40 Mio. DM betragen hat, wird in den folgenden Jahren ein Aufkommen von jährlich 50 Mio. DM erwartet (DIHT, 1993).

Das Aufkommen aus der Abgabe ist dabei zu einem Teil, der jedoch 50 % nicht überschreiten darf, für die Altlastensanierung vorgesehen. Darüber hinaus werden auch Mittel aus der Wasserentnahmegebühr bereitgestellt, soweit die Erkundung und Bewertung von Altlasten in Vorranggebieten für die Wassergewinnung betroffen ist.

Angesichts der gesetzlichen Neuregelung zur Altlastensanierung im Rahmen des Abfallabgabengesetzes hat sich die Gesellschaft zur Finanzierung der Altlastensanierung in Niedersachsen mbH (GfA), deren Anteile zu zwei Dritteln das Land und zu einem Drittel die gewerbliche Wirtschaft hielten, aufgelöst.

Nordrhein-Westfalen

179. Im Gegensatz zu Baden-Württemberg, Hessen oder auch Rheinland-Pfalz, die reine Finanzierungsmodelle (d.h. ohne Lenkungsabsicht) der Altlastensanierung präferieren, hat die nordrhein-westfälische Landesregierung ihr seit 1988 existierendes Lizenzgebührenmodell mit der Initiierung von Vermeidungsanreizen im Sonderabfallbereich und der Verhinderung zukünftiger Altlasten verbunden (SRU, 1989, Tz. 716, 755ff.).

Danach ist die Behandlung und Entsorgung von Sonderabfällen nur bei einem Besitz von Lizenzen zur Behandlung von Abfällen möglich, die von der Ablagerung ausgeschlossen sind. Die Lizenzen werden gegen ein Entgelt von der zuständigen oberen Landesbehörde vergeben. Seinem Rechtscharakter nach ist das Lizenzentgelt eine Nutzungsgebühr, mit der ein Teil der wirtschaftlichen Vorteile abgeschöpft wird, die mit dem eingeräumten Privileg verbunden sind (HOLTMEIER, 1988, S. 146). Somit soll dem Erzeuger (über den Entsorger) durch Gebührenbelastung die Knappheit von Entsorgungskapazitäten angezeigt werden. Das Entgeltaufkommen wird an einen zu diesem Zweck eingerichteten „Abfallentsorgungs- und Altlastensanierungsverband Nordrhein-Westfalen" (AAV) weitergeleitet. Diesem öffentlich-rechtlichen Verband gehören in Zwangsmitgliedschaft die Fremd- und Eigenentsorger von Sonderabfällen, die Kommunen und die Sonderabfallerzeuger durch die Beteiligung der Industrie, Handels- und Handwerkskammern an. Der Verband wendet vom Entgeltaufkommen 70 % für die Altlastensanierung – in Fällen in denen keine Verursacher herangezogen werden können – und 30 % für Maßnahmen der Sonderabfallentsorgung auf. 1992 sind die Basisentgelte – gestaffelt nach Abfallgruppen – auf zwischen 1 DM und 35 DM pro Tonne Sonderabfall erhöht worden. Allerdings ist der prozentuale Anteil des Lizenzentgeltes an den gesamten Entsorgungskosten immer noch verschwindend gering.

Mit dem Ziel einer festen Kalkulationsbasis für die Industrie ist eine jährliche Obergrenze des Mittelaufkommens aus Lizenzgebühren (Plafondierung) in Höhe von 50 Mio. DM festgeschrieben. Während das Aufkommen aus dem Lizenzentgelt 1993 noch 40 Mio. DM betrug, sind im Haushaltsplan 1994 nur noch 33 Mio. DM veranschlagt.

Auch wenn das Lizenzentgelt nur ein Einnahmebestandteil zur Finanzierung der Altlastensanierung des Landes ist, so zeigt sich doch das Problem einer Nutzungsgebühr, die Lenkungs- und Finanzierungsfunktionen gleichermaßen erfüllen soll: Der Lizenzertrag wird um so geringer ausfallen, je erfolgreicher die Impulse sind, die von der Lenkungswirkung ausgehen. Zur Altlastensanierung muß jedoch ein bestimmtes Finanzaufkommen erzielt werden; dies macht es wiederum sehr fraglich, ob überhaupt ein Interesse an einer erfolgreichen Lenkungswirkung besteht.

Da das Land noch keine genaue Vorstellung vom tatsächlichen Finanzierungs- und Sanierungsbedarf hat, bestimmt nicht die Aufgabenlast das Mittelvolumen, sondern das realisierbare Mittelvolumen den Umfang der Altlastensanierungen (HOLTMEIER, 1988). Das Lizenzmodell in Nordrhein-Westfalen ist das einzige seiner Art geblieben. Bestrebungen beispielsweise in Schleswig-Holstein, ein ähnliches Modell wie in Nordrhein-Westfalen aufzubauen, sind gescheitert, da insbesondere juristische Bedenken nicht ausgeräumt werden konnten.

Rheinland-Pfalz

180. In Rheinland-Pfalz wird mit einem Kostenaufwand in Höhe von 2,5 Mrd. DM bis 5 Mrd. DM (DIHT, 1993) gerechnet. Schon Ende 1986 wurde ein Kooperationsmodell eingeführt (SRU, 1989, Tz. 738ff., 767ff.). Ursprünglich war das Finanzierungsprogramm auf vier Jahre und insgesamt 50 Mio. DM begrenzt. In den Verhandlungen zu einer Fortsetzung gab es insbesondere Meinungsverschiedenheiten darüber, ob neben der Sanierung von Altablagerungen auch die von Altstandorten über diese Kooperation finanziert werden sollten, was der ursprüngliche Kooperationsvertrag nicht vorsah. Auch wenn keine Einigung erfolgte, verlängerte sich das Abkommen unverändert auf weitere vier Jahre, da keiner der Beteiligten das Abkommen kündigte (DIHT, 1993). In der ersten Phase der Kooperation wurden lediglich sechs Altablagerungen als Sanierungsfälle anerkannt, wodurch der Finanzierungsrahmen nicht ausgeschöpft werden konnte. Ein verbesserter Finanzplan (1991 bis 1994) sollte zu einer größeren Anzahl von Sanierungsfällen führen, um die Ausschöpfung der Mittel in Zukunft zu gewährleisten. Die Sanierung von Altstandorten wurde weiterhin nicht gefördert.

Als Folge der Neuordnung der rheinland-pfälzischen Sonderabfallbeseitigung sowie der Gründung der Sonderabfall-Management-Gesellschaft (SAM) ist der Grundvertrag des Kooperationsmodells zum 31. Dezember 1993 außer Kraft getreten. Verhandlungen über eine nochmalige Verlängerung des Finanzierungsprogramms scheiterten nicht zuletzt an der fehlenden Bereitschaft der Industrie, das Projekt finanziell neu auszustatten.

Da kein Nachfolgemodell existiert, ist das Land Rheinland-Pfalz ohne Finanzierungskonzeption zur Altlastensanierung. Vorstellungen über einen zukünftigen Träger der Altlastensanierung befinden sich noch in einer frühen Phase des administrativen Entscheidungsprozesses.

Saarland

181. Der Sanierungsbedarf für alle Altlasten – mit Ausnahme der Standorte der eisenschaffenden und der Montanindustrie – wird von der Landesregierung auf 600 Mio. DM geschätzt – eine Summe, die eher zu niedrig angelegt scheint. Zudem werden für die erfaßten Montanstandorte (Völklingen, Neunkirchen, Burbach) jeweils 100 Mio. DM bis 150 Mio. DM veranschlagt. Im Saarland gibt es keine landesgesetzliche Regelung zur Altlastenfinanzierung, da die Landesregierung auf eine bundesgesetzliche Lösung hofft. Finanziert werden die bisherigen Maßnahmen aus Haushaltsmitteln des Landes und aus diversen Förderprogrammen des Bundes und der Europäischen Union.

Schleswig-Holstein

182. Bis 1991 betrugen die Kosten für die Erfassung, Gefährdungsabschätzung und Sanierung von Altlasten in Schleswig-Holstein rund 30 Mio. DM. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen rechnet das Land mit einem Kostenvolumen für die Einzelsanierung (z. B. vom Typ Bielefeld-Brake) in Höhe von 50 Mio. DM bis 90 Mio. DM (Schleswig-Holsteinischer Landtag, 1991). Bisher werden dringende Sanierungsmaßnahmen als Einzelfälle aus allgemeinen Haushaltsmitteln gefördert.

Versuche des Landes, ein Finanzierungsmodell zu initiieren, sind sämtlich gescheitert. Die Gründung eines Altlastenfonds wurde von der Wirtschaft abgelehnt, andere Finanzierungsplanungen wie etwa Lizenzgebühren, Sonderabfallabgaben oder Altlastensteuern wurden aufgrund verfassungsrechtlicher Bedenken wieder verworfen. Ähnlich wie Hamburg und das Saarland hofft nun auch Schleswig-Holstein auf eine bundesrechtliche Regelung.

1.5.3 Weitere Finanzierungsmöglichkeiten

183. Für die Beteiligung der öffentlichen Hand an der Finanzierung von Maßnahmen zur Altlastensanierung stehen neben der in Abschnitt 2.4.4 und 2.4.5 beschriebenen Finanzierung bei Altlastenfreistellungen und der Finanzierung von Großprojekten in den neuen Bundesländern noch weitere Instrumente zur Verfügung. Im Rahmen des BMU-Förderprogramms „Investitionen zur Verminderung von Umweltbelastungen" können Demonstrationsprojekte zur Altlastensanierung gefördert werden. Des weiteren besteht unter bestimmten Voraussetzungen die Möglichkeit, Maßnahmen zur Altlastensanierung anteilig aus dem Umweltprogramm der Deutschen Ausgleichsbank (DtA-Umweltprogramm mit Zinszu-

schuß des BMU) und aus dem ERP-Abfallwirtschaftsprogramm mitzufinanzieren. Aus den im ERP-Abfallwirtschaftsprogramm 1993 zur Verfügung gestellten Mitteln in Höhe von 795 Mio. DM entfielen schätzungsweise 50 Mio. DM auf Investitionen zur Altlastensanierung (DtA, schriftl. Mitt.). Auch das Förderprogramm der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), das EU-Programm LIFE (Financial Instrument for the Environment) sowie der Europäische Strukturfonds, insbesondere der Europäische Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), bieten Möglichkeiten zur Unterstützung von Investitionsvorhaben für die Sanierung von Altlasten. Schließlich bestehen Fördermöglichkeiten im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprogrammen, wie zum Beispiel im BMFT-Programm „Umweltforschung und Umwelttechnologie", im Umweltforschungsplan des BMU, in Sonderforschungsbereichen der DFG oder im EU-Programm „Umwelt". Der Umweltrat empfiehlt, diese vielfältigen Fördermöglichkeiten mit ihren teilweise sehr unterschiedlichen Bedingungen in einer Informationsbroschüre zusammenzufassen.

184. Eine nicht unerhebliche Bedeutung kommt den Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen im Rahmen der Altlastensanierung zu. Von den 410 000 Arbeitskräften, die in den Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen 1992 beschäftigt waren, arbeiteten 120 000 in der Umweltsanierung und davon wiederum 60 000 in Treuhandbetrieben (Niederschrift über die 10. Sitzung des Ausschusses Deutsche Einheit des Bundesrates, D 402-Nr.10/92). Wenn sich auch hier der umweltpolitische Aspekt mit arbeitsmarktpolitischen Gesichtspunkten verbindet, so ist doch diese Lösung nur für einen gewissen Zeitraum in dieser Form zu realisieren. Eine ökonomisch orientierte Kosten-Nutzen-Betrachtung wird sicherlich keine positiven Ergebnisse bringen.

185. In der Diskussion über Möglichkeiten zur Deckung der Altlastenfinanzierungslücke spielen auch Überlegungen eine Rolle, das Aufkommen von Umweltabgaben hierfür zu verwenden. Grundsätzlich steht der Umweltrat breitangelegten Umweltabgaben skeptisch gegenüber, insbesondere weil mit zunehmender Breite immer weniger die Emission als Anknüpfungspunkt dienen kann und bei der Altlastenfinanzierung die Vermeidungsanstrengung völlig verfehlt wird (SRU, 1989, Tz. 784; SRU, 1985, Tz. 1404). Die in diesem Zusammenhang diskutierte Grundstoffabgabe unter Hinweis auf das Superfund-Modell in den USA wird vom Umweltrat als problematisch angesehen (SRU, 1990, Tz. 910f.; SRU, 1989, Tz. 752ff.). Die Erhöhung der Beseitigungskosten in Form von Deponieabgaben für bestimmte Abfallarten erscheint dagegen unter bestimmten Ausgestaltungsbedingungen als zweckmäßig, weil von ihr ein wichtiger Anreiz zur Abfallreduzierung ausgeht (SRU, 1990, Tz. 447ff., 921ff.). Ob eine bundesweite Abfallabgabe zur Lösung des Altlastenfinanzierungsproblems in Form einer Beteiligung des Bundes beitragen könnte, sollte anhand der Erfahrungen aus den Ländern mit entsprechenden Regelungen untersucht werden (Tz. 171ff.). Auch gilt es, die rechtlichen Probleme einer derartigen Abgabenform zu bedenken (HANSMEYER et al., 1994).

186. Alle bisherigen Versuche, eine mittelfristige Finanzbasis für die Sanierung von Altlasten sicherzustellen, leiden unter folgendem Dilemma:

- Grundsätzlich kann kein Zweifel daran bestehen, daß die Sanierung von Altlasten, für die kein Zahlungspflichtiger ausfindig gemacht werden kann, aus allgemeinen Steuermitteln vorgenommen werden muß. Alle Versuche, durch besondere Heranziehung „verursachungsnaher" Gruppen zur Finanzierung der Altlastensanierung so etwas wie ein „nachträgliches Verursacherprinzip" zu konstituieren, unterliegen einer doppelten Kritik: Zum einen erzeugen sie Ungerechtigkeit gegenüber jenen, die sich aus freien Stücken bereits früher verantwortlich verhalten haben. Zum anderen verfehlt ein „nachträgliches Verursacherprinzip" die wichtigste Wirkung des Verursachungsgrundsatzes der Umweltpolitik, nämlich durch die Haftungsdrohung das Verhalten potentieller Verursacher zu steuern. Allerdings nützt der Verweis auf allgemeine Steuermittel in Zeiten knapper Budgets wenig. Beharren auf diesem Standpunkt ist geeignet, die Sanierungsaufgabe mangels der erforderlichen Finanzmasse zeitlich zu verschieben.

- Versucht man nun, der Not gehorchend, durch Zweckbindung neuer, verhaltenssteuernder Umweltabgaben das erforderliche Finanzvolumen zu gewinnen, so mißlingt entweder die Sanierungsaufgabe (dann, wenn die Abgabe ihren Lenkungszweck erfüllt und damit der Finanzstrom aus der Abgabe versiegt) oder das Lenkungsziel (um nämlich das erwünschte Finanzvolumen dauerhaft zu sichern, müßte die Lenkungsabgabe möglichst dort ansetzen, wo es keine Ausweichmöglichkeiten gibt).

187. Eine gewisse Entschärfung dieses Dilemmas erscheint dadurch möglich, daß man die künftigen Erlöse aus der Wiedernutzung von Altlastenflächen, und damit privates Kapital, zur Finanzierung der Sanierungsaufgabe mitbenutzt. Denn ein nicht unbeträchtlicher Teil der Altlastenflächen befindet sich in ausgesprochen städtischen Lagen, bei denen eine Nutzung nach der Sanierung kräftige Erlöse durch Verkauf, Vermietung oder Verpachtung verspricht. Solche Flächen sind für potentielle Investoren interessant, insbesondere für Investorenkonsortien, die Know-how auf den Gebieten der Altlastensanierung sowie der Erstellung, Finanzierung, Realisierung und Vermarktung von Nutzungskonzepten haben. Auf der anderen Seite haben die Kommunen, denen durch wirtschaftlichen Strukturwandel großflächige Industrie- und Gewerbebrachen in zentralen Lagen zugefallen sind, ein Interesse an einer schnellen Wiedernutzung dieser Brachflächen. Denn um in der wirtschaftlichen Entwicklung nicht zurückzufallen, müssen die Kommunen Gewerbeflächen für Expansion oder Neuansiedlung anbieten können. Stehen die Brachen – weil nicht saniert – für diese Zwecke nicht zur Verfügung, müssen bisher freie Flächen mit oft unberührter Landschaft als Gewerbeflächen beansprucht werden. Darüber hinaus eröffnet die Sanierung innerstädtischer Industriebrachen die Chance, den Anteil an innerstädtischen Grün- und Frei-

flächen zu vergrößern und damit die Wohnumfeldqualität zu verbessern.

Die Einbeziehung privaten Kapitals in die Sanierung von Altlastenflächen erscheint prinzipiell auf zwei Wegen möglich, nämlich

- durch die Zwischenschaltung eines Grundstücksfonds, der die Altlastenflächen erwirbt, zusammen mit der Kommune ein Nutzungskonzept und ein Sanierungskonzept entwickelt, die Sanierung (und eventuell erforderliche Erschließungsmaßnahmen) durchführt und dann die sanierten Flächen in Zusammenarbeit mit der Kommune vermarktet, oder
- durch direkten Verkauf der Altlastenflächen an private Investoren, die auf der Basis einer Ausschreibung ermittelt werden und die sich mit dem Kauf der Grundstücke zur Sanierung der Altlastenflächen und zur Einhaltung der von ihnen entwickelten Nutzungskonzeption verpflichten.

188. Der erste Weg wird bereits mit Hilfe der Landesentwicklungsgesellschaften seit geraumer Zeit praktiziert. Seine Funktionsweise läßt sich am Beispiel des nordrhein-westfälischen Grundstücksfonds demonstrieren (Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 1993): Bereits 1980 hatte das Land Nordrhein-Westfalen seine bis dahin nur durch den Einsatz von Städtebauförderungsmitteln unternommenen Anstrengungen zur Reaktivierung von Brachflächen durch die Einrichtung des Grundstücksfonds Ruhr verstärkt, indem dieser Fonds alle „unrentierlichen" Kosten für Ankauf, Freilegung und Baureifmachung der Flächen übernahm.

Die positiven Erfahrungen mit dem Grundstücksfonds Ruhr haben die Landesregierung 1984 veranlaßt, zusätzlich einen landesweiten Grundstücksfonds einzurichten, um auf vergleichbare Probleme der Reaktivierung von Brachflächen in allen Landesteilen reagieren zu können. Zur Beschleunigung der Reaktivierung kann der Grundstücksfonds seit 1987 auf Antrag der Städte und Gemeinden auch die Kosten

- der Entwicklung städtebaulicher Rahmenpläne für die künftige Nutzung und Verwertung,
- die Erarbeitung einer Vermarktungskonzeption sowie
- die Entwurfsbearbeitung eines Bebauungsplanes

übernehmen. Darüber hinaus können Planung und Durchführung der Erschließung vom Grundstücksfonds übernommen werden. Der Weg von der Anmeldung über den Ankauf bis zur Wiederverwertung einer Brachfläche umfaßt zahlreiche Verfahrensstufen.

Für die Durchführung der Ankäufe für Freilegung und Baureifmachung der Grundstücke und die Ermittlung von An- und Verkaufspreisen hat das Land mit der Landesentwicklungsgesellschaft Nordrhein-Westfalen für Städtebau, Wohnungswesen und Agrarordnung GmbH (LEG) einen Geschäftsbesorgungsvertrag abgeschlossen. Die LEG handelt weisungsgebunden als Beauftragte des Landes.

Bei ihrer Tätigkeit arbeitet die LEG eng mit den Kommunen zusammen. Die Entscheidung über die künftige Nutzung der Fläche obliegt den Städten und Gemeinden als Träger der Planungshoheit. Sie bestimmen letztlich auch, an wen die aufbereiteten Flächen veräußert werden sollen. Die Veräußerungserlöse gehen in den Fonds ein.

Der Grundstücksfonds bietet den Kommunen erhebliche Vorteile:

- Er mobilisiert öffentliche Mittel für die Sanierungsaufgabe: So flossen dem Grundstücksfonds von 1980 bis 1992 nicht nur 741 Mio. DM Haushaltsmittel, sondern auch Strukturmittel des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), des Bundes und des Landes in Höhe von insgesamt 388 Mio. DM zu.
- Er bietet den Kommunen eine Reihe von Dienstleistungen im Rahmen der Sanierungsplanung, Entwicklungsplanung und Erschließung an, deren Erstellung den Kommunen oft aus Mangel an geeignetem Personal schwerfällt.
- Er läßt den Kommunen erhebliche Entscheidungsspielräume, insbesondere im Hinblick auf die spätere Verwertung der sanierten Flächen. Darüber hinaus können die Kommunen die zur Erschließung, Begrünung, innerstädtischen Erholung und zur Abstandhaltung benötigten Flächen sehr billig vom Fonds nach der Sanierung (zurück)erwerben.

Allerdings ist der Handlungsrahmen des Fonds durch die mobilisierbaren Finanzmittel beschränkt. Weil der Finanzaufwand zur Aufbereitung und Sanierung der Grundstücke oft sehr hoch ist, kann er durch die gerade in der Anfangsphase niedrigen Verkaufserlöse auch nicht annähernd gedeckt werden. So trugen die 1980 bis 1992 vom nordrhein-westfälischen Grundstücksfonds erzielten Verkaufserlöse nur mit 214 Mio. DM zum Gesamtbudget des Fonds in Höhe von 1 344 Mio. DM bei. Die Folge dieses begrenzten Finanzrahmens ist, daß die Maßnahmen zur Wiedernutzung der bislang vom Fonds erworbenen 1955 Hektar Brachflächen zeitlich gestreckt werden müssen. Zudem ist beim Fonds – wie bei jeder Aktivität der öffentlichen Hand – eine geringere Effizienz seiner Wiederverwertungsaktivitäten im Vergleich zu privaten Projektentwicklern zu vermuten, insbesondere auch wegen des Eingehens auf die besonderen politischen Wünsche der Kommunen, deren Kosten (in Form eines höheren Sanierungsaufwandes oder geringerer Verkaufserlöse) für die Kommunen nicht erkennbar sind und von ihnen auch nicht getragen werden, weil sie im globalen Defizit des Fonds verschwinden.

189. Insofern erscheint es interessant, sich der Direktvermarktung von Altlastenflächen an private Projektentwickler zuzuwenden, zumindest entsprechende Pilotprojekte zu plazieren, um Erfahrungen mit dieser Form der privaten Finanzierung von Altlasten zu sammeln. Ein entsprechendes Verfahren würde über eine Ausschreibung in Gang gesetzt, die von der Kommune oder im Rahmen eines Dienstleistungsvertrages von Dritten zu organisieren wäre. Eine solche Ausschreibung sollte möglichst weltweit veranstaltet werden, um ein Maximum an Ideen und

Wissen über Sanierungstechniken, wertsteigernde Nutzungskonzepte und Vermarktungsmöglichkeiten zu mobilisieren. In der Ausschreibung müßten Art, Umfang und Gefährdungspotential der Kontamination des jeweiligen Geländes ebenso bekanntgegeben werden wie nutzungsbezogene Sanierungszielwerte und eventuelle Nutzungsbeschränkungen, die sich aus Entwicklungs- und Flächennutzungsplänen ergeben. Aufgabe der Bieter wäre es dann, eine Nutzungskonzeption für das Gelände zu entwickeln, darauf den Sanierungsbedarf herzuleiten und schließlich ein Angebot zu unterbreiten. Den Zuschlag erhält grundsätzlich derjenige Bieter, der den höchsten Preis für das Gelände zahlt beziehungsweise den niedrigsten Zuschuß für die Übernahme der Sanierung und die anschließende Wiederverwendung des jeweiligen Geländes fordert. Selbstverständlich kann bei der Entscheidung über den Zuschlag auch die Qualität des Nutzungskonzeptes berücksichtigt werden, mit anderen Worten, man muß nicht notwendig den Bieter mit dem höchsten Gebot zum Zuge kommen lassen. Aber aus dem Vergleich des von der Jury vorgezogenen Konzeptes mit dem Konzept des Höchst-Bieters würden die Kosten der Durchsetzung bestimmter Nutzungsvorstellungen für die Bürger transparent.

Ein solches Modell kann nicht kurzfristig in der Breite umgesetzt werden. Sowohl die staatlichen Organisatoren als auch die potentiellen Bieter(-konsortien) müssen Erfahrung im Umgang mit diesem Modell gewinnen. Dabei kann auf Erfahrungen mit der Privatisierung von Infrastruktureinrichtungen (zum Beispiel Kläranlagen, Verkehrswege) zurückgegriffen werden. Von staatlicher Seite sind zum Beispiel in einer öffentlich-rechtlichen Sanierungsvereinbarung (Tz. 219; TETTINGER und MANN, 1994) klare entwicklungsplanerische Festlegungen im Hinblick auf zulässige Nutzungen und damit auch nutzungsbezogene Sanierungsziele erforderlich. Ohne solche verbindlichen Vorgaben sind die mit Sanierungs und Nutzungsangeboten verbundenen Risiken für Private nicht beherrschbar. Selbst mit solchen Vorgaben müssen sie ja sowohl die Kostenrisiken (Erreichbarkeit der Sanierungsziele mit dem geplanten Budget) als auch die Marktrisiken (Realisierbarkeit der kalkulierten Erlöse aus der späteren Nutzung des Geländes) tragen. Dennoch ist nicht zu befürchten, daß sich keine Anbieter für solche Projekte finden ließen. Der neue Athener Großflughafen zum Beispiel soll nach einem solchen Modell gebaut und betrieben werden. Die Ausschreibung, die den Bau und zwanzigjährigen Betrieb des Flughafens umfaßt, führte zu einer genügenden Anzahl von Angeboten.

190. Verglichen mit dem Grundstücksfondsmodell hat das Ausschreibungsmodell den Vorteil, daß es unter Umständen zu erheblichem Zeitgewinn bei der Wiedernutzung der Altlastenflächen und vermutlich auch zu höheren Preisangeboten für die Eigentümer dieser Flächen führt. Damit wird die Bereitschaft der Eigentümer, diesem Verfahren zuzustimmen, erhöht. Andererseits mögen die Kommunen den Umstand, daß sie – abgesehen von allgemeinen Vorgaben – wenig Einfluß auf das Nutzungskonzept haben, als nachteilig empfinden, auch wenn sich über die Gestaltung der in der Ausschreibung enthaltenen Bedingungen ein erheblicher Einfluß auf das Nutzungskonzept ausüben läßt. Schließlich ist ohne entsprechende Pilotprojekte auch nicht klar, ob sich eine genügend große Zahl von Anbietern findet, so daß ein wirklicher Wettbewerb besteht. Denn nur dann können die Kommunen einigermaßen sicher sein, das Beste aus der jeweiligen Altlastenfläche gemacht zu haben.

1.6 Rechtliche Aspekte der Altlastensanierung

1.6.1 Gesetzliche Neuregelungen und Gesetzgebungsinitiativen des Bundes und der Länder

1.6.1.1 Zu den Regelungen der Länder

191. Das Bedürfnis nach praktikablen Regelungen für die Erfassung und Bewertung von Altlastverdachtsflächen sowie für die Planung und Durchführung von Sanierungsmaßnahmen für Altlasten hat die gesetzgebenden Körperschaften seit 1989 in den meisten Ländern zu Ergänzungen bereits bestehender Gesetze, zum Teil auch zu umfangreichen Neuregelungen veranlaßt. Infolgedessen bietet sich derzeit ein relativ uneinheitliches Bild von Ländergesetzen mit unterschiedlichen Ansatzpunkten und mit unterschiedlicher Regelungsdichte. Zum Erlaß eigener Gesetze mußten die Länder sich allein schon wegen ihrer Vollzugszuständigkeit aufgerufen sehen. Die Altlasten betreffenden Vorschriften wurden überwiegend im Abfallrecht angesiedelt, vereinzelt auch im Wasserrecht und neuerdings in Bodenschutzgesetzen. Ein Teil der Länder verfolgt dabei auch die Absicht, Rechtsgrundlagen für Sanierungsmaßnahmen zu schaffen, deren Zwecksetzung über die bloße Gefahrenabwehr hinausgeht und die deswegen nicht auf das allgemeine Polizeirecht gestützt werden können (SRU, 1989, Tz. 861).

Hierdurch entwickelten sich unterschiedliche, länderspezifische Begriffe von Verdachtsflächen, von Altlasten und unterschiedliche Sanierungsziele (Abschn. 1.1; Tab. 1.21). Diese Unterschiede beruhen auf jeweils unterschiedlichen Bestimmungen der Schutzgüter („Wohl der Allgemeinheit" entsprechend § 2 Abs. 1 Satz 2 AbfG, § 1a WHG in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz; „öffentliche Sicherheit und Ordnung" als polizeirechtlicher Zentralbegriff in Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen) und verschiedene Kriterien für die Einstufung als Verdachtsfläche oder als Altlast („Beeinträchtigungen" in Baden-Württemberg, „wesentliche Beeinträchtigungen" in Hessen, „Gefahr" bzw. „Gefährdung" in Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen).

192. In den meisten Landesgesetzen bildet der Umgang mit umweltgefährdenden Stoffen ein Element der Definition von Altstandorten, wie dies vom Umweltrat vorgeschlagen wurde (SRU 1989, Tz. 58). Die Landesgesetze von Hessen und Thüringen sehen dagegen von der Eingrenzung der Stoffe auf die sozusagen inhärent umweltgefährdenden ab und verla-

Tabelle 1.21

Übersicht der Altlastenregelungen der Länder

Stand: Juni 1994

Land Gesetz/Stand	Definition Verdachtsfläche	Definition Altlast	Kataster Erfassungstiefe	Sanierungsziel(e)
Schleswig-Holstein LAbfWG 14. 4. 93	–	–	Untersuchung von Altablagerungen	–
Hamburg HmbAbfG 9. 3. 94	–	–	–	Teilregelung für stillgelegte Abfallentsorgungsanlagen. Ziel: Zustand der Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit verhütet oder beseitigt
Niedersachsen NAbfG 7. 11. 91	–	AA und AS, von denen Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung ausgehen wegen der von ihnen ausgehenden Belastungen für Wasser, Boden und Luft	AA- und AS-Kataster mit Informationen zur Gefährdungsabschätzung und zu Gefahrenabwehr- und Sanierungsmaßnahmen	–
Nordrhein-Westfalen LAbfG 15. 12. 93	AA und AS, soweit hinreichender Verdacht besteht, daß von ihnen eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung ausgeht oder künftig ausgehen kann	AA und AS, sofern nach Einzeluntersuchung und Beurteilung durch die Behörde von ihnen eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung ausgeht	Erhebungsvorschriften; AA- und AS-Kataster mit Informationen über Untersuchung, Beurteilung, Sanierung und laufende Überwachung	–
Hessen HAbfAG 15. 12. 92	AA und AS einschl. aufgegebener militärischer Liegenschaften, soweit hinreichender Verdacht besteht, daß die Auswirkungen das Wohl der Allgemeinheit beeinträchtigen werden *Eigenständige Definition von Altstandorten:* Grundstücke, in denen so mit Stoffen umgegangen wurde, daß Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit nicht auszuschließen sind	AA und AS, wenn wesentliche Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit behördlich festgestellt wurde	AA-, AS- und Altlastenkataster; flächendeckende zentralisierte Erfassung, unterstützt durch Mitteilungspflichten und Betretungsrechte	Nachhaltige Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen *Außerdem* Sondervorschrift in § 77 Wassergesetz: Beseitigung von Gefahren, die eine schädliche Gewässerverunreinigung oder sonstige nachhaltige Veränderung seiner Eigenschaften besorgen lassen
Rheinland-Pfalz LAbfWAG 14. 7. 93	AA und AS, soweit nach der Erfassungsbewertung eine aktuelle oder zukünftige Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit zu besorgen ist	AA und AS, sofern von ihren Gefährdungen für die Umwelt, insbesondere für die menschliche Gesundheit ausgehen	AA-, AS- und Altlastenkataster; Erhebungsvorschriften; zentralisierte Erhebung	Herstellung eines dem Wohl der Allgemeinheit entsprechenden Zustandes und Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen

noch Tabelle 1.21

Land Gesetz/Stand	Definition Verdachtsfläche	Definition Altlast	Kataster Erfassungstiefe	Sanierungsziel(e)
Baden-Württemberg LAbfG 8. 1. 90	AA und AS, soweit die Besorgnis besteht, daß durch sie das Wohl der Allgemeinheit beeinträchtigt ist oder künftig beeinträchtigt wird. Explizit ausgeschlossen sind landwirtschaftlich genutzte Flächen	AA und AS, wenn eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit von ihnen ausgeht	Verdachtsflächen- und Altlastendatei; Erfassung, soweit erforderlich Erhebungen; Erkundungen nach Ermessen	Bei AA Herstellung eines dem Wohl der Allgemeinheit entsprechenden Zustandes; bei AS zusätzlich Beseitigung der Besorgnis einer Verunreinigung des Wassers
Bayern BayAbfAlG 27. 2. 91	AA und AS, wenn eine Gefahr für die öffentliche Ordnung zu vermuten ist, deren Vorliegen erst nach weiteren Untersuchungen bejaht oder verneint werden kann	AA und AS, wenn nach Gefährdungsabschätzung eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung feststeht und Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind	AA- und AS- und Altlasten-Kataster einschließlich Maßnahmen zur Überwachung und Sanierung; Überwachung der Ergebnisse	–
Saarland SAbfG 3. 6. 87	–	–	Altablagerungskataster	–
Brandenburg AbfG 20. 1. 92	wie Nordrhein-Westfalen	wie Nordrhein-Westfalen	wie Nordrhein-Westfalen	Sanierung beschränkt auf Gefahrenabwehr
Mecklenburg-Vorpommern AbfAlG M-V 4. 8. 92	wie Bayern	wie Bayern	wie Bayern	–
Sachsen EGAB 12. 8. 91	AA und AS (ohne Einschränkung)	Keine; Oberbegriff Bodenbelastung: Veränderung der Beschaffenheit des Bodens, insbesondere durch stoffliche Einwirkung, bei der die Besorgnis besteht, daß die Bodenfunktionen erheblich und nachhaltig beeinträchtigt werden	–	Sanierung beschränkt auf Gefahrenabwehr; spezialgesetzliche Ermächtigung zu Ordnungsmaßnahmen
Sachsen-Anhalt AbfG LSA 14. 11. 91	AA und AS einschl. öffentlicher Einrichtungen sowie Leitungs- und Kanalsysteme, soweit die Besorgnis besteht, daß von ihnen Gefährdungen für die Umwelt, insbesondere die menschliche Gesundheit ausgehen oder künftig zu erwarten sind. Explizit ausgeschlossen sind Stoffeinträge aus der Landwirtschaft sowie über die Luft oder das Wasser vermittelte	wie Rheinland-Pfalz	wie Rheinland-Pfalz	wie Rheinland-Pfalz

noch Tabelle 1.21

Land Gesetz/Stand	Definition Verdachtsflächen	Definition Altlast	Kataster Erfassungstiefe	Sanierungsziel(e)
Thüringen ThAbfAG 31. 7. 91	AA, soweit hinreichender Verdacht besteht, daß die Auswirkungen das Wohl der Allgemeinheit wesentlich beeinträchtigen werden AS, in denen so mit Stoffen umgegangen wurde, daß hinreichender Verdacht besteht, daß Wasser, Boden oder Luft wesentlich beeinträchtigt sind oder künftig beeinträchtigt werden.	AA und AS, wenn feststeht, daß von ihnen wesentliche Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit ausgehen	Verdachtsflächendatei; Erhebungsvorschriften, unterstützt durch Mitwirkungspflichten und Betretungsrechte	wie Hessen
Bremen und Berlin hanben keine gesetzlichen Altlastenregelungen				SRU

Abkürzungen: AA = Altablagerung AS = Altstandort

gern das Moment der Umweltgefährlichkeit auf den Modus des Umgangs mit Stoffen, wobei Stoffe jeglicher Art einbezogen sind. Diese Akzentverschiebung hat den Vorteil, daß sie auch Stoffe erfaßt, deren Umweltgefährdungspotential erst später erkannt wird. „Hinreichender Verdacht" ist ein relativ unscharfes Unterscheidungskriterium, so daß bei einer nicht ganz engen Auslegung zunächst praktisch jedes Grundstück mit einer stillgelegten Anlage als Verdachtsfläche anzusehen ist. Strenggenommen zwingt die Akzentuierung des *Umgangs* zu einer Erkundung mit unter Umständen aufwendigen Nachforschungen über Einzelheiten früherer Betriebsabläufe, deren Erkenntnisgewinn nicht immer in einem angemessenen Verhältnis zum Aufwand stehen dürfte.

193. Die Vollzugserfahrungen mit diesen Gesetzen sind noch nicht umfassend genug, um abschätzen zu können, ob die Unterschiede zwischen den Länderregelungen sich auf den Erfolg von Sanierungsmaßnahmen oder in der Folge auf die Boden- und Grundwasserqualität insgesamt auswirken werden. Eine solche länderspezifische Entwicklung ist umweltpolitisch bedenklich, erscheint aber auch vor dem Hintergrund der Standortkonkurrenz der Länder untereinander nicht sinnvoll.

Der Umweltrat würdigt die Bemühungen der Länder, die Erfassung, Bewertung und Sanierung von Altlasten in eigener Verantwortung zu regeln, betont jedoch gleichzeitig, daß die politische Zielvorstellung vergleichbarer Lebensverhältnisse in den Ländern auch in annähernd gleichen Vorschriften über die Behandlung von Altlasten und den damit implizierten Umweltqualitätszielen zum Ausdruck kommen sollte.

1.6.1.2 Zum Entwurf des Bundes-Bodenschutzgesetzes und der Bodenschutz- und Altlastenverordnung

194. Der Umweltrat begrüßt die Initiative des Bundes, Regelungen über die Erfassung und Sanierung von Altlasten zu erlassen. Es ist jedoch keineswegs zwingend, diese Regelungen in einem Bodenschutzgesetz zu treffen, wie dies der Entwurf eines Bundes-Bodenschutzgesetzes (E.-BBodSchG) vorsieht (SRU, 1993, Tz. 1). Vielmehr läßt die Altlastenproblematik mit der von ihr ausgehenden Gefährdung auch des Grundwassers, das nicht zu den unmittelbaren Schutzgütern des Bodenschutzgesetzes gehören soll (vgl. § 2, 1. Hs. Nr. 2), ein eigenständiges Altlastengesetz, das die ganze Breite möglicherweise beeinträchtigter Schutzgüter abdeckt, als Alternative erscheinen – auch gegenüber der von anderen geforderten Verankerung im Abfallrecht (FEHLAU, 1993, S. 638). Auch wenn nicht zu verkennen ist, daß die beim Ansatz der Bundesregierung gegebene Möglichkeit, für Bodenbelastungen Prüf- und Maßnahmenwerte nach einheitlichen Gesichtspunkten aufzustellen, Vorteile im Sinne eines übergreifenden Bodenschutzes aufweist, spricht doch die Grundwasserproblematik für eine besondere Regelung. Im vorliegenden Entwurf des Bundes-Bodenschutzgesetzes werden im übrigen Vor- und Nachsorgeregelungen in einem Gesetz vereint. Dies hat die Kritik ausgelöst, es würden Defizite des vorsorgenden Instrumentariums perpetuiert und auch für die Altlastensanierung keine wesentlichen substantiellen Verbesserungen erreicht (OTT, 1994).

Der Umweltrat hat die Notwendigkeit der Vorgabe einheitlicher Prüf- und Maßnahmenwerte sowie Anforderungen an Dekontaminations- und Sicherungs-

maßnahmen bereits im Sondergutachten Altlasten hervorgehoben (SRU, 1989, Tz. 428, 440ff.); darüber hinaus sind auch Vorschriften zur Überwachung der Sanierung und ihres Erfolges erforderlich sowie schließlich die Errichtung eines bundesweiten Altlastenkatasters, das auch die militärischen Altlasten erfassen müßte (SRU, 1993, Tz. 6).

195. Diese Regelungen sollten jedoch lediglich einen Rahmen schaffen und nur diejenigen Regelungsgegenstände erfassen, bei denen eine bundesweit einheitliche Praxis im Sinne von Mindestkriterien sich als zwingend erforderlich erwiesen hat, insbesondere für die Erfassung, Untersuchung und Bewertung von Altlasten. Die bisherigen Erfahrungen aus der Bewältigung der Altlasten sind bei den Länderbehörden gesammelt, und es erscheint im Interesse dieser Aufgabe sinnvoll, wenn die Regelungskompetenz im wesentlichen denjenigen vorbehalten bleibt, die für den Vollzug verantwortlich sind. Durch verfahrensrechtliche Vorgaben, wie zum Beispiel eine Ermächtigung der Behörden zur förmlichen Feststellung einer Altlast in komplexen Fällen oder aber der Verpflichtung zur Entlassung eines Grundstücks aus der Verdachtsflächendatei nach Abschluß der Bewertung, kann Bundesrecht für notwendige Klarstellungen sorgen. Andererseits müssen gerade die zu erwartenden untergesetzlichen Bodenschutzvorschriften einen klar definierten Anwendungsbereich haben und von einem übergroßen Regelungsperfektionismus freigehalten werden. Den Behörden vor Ort kann weder die Entscheidung noch die ihr zugrundeliegende Abwägung abgenommen werden, im Interesse der Allgemeinheit geeignete, aber auch individuell den Betroffenen zumutbare Maßnahmen auszuwählen. Die Regelungen sollten deshalb keinen Automatismus der Sanierung einführen, sondern die Dispositionsfreiheit des Grundstückseigentümers beachten. Will dieser eine belastete Fläche unsaniert lassen, so steht ihm das so lange frei, wie keine rechtlich geschützten Interessen der Allgemeinheit entgegenstehen. Eine solche Wahlmöglichkeit besteht demnach (nur), solange keine Schadstoffe austreten und eines der Schutzgüter konkret gefährden.

196. Eine eindeutig gefaßte Ermächtigung für Untersuchungsanordnungen ist in § 17 Abs. 2 in Verbindung mit § 12 des Gesetzes vorgesehen. Sie richtet sich an den Verursacher wie an den Grundstückseigentümer oder den Inhaber der tatsächlichen Gewalt, der die Untersuchung selbst durchzuführen beziehungsweise zu veranlassen hat. Die Kostentragungspflicht nach § 25 Abs. 1 folgt dieser eigenständigen Untersuchungspflicht. Damit vermeidet das Gesetz die Probleme, die aus der bisherigen Rechtslage folgen, nach der die Kosten einer von der Behörde durchgeführten Untersuchung dem Grundstückseigentümer nur dann angelastet werden können, wenn diese seine Verantwortlichkeit ergeben hat (VGH Baden-Württemberg, NVwZ 90, 784), anderenfalls er aber als Nichtstörer zu entschädigen ist (BGHZ 117, 303). Damit werden dem Grundstückseigentümer Pflichten auferlegt, die ihn bisher nicht trafen (GÖTZ, 1994, S. 655), die jedoch durch die in § 12 E.-BBodSchG angeordnete abgestufte Vorgehensweise begrenzt werden.

Hinsichtlich der Kosten enthält § 25 Abs. 4 eine Obergrenze der Belastung des Eigentümers, der weder Verursacher ist noch bei der Begründung des Eigentums Kenntnis von der Altlast hatte; daß die zu tragenden Kosten den Verkehrswert des Grundstücks erreichen können, ist zwar im Einzelfall eine harte Belastung, entspricht aber noch dem Gebot der Verhältnismäßigkeit. Diese Obergrenze muß erst recht für den Eigentümer eines Grundstücks gelten, dessen Untersuchung einen bestehenden Altlastenverdacht ausgeräumt hat; insofern erscheint die ersichtlich vom umgekehrten Fall ausgehende Regelung klarstellungsbedürftig (PAPIER, 1994, S. 814).

197. Das Bundes-Bodenschutzgesetz ist in erheblichem Maße auf eine Konkretisierung durch untergesetzliche Ausführungsbestimmungen angewiesen, um handhabbar zu sein. Hierzu stellt der Entwurf die erforderlichen Ermächtigungsgrundlagen bereit (u. a. §§ 9, 21 E.-BBodSchG). Der derzeit vorliegende Diskussionsentwurf einer Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 16. Juni 1994 füllt diese Ermächtigung aus. Die Verordnung schreibt für den Umgang mit Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen durch stoffliche Einwirkungen die in der Praxis bereits zumeist angewendeten beziehungsweise in der Literatur empfohlenen Kriterien und Vorgehensweisen fest. So ist grundsätzlich etwa ein schrittweises Vorgehen bei der Untersuchung und Bewertung stofflicher Bodenbelastungen vorgesehen. Art und Umfang von Erfassung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung werden dabei jeweils detailliert beschrieben.

Untergesetzliche Regelwerke sollen generelle sachliche Anforderungen definieren und unbestimmte Rechtsbegriffe möglichst in meßbare Größen umsetzen. Dadurch soll ein einheitlicher und effektiver Vollzug von Normen erleichtert oder überhaupt erst ermöglicht werden, die auf die Verwendung unbestimmter Rechtsbegriffe angewiesen sind. Auf diese Weise kann die exakte Voraussage der Rechtsfolge und dadurch die Rechtssicherheit für die betroffenen Personen erhöht, durch eine schnellere Entscheidungsfindung die Dauer behördlicher Verfahren verkürzt sowie die Entscheidungsakzeptanz vergrößert werden (SCHRADER, 1989, S. 289; JARASS, 1987, S. 1225).

Dieses im Umweltrecht gängige und weitgehend akzeptierte Konzept birgt allerdings bereits in allgemeiner Hinsicht eine Reihe wesentlicher Probleme und Kritikpunkte, etwa hinsichtlich der wissenschaftlichen Begründung der Werte und des Verfahrens ihrer Festsetzung sowie ihrer Verbindlichkeit (BÖHM, 1994, S. 132ff.; BÜCKMANN, 1992, S. 150ff.; SALADIN, 1989, S. 39f.). Bei Zahlenwerten zum Schutz des Bodens treten dabei noch einmal besondere Schwierigkeiten auf. In der Literatur sind bestimmte Kriterien für solche Ausführungsvorschriften beziehungsweise in ihnen enthaltene Grenzwerte entwikkelt worden (HAHN, 1993, S. 377ff.; HEIERMANN, 1992, S. 296f.; SRU, 1989, Tz. 842ff.). Daran ist der vorliegende Entwurf der Bodenschutz- und Altlastenverordnung, soweit dies bereits möglich ist, zu messen.

198. Auffällig ist das Fehlen einer Vorschrift, die sich ausdrücklich mit der Prioritätensetzung bei der Sanierung von Altlasten befaßt und hierfür Kriterien vorgibt. Eine entsprechende Ermächtigungsgrundlage wurde in den aktuellen Gesetzentwurf auch nicht mehr aufgenommen. § 24 Satz 1 Halbsatz 1 des Verordnungsentwurfs weist lediglich auf die Möglichkeit hin, Sanierungsmaßnahmen erst zu einem späteren Zeitpunkt durchzuführen. Wegen der großen Zahl von Verdachtsflächen einerseits und begrenzter finanzieller, technischer und personeller Ressourcen andererseits erscheint dies notwendig. Grundsätzlich können für die Prioritätensetzung allerdings keine anderen Kriterien als für die Gefährdungsabschätzung gelten (SRU, 1989, Tz. 851). Eine Klarstellung, welche Kriterien bei der Prioritätensetzung eine Rolle zu spielen haben, wäre zur Sicherstellung einer bundeseinheitlichen Vorgehensweise empfehlenswert.

199. Der Verordnungsentwurf schreibt in Übereinstimmung mit der überwiegenden Auffassung in Literatur und Praxis eine nutzungs- und schutzgutbezogene Bewertung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen durch stoffliche Einwirkungen vor. Zwar bestehen insbesondere aus geowissenschaftlicher Sicht Bedenken gegen die Anwendung nutzungsbezogener Kriterien bei der Bewertung von Bodenverunreinigungen (HEIERMANN, 1992, S. 296; BICKEL, 1991, § 16 Anm. 26); nach Auffassung des Umweltrates ist jedoch aus rechtlichen und praktischen Gründen an einer nutzungsbezogenen Bewertung festzuhalten.

Vorgesehen für die Bewertung ist insbesondere die Heranziehung von Bodenwerten einschließlich entsprechend ausgestalteter Probenahme- und Analyseverfahren. Die einzelnen Wertetabellen liegen noch nicht vor (Abschn. 1.3.5). Soweit ersichtlich, soll Anhang A der Verordnung in drei Tabellen Prüf- und Maßnahmenwerte enthalten: Tabelle 1 Maßnahmen- und Prüfwerte, die auf das Schutzgut menschliche Gesundheit bezogen sind, die Tabellen 2 und 3 Prüfwerte für andere Schutzgüter (Grundwasser, Pflanzen, Bodenorganismen). Dabei sollen in Tabelle 2 sowohl bestimmte anorganische als auch organische Stoffe erfaßt werden, während Tabelle 3 Werte für den mobilisierbaren – mit den dafür vorgeschriebenen Mitteln eluierbaren – Gehalt an anorganischen Stoffen enthalten wird. Die Bodenschutz- und Altlastenverordnung des Bundes dürfte damit in dieser Beziehung der bereits vorliegenden „Verwaltungsvorschrift Anorganische Schadstoffe" des Landes Baden-Württemberg ähneln (ROSENKRANZ et al., 1994). § 10 Abs. 7 der Verordnung des Bundes schreibt die Berücksichtigung von Hintergrundwerten bei der Bewertung vor, allerdings nur bei „hohen, für den Standort typischen Hintergrundwerten"; diese Hintergrundwerte können aus den Bodeninformationssystemen der Länder entnommen werden.

200. Da die Werte lediglich den schadstoffinhärenten Aspekt des Gefährdungspotentials für einen durchschnittlichen Regelfall erfassen können, sollten die Maßstäbe mit einem Relativierungsvorbehalt für den Einzelfall versehen sein und insbesondere die jeweilige Bodenart berücksichtigen. § 10 Abs. 4 der Verordnung sieht ein Abweichen von den standardisierten Maßnahmenwerten nur unter relativ engen Voraussetzungen vor („in der Regel"). Für die Prüfwerte, bei denen eine entsprechende Vorschrift fehlt, dürfte eine ausdrückliche Regelung nicht erforderlich sein, da bei deren Überschreitung ohnehin eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen ist. Die Maßnahmenwerte dagegen müssen in jedem Fall berücksichtigen, daß die einzelnen Bodentypen eine unterschiedliche Belastbarkeit an den unterschiedlichen Standorten haben. Es kann also keinen allgemeingültigen Wert für einen bestimmten Schadstoff in allen Böden an allen Standorten geben. Diese Differenzierung läßt sich dem § 21 Abs. 1 Nr. 2 des Gesetzentwurfs nicht mit der erforderlichen Klarheit entnehmen und ist, soweit erkennbar, auch für die Verordnung nicht vorgesehen. Eine Differenzierung allein nach den gegebenen Nutzungsfunktionen ist nicht ausreichend, vielmehr muß sie auch die für die Schadstoffausbreitung relevanten Parameter wie pH-Wert und Tongehalt einbeziehen; es wäre widersprüchlich, wenn diese nur bei schädlichen Bodenveränderungen durch aktuelle stoffliche Einwirkungen berücksichtigt würden, wie es § 31 Abs. 1 Nr. 1 des Verordnungsentwurfs vorsieht.

201. Gemäß § 4 soll die Verordnung keine Anwendung finden auf schädliche Bodenveränderungen und Altlasten, deren Gefährdungspotential aufgrund des Stoffinventars gering ist und die nach Volumen und Fläche unbedenklich sind sowie mit typischerweise geeigneten einfachen Maßnahmen beseitigt werden können („Geringfügigkeitsklausel"), was aus mehreren Gründen problematisch ist. Um feststellen zu können, ob überhaupt eine schädliche Bodenveränderung beziehungsweise eine Altlast vorliegt oder nicht, ist die Anwendung der Verordnung erforderlich. Die in § 4 der Verordnung enthaltenen Begriffsbestimmungen sind in hohem Maße konkretisierungsbedürftig. Die Ausnahmeregelung darf sich also nicht auf die Untersuchung und Bewertung beziehen, sondern nur auf gegebenenfalls zu ergreifende Maßnahmen. Von daher ist im Wortlaut der Vorschrift („diese Verordnung") eine Einschränkung erforderlich. Hinsichtlich der Bewertung schreibt § 10 Abs. 4 Satz 2 im übrigen vor, daß bei einer Überschreitung der Maßnahmenwerte, die sich auf das hochrangige Schutzgut menschliche Gesundheit beziehen, in der Regel keine weiteren Untersuchungen bezüglich der untersuchten Stoffe und Gefährdungspfade erforderlich sind. Grundsätzlich zeigt eine Überschreitung dieser Werte bereits das Vorliegen einer Altlast an und soll entsprechende Maßnahmen auslösen. Für diese Fälle eines „Beinahe-Bewertungsautomatismus" kann § 4 jedenfalls nicht gelten.

Zur Anlastung der Sanierungskosten

202. Der Entwurf des Bundes-Bodenschutzgesetzes (E.-BBodSchG) führt in § 18 Abs. 1 eine öffentlichrechtliche Pflicht zur Selbstvornahme der Sanierung ein, die keiner Konkretisierung durch einen Verwaltungsakt bedarf. Die Behörde kann allerdings vom Sanierungsverpflichteten die Vorlage eines Sanierungsplans verlangen; dessen Genehmigungsbedürftigkeit zu bestimmen – wie z. B. nach § 20 Abs. 1

Satz 4 HAbfAG – ist den Ländern freigestellt. Eine behördliche Sanierungsplanung ist nach § 20 E.-BBodSchG nur vorgesehen, wenn eine angeordnete Planung nicht oder nicht rechtzeitig vorgelegt wird oder ein Verpflichteter nicht rechtzeitig herangezogen werden kann.

Diese Abkehr vom Ausgangspunkt der meisten der bestehenden Länderregelungen zieht von diesen abweichende Kostenteilungsregeln nach sich. Zwar folgt auch nach den Grundsätzen des § 25 E.-BBodSchG die finanzielle der materiellrechtlichen Verantwortlichkeit und liegt damit bei dem zur Sanierung Verpflichteten. Während jedoch nach der hessischen Regelung (§ 18 Abs. 1 Satz 1 HAbfAG) diejenigen Grundstückseigentümer, die sich in einer „Opferposition" befinden, schon von der materiellrechtlichen Verantwortlichkeit frei sind, werden sie im Entwurf des Bundes-Bodenschutzgesetzes nur hinsichtlich der Kostentragung entlastet. § 18 Abs. 1 Satz 1 E.-BBodSchG nimmt keinen Eigentümer von der Sanierungsverantwortlichkeit aus, sondern gewährleistet die vom Eigentumsschutz gebotene (BVerwG, Beschl. v. 14.12.1990, NVwZ 91, 475) Entlastung nur hinsichtlich der Kosten (§ 25 Abs. 4). Die Regelung schließt sich eng an die Vorgaben des Bundesverwaltungsgerichts an und sieht eine Plafondierung der vom Eigentümer zu tragenden Kosten vor. Die Zumutbarkeitsgrenze wird dabei beim Wert des Grundstücks nach der Sanierung angesetzt. Wenn keine konkrete Verkaufsabsicht besteht oder die planungsrechtliche Situation nicht geklärt ist, kann die Ermittlung eines Marktwertes schwierig sein. Insgesamt stellt das im Entwurf vorgesehene Vorgehen jedoch einen angemessenen Ausgleich zwischen dem öffentlichen Interesse an der Heranziehung des Sanierungspflichtigen und den Grenzen der Sozialpflichtigkeit des Eigentums dar.

203. Eine weitere praktisch bedeutsame Frage ist die der Kostenverteilung zwischen mehreren Verpflichteten, insbesondere zwischen Zustands- und Handlungsstörer. § 25 Abs. 6 E.-BBodSchG überläßt die endgültige Lastenverteilung einem zivilrechtlichen Ausgleichsanspruch, dessen Maßstab der jeweilige Verursachungsanteil ist; die gesetzlich angeordnete entsprechende Anwendung des § 426 Abs. 1 Satz 2 BGB vermeidet die Zweifelsfragen bei dessen analoger Anwendung (KOHLER-GEHRIG, 1992). Wer alleine im Wege der Zustandshaftung in Anspruch genommen wird, dem bleibt es überlassen, seine Ansprüche gegen den Verursacher durchzusetzen. Ein solcher Ausgleichsanspruch wird jedoch oft kaum durchsetzbar sein, sei es wegen mangelnder Leistungsfähigkeit des Verursachers beziehungsweise dessen Rechtsnachfolgers, sei es, weil dem aktuellen Grundstückseigentümer die notwendigen Informationen zum Nachweis der Verursachung durch den vorigen Nutzer fehlen.

Der Umweltrat empfiehlt demgegenüber, den Behörden nach dem Muster des hessischen Rechts die Möglichkeit zu eröffnen, die Kostenverteilung selbst vorzunehmen. Da die Behörden auch die historische Erkundung vorgenommen haben, werden sie in der Regel zu einer sachgerechten Abschätzung der Verursachungsanteile imstande sein. Damit besteht zumindest die Chance, eine den Interessen der Beteiligten gerecht werdende Regelung zu treffen und sie nicht zur Führung von Zivilprozessen mit unvermeidlichen Beweisproblemen faktisch zu zwingen. Eine derartige gesetzliche Ermächtigung wird auch am besten dem rechtsstaatlichen Erfordernis gerecht, daß den Bürger belastende Regelungen der gesetzlichen Grundlage bedürfen. Zudem hat eine derartige Entkoppelung von materieller Pflicht zur Vornahme oder Duldung der Sanierung und andererseits der Kostentragung den Vorteil, daß die Auswahl des zur Sanierung Herangezogenen sich alleine an Gesichtspunkten der Zweckmäßigkeit und Effektivität orientieren kann (GÖTZ, 1985, Rz. 236) und nicht durch Erwägungen über eine gerechte Kostenverteilung beeinflußt wird, wie sich an mancher Gerichtsentscheidung ablesen läßt (z. B. VGH Baden-Württemberg, ZUR 94, S. 142, 145).

204. Schließlich ergeben sich Fragen der Kostentragung bei Grundstücken, für die eine empfindlichere als die bisherige Nutzung angestrebt wird, so daß ein Niveau der Sanierungsmaßnahmen gewünscht wird, das über das von der Gefahrenabwehr Gebotene hinausgeht. §§ 11 Abs. 1 und 13 Abs. 1 Satz 2 sowie § 14 Abs. 2 des Entwurfs einer Bodenschutz- und Altlastenverordnung machen die Folgenutzung zum Maßstab für die Auswahl von Sanierungsmaßnahmen beziehungsweise die Festlegung von Sanierungszielwerten. Darin liegt eine Problematik, weil die Kommune aus städtebaulichen Gründen ein Interesse an der Ausweisung hochwertigen Geländes mit der Möglichkeit vielfältiger künftiger Nutzungen hat, die weitergehende Sanierungsmaßnahmen voraussetzen. Das Gesetz sollte dieser Problematik durch eine Begrenzung der nach § 25 anlastbaren Sanierungskosten Rechnung tragen beziehungsweise eine Kostenteilung vorsehen, bei der der Sanierungsverpflichtete die Kosten des unter dem Gesichtspunkt der Gefahrenabwehr Gebotenen trägt, während die durch eine weitergehende Sanierung verursachten Mehrkosten der Gemeinde zur Last fallen. Es ist nicht zu verkennen, daß eine derartige Aufteilung von Fall zu Fall Abgrenzungsschwierigkeiten aufwerfen wird, doch erscheint sie gerade bei innerstädtischen Altstandorten mit einem überschaubaren Stoffinventar durchaus möglich. Eine Überforderung der Sanierungsverpflichteten könnte auf diese Weise ebenso vermieden werden wie eine städtebaulich unerwünschte Einschränkung der Nutzbarkeit früherer innerstädtischer Gewerbe- und Industriestandorte.

1.6.2 Rechtliche Rahmenbedingungen für Bodenreinigungsanlagen

205. Ausgehobener verunreinigter Boden ist Abfall, und zwar besonders überwachungsbedürftiger Abfall (§ 1 Abs. 1 AbfBestV in Verbindung mit der Anlage, Abfallschlüssel Nrn. 314 24 oder 314 23), so daß Bodenreinigungsanlagen den für den Umgang mit diesen Abfällen geltenden Regelungen unterliegen. Nach dem bisherigen Recht folgt die jedenfalls vorübergehende Abfalleigenschaft ausgehobenen kontaminierten Bodens daraus, daß beide Elemente des objektiven Abfallbegriffs (§ 1 Abs. 1 Satz 1, 2. Alter-

native AbfG) gegeben sind: die Gefährdung des Allgemeinwohls durch die Sache in ihrem konkreten Zustand und das Gebotensein der geordneten Entsorgung als einziger Möglichkeit, der Gefährdung zu begegnen. Aus dem Begriff des Gebotenseins hatte das Bundesverwaltungsgericht (DÖV 1993, 1045) in Abgrenzung zum Begriff des Wirtschaftsgutes abgeleitet, daß nicht jede Gefährdung des Gemeinwohls die Abfalleigenschaft begründe, weil dessen Gewährleistung bei der weiteren Verwendung einer Sache dem speziellen Ordnungsrecht obliege, wie zum Beispiel dem Chemikaliengesetz oder dem Bundes-Immissionsschutzgesetz. Das Abfallrecht als spezielles Gefahrenabwehrrecht greife erst ein, wenn ein Entledigungsinteresse des Besitzers eine spezifische Gefahrenlage schaffe; diese sei nicht gegeben, wenn ein Markt für die Sache bestehe. Für kontaminierten Boden besteht jedoch kein Markt, so daß eine Wiederverwendung erst nach der Behandlung, die auch die Dekontamination umfaßt (HÖSEL, und v. LERSNER, 1993; Kennz. 1110, Rdnr. 17), in Frage kommt. Die grundsätzliche Wiederverwendbarkeit steht der Abfalleigenschaft nicht entgegen (§ 1 Abs. 1 Satz 2 AbfG; BGH, NuR 91, 499). Dieses vom herkömmlichen deutschen Sprachgebrauch abweichende Verständnis des Abfallbegriffs wird durch die Vorgaben der Richtlinie 75/442/EWG und deren Auslegung durch den Europäischen Gerichtshof nahegelegt, derzufolge das nationale Abfallrecht wiederverwendbare Stoffe nicht aus dem abfallrechtlichen Regime ausschließen darf (Urteil v. 28.3.1990, Slg. I 1990, 1461 und 1509), wenngleich dies nicht unbedingt bedeutet, daß das nationale Recht der Systematik der Richtlinie folgen müßte.

206. Die demnach einschlägigen abfallrechtlichen Regeln wurden in den vergangenen zwei Jahren weitgehend verändert. Einer Zulassung nach dem Abfallrecht bedürfen Bodenreinigungsanlagen in keinem Falle mehr, da die anlagenbezogenen Bestimmungen des Abfallgesetzes nur noch die Errichtung und den Betrieb von Deponien umfassen; vielmehr unterliegen sie als Anlagen zur Lagerung oder Behandlung von Abfällen den abfallrechtlichen Bestimmungen des Immissionsschutzrechts (§ 7 Abs. 1 und 2 AbfG in der Fassung des Investitionserleichterungs- und Wohnbaulandgesetzes vom 22.4.1993, BGBl I, S. 466). Bodenreinigungsanlagen sind demnach in rechtlicher Hinsicht Anlagen zur Behandlung von Abfällen, die den Vorschriften des Bundes-Immissionsschutzgesetzes unterliegen und durch die Aufnahme in den Anhang der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) genehmigungsbedürftig geworden sind. Abfallrechtliche Planfeststellungen sind daher nicht mehr erforderlich, und das Problem, daß der Antragsteller auch bei Vorliegen der materiellrechtlichen Voraussetzungen keinen Anspruch auf eine Planfestellung hat (SONDERMANN und STEINER, 1993, S. 2; SRU, 1989, Tz. 353), besteht nicht mehr.

207. Weitere Veränderungen wird das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (Krw/AbfG; BGBl 1994 1, 2705) nach sich ziehen, wenn es im Oktober 1996 in allen Teilen in Kraft treten wird. In seiner Terminologie, die den begrifflichen Vorgaben des EU-Abfallrechts folgt, handelt es sich bei diesen Böden um Abfälle zur Beseitigung, weil Hauptzweck der Bodenreinigung die Beseitigung des Schadstoffpotentials und nicht die Wiederverwendung des gereinigten Bodensubstrats ist und die Reinigung somit kein Verwertungsverfahren darstellt (§§ 4 Abs. 3, 10 Abs. 2 Satz 4 Krw/AbfG). Bodenreinigungsverfahren unterliegen dem abfallrechtlichen Regime in jedem Falle, da sie entweder der Gruppe D 2 (Behandlung im Boden), D 8 (Biologische Behandlung), D 9 (Chemisch-physikalische Behandlung) oder D 10 (Verbrennung an Land) des Anhangs II A zu § 3 Abs. 2 des Krw/AbfG zugehören. Die Beseitigung durch Bodenreinigung trennt den einheitlichen Abfall „kontaminierter Boden" in zwei Fraktionen: den gereinigten Boden, der dann Abfall zur Verwertung wird, und die entnommenen Schadstoffe, die, wenn sie oder einzelne ihrer Bestandteile nicht ihrerseits verwertet werden können, Abfälle zur Beseitigung darstellen. Die Verwertung des gereinigten Bodens kann sodann in der Wiederverwendung für den ursprünglichen Zweck liegen (§ 4 Abs. 3 Krw-/AbfG).

Da aber durch die Reinigung der Boden von der einen zur anderen Abfallkategorie „angehoben" wird und damit das frühere Problem der Abgrenzung zwischen Abfall und Wirtschaftsgut unter neuer Einkleidung wieder auftaucht, bedarf es klarer Maßstäbe dafür, wann die Verwertung zulässig ist, das heißt, Höchstwerte für nach der Bodenreinigung verbliebene Schadstoffe müssen die Ungefährlichkeit der Wiederverwendung des Bodensubstrats sicherstellen.

208. Bei den für einen längeren Zeitraum an einem Standort eingesetzten Bodenreinigungsanlagen bestimmt nach Nr. 8.7 des Anhangs zur 4. BImSchV die Sanierungstechnik darüber, ob das volle immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren durchgeführt werden muß – so bei Anlagen, die auch von anderen Standorten entnommenen Boden reinigen – oder ob lediglich das vereinfachte Verfahren nach § 19 BImSchG ohne Beteiligung der Öffentlichkeit durchlaufen werden muß; dies gilt, wenn ausschließlich am Standort entnommener Boden gereinigt wird. Dieses Abgrenzungskriterium ist auch besser geeignet, das eher von der Anlagenkapazität abhängige Belastungspotential zu erfassen und die Anlagengenehmigung dem angemessenen Verfahrenstyp zuzuordnen als die Unterscheidung zwischen mobilen und stationären Anlagen, weil moderne mobile Anlagen über große Kapazitäten verfügen und gleichsam „temporär stationär" arbeiten, das heißt, für die Dauer ihres Verbleibs an einem Standort auch Böden bearbeiten, die aus anderen nahegelegenen Standorten entnommen wurden.

Mit dem Verzicht auf die immissionsschutzrechtliche Genehmigung bei den weniger als zwölf Monate an einem Standort betriebenen Anlagen entfällt auch deren Konzentrationswirkung (§ 13 BImSchG), die zwar wasserrechtliche Erlaubnisse nicht einschloß, wohl aber Baugenehmigungen, die nun separat eingeholt werden müssen, denn nach den Bauordnungen der meisten Länder sind sowohl die Bodenreinigungsanlage selbst als unter Umständen auch die Aufschüttung ausgehobenen Bodens genehmigungsbedürftig (REIDT, 1993, S. 862). Es gibt hiervon aller-

dings eng begrenzte Ausnahmen, wenn Aufschüttungen oder Abgrabungen bestimmte Raummaße unterschreiten oder wenn eine Anlage der Aufsicht der Wasserbehörde unterliegt und unter der technischen Leitung eines Mitglieds des öffentlichen Dienstes steht (z. B. § 52 Abs. 1 Nrn. 14, 17 der baden-württembergischen Landesbauordnung).

Mobile Anlagen und Versuchsanlagen

209. Der Umweltrat hat die Bedeutung mobiler Anlagen bei der Altlastensanierung hervorgehoben und sich ausführlich mit den in diesem Zusammenhang auftretenden Rechtsfragen auseinandergesetzt (SRU, 1989, Tz. 874ff.). Die Genehmigungspraxis für diese Anlagen wurde in den folgenden Jahren vor allem von Sanierungspraktikern – zum Teil heftig – kritisiert. Hauptgründe dieser Kritik waren die rechtliche Unsicherheit über Genehmigungserfordernisse nach verschiedenen Fachgesetzen (BImSchG, AbfG, WHG) und die daraus erwachsenden Probleme der Wahl des einzuschlagenden Verfahrens sowie der Behördenabstimmung (ARGE Bauartzulassungen, 1993, S. 17f.), schließlich die daraus folgende lange Dauer der Verfahren, die sich zum Teil über mehrere Jahre hinzogen (Institut für Umweltschutz, 1991, S. 4 f.).

Dies wird vielfach nicht mehr der Fall sein, weil ein erheblicher Teil der in Frage kommenden Anlagen seit der Änderung der 4. BImSchV durch die Verordnung vom 24. 3. 1993 keiner Genehmigung mehr bedarf (HOFMANN-HOEPPEL, 1994; RUCK, 1994). Der dort novellierte § 1 Abs. 1 Satz 1 nimmt alle Anlagen vom Genehmigungserfordernis aus, von denen „nach den Umständen zu erwarten ist", daß sie weniger als zwölf Monate am gleichen Ort betrieben werden. Die Einführung dieser zeitlichen Grenze soll Zweifel beseitigen, die bei der Abgrenzung der Begriffe „ortsfest" oder „stationär" aufgekommen waren (KRACHT, 1993, S. 369). Ob dies gelungen ist oder die Abgrenzungsprobleme jedenfalls hinsichtlich mobiler Bodenreinigungsanlagen sich nicht auf die Frage der Voraussehbarkeit der Betriebsdauer verlagern, wird sich erst erweisen müssen. Damit sind entgegen der Forderung des Umweltrats (SRU, 1989, Tz. 877), unabhängig von der Einsatzdauer das Genehmigungserfordernis einzuführen, Bodenreinigungsanlagen, die weniger als zwölf Monate an einem Standort betrieben werden, genehmigungsfrei, was zurecht als „Ausdehnung einer Gesetzeslücke" (RAHNER, 1993) kritisiert wurde. Durch die beschriebenen Änderungen hat das Kriterium der Mobilität einer Anlage seine Bedeutung weitgehend verloren.

210. Der Umweltrat hatte zudem gefordert, Versuchsanlagen bis zu zwei Jahren Betriebsdauer in einem vereinfachten abfallrechtlichen Verfahren zuzulassen (SRU, 1989, Tz. 878). Mobile Bodenreinigungsanlagen bedürfen durch die Einordnung in das Immissionsschutzrecht bei einer Betriebsdauer unter einem Jahr keiner Genehmigung mehr. Bei länger – bis zu drei Jahren – arbeitenden Versuchsanlagen gilt jetzt das vereinfachte Verfahren nach § 19 BImSchG (§ 2 Abs. 3 Satz 1 der 4. BImSchV seit der Änderung durch die Verordnung vom 24. 3. 1993, BGBl I, S. 383).

Mobile Versuchsanlagen sind auch von dem Erfordernis einer wasserrechtlichen Erlaubnis nach § 17a Nr. 2 WHG befreit und müssen der Wasserbehörde lediglich angezeigt werden (GIESECKE et al., 1992, § 17a Anm. 10). Diese Befreiung gilt allerdings nur, wenn keine nachteilige Veränderung der Eigenschaften des Wassers und keine andere Beeinträchtigung des Wasserhaushalts zu erwarten ist. Dies ist nicht bei allen Reinigungstechniken der Fall, wie etwa bei der Verwendung von Emulgatoren und Dispergatoren zum Entfernen von Öl (GIESECKE et al., 1992, § 17a Anm. 13). Unabhängig von der Frage der Erlaubnisfreiheit ist der Betreiber nach § 22 WHG schadensersatzpflichtig, wenn die eingesetzte Sanierungstechnik nachteilige Veränderungen des Grundwassers bewirkt (GIESECKE et al., 1992, § 22 Anm. 26).

211. Es erscheint zumindest zweifelhaft, ob die Neuregelungen den Einsatz von Bodenreinigungsanlagen im Ergebnis erleichtern und beschleunigen, wie es wünschenswert wäre. Der Umweltrat spricht sich dafür aus, diese Anlagen wieder ausnahmslos dem immissionsschutzrechtlichen Genehmigungserfordernis zu unterwerfen und so eine Rechtsgrundlage für deren Betrieb zu schaffen, die einerseits eine Abwägung sämtlicher Umweltrisiken gewährleistet, andererseits durch ihre Konzentrationswirkung eine Verfahrensvereinfachung bewirkt. Damit würde auch einer von manchen befürchteten Entwicklung entgegengesteuert, bei der zunehmend Anbieter auf diesen Markt drängen, deren Anlagen dem Stand der Technik nicht entsprechen (RUCK, 1994; WEIDEN, 1994). Bei der gegenwärtigen Rechtslage hängen Sanierungserfolg und die Verhinderung oder Minimierung von sanierungsbedingten Zusatzbelastungen in hohem Maße von einer engen Kooperation der beteiligten Behörden und einer sanierungsbegleitenden Kontrolle ab. Soweit ersichtlich, haben die Behörden sich darauf auch eingestellt. Dem Prinzip der Kooperation zwischen Behörden und Anlagenbetreibern entsprechend empfiehlt der Umweltrat für die Zukunft zu prüfen, ob ein Modell der Selbstkontrolle der Betreiber, gestützt auf Selbstverpflichtungen und eine gegenüber den Behörden zu erfüllende Dokumentationspflicht, die Einhaltung der umweltbezogenen Anforderungen an den Anlagenbetrieb zu gewährleisten vermag.

1.6.3 Rechtliche Einzelfragen der Sanierung

Zwischenlagerung kontaminierter Böden bei der Sanierung

212. Die in Tz. 209ff. beschriebenen Erleichterungen für den Betrieb mobiler oder nur kurzzeitig betriebener Bodenreinigungsanlagen werden stark relativiert durch die rechtlichen Anforderungen an die Zwischenlagerung kontaminierter Böden. Wenn der ausgehobene kontaminierte Boden auf dem betreffenden Gelände zwischengelagert wird, handelt es sich insoweit um eine Anlage zur Lagerung von

Abfällen, da der Begriff des Lagerns jede vorübergehende Aufbewahrung, gerade auch die mit dem Ziel der Weiterverwendung umfaßt (BGH NuR 91, 499, 500). Die Lagerung ist zudem eine von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen im Sinne des § 2 Abs. 2 AbfG (§ 1 Abs. 1 AbfBestV in Verbindung mit der Anlage Abfallschlüssel Nrn. 314 24 oder 314 23), für die das „große", in der Regel zeitraubende Genehmigungsverfahren nach § 10 BImSchG durchgeführt werden muß, wie sich aus § 4 BImSchG in Verbindung mit der 4. BImSchV, Anhang, Nr. 8.10 ergibt. Dieses Verfahrenserfordernis gilt nach § 2 Abs. 1 Nr. 2 der 4. BImSchV für die gesamte Anlage, also auch dann, wenn die Zwischenlagerung für eine für sich genommen genehmigungsfreie mobile Bodenreinigungsanlage benutzt wird. Insofern wird mit der anderen Hand das wieder genommen, was mit der einen gegeben worden war. Aus der Sicht des Umweltrates ist dies ein weiteres Argument für eine einheitliche Genehmigung für Bodenreinigungsanlagen mit möglichst weitgehender Konzentrationswirkung.

Gleichwertigkeit von Sicherungs- und Dekontaminationsmaßnahmen aus rechtlicher Sicht

213. Der Umweltrat sieht Sicherungs- und Dekontaminationsmaßnahmen als Verfahren der Altlastensanierung unter ganz bestimmten Bedingungen als grundsätzlich gleichwertig an (Tz. 19; SRU 1989, Tz. 458). Dieser Gedanke ist in § 18 Abs. 1 Satz 3 E.-BBodSchG eingegangen, wonach bei stofflichen Belastungen „neben Dekontaminations- auch gleichwertige Sicherungsmaßnahmen in Betracht" kommen.

Die Problematik dieses Begriffs als Rechtsbegriff liegt in der Prognoseunsicherheit. Anforderungen an die Gleichwertigkeit von Sicherungsmaßnahmen müssen möglichst präzise rechtlich fixiert werden; hierzu bietet sich eine Verweisung auf die Regelung von Normungsorganisationen an. Dort sollten Anforderungen insbesondere an die notwendige Dauerhaftigkeit und Wirksamkeit der Maßnahmen im Hinblick auf die Unterbrechung der Schadstoffausbreitung präzisiert werden, und zwar auch bezüglich der Kontrollierbarkeit der Wirkung und nicht zuletzt der Reparatur- oder Nachbesserungmöglichkeiten der eingesetzten Technik (Tz. 474 ff.).

Als Rechtsbegriff, aus dem Entscheidungen abgeleitet werden können, muß Gleichwertigkeit in erster Linie schutzgutbezogen verstanden werden. Die Betrachtung des betroffenen Schutzgutes darf nicht an der jeweiligen Grundstücksgrenze enden. Vielmehr muß eine Gesamtbetrachtung der Expositionssituation angestellt, und in diese müssen auch die für andere Flächen sowie die Bewohner der Nachbarschaft neu entstehenden Risiken einbezogen werden, die zum Beispiel durch eine Um- oder Zwischenlagerung im Rahmen einer Dekontamination entstehen. Die rechtliche Entscheidung über die Gleichwertigkeit einer Sicherungsmaßnahme muß daher auf einer vergleichenden Risikoabschätzung für betroffene Schutzgüter beruhen.

Rechtssicherheit für neue Nutzungen nach einer Sanierung

214. Die Ausrichtung der Sanierungsziele an der tatsächlichen oder planungsrechtlich zulässigen Nutzung (Tz. 122) dient auch der Rechtssicherheit gegenwärtiger wie zukünftiger Grundstücksnutzer. Sie müssen darauf vertrauen können, daß nach einer Sanierung die planungsrechtlich zulässigen Nutzungen tatsächlich uneingeschränkt möglich sind. Dies gilt auch und gerade im Hinblick auf die nach einer Sanierung fast immer zurückbleibenden Restbelastungen. Diese sollten beispielsweise in einem Bodeninformationssystem dokumentiert werden. Die „entlastende" Wirkung der Sanierung wird dadurch zwar eingeschränkt, doch wiegt dieser eher marktpsychologische Gesichtspunkt nicht so schwer wie derjenige der Sicherheit für spätere Neuplanungen und Planbetroffene, insbesondere Bauwillige: Wer ein Grundstück kaufen will, kann über das Grundbuch Auskunft über hypothekarische Belastungen erhalten. Ähnlich muß auch die Information über „ökologische Hypotheken" in Gestalt verbliebener Restbelastungen nicht nur den aktuellen Eigentümern, sondern auch Kaufinteressenten zugänglich sein. Zwar hat der Käufer einer beim Kauf unerkannt gebliebenen Altlast grundsätzlich Gewährleistungsansprüche gegen den Verkäufer; die Gewährleistung für Grundstücksmängel wird jedoch in der Regel vertraglich ausgeschlossen, so daß der Käufer allenfalls einen oft große Beweisprobleme aufwerfenden deliktischen Schadensersatzanspruch geltend machen könnte.

215. Einer eindeutigen Regelung bedarf auch das Problem der sogenannten Nachhaftung, das heißt der Frage, ob ein Grundstückseigentümer unter Umständen zu einer zweiten Sanierung herangezogen werden kann, wenn bereits durchgeführte Sanierungsmaßnahmen sich als unzureichend erweisen. Nach Auffassung des Umweltrates muß dabei je nach der durchgeführten Sanierungsmaßnahme unterschieden werden: Sicherungsmaßnahmen bedürfen der laufenden Überwachung ihrer Funktionstüchtigkeit (Tz. 152 ff., 163), so daß es nicht gerechtfertigt wäre, den Grundstückseigentümer aus seiner Verantwortlichkeit zu entlassen. Wenn jedoch eine Dekontamination durchgeführt wurde, kann er von einer Nachhaftung für etwa noch verbliebene Schäden freigestellt werden.

216. Das neue Umweltinformationsgesetz (vom 8. Juli 1994, BGBl I 1994, S. 1490) gewährt den Zugang zu Informationen über „den Zustand des Bodens" (§ 3 Abs. 2 Nr. 1), und zwar auch „parzellenscharf" (VG Minden, UPR 93, 284), wie es die dadurch umgesetzte EU-Richtlinie verlangt. Dieser Informationsanspruch kann sich freilich nur auf tatsächlich vorhandene Informationen richten. Das Umweltinformationsgesetz regelt nicht, welche Daten zu erheben und wie lange sie zu speichern sind, so daß diese Materie den Fachgesetzen – hier den Bodenschutzgesetzen des Bundes und der Länder – zugehört. § 22 Abs. 3 E.BBodSchG begründet Aufzeichnungspflichten nur für Altlasten; die Vorschrift sollte durch Bestimmungen über die Dokumentation des Sanierungsergebnisses vervollständigt werden.

1.6.4 Altlasten und Planungsrecht

217. Im Zusammenhang mit Altlasten treten vor allem zwei planungsrechtliche Fragen auf: Zum einen die nach der planerischen Bewältigung der Sanierungsaufgaben, zum anderen die Frage, ob, wie weit, unter Inkaufnahme welcher Risiken und mit welchen (Haftungs-)Folgen Altlasten und sanierte Flächen überplant werden können beziehungsweise dürfen.

Sanierungsplanung

218. Regelungen zur Sanierungsplanung müssen zwischen der gesetzlichen Festlegung von Sanierungszielen und den nachgeordneten Anforderungen an die Sanierungsplanung unterscheiden. Diese Unterscheidung sollte sich auch in den entsprechenden Vorschriften wiederfinden. Ein spezifisches Sanierungsinstrumentarium ist erst ansatzweise in einigen der Ländergesetze entwickelt worden. Auch der Entwurf für ein Bundes-Bodenschutzgesetz entwickelt Sanierungsinstrumente nur teilweise, was allerdings auf die Begrenzheit der Bundeskompetenz zurückzuführen ist.

219. Der Umweltrat hat die Nutzbarmachung des Instruments der städtebaulichen Sanierung für die Altlastensanierung angeregt (SRU, 1989, Tz. 884ff.). Daneben steht den Kommunen inzwischen auch dasjenige des städtebaulichen Vertrages zur Verfügung, als dessen möglicher Zweck die Bodensanierung ausdrücklich genannt wird (§ 6 Abs. 1 Satz 2 des Maßnahmengesetzes zum Baugesetzbuch [Art. 2 des Wohnungsbau-Erleichterungsgesetzes] in der jetzt geltenden Fassung des Art. 2 Nr. 2 Bst. f des Investitionserleichterungs- und Wohnbaulandgesetzes).

Damit kann sich eine Chance bieten, im mehrseitigen Interesse liegende Sanierungsziele in Kooperation von Planungs- und Vorhabenträger zu verwirklichen, die auf ordnungsrechtlichem Wege nur teilweise oder mit sehr viel größerem Aufwand zu erreichen wären. Anwendungsfelder für dieses Instrument dürften vor allem in der Neubebauung innerstädtischer Industriebrachen liegen. Fraglich erscheint freilich das Konkurrenzverhältnis zu landesrechtlichen Vorschriften, die die Sanierung als hoheitliche Aufgabe der Verwaltung regeln wie zum Beispiel der zweite Teil des Hessischen Abfallwirtschafts- und Altlastengesetzes. Das Instrument des öffentlich-rechtlichen Vertrages nach den § 54 VwVfG entsprechenden Ländergesetzen eröffnet wohl einen Weg, auch die notwendigen umweltrechtlichen Vorgaben in eine solche vertraglich vereinbarte Sanierung mit der notwendigen Verbindlichkeit einzubeziehen.

Im Unterschied zur Sanierungssatzung (§§ 142f. BauGB) muß der städtebauliche Vertrag weder von der höheren Verwaltungsbehörde genehmigt noch ihr angezeigt werden; daher sind unter Umständen Konflikte möglich zwischen der kommunalen Entwicklungsplanung und den Sanierungsentscheidungen der Landesbehörden, die ihres hoheitlichen Charakters wegen auch gegen kommunale Planungen durchgesetzt werden können. Die kommunalen Planungsträger werden sich deshalb an landesrechtlich begründeten Sanierungszielen zu orientieren haben. Wenn deren Erreichung zum Vertragsgegenstand gemacht wird, fehlt entweder einer Sanierungsverfügung durch die Ordnungsbehörde die Erforderlichkeit, oder sie kann jedenfalls nach dem Opportunitätsgrundsatz unterbleiben und die ordnungsbehördliche Tätigkeit sich auf die Überwachung des Sanierungserfolges beschränken. Bleibt dieser aus, steht das ordnungsrechtliche Instrumentarium nach wie vor zur Verfügung, wobei freilich die kommunale Gebietskörperschaft nicht mehr Herrin des Verfahrens ist. Mangels ihrer eigenen Zuständigkeit ließe dieses Problem sich jedoch auch durch eine Unterwerfung des Vorhabenträgers unter die sofortige Vollstreckung nach § 61 VwVfG beziehungsweise den entsprechenden Landesvorschriften nicht lösen. Staatliche und kommunale Planungsträger müssen dabei ein hohes Maß an Kooperation aufbringen. Einheitliche Maßstäbe für die Gefährdungsabschätzung und Prioritätenbildung bei den Sanierungsprojekten werden aber auch insoweit mögliche Konflikte entschärfen und daraus folgende Verzögerungen bei der Sanierung vermeiden helfen.

Überplanung von Altlasten

220. Die Überplanung von Altlasten und Überbauung von sanierten Flächen werfen eine Reihe besonderer Probleme auf. Dies zeigt sich deutlich, wenn die Anforderungen an Bauleitpläne auf Altlastenflächen bezogen werden: Einerseits sollen Bauleitpläne „dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern und die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen" (§ 1 Abs. 5 Satz 1 BauGB) und müssen „die Belange des Umweltschutzes, (...) des Wassers, der Luft und des Bodens" (§ 1 Abs. 5 Satz 2 Nr. 7 BauGB) berücksichtigen. Andererseits soll mit Grund und Boden sparsam umgegangen werden (§ 1 Abs. 5 Satz 3 BauGB), woraus die Verpflichtung folgt, die Möglichkeiten innerstädtischer Entwicklung gerade auf Industriebrachen (STICH, 1990, S. 164f.) zu prüfen, somit in Bereichen, in denen sich häufig die Bodenbelastungen durch Altstandorte konzentrieren.

Die kommunalen Planungsträger sind nach § 9 Abs. 5 Nr. 3 BauGB gehalten, „Flächen, deren Böden erheblich mit umweltgefährdenden Stoffen belastet sind", im Bebauungsplan zu kennzeichnen. Bei dem vorbereitenden Flächennutzungsplan besteht diese Pflicht jedoch nur hinsichtlich der Flächen, die für eine bauliche Nutzung vorgesehen sind (§ 5 Abs. 3 Nr. 3 BauGB). Dies kann dazu führen, daß Altlastenflächen nicht gekennzeichnet werden, obwohl sie unter Umständen einer Nutzung dienen oder zugeführt werden, die wesentlich empfindlicher als eine bauliche ist, zum Beispiel als Kinderspielplatz (SCHRÖTER, 1991). Das Fehlen einer – gleichwohl wünschenswerten – Verpflichtung zur Kennzeichnung schon im Flächennutzungsplan hindert die planende Kommune freilich nicht daran, bekannte Bodenbelastungen dort zu kennzeichnen (ARGEBAU, 1991, Ziff. 2.2.2; KRAUTZBERGER, 1990, S. 182).

221. Das Bauplanungsrecht gibt keinen Maßstab für die Erheblichkeit der Belastung, die Voraussetzung der Kennzeichnungspflicht ist. Seine auch vorsorgende Ausrichtung (§ 1 Abs. 5 Satz 2 Nr. 1 BauGB) gebietet es aber, in sorgfältiger Abwägung die möglichen Expositionspfade bei der vorgesehenen Nutzung zu bedenken. Dies gilt besonders für eine Wohnbebauung, aber ebenso für Schulen und auch für viele Arbeitsstätten. Hilfestellung bei der Bewertung der Erheblichkeit leisten hier Prüfwerte für das Schutzgut menschliche Gesundheit (Tz. 97, 199).

Daß diese hier skizzierten Maßstäbe in der Vergangenheit keineswegs durchgehend beachtet wurden, zeigt eine Reihe von Urteilen aus den letzten Jahren, durch die Gemeinden als Träger der Bauleitplanung zu Schadensersatz verurteilt wurden, weil von überplanten Altlasten (frühere Abfallablagerungsplätze oder aufgegebene Industriegelände), die mit Wohngebäuden bebaut worden waren, Gesundheitsgefahren ausgingen, die die Gebäude zum Teil unbewohnbar machten (BGHZ 106, 323; 108, 224; 109, 330). Die Rechtsprechung betrachtete diese Fälle unter dem Gesichtspunkt der Amtshaftung und nicht des Planungsschadensrechts der §§ 39ff. BauGB, weil es keine Grundlage für den Ausgleich derartiger Schäden bietet (KRAUTZBERGER, 1990, S. 190). Die Zivilgerichte lehnen sich an die Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts zur Erheblichkeit von Abwägungsfehlern (BVerwG, DVBl 1980, 233, 237) an und bejahen die Verletzung einer Amtspflicht mit der Folge der Amtshaftung, wenn die Gemeinde bei der Bebauungsplanung einen sich aufdrängenden Belang nicht berücksichtigt.

222. Daraus folgt noch keine allgemeine und umfassende Pflicht, alle Grundstücke zu untersuchen, bevor sie in eine Planung einbezogen werden können; dies wäre auch nicht sinnvoll. Sind der Gemeinde jedoch Gefahrenpotentiale aus der früheren Nutzung des Gebiets bekannt, so ist sie zur näheren Aufklärung verpflichtet. Informationen über das Vorhandensein von Altstandorten und Altablagerungen und, soweit die Gefährdungsabschätzung bereits durchgeführt ist, auch über das Gefährdungspotential, werden den Gemeinden mittlerweile von sämtlichen Länderbehörden übermittelt (STANGL, 1993), so daß daraus eine Prüfungspflicht für die planende Gemeinde resultiert, deren Außerachtlassen Amtshaftungsansprüche nach sich ziehen kann. Sie ist somit verpflichtet, die ihr zugänglichen Quellen auszuschöpfen und im Planungsprozeß zu berücksichtigen (SCHMIDT-JORTZIG, 1991, S. 761f.). Im übrigen ist auch die Baugenehmigungsbehörde verpflichtet, ihre vorhandenen Kenntnisse über Altlasten bei der Bescheidung von Baugesuchen zu berücksichtigen und entsprechende Schutzauflagen zu erlassen oder gegebenenfalls eine Baugenehmigung zu versagen (BGH, UPR 93, 377).

223. Die vergleichsweise strenge Rechtsprechung des Bundesgerichtshofs zur Haftung für derartige Planungsfehler gibt zusätzlichen Anlaß, bei der Planung auch in Zeiten der Wohnraumnot und der allgegenwärtigen Forderung nach Vereinfachung und Beschleunigung der Planungsvorgänge Vorsicht walten zu lassen. Ein Beitrag dazu wäre die Einführung des Mustererlasses „Berücksichtigung von Flächen mit Altlasten bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren" der Fachkommission Städtebau der Arbeitsgemeinschaft der Wohnungsbauminister der Länder (ARGEBAU, 1991) in allen Ländern, wie sie in Nordrhein-Westfalen erfolgt ist (Erlaß vom 15.5.1992, Ministerialblatt für Nordrhein-Westfalen 1992, S. 876).

Weitaus wichtigste Voraussetzung ist jedoch, daß in allen Bundesländern die flächendeckende Altlastenerfassung und -bewertung besonders bei den Altstandorten, wo noch erheblicher Nachholbedarf besteht, rascher durchgeführt wird. Diese Informationsbasis ist aus der Sicht des Gesundheits- und Umweltschutzes ebenso unerläßlich wie aus ökonomischer Perspektive, damit die Instrumente der Planungsbeschleunigung wirken können und der unnötige Landschaftsverbrauch durch das Ausweichen der Planungsträger auf die „grüne Wiese" (RUCK, 1994) jedenfalls zukünftig durch ein „Flächenrecycling" wesentlich vermindert werden kann. Da in vielen Bundesländern inzwischen flächendeckende Altlastenkataster aufgebaut werden, erscheint die Hoffnung begründet, daß die Überplanung von Altlasten mit unverträglichen Folgenutzungen bald der Vergangenheit angehören und andererseits die Verwirklichung verträglicher Nutzungsalternativen den Flächenverbrauch begrenzen wird.

1.6.5 Instrumente der Vorsorge gegen zukünftige Altlasten

224. Der Umweltrat hat die Bedeutung von Maßnahmen hervorgehoben, die die nie völlig auszuschließenden Risiken für das Entstehen zukünftiger Altlasten möglichst weitgehend vermindern (SRU, 1989, Kap. 8.2) und eine konsequente Vorsorgepolitik gefordert, die vor allem bei den Stoffströmen ansetzt und damit auf den Produktionssektor einwirkt. Dabei hat er das Augenmerk auch auf die Probleme der Allmählichkeitsschäden gelenkt und die Entwicklung eines integrierten Vorsorgekonzeptes angeregt. Der Umweltrat bekräftigt diese Forderungen. Teilweise wurde ihnen entsprochen, doch bleibt für alle Beteiligten aus Politik, Verwaltung und Wirtschaft, aber auch für private Verbraucher noch vieles zu tun, bis die Anforderungen an eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung erfüllt sind, deren Notwendigkeit gerade von der Altlastenproblematik überdeutlich vor Augen geführt wird.

Immissionsschutzrechtliche Nachsorgepflicht

225. Als Instrument der Vorsorge gegen künftige Altlasten wurde mit dem Dritten Gesetz zur Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (vom 11. Februar 1990, BGBl I, S. 870) eine neue Betreiberpflicht aufgestellt, für die Zeit nach der Betriebseinstellung zu gewährleisten, daß von der Anlage oder dem Grundstück keine schädlichen Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden können sowie vorhandene Reststoffe verwertet oder als Abfall beseitigt werden. Diese Pflicht wird zu ihrer Durchsetzung ergänzt um diejenige, bei der Anzeige der Absicht

zur Betriebseinstellung Angaben über die Maßnahmen zu machen, mit denen der Betreiber die Pflichten nach § 5 Abs. 3 erfüllen will (§ 16 Abs. 2 Satz 2). Der Zeitraum, innerhalb dessen diese Pflicht durch nachträgliche Anordnung nach § 17 durchgesetzt werden kann, wurde durch dessen neuen Absatz 4a auf zehn Jahre begrenzt; dies gilt freilich nur für den Fall, daß die Betreiberpflichten nach § 5 Abs. 3, die schon bei der Genehmigungserteilung durch eine Nebenbestimmung nach § 12 konkretisiert werden können, nicht erfüllt wurden (SALZWEDEL, 1991, S. 64). Diese Regelung greift jedoch nur für Anlagen, die seit dem Inkrafttreten am 1. September 1990 stillgelegt wurden; damit ist sie auf die meisten potentiellen Altlastenfälle nicht anwendbar. Dennoch ist den Behörden damit ein wichtiges Instrument in die Hand gegeben, mit dem der Entstehung künftiger Altlasten vorgebeugt werden kann. Sie können und sollten das zu einem integrierten Anlagenrecht sich entwickelnde Immissionsschutzrecht nutzen und dessen Vorsorgeregelungen – schon im Genehmigungsverfahren – auch bei Änderungsgenehmigungen durchsetzen.

Abfallrechtliche Überwachung

226. Nicht im eigentlichen Sinne der Vorsorge, aber der vorsorglichen Kontrolle zuzuordnen ist schließlich die in § 40 Abs. 1 Satz 2 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz vorgesehene Möglichkeit, erforderlichenfalls die Überwachung stillgelegter Abfallentsorgungsanlagen auf jene zu erstrecken, auf denen vor dem Inkrafttreten des Abfallgesetzes im Jahre 1972 Abfälle angefallen, gelagert oder abgelagert worden sind. Die Bestimmung der hierfür zuständigen Behörde ist Sache der Länder, die somit die Zuständigkeiten im Bereich des Bodenschutzes sinnvoll konzentrieren können. Allerdings ist nicht verständlich, warum die Vorschrift erst zwei Jahre nach Verkündung des Gesetzes in Kraft tritt.

2 Altlastenprobleme in den neuen Bundesländern

2.1 Stand der Erfassung, Bewertung und Sanierung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten

2.1.1 Allgemeines

227. Mit Wirkung vom 1. Juli 1990 ist in Erfüllung des Staatsvertrages über die Schaffung der Währungs-, Wirtschafts- und Sozialunion das Umweltrahmengesetz beschlossen worden. Durch dieses Gesetz wurden die geltenden Umweltschutzregelungen der Bundesrepublik Deutschland auf das beigetretene Gebiet der ehemaligen DDR ausgedehnt (vgl. Abschn. 2.4). Damit war auch die Grundlage für eine umfassende und vollständige Bestandsaufnahme der Umweltsituation einschließlich der Altlastensituation geschaffen.

Nach Ablauf von vier Jahren stellt sich die Frage nach den Gründen der hier gewählten getrennten Darstellung der Altlastenprobleme in den alten und neuen Bundesländern. Auf der einen Seite sprechen Gemeinsamkeiten vor allem hinsichtlich der Erfassung und Bewertung des Gefährdungspotentials, aber zum Beispiel auch hinsichtlich der Sanierung und der rechtlichen Aspekte, inzwischen für eine geschlossene Behandlung. Andererseits bestehen in den neuen Bundesländern zahlreiche Sonderprobleme, etwa bezüglich der räumlichen Dimension von Verdachtsflächen, des Stoffinventars, insbesondere bei Altstandorten, oder der rechtlichen und finanziellen Fragen. In der Abwägung dieser Gesichtspunkte hat sich der Umweltrat für die Analyse der Situation in den neuen Bundesländern in einem gesonderten Kapitel entschieden, weil ihm die Aufgabe, einen in sich geschlossenen Überblick über den Umfang, die Verteilung und das Gefährdungspotential von Altlasten zu schaffen, auf diesem Wege besser lösbar erschien.

228. Die ersten Berichte der Bestandsaufnahme in den neuen Bundesländern ließen auf ein – gegenüber der Situation in den alten Bundesländern – vergleichbar hohes Belastungsniveau schließen. Verstärkt durch die Art und Weise der allgemeinen Berichterstattung war in der Öffentlichkeit der Eindruck entstanden, das gesamte Beitrittsgebiet stelle eine krisenhafte ökologische Erblast bisher ungekannten Ausmaßes dar und sei insbesondere flächendeckend von Altlastverdachtsflächen überzogen (Tz. 3).

Dieses Bild erwies sich in der Folgezeit, in der erste solide Erkenntnisse – unter anderem aus Modellprojekten – zur Beurteilung des Ausmaßes der von altlastverdächtigen Altablagerungen und Altstandorten ausgehenden Gefahren vorgelegt werden konnten, als teilweise überzeichnet, in jedem Falle aber als zu undifferenziert. Einerseits bestätigten sich in vielen Fällen die alarmierenden Ersteinschätzungen, andererseits zeigte sich, daß es sich weder im Hinblick auf die allgemeine Umweltbelastung, noch auf den hier betrachteten speziellen Bereich der Altlasten um ein flächendeckendes Problem handelt. Selbst für Gebiete, die als Belastungsregionen ausgewiesen wurden, mußte zwischen lokalen Belastungsschwerpunkten im unmittelbaren Nahbereich der Standorte und großflächigen Belastungen außerhalb des Einflußbereichs unterschieden werden. So stellt etwa der Bericht über die Umweltsanierung des Großraumes Mansfeld, eine der stark belasteten Regionen, hinsichtlich der Belastung der Böden fest, daß Belastungen oberhalb der üblicherweise beobachteten, geogen und anthropogen verursachten Hintergrundbelastung nur im unmittelbaren Umfeld der Hüttenstandorte bestünden. Die dort festgestellten Schwermetallanreicherungen in den Böden seien in den Größenordnungen vergleichbar mit den Belastungen, wie sie an anderen Standorten mit ähnlichen industriellen Prozessen weltweit und auch in den alten Bundesländern nachgewiesen wurden. Außerhalb des Einflußbereiches der Hüttenstandorte erweise sich die großflächige Belastung als unerwartet gering. Insgesamt wird festgestellt, daß der ermittelte Sanierungsbedarf zu keinen unbekannten Aufgabenstellungen führe, weil in den vergangenen Jahrzehnten in den alten Bundesländern ähnliche Probleme gelöst werden mußten (Arbeitsgemeinschaft TÜV Bayern-L.U. B., 1991). Auch für Standorte der Großchemie konnte festgestellt werden, daß die vermuteten Kontaminationen nicht durchgängig schwerwiegend, sondern nur partiell gegeben sind. So sind etwa auf dem Gelände der Chemie AG Bitterfeld 40 % und auf dem der Leuna-Werke AG 80 % bis 85 % der Fläche unbelastet (KOMAR, 1994).

229. Die Erkenntnis, daß es für sachgerechtes Handeln nicht hilfreich sein kann, jeweils auf die neuesten alarmierenden Meldungen über Einzelfälle zu reagieren, setzte sich vergleichsweise schnell durch. Grundlage für ein vernünftiges und langfristiges Handlungskonzept konnte nur eine systematische, flächendeckende Analyse des Ist-Zustandes sein, das heißt Erfassung aller Altlastverdachtsflächen nach Kriterien, die für die weiteren Bearbeitungsschritte erforderlich sind. In der ehemaligen DDR wurden in den achtziger Jahren verschiedene methodische Arbeiten zur Erfassung und Darstellung von Kontaminationsquellen und Altlasten und auch erste Verdachtsflächenerfassungen vorgenommen, jedoch konnten die Ergebnisse dem Anspruch einer flächendeckenden und soliden Bestandsaufnahme nicht gerecht werden (MÜLLER und zu HOHENLOHE, 1992; LINDEMANN, 1991). Im Jahre 1990 wurde für das Gebiet der ehemaligen DDR in allen Kreisen und kreisfreien Städten kurzfristig eine zentrale, flächen-

deckende Erhebung von Altlastverdachtsflächen durchgeführt, deren Ergebnisse im Oktober 1990 im Rahmen des ökologischen Sanierungs- und Entwicklungsplanes von der Unterarbeitsgruppe „Altlasten" in einem Bericht vorgelegt wurden. Auch die darin enthaltenen Zahlen sind unter anderem wegen mangelnder Erfassungsquoten und unklarer Begriffsbestimmungen noch nicht als statistisch gesichert und als mit dem Zahlenmaterial in den alten Bundesländern vergleichbar einzustufen. Deshalb konnten sie für die weiterführenden Arbeiten auch nur als grobe Orientierungshilfen genutzt, nicht aber von den neuen Ländern, in deren Zuständigkeit nunmehr die Verdachtsfallerhebung und Altlastenbehandlung gefallen war, übernommen werden.

Auf die Wiedergabe der in den einzelnen Erhebungsphasen seit 1989 ermittelten Zahlen wird hier bewußt verzichtet, weil die Aussagekraft solcher vorläufiger Gesamtangaben als eher gering, zum Teil gar als irreführend angesehen wird. Systematische Erhebungen auf der Grundlage von Erfassungsbögen, die auf die jeweiligen Ländergegebenheiten abgestimmt wurden, sind in den Jahren 1991 und 1992, trotz erheblicher Schwierigkeiten beim Aufbau von Verwaltungsstrukturen und trotz mangelhafter personeller und sachlicher Ausstattung der zuständigen Behörden, zügig und engagiert vorangetrieben und teilweise abgeschlossen worden. Das daraus resultierende Datenmaterial bietet einen besseren, allerdings noch nicht vollständigen Überblick über die Altlastensituation und stellt eine verläßlichere Grundlage für die weiteren Arbeitsschritte der Prioritätenbildung und Gefährdungsabschätzung der Verdachtsflächen dar.

2.1.2 Sachstand in den neuen Bundesländern

230. Die im Abschnitt 1.2.1 gemachten Vorbemerkungen gelten im allgemeinen auch für die Situationsanalyse in den neuen Bundesländern. Wegen unterschiedlicher Definitionsansätze, vor allem aber wegen unterschiedlichen Umgangs mit den Begriffen Altablagerung, Altstandort und Altlastverdachtsfläche, haben die Zahlen aus der Erfassung zum Teil einen begrenzten Aussagewert. Auch die Unterschiede zwischen den Ländern bezüglich des Standes der laufenden Arbeiten sind etwas ausgeprägter als in den alten Bundesländern, was auch hier zu uneinheitlichen Länderergebnissen führt.

Betrachtet man die wesentlich schlechtere Informationsausgangslage in den neuen Bundesländern, den vergleichsweise kurzen Bearbeitungszeitraum ab 1990 und die mit dem Aufbau der Verwaltungsstrukturen zusammenhängenden Hemmnisse bei der praktischen Erhebungsarbeit, so ist der inzwischen erreichte Informationsstand insgesamt als positiv anzusehen. Auch an dieser Stelle soll die Unterstützung durch die Landesministerien und behörden bei der Aufbereitung des Zahlenmaterials dankend hervorgehoben werden. Im Vordergrund der Betrachtung stehen wiederum beispielhafte Strukturdaten, weniger absolute Gesamtzahlen.

Brandenburg

231. Zur einheitlichen Erfassung und Bewertung von Altlastverdachtsflächen wurde das „Informationssystem Altlasten – ISAL – Brandenburg" im Landesumweltamt (LUA) eingerichtet. Es handelt sich um eine modifizierte Version des in Nordrhein-Westfalen seit Jahren angewendeten Systems und wird zur Zeit schrittweise in allen Kreisen des Landes Brandenburg eingeführt. Die Orientierung an Nordrhein-Westfalen beruht auf der Verwaltungsvereinbarung vom 19. Dezember 1991, nach der das Land Nordrhein-Westfalen das Land Brandenburg auf dem Gebiet des Umweltschutzes unterstützt. Als ausschlaggebend für die Entscheidung für das ISAL-System und damit gegen die Vorgehensweise in den anderen neuen Ländern wird der größere Detaillierungsgrad bei der Datenermittlung angegeben, der sowohl eine flächendeckende Erstbewertung als auch orientierende Einzelfallbewertungen ermöglicht.

Für die Verdachtsflächenerhebung, die auch im Land Brandenburg 1990 im Rahmen des ökologischen Sanierungsplans für das Gebiet der ehemaligen DDR begann, sind gemäß Landesabfallvorschaltgesetz (Tz. 292) die unteren Abfallbehörden (Landkreise und kreisfreie Städte) zuständig. Sie führen die Dateien über Altablagerungen und Altstandorte und sind per Erlaß des Umweltministeriums, der seit Mai 1993 wirksam ist, verpflichtet, die Daten regelmäßig an das Landesumweltamt zu übermitteln. Im Sommer 1991 wurde eine landesweite Ersterfassung von Altablagerungen eingeleitet. Der dabei eingesetzte Erfassungsbogen wurde auf ISAL abgestimmt, so daß die Erfassungsergebnisse in das Informationssystem übernommen werden können (Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung Brandenburg, 1992). Die erhobenen Daten liegen inzwischen vor, sind aber noch nicht vollständig überprüft und auf Datenträger übertragen und erlauben deshalb noch keine landesweite Auswertung. Für die Altstandorte hat die Erfassung und Dateneingabe erst begonnen und wird nicht vor Ende 1994 abgeschlossen sein. Deshalb kann an dieser Stelle nur auf einige wenige beispielhafte Ergebnisse zu Altablagerungen aus Landkreisen zurückgegriffen werden, die wegen der relativ guten Datenverfügbarkeit ausgewählt worden sind.

232. Die Verdachtsflächenerfassung des Landes Brandenburg weist 4 750 Altablagerungen und 8 815 Altstandorte aus (Stand: Ende 1993). Sowohl bei den Altablagerungen als auch bei den Altstandorten entfällt der größte Anteil auf die Region Potsdam (42 % bzw. 53 %), in der Region Cottbus liegen die entsprechenden Anteile bei 35 % beziehungsweise 28 % und in der Region Frankfurt/Oder bei 23 % beziehungsweise 19 %. Die ausgewerteten rund 370 Altablagerungen betreffen vier vorwiegend ländlich strukturierte, gering besiedelte Kreise des nördlichen Landesteiles mit hohem Schutz- und Schongebietsanteil und einen Landkreis im Lausitzer Land. Gemessen an den in der Vergangenheit angefallenen Jahresabfallmengen zählen sie nicht zu Abfallschwerpunktregionen des Landes (Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung Brandenburg, 1992). Diese

Struktur spiegelt sich auch in der Auswertung der Frage nach der derzeitigen Nutzung auf der Ablagerung beziehungsweise im unmittelbaren Umkreis der Ablagerung wider, nach der knapp die Hälfte auf land- und forstwirtschaftliche Nutzungsformen entfällt (Tab. 2.1).

Auch die Angaben zur abgelagerten Abfallart, zum Umfang der Ablagerungen und zur Geländeart vor der Ablagerung sind entsprechend. Es handelt sich vorwiegend um wilde Ablagerungen und Verfüllung von Siedlungsabfällen, Bauschutt und Erdaushub in Gruben mit geringem Volumen und kleiner Flächenausdehnung (Abb. 2.1 und 2.2).

Bei den vorliegenden beispielhaften Auswertungen zur potentiellen Grundwassergefährdung fällt die relativ hohe Quote fehlender Angaben auf, was möglicherweise mit dem im Vergleich zur Erfassung in den anderen Ländern detaillierteren Fragenaufbau in Zusammenhang gebracht werden kann. So wurde etwa die Frage nach der Lage des höchsten zu erwartenden Grundwasserstandes nur in etwa der Hälfte der Fälle beantwortet. Von diesen gaben 90 % an, der Grundwasserstand liege unterhalb der Altablagerungen. Bei der Frage nach der Beschaffenheit des Untergrundes liegen gar von zwei Drittel der ausgewerteten Fälle noch keine Angaben vor. Aus der Verteilung der Fälle mit Angaben zu den verschiedenen Gesteinsarten beziehungsweise Bodendurchlässigkeitsklassen ist noch keine Tendenz zu erkennen. Gleiches gilt bezüglich der Frage, ob im Bereich der Altablagerung flächig durchgehend gering durchlässige Schichten anstehen.

Tabelle 2.1

Altablagerungen nach Art der derzeitigen Nutzung am Beispiel ausgewählter Landkreise in Brandenburg

Stand: 1993

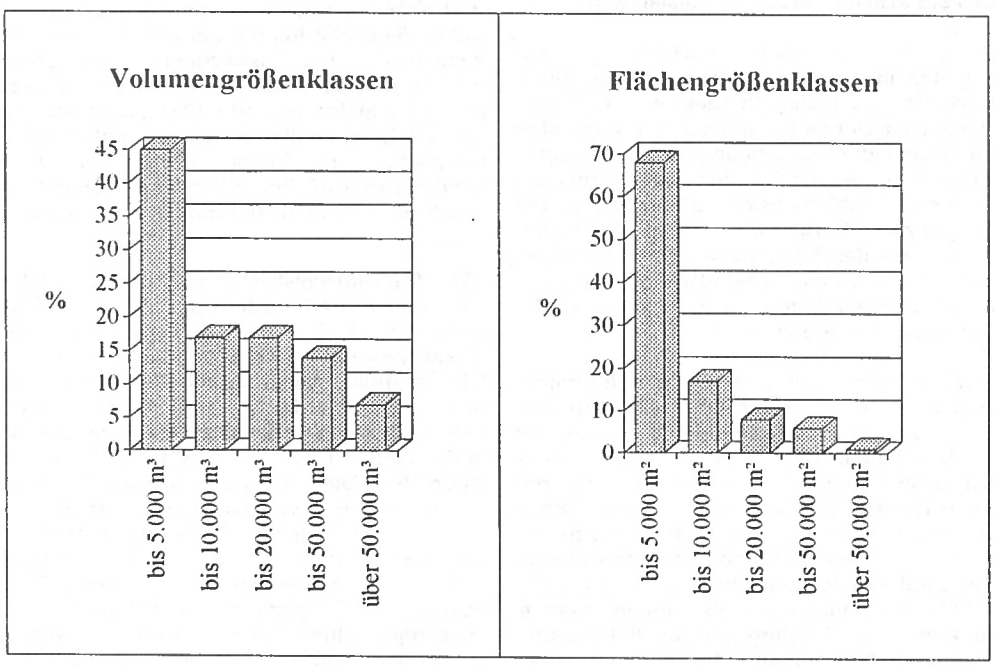
Nutzungsart	Nennung in Prozent
land und forstwirtschaftliche Nutzung einschließlich Brachland	45
offene Wasserflächen	24
Landschaftsschutzgebiet	14
Wasserschutzgebiet	13
Sonstige (z. B. Verkehrsflächen, Bebauung)	3
keine Angaben	1

Quelle: SRU, nach Daten des Landesumweltamtes Brandenburg

Abbildung 2.1

Verdachtsflächen aus Altablagerungen nach Volumengrößenklassen und Flächengrößenklassen in Brandenburg

Stand: 1993

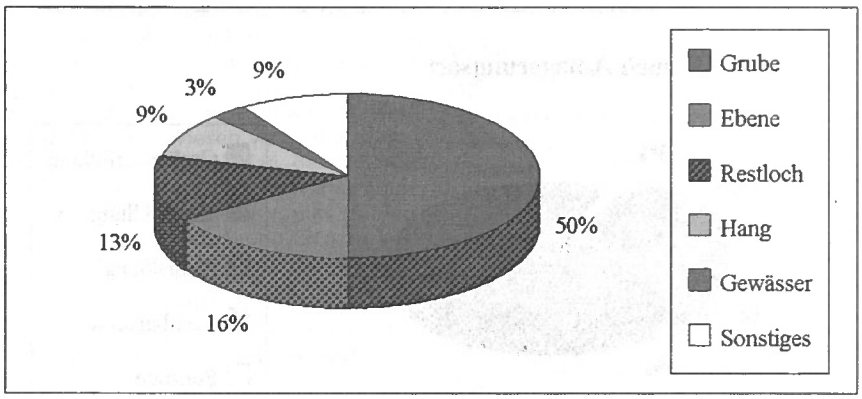


Quelle: SRU, nach Daten des Landesumweltamtes Brandenburg

Abbildung 2.2

Altablagerungen nach Geländeart vor der Ablagerung in Brandenburg

Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Landesumweltamtes Brandenburg

Mecklenburg-Vorpommern

233. Die systematische landesweite Erfassung der Altlastverdachtsflächen ist für den Bereich Altablagerungen 1993 weitgehend zum Abschluß gebracht worden. Die Erhebungen durch die Landkreise und kreisfreien Städte auf der Grundlage eines mit den meisten anderen neuen Bundesländern abgestimmten Erfassungsbogens werden allerdings durch eine Reihe von Faktoren nicht unerheblich erschwert beziehungsweise verzögert. Zum einen wirkt die zentrale, kurzfristig durchgeführte Erfassung aus dem Jahre 1990 (Tz. 229) insofern negativ nach, als die Rückläufe zum Teil noch immer nach dem damaligen einfachen Muster erfolgen und somit häufig nachträgliche Überprüfungen und Ermittlungen erfordern. Zum anderen ist das Umweltministerium und das nachgeordnete Landesamt für Umwelt und Natur auf die Zuarbeit der einzelnen, personell unterbesetzten Umweltämter, die der allgemeinen Landesverwaltung unterstehen, angewiesen; Terminvorgaben für einen raschen Rücklauf sind seitens des Ministeriums somit nicht möglich. Hinzu kommt, daß die Arbeiten durch die Kreisgebietsreform zusätzlich behindert wurden.

Die rechnergestützte Erfassung der Verdachtsflächen, die nach dem im Land Sachsen entwickelten Programm erfolgen soll, befindet sich noch im Aufbaustadium. Die Umstellung von manueller auf maschinelle Erfassung der Daten für ein flächendeckendes Verdachtsflächenkataster wird wegen der zum Teil noch immer fehlenden Ausstattung der Umweltämter mit entsprechender Datenverarbeitungstechnik verzögert.

Altablagerungen

234. Ende 1993 waren von den 37 Landkreisen und kreisfreien Städten 4 749 Altablagerungen gemeldet, wovon etwa ein Drittel auf die Bereiche der Staatlichen Ämter für Umwelt und Natur Anklam und Stralsund (mit etwa gleichem Anteil) entfiel; Greifswald und Teterow mit je 6 % sind danach am wenigsten betroffen. Die nachfolgenden Ergebnisse der Erhebung sind vorläufig und beziehen sich vorerst auf etwa drei Viertel der erfaßten Landkreise und kreisfreien Städte mit rund 3 500 Altablagerungen. Sie sind zwar nicht repräsentativ, können aber durchaus als beispielhaft gelten. Teilweise sind die Informationen auch als Grundlage für die formale Erstbewertung relevant.

In nur etwa drei Viertel aller gemeldeten Altablagerungsfälle liegen genaue Angaben zur Stillegung beziehungsweise zum Weiterbetrieb vor. Bei dem verbleibenden Viertel ist nicht sicher, ob es sich um tatsächliche oder nur angezeigte, das heißt scheinbare Stillegungen handelt. Von den Fällen mit Angaben sind

- etwa zwei Drittel vor dem 1. Juli 1990 und
- etwa ein Viertel danach bis zum 1. Januar 1993 geschlossen worden,

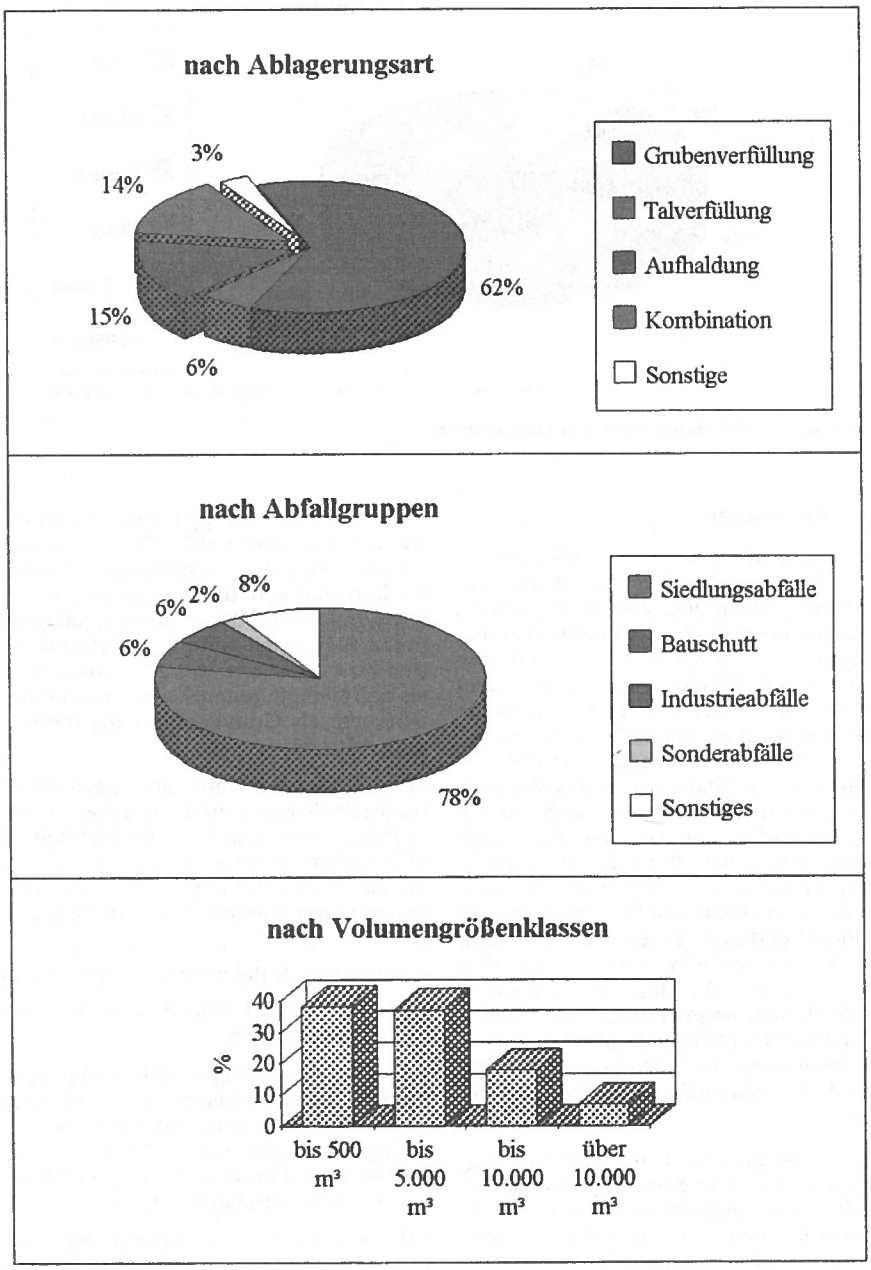
sind also aus heutiger Sicht stillgelegte Altablagerungen. Die restlichen ca. 10 % sind weiterhin in Betrieb, wobei allerdings für die meisten bis 1995 die Stillegung vorgesehen ist. Die Erfassungsergebnisse weisen also hinsichtlich des zeitlichen Kriteriums eine gewisse Unschärfe auf.

235. Bei der Ablagerungsart dominiert in Mecklenburg-Vorpommern die Verfüllung; Gruben- und Talverfüllungen erreichen zusammen einen Anteil von nahezu 70 %. Im einzelnen gliedern sich die Ablagerungsarten wie aus Abbildung 2.3 ersichtlich. Verknüpft man dieses Ergebnis mit den Angaben über Abfallarten und Volumina (Abb. 2.3) zeigt sich, daß es sich in Mecklenburg-Vorpommern bei Altablagerungen vorwiegend um die typische, relativ kleine Hausmülldeponie mit einem eher geringen bis mittleren Gefährdungspotential handeln dürfte.

Dies wird auch durch die Angaben zu den Standortmerkmalen Entfernung zur Bebauung und zu Was-

Abbildung 2.3

Altablagerungen in Mecklenburg-Vorpommern
Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Umweltministeriums Mecklenburg-Vorpommern

serschutzgebieten bestätigt. Innerhalb der Bebauung liegend werden lediglich 7 % genannt, nimmt man den Entfernungsbereich bis zu 100 m hinzu, sind es etwa 20 %. 80 % der Ablagerungen liegen also mehr als 100 m von der nächsten Bebauung entfernt. Innerhalb von Grundwasserschutzgebieten liegen etwa 15 % der Ablagerungen, davon wiederum nahezu 90 % in der Schutzzone III. In Schutzzone I, als dem engen Fassungsbereich für das Grundwasser, sind nur 5 Altablagerungen ausgewiesen. Auch der geringe Anteil von ca. 6 % der Ablagerungen, deren Sohle im Grundwasser liegt, deutet auf eine eher unproblematische Gefährdungslage hin. Allerdings fehlen Angaben zur hydraulischen Bodendurchlässigkeit des Bodenkörpers für eine bessere Einschätzung.

Über die Nutzung zum Zeitpunkt der Erfassung liegen die in Abbildung 2.4 wiedergegebenen Informationen vor. Hervorzuheben ist der dominierende Anteil der Nutzungskategorie Brachland.

236. Die weitere Bearbeitung der ersterfaßten Altablagerungen befindet sich ebenfalls noch im Anfangsstadium. Weniger als die Hälfte (45 %) der jetzt vorliegenden Verdachtsfälle befindet sich in der Erstbewertung, auf deren Grundlage eine Einstufung in die verschiedenen Prioritätskategorien für die weitere Vorgehensweise (einschließlich des Ausscheidens aus der Verdachtsfall-Datei) aufbaut. Für etwa 5 %, also rund 180 Altablagerungen, ist eine Gefährdungsabschätzung auf den Weg gebracht. Diese Informationen sind für die Abschätzung einer Altlastenquote für das Land Mecklenburg-Vorpommern insgesamt natürlich nicht ausreichend. Auch die Anzahl der in Sanierung befindlichen beziehungsweise abgeschlossenen Projekte – jeweils etwa 50 Fälle – erlaubt keine Schlüsse auf die letztlich anstehenden Sanierungsaufgaben. Gleiches gilt für die Aussagen zu den eingesetzten beziehungsweise erforderlichen Sanierungsverfahren: von 84 Nennungen entfallen 53 auf die Umlagerung (63 %), 28 auf Sicherung (33 %) und drei auf sonstige Verfahren; Dekontaminationsverfahren kommen demnach noch nicht zum Einsatz.

Altstandorte

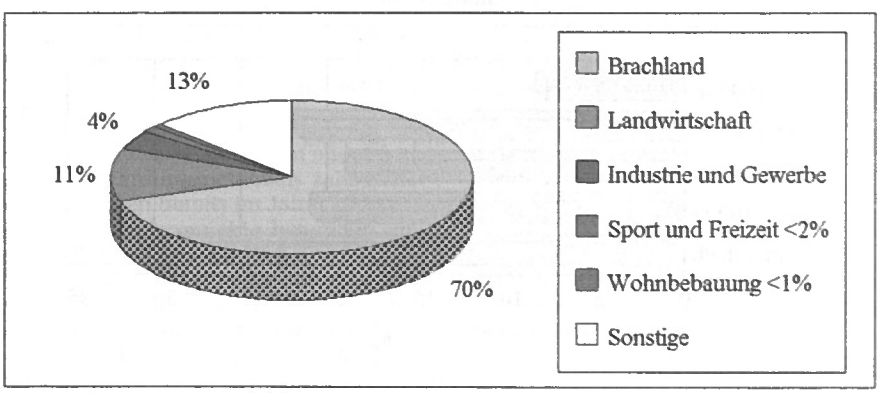
237. Im Vergleich zum Bereich Altablagerungen ist die systematische landesweite Altstandorterfassung und -auswertung noch im Rückstand; hier sind die Unsicherheiten und Ungenauigkeiten noch stärker ausgeprägt. Bei der ersten Einschätzung, ob es sich um einen Altstandort mit einem Verdachtspotential handelt, wirkt sich der Mangel an Fachkräften stärker aus als dies bei Altablagerungen der Fall ist. Um die so entstehenden Fehleinschätzungen bei der Ersterfassung auszugleichen, ist man bemüht, in der laufenden Erhebung und nachfolgenden rechnergestützten Erfassung durch Plausibilitätskontrollen und laufende Aktualisierung der rücklaufenden Erhebungsbögen zu bereinigten Ergebnissen zu kommen, die der Definition einer Altlastverdachtsfläche (vgl. Tz. 14 ff.) besser gerecht werden.

238. Wie unsicher die zur Zeit vorliegenden Daten noch sind, zeigen schon die Angaben zur Frage der Stillegung beziehungsweise des Weiterbetriebs, die vorläufig in 24 der 37 Landkreise und kreisfreien Städte ermittelt wurden. Von allen erfaßten Standorten (Anfang 1993: ca. 5 200, Ende 1993: 6 943) waren 60 % im laufenden Betrieb. Bei der Hälfte dieser Fälle ist gar unbefristeter Weiterbetrieb vorgesehen. Das Kriterium der Stillegung wurde mithin lediglich von rund 2 800 Standorten erfüllt.

Verbindet man diese Information mit der Branchenzugehörigkeitsstruktur (Tab. 2.2), sind offensichtlich vor allem landwirtschaftliche Betriebe in großer Zahl in der Altstandorterfassung berücksichtigt worden. Daß die Branchengruppe Landwirtschaft dominiert,

Abbildung 2.4

Altablagerungen nach Nutzungsarten in Mecklenburg-Vorpommern
Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Umweltministeriums Mecklenburg-Vorpommern

Tabelle 2.2

Altstandorte nach Branchengruppen in Mecklenburg-Vorpommern

Stand: 1993

Altstandort	Prozent
Landwirtschaft	66
Metallverarbeitung	5
Leichtindustrie	4
Bergbau und Energie	3
Chemie	3
Sonstige	19

Quelle: SRU, nach Daten des Umweltministeriums Mecklenburg-Vorpommern

entspricht der Wirtschaftsstruktur des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Dies kommt auch in der Flächengrößenstruktur der Standorte zum Ausdruck. Ein Drittel der Altstandorte sind kleiner als 500 m², mehr als 40 % liegen zwischen 500 und 5 000 m²; diese Grundstücksgrößen sind typisch für landwirtschaftliche Betriebe (ohne Produktionsflächen). Größere Flächenausdehnungen über 10 000 m² sind dagegen mit weniger als 10 % vertreten.

Die relativ hohen Nennungen in der Rubrik sonstige Branchen sind ebenfalls Ausdruck der noch ungesicherten Erhebungsergebnisse.

Rückschlüsse auf das Stoffinventar der Altstandorte sind aus den vorliegenden Angaben über die Zuordnung zu bestimmten Stoffgruppen kaum möglich, weil in mehr als der Hälfte aller Fälle keine Stoffangaben vorliegen. Mineralölprodukte (27 %) und Asbest (10 %) wurden am häufigsten genannt, der Rest entfällt auf Chemikalien und Lösungsmittel.

Die vorläufigen Ergebnisse für die ausgewählten Standortmerkmale „Lage im Grundwasser" und „Lage zu Wasserschutzgebieten" weisen auf ein eher niedriges Gefährdungspotential hin, denn 97 % der Altstandorte liegen oberhalb des Grundwasserspiegels und lediglich 13 % innerhalb von Wasserschutzgebieten. Die Mehrzahl der Altstandorte liegt in oder nahe zu Bebauungen (Abb. 2.5), was mit den Angaben zu Branche und Flächengröße korrespondiert.

Auch die Angaben zur derzeitigen Nutzung stützen die Vermutung, daß offenbar viele „akute" Betriebe, und hier vor allem landwirtschaftliche, als Altstandorte eingestuft worden sind: knapp die Hälfte entfällt auf landwirtschaftliche Nutzung, ein Fünftel auf Industrie- und Gewerbeansiedlung.

Tabelle 2.3

Altstandorte nach derzeitiger Nutzung in Mecklenburg-Vorpommern

Stand: 1993

Nutzungsart	Prozent
Landwirtschaft	47
Industrie- und Gewerbeansiedlung	21
Brachland	6
Wohnbebauung	5
Sport- und Freizeitanlagen	< 1
Sonstige	20

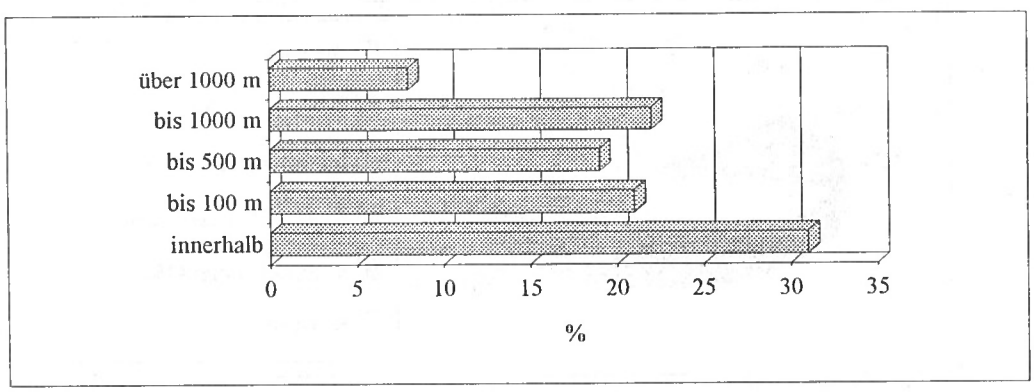
Quelle: SRU, nach Daten des Umweltministeriums Mecklenburg-Vorpommern

239. Für knapp 2 000 Fälle (38 %) wurde 1993 die Erstbewertung durchgeführt, Gefährdungsabschätzungsverfahren waren für rund 150 Altstandorte (3 %) eingeleitet. Sanierungen laufen an 15 Standorten, als abgeschlossen werden 39 Fälle ausgewiesen. Dabei werden beziehungsweise wurden folgende Maßnahmen und Verfahren eingesetzt:

Abbildung 2.5

Altstandorte nach Entfernung zu Bebauungen in Mecklenburg-Vorpommern

Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Umweltministeriums Mecklenburg-Vorpommern

- Umlagerung 42 %
- Dekontamination 30 %
- Sicherung 13 %
- Sonstige 15 %

Wie bei der Sanierung von Altablagerungen dominieren auch hier Umlagerungsmaßnahmen; Dekontaminationen kommen – anders als bei Altablagerungen – in der Sanierungspraxis offenbar schon relativ häufig zum Einsatz.

Auch lassen sich anhand der noch geringen Informationen zur Bewertung noch keine zuverlässigen Aussagen über die Quote der Fälle machen, bei denen sich der Anfangsverdacht bestätigt und der Altstandort tatsächlich als Altlastverdachtsfläche eingestuft werden muß. Es ist aber zu vermuten, daß ein bereinigtes Verdachtsflächenkataster eher weniger Standorte ausweisen wird als die ersten groben Erfassungen. Mit diesen Ergebnissen ist jedoch kurzfristig nicht zu rechnen.

Sachsen-Anhalt

240. Die Altlastensituation in Sachsen-Anhalt ist geprägt durch die Besonderheiten der politischen und wirtschaftlichen Geschichte dieses Landes. Sie führte in diesem Land zu besonderen regionalen und wirtschaftlichen Strukturen, die zusammenfassend gekennzeichnet werden können durch

- großflächige Abbaustätten des Bergbaus (hauptsächlich Braunkohle und Kupferschiefer),
- Konzentration der auf diesen Rohstoffen aufbauenden Industriebereiche Energieerzeugung, Braunkohleveredelung, Chemie und Hüttenindustrie und damit verbunden
- Entstehung industrieller Ballungsgebiete, wie zum Beispiel die Großräume Bitterfeld/Halle/Merseburg und Mansfeld.

Ineffiziente Produktionsweisen, überalterte Produktionsanlagen und fehlende Emissionsrückhaltetechniken an den verschiedenen Standorten dieser Industriebereiche (vgl. Abschn. 2.2.1) führten in stofflicher und räumlicher Hinsicht zu den spezifischen Altlastenprobleme Sachsen-Anhalts: Akkumulation großer Schadstoffmengen, hohe Stoffvielfalt, regionale Konzentration auf das südwestliche Landesgebiet (Abb. 2.6). Damit zählt Sachsen-Anhalt zu den besonders vom Altlastenproblem betroffenen Bundesländern (NEBEL, 1991).

Entsprechend der besonderen Dimension und des offenkundig hohen Gefährdungspotentials zahlreicher Verdachtsflächen, wurden bereits im Jahre 1990 verschiedene regionale Sonderprojekte begonnen und in den folgenden Jahren abgeschlossen, deren Ergebnisse für die weiteren Verfahrensschritte von großer Bedeutung waren; eine systematische, landesweite Flächenanalyse erübrigte sich jedoch dadurch nicht. Diese Aufgabe wurde auf der Grundlage des Abfallgesetzes von Sachsen-Anhalt (AbfGLSA vom 14. November 1991) vom im April 1991 gegründeten Landesamt für Umweltschutz in Angriff genommen. Als Arbeitsgrundlage konnte man sich dabei teilweise auch auf die Ergebnisse der flächendeckenden Ersterfassungen des ehemaligen Instituts für Umwelt (IFU) und der Mitteldeutschen Braunkohlen AG (MIBRAG) stützen (Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, 1992).

Altablagerungen

241. Von den ersterfaßten 7 115 Atlablagerungen (Stand: Mai 1993) waren ca. 2 500 noch nicht erstbewertet, so daß sich die Zahl der Verdachtsflächen noch verringern kann; allerdings ist auf der anderen Seite durch weiterhin laufende Nachermittlungen mit einer Zunahme zu rechnen. Der folgenden beispielhaften Auswertung ausgewählter Daten liegen somit etwa zwei Drittel (rund 4 600 Fälle) der erhobenen Altablagerungen zugrunde, von denen wiederum knapp ein Fünftel noch nicht endgültig stillgelegt ist.

In Abbildung 2.7 sind die vorliegenden Daten zur Geologie/Hydrogeologie zusammengestellt (Quote mit Angaben: zwischen 66 % und 90 %). Aus der Verteilung kann abgeleitet werden, daß in der Ebene liegende, aufgefüllte Sandgruben den am häufigsten vorkommenden Ablagerungstyp bilden.

Drei Viertel aller Altablagerungen werden gemäß der erfaßten Abfallarten (nach Abfallkatalog der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, LAGA 1990) der Kategorie Hausmüll, etwa ein Fünftel der Kategorie Sonderabfall zugeordnet; Bodenaushub und Bauschutt spielen eine untergeordnete Rolle.

Etwa gleiche Anteile (38 % bzw. 36 %) entfallen auf die Volumengrößenklassen 1 000 m^3 bis $\leqq$ 10 000 m^3 und 10 000 m^3 bis $\leqq$ 100 000 m^3, wobei in beiden Größenklassen die Kategorie Hausmüll dominiert (80 % bzw. 72 %). Die Verknüpfung beider Merkmale in einem Erstbewertungsschlüssel (Punktzahlen 0 bis 55), dargestellt in einer Häufigkeitsverteilung (Abb. 2.8), gibt Hinweise für eine erste Einschätzung des Gefährdungspotentials und des sich daraus ableitenden Handlungsbedarfs: für weniger als 20 % der Fälle besteht danach vorrangiger Handlungsbedarf (hohe Bewertungszahlen).

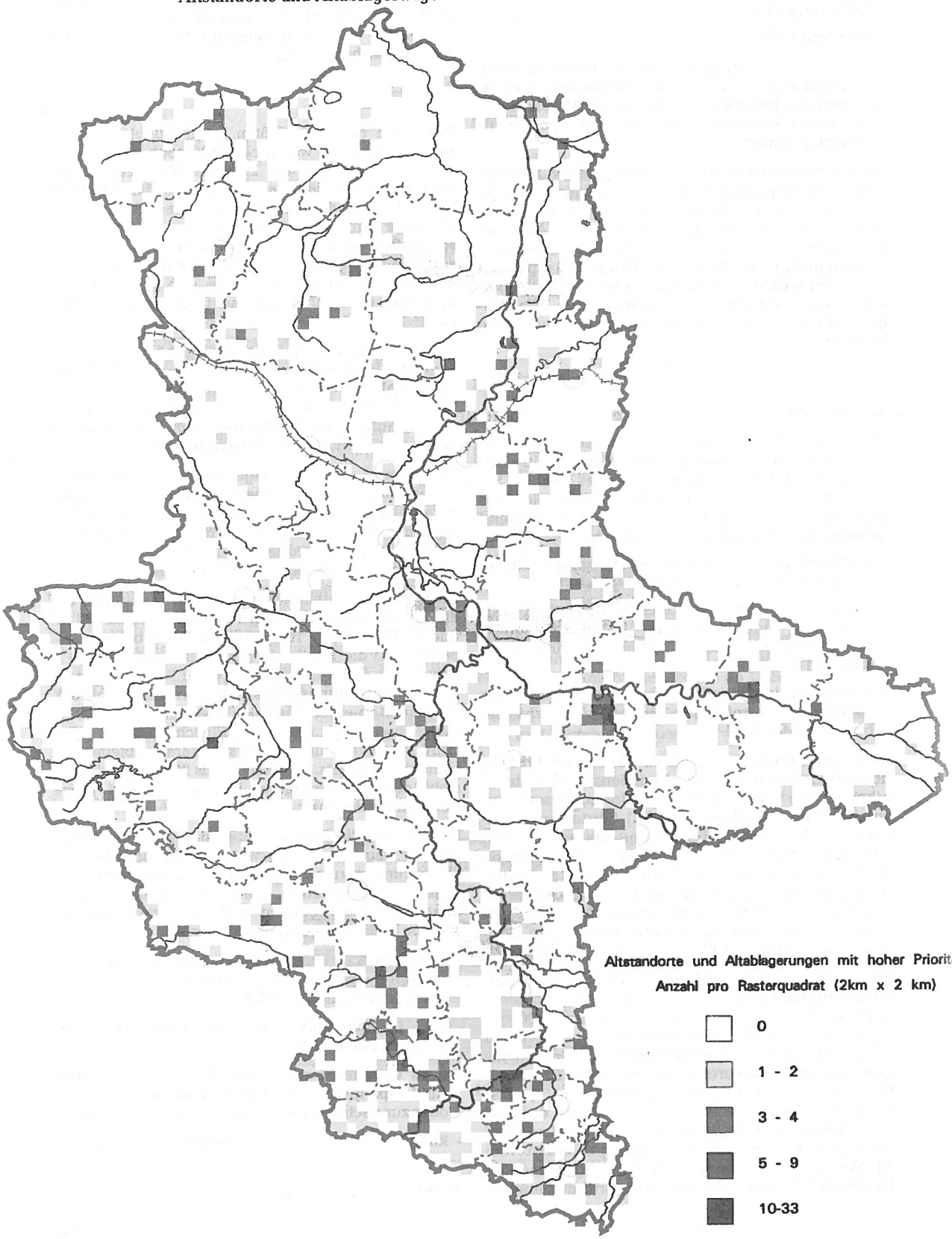
Relevant für die Erstbewertung sind auch die Angaben zur Lage beziehungsweise Entfernung der Altablagerungen zu sensiblen Nutzungen beziehungsweise zu Schutzgütern, die im einzelnen in Abbildung 2.9 wiedergegeben sind. Hervorzuheben ist, daß von allen Ablagerungen immerhin

- knapp 20 % im Umkreis bis zu 1 000 m einer Trinkwassergewinnungsanlage beziehungsweise eines Heilquellenschutzgebietes,
- 25 % in einer Entfernung von bis zu 500 m zum Wasserschutzgebiet,
- etwa 40 % nicht weiter als 500 m zum nächsten Kinderspielplatz, zur nächsten Kindertagesstätte oder zur nächsten Kleingartenanlage entfernt und
- knapp 25 % in Natur- und Landschaftsschutzgebieten

liegen.

Abbildung 2.6

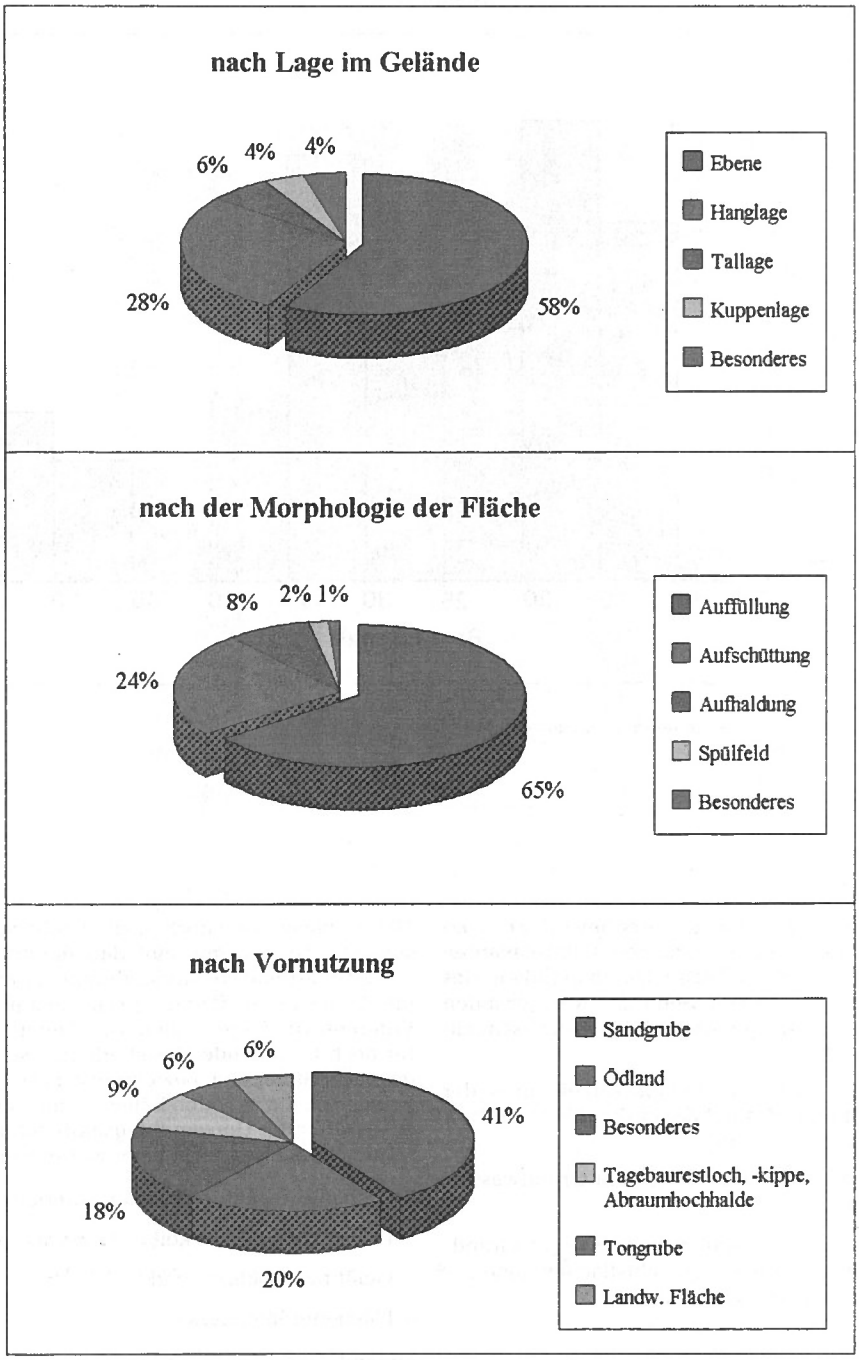
Altstandorte und Altablagerungen mit hoher Priorität in Sachsen-Anhalt



Quelle: Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, 1993, schriftl. Mitt.

Abbildung 2.7

Altablagerungsstandorte in Sachsen-Anhalt
Stand: 1993

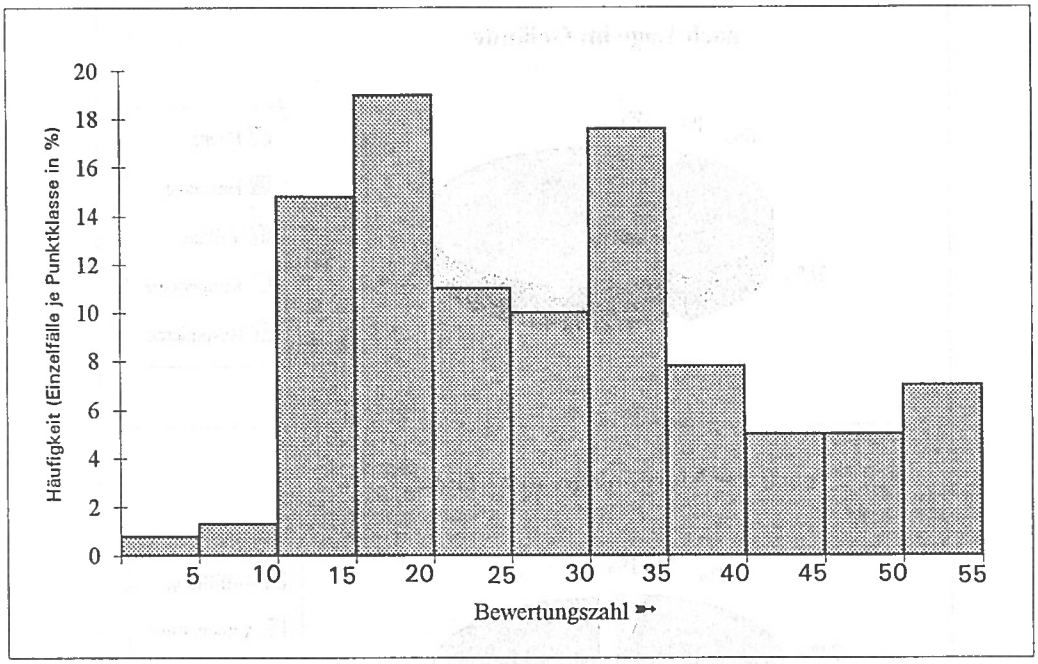


Quelle: SRU, nach Daten des Landesamts für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

Abbildung 2.8

Altablagerungen in Sachsen-Anhalt – Erstbewertungsergebnis für die Kriterien Volumenklasse und Gefährdungsklasse

Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Landesamts für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

Die Auswertung der für die Erstbewertung zum Zwecke einer Prioritätensetzung ebenfalls relevanten Standortkriterien hydraulische Durchlässigkeit des Bodenkörpers und Lage der Sohle der Ablagerungen zum Grundwasserspiegel (Abb. 2.10) ergibt schließlich, daß immerhin

- bei 46 % der Fälle die Durchlässigkeit unter der Ablagerung als gut durchlässig (k_f größer als 10–4 m/s) eingestuft wird und
- bei knapp 6 % die Sohle unter dem Grundwasserspiegel liegt.

Die Auswertung zeigt, daß dem Schutzgut Grundwasser bei Altablagerungsverdachtsflächen hohe Beachtung geschenkt werden muß.

Altstandorte

242. Die von den zuständigen Behörden ausgefüllten Erfassungsbögen zur Altstandorterfassung und -bewertung werden vom Landesamt für Umweltschutz ausgewertet, und die Daten werden in einer Verdachtsfalldatei zusammengefaßt. Insgesamt sind etwa 7 600 Altstandorte ausgewiesen (Stand: Mai 1993), wovon 225 noch nicht erstbewertet worden sind. Die Auswertung zeigt, daß für einzelne Parameter noch gezielte Nachermittlungen erforderlich sind, um die weiteren Handlungsschritte auf eine solidere Ergebnisgrundlage stellen zu können. Als Beispiel für noch bestehende Unsicherheiten sei auf die Frage nach Stillegung beziehungsweise Weiterbetrieb verwiesen, die in vielen Fällen wegen laufender oder zu erwartender Umwandlungsaktivitäten an den einzelnen Standorten nicht beantwortet werden kann.

Zu den ausgewählten Standortkriterien

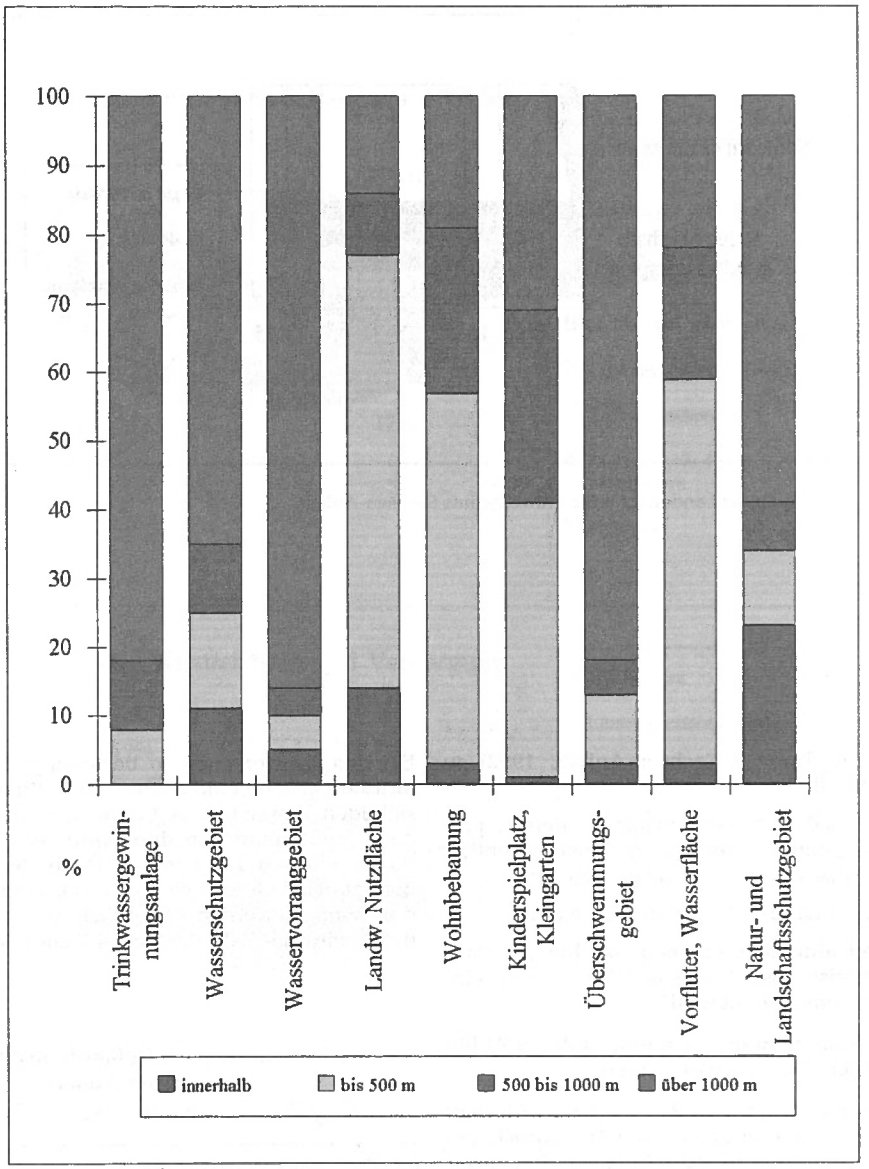
- Branchenzugehörigkeit,
- Gefährdungsklasse und
- Flächengrößenklasse,

anhand derer eine grobe Charakterisierung des Emissionspotentials möglich ist, sind folgende vorläufigen Aussagen möglich. Zunächst führt die Zuordnung der erfaßten Standorte zu Branchengruppen, die auf einem Branchenverzeichnis des Stadtverbandes Saarbrücken basiert und den Bedingungen des Landes (Braunkohlenindustrie, Landwirtschaft) entsprechend modifiziert und erweitert wurde

Abbildung 2.9

Altablagerungen nach Entfernung zu sensiblen Nutzungen beziehungsweise Schutzgütern in Sachsen-Anhalt

Stand: 1993

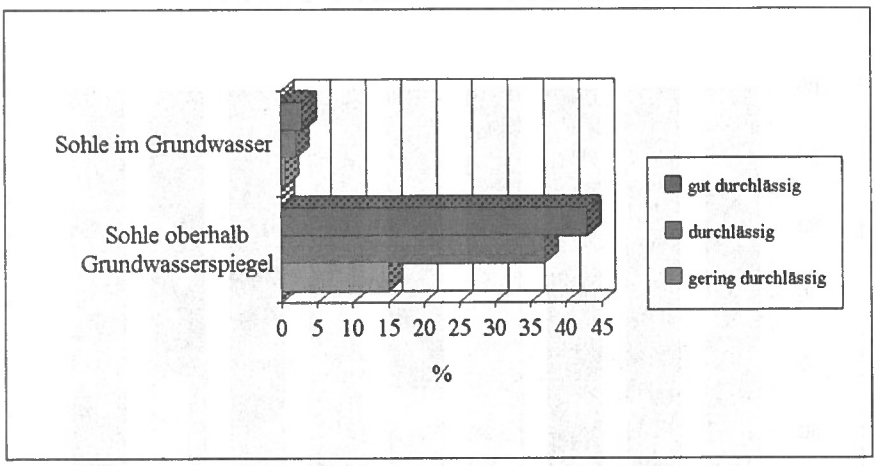


Quelle: SRU, nach Daten des Landesamts für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

Abbildung 2.10

Altablagerungen nach Sohllage zum Grundwasserspiegel und hydraulischer Durchlässigkeit des Bodenkörpers in Sachsen-Anhalt

Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

(Landesamt für Umwelt Sachsen-Anhalt, 1992) zu der Erkenntnis, daß

- lediglich 20 % der Nennungen auf den Bereich produzierendes und verarbeitendes Gewerbe entfallen, also Industriestandorte im engeren Sinne sind,
- ein Drittel zur Landwirtschaft gehörten und
- knapp die Hälfte dem inhomogenen Bereich Handel, Dienstleistungsbetriebe und Versorgungseinrichtungen zugerechnet wird.

Innerhalb dieser Hauptgruppen gibt es die in Abbildung 2.11 erkennbaren Schwerpunkte.

Im Zusammenhang mit dem Bereich Landwirtschaft ist besonders auf die erfaßten rund 100 agrochemischen Zentren und die 67 Agroflugplätze hinzuweisen; aufgenommen worden sind aber zum Beispiel auch Güllehochlastflächen (196) und Hopfenanbauflächen, die den Altlastenbereich nur zum Teil betreffen. Bezeichnend für den Handels- und Dienstleistungsbereich ist der hohe Tankstellen- und Werkstättenanteil.

Die Branchenzugehörigkeit ist Grundlage für die Einstufung in fünf Gefährdungsklassen, die sich in der praktischen Anwendung zwar als nicht unproblematisch erweist, für die Erstbewertung aber als Hilfsmittel gelten kann. Wie aus Tabelle 2.4 ersichtlich, werden über 80 % den beiden höchsten Gefährdungsklassen zugeordnet.

Bei den Flächenangaben beziehungsweise der Zuordnung zu Größenklassen (Abb. 2.12) ist zu berücksichtigen, daß sich diese Daten zum großen Teil noch auf die Gesamtfläche des Standorts beziehen. Die kontaminierten Flächen innerhalb des Standortes, die erst nach Untersuchung vor Ort angegeben werden können, werden wesentlich kleiner sein. Allerdings wird die Zahl der Einzelflächen innerhalb des

Tabelle 2.4

Altstandorte nach Gefährdungsklassen in Sachsen-Anhalt

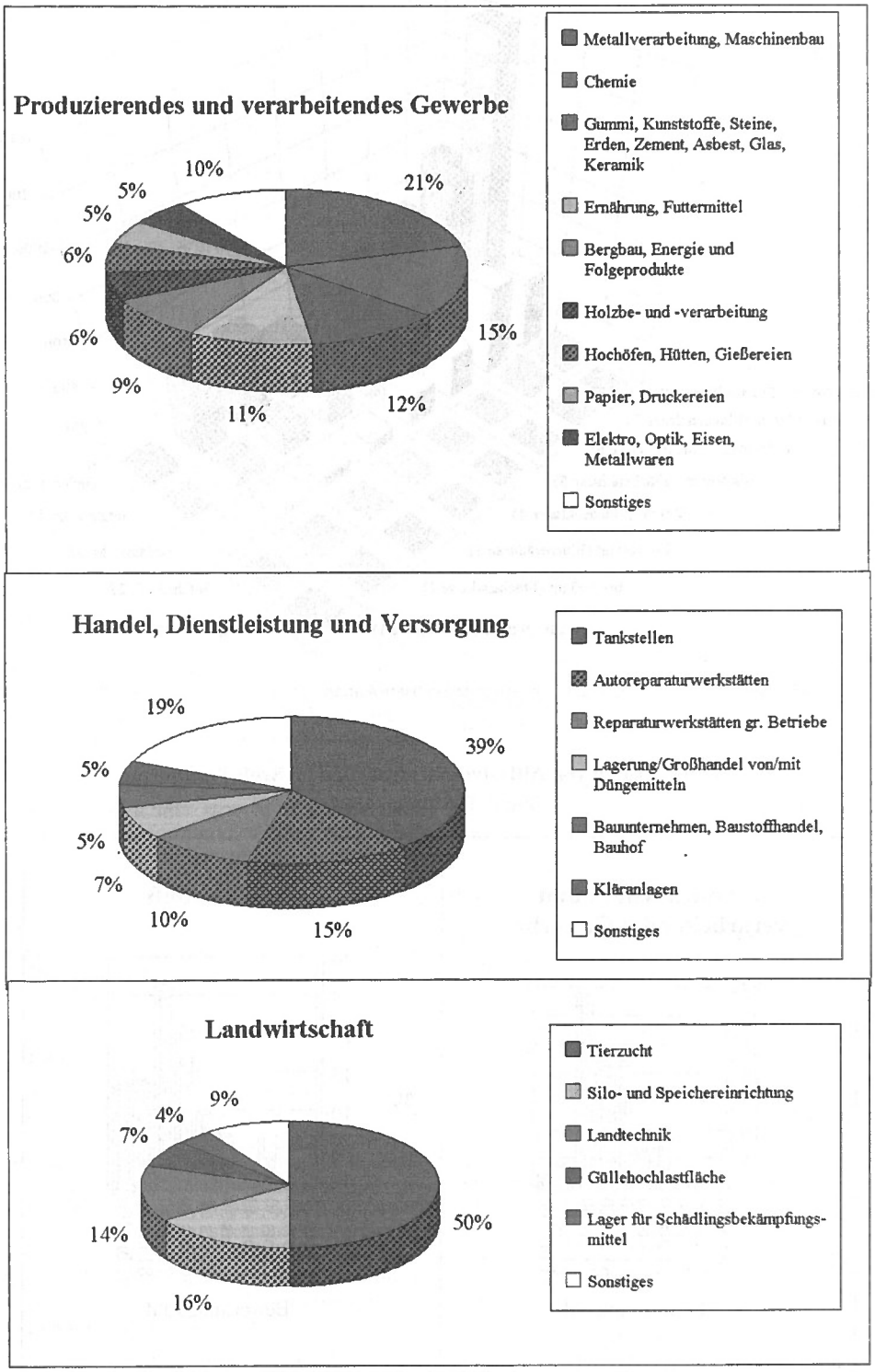
Stand: 1993

Gefährdungsklassen	Prozent
nennenswerte Kontamination unwahrscheinlich	–
anthropogen beeinflußt, Kontamination selten	2
Verdacht auf leicht belasteten Standort	16
Verdacht auf belasteten Standort	42
Verdacht auf hoch belasteten Standort	40

Quelle: SRU, nach Daten des Landesamtes für Umweltschutz, Sachsen-Anhalt

Abbildung 2.11

Altstandorte nach Branchengruppen in Sachsen-Anhalt
Stand: 1993

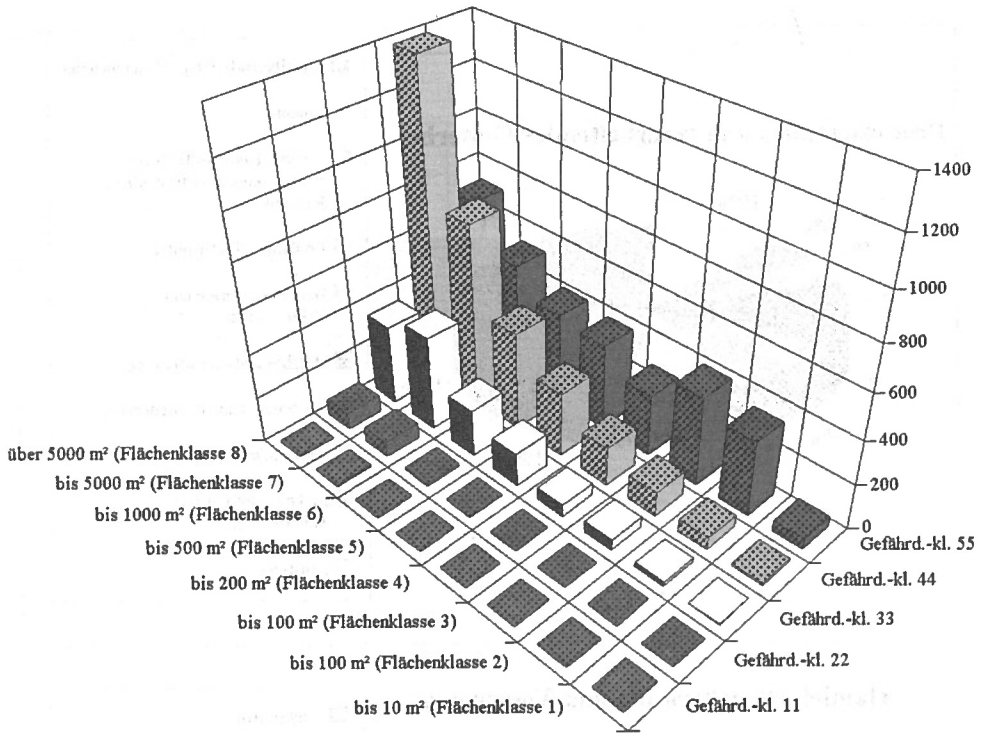


Quelle: SRU, nach Daten des Landesamts für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

Abbildung 2.12

Altstandorte nach Flächen- und Gefährdungsklassen in Sachsen-Anhalt

Stand: 1993

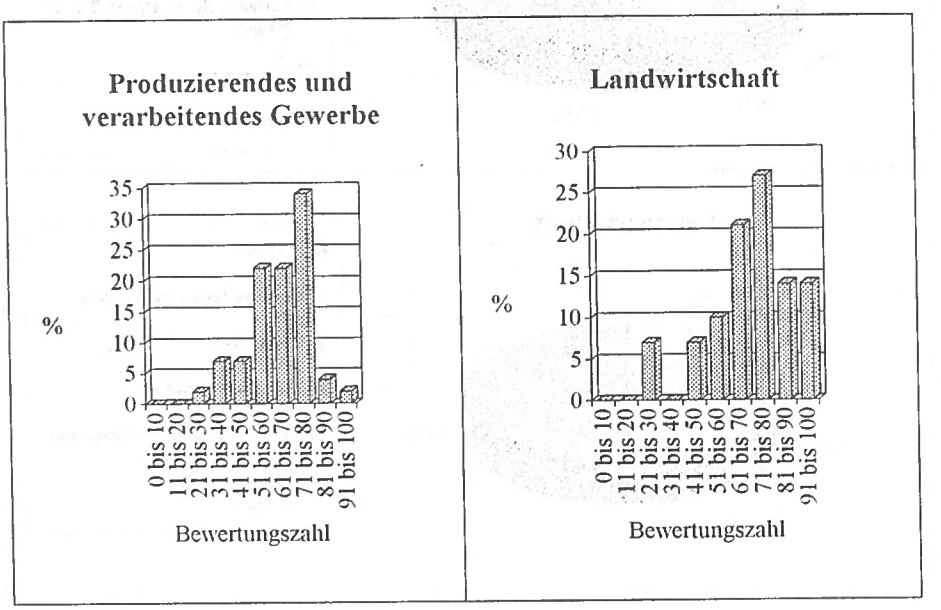


Quelle: SRU, nach Daten des Landesamts für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

Abbildung 2.13

Erstbewertung von Altlastverdachtsflächen im Kreis Bernburg

Stand: Dezember 1992



Quelle: SRU, nach Daten des Landesamts für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

Geländes von Großbetrieben (z. B. Leuna und Buna) hoch sein.

Verknüpft man beide Merkmale, ist eine signifikante Häufung der Fälle mit großen Flächen über 1 000 m² und mit Verdacht bis hohen Verdacht auf Kontamination (Klassen 44 und 55) zu erkennen, was auf vorrangige Behandlung in der weiteren Bearbeitung hindeutet.

In Abbildung 2.13 ist das Ergebnis der Erstbewertung von Altlastverdachtsflächen im produzierenden und verarbeitenden Gewerbe sowie in der Landwirtschaft am Beispiel des Kreises Bernburg dargestellt. In beiden Branchen wird für einen relativ hohen Anteil (40% bzw. 55%) vorrangiger Handlungsbedarf festgestellt, das heißt, es werden intensive Erkundungen und erste orientierende Untersuchungen empfohlen.

Sachsen

243. In Sachsen, als altindustrieller Wirtschaftsraum eines der von Altlastenproblemen am meisten betroffener Bundesländer, wurde zur systematischen Altlastenbehandlung ein landesweit einheitliches Konzept entwickelt und seit 1990/91 im Rahmen eines vorgesehenen Stufenplanes Schritt für Schritt umgesetzt. Die erste Phase umfaßt die flächendeckende Verdachtsfallerhebung und formale Erstbewertung. Sie ist für den Bereich Altablagerungen schwerpunktmäßig im Jahr 1992 durchgeführt und 1993 weitgehend abgeschlossen worden, das heißt, sowohl bei der Verdachtsfalldatei als Ergebnis des ersten Recherchecschrittes als auch bei der Erstbewertungsdatei als Ergebnis des zweiten Recherchecschrittes sind nur noch relativ geringe Veränderungen zu erwarten. Anders ist der Sachstand bei den Altstandorten. Hier ist noch mit erheblichen Zuwachsraten bei den Verdachtsflächen wegen zum Teil noch fehlender Erfassungsdaten aus einzelnen Landkreisen zu rechnen. Die für die formale Erstbewertung erforderlichen Erfassungs- und Auswertungsarbeiten befinden sich teilweise noch in der Testphase, so daß umfassende und verläßliche Ergebnisse erst ab 1994 erwartet werden können. Nachfolgende beispielhafte Zwischenergebnisse ausgewählter Informations- und Bewertungsparameter sind geeignet, ein erstes Bild der Gesamtsituation zu vermitteln.

Altablagerungen

244. In der Verdachtsfalldatei sind ca. 8 000 Altablagerungen erfaßt (Stand 1993). In ihr sind sogenannte Negativfälle, bei denen sich der Anfangsverdacht schon in der ersten Vorbewertung nicht bestätigt, noch enthalten; zuverlässige Angaben über die Höhe dieser Negativquote liegen allerdings noch nicht vor. Die in Tabelle 2.5 ausgewiesene Verteilung aller Verdachtsfälle auf Ablagerungsarten läßt diesbezüglich zwar keine endgültigen Schlußfolgerungen zu, weist jedoch auf gewisse Zuordnungs- beziehungsweise Definitionsprobleme hin.

Grundlage für die weiteren Ergebnisse ist die Erstbewertungsdatei, die derzeit ca. 6 700 Ablagerungen umfaßt. Von diesen sind aus heutiger Sicht etwa drei

Tabelle 2.5

Altablagerungen nach Ablagerungsart in Sachsen

Stand: 1993

Ablagerungsart	Prozent
Altdeponie, Müllkippe	87
Verfüllungen	6
Halden	4
Absetzbecken	2
Schlammteiche	1
Schluckbrunnen	<1

Quelle: SRU, nach Daten des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie

Viertel als stillgelegt angezeigt, bei den restlichen 25% ist entweder Weiterbetrieb vorgesehen oder es wurden keine Angaben gemacht. Vom gesamten Fallkollektiv entfallen

- 45% auf Grubenverfüllungen,
- je 14% auf Talverfüllungen beziehungsweise Berganlehnungen und
- 13% auf Aufhaldungen.

Für den Rest (14%) wurden Kombinationsformen genannt beziehungsweise keine Angaben gemacht.

Anhaltspunkte zum Stoffinventar ergeben sich aus den Verteilungen aller Nennungen auf Stoffhauptgruppen und Gefährdungsklassen (Abb. 2.14), denen die jeweils in den Erfassungsbelegen genannten Abfallarten gemäß Abfallkatalog von 1980 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA, 1990) zugeordnet wurden.

Über die Hälfte der Ablagerungen sind der Volumengrößenklasse bis 5 000 m³ zuzuordnen, auf die Klasse über 50 000 m³ entfallen 11% (Abb. 2.14).

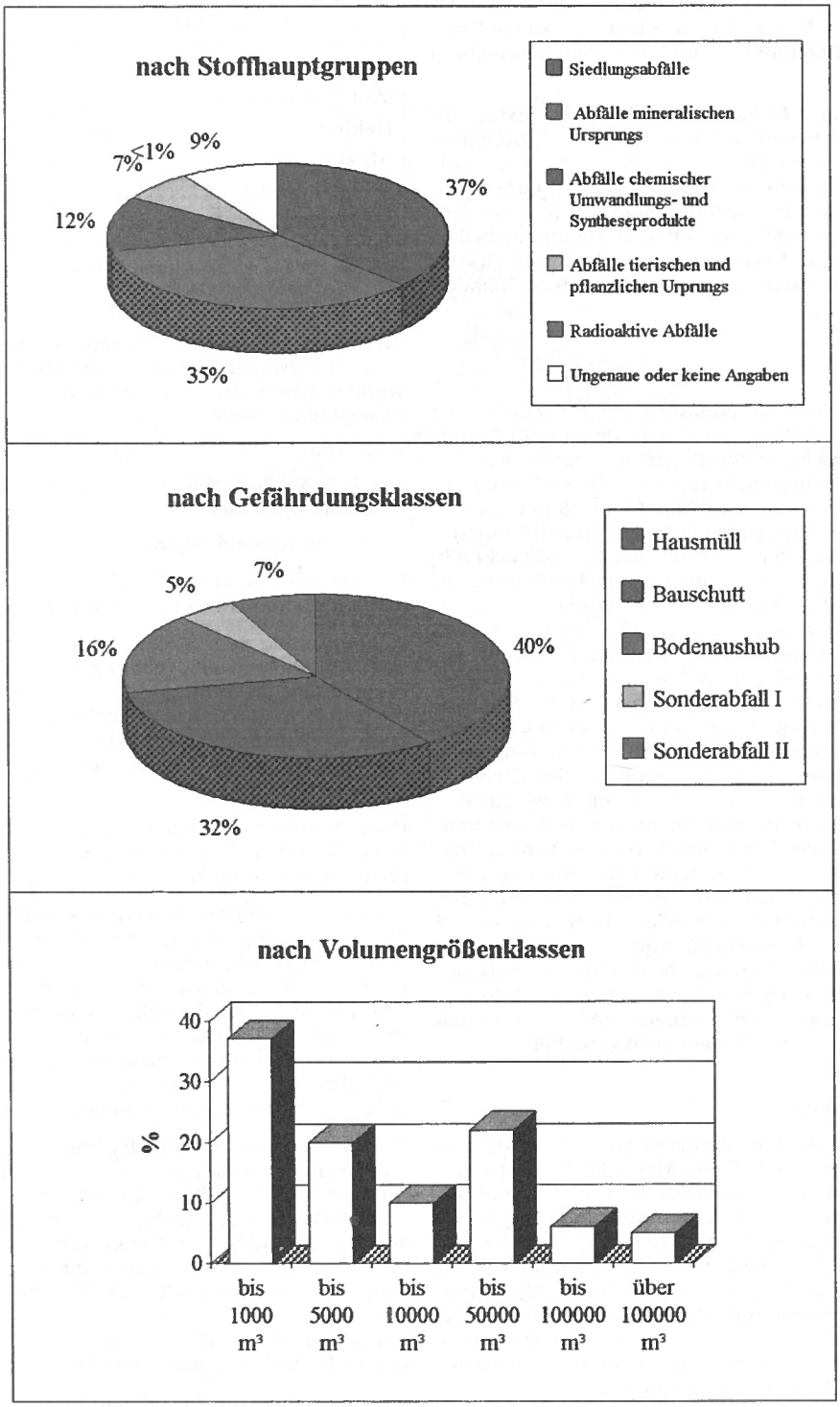
Die Verknüpfung der Bewertungsparameter Gefährdungsklasse und Ablagerungsvolumen für die Erstbewertung aller Fälle in einer Matrix liegt zwar nicht vor, dennoch läßt sich aus der gemeinsamen Betrachtung erkennen, daß die Fälle, die als dringlich einzustufen und so schnell wie möglich der weiteren Erkundung und Gefährdungsabschätzung zuzuführen sind, das heißt, insbesondere großvolumige Sonderabfallablagerungen, nicht häufig zu sein scheinen.

Für die Bewertungsparameter Sohllage der Ablagerung zum Grundwasserspiegel und hydraulische Durchlässigkeit des Bodenkörpers unter der Ablagerung (k_f-Wert) zeigt die Matrix (Abb. 2.15), daß immerhin rund 40% von knapp 5 900 ausgewerteten Fällen auf Bewertungsklassen mit hohem Gefährdungspotential, das heißt, alle Fälle mit Sohllage im Grundwasser und Fälle mit Sohllage zwar oberhalb des Grundwasserspiegels, aber mit guter Durchlässigkeit des Bodenkörpers, entfallen.

Die Entfernung der jeweiligen Ablagerung zu den verschiedenen Nutzungen (Gebiete oder Anlagen) gibt weiterhin Hinweise auf die Gefährdungssituation. Dabei ist zunächst die Quote der positiven Nen-

Abbildung 2.14

Altablagerungen in Sachsen
Stand: 1993

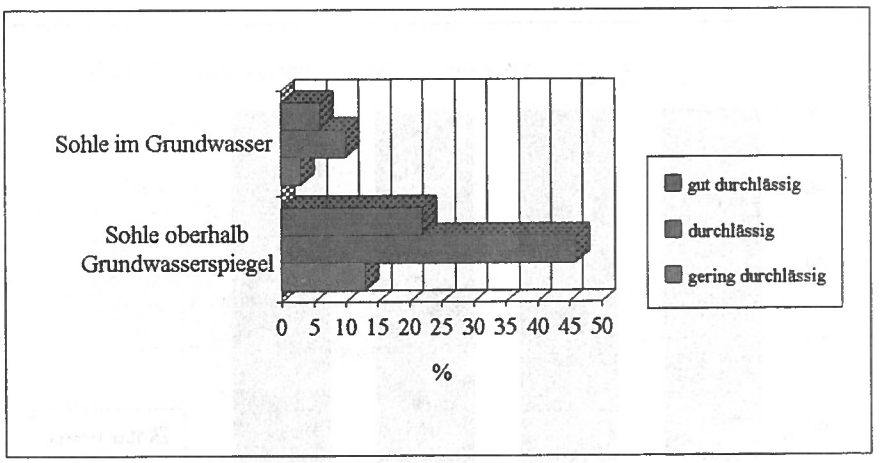


Quelle: SRU, nach Daten des Sächsischen Landesamts für Umwelt und Geologie

Abbildung 2.15

Altablagerungen nach Sohllage zum Grundwasserspiegel und hydraulischer Durchlässigkeit des Bodenkörpers in Sachsen

Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Sächsischen Landesamts für Umwelt und Geologie

nungen, bei denen also die jeweilige Nutzung oder das Schutzgut vorkommt, von Interesse. Sie ist bei selten vorkommenden Nutzungsarten entsprechend niedrig und umgekehrt (Tab. 2.6).

Bezüglich des Schutzgutes Trinkwasser/Grundwasser zeigt die Auswertung der Positivnennungen, daß immerhin mehr als die Hälfte der Ablagerungen im Entfernungsbereich bis 1 000 m zu einer Trinkwassergewinnungsanlage liegt, mehr als 40 % maximal 500 m vom nächstgelegenen Wasserschutzgebiet entfernt sind und 12 % innerhalb von Wasservorranggebieten liegen (Abb. 2.16).

Von den ca. 6 500 Positivfällen bezüglich der Bebauung entfallen zwei Drittel auf die Entfernungsklasse bis 500 m, 14 % liegen innerhalb von Bebauungsgebieten. Die Anteile letztgenannter Entfernungsklasse betragen für

- Natur- und Landschaftsschutzgebiete 45 %,
- Überschwemmungsgebiete 25 % und
- Vorfluter 14 %.

Tabelle 2.6

Altablagerungen in Sachsen – Vorkommen in Schutz- und Nutzungsgebieten

Stand: 1993

Schutz-/Nutzungsgebiet	Nennungen in Prozent
Bebauung	98
Vorfluter	82
Natur- und Landschaftsschutzgebiet	64
Wasserschutzgebiet	60
Trinkwassergewinnungsanlage	55
Wasservorranggebiet	40
Überschwemmungsgebiet	34
Heilquellenschutzgebiet	5

Quelle: SRU, nach Daten des Sächsischen Landesamts für Umwelt und Geologie

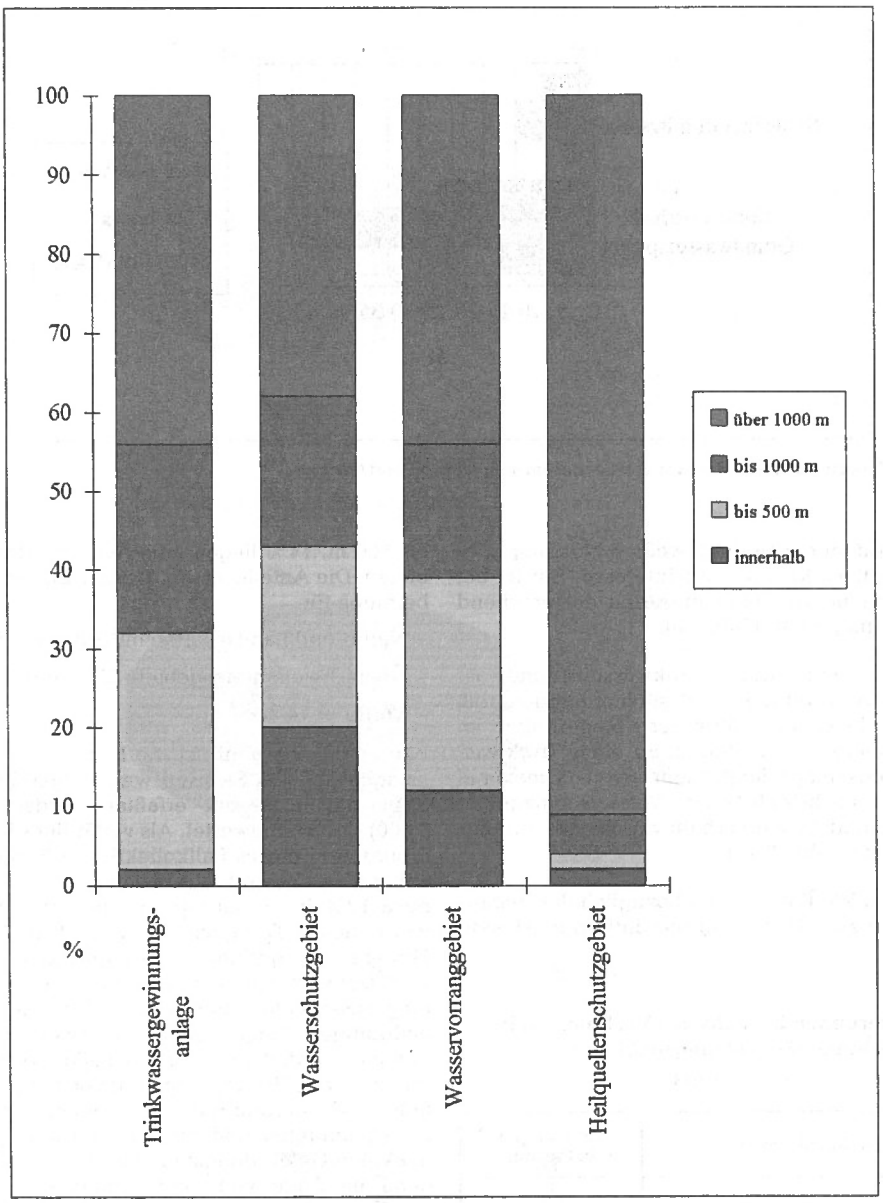
Wie bereits erwähnt, ist die Erstbewertung der Altablagerungen in Sachsen weit fortgeschritten; etwa 6 700 der insgesamt erfaßten Verdachtsfälle (ca. 8 000) sind erstbewertet. Als vorläufiges Ergebnis der Einordnung dieses Fallkollektivs in Prioritätsklassen anhand von Bewertungszahlen zeichnet sich ab, daß etwa 12 % in die Gruppe mit höchster beziehungsweise hoher Dringlichkeit und etwa 70 % in die Gruppe mit geringerer Dringlichkeit einzustufen sind. Der Rest kann vorerst aus der weiteren Behandlung ausscheiden, stellt mithin das Potential für die endgültigen Negativfälle dar. Historische Erkundungen wurden in ca. 2 000 Fällen vorgenommen, orientierende Erkundungen jedoch erst in Einzelfällen. Gefährdungsabschätzungen, erste Sanierungsplanungen und maßnahmen laufen punktuell in akuten Gefährdungsfällen und sind bisher vorwiegend im Zuge von Baumaßnahmen durchgeführt worden.

Altstandorte

245. Wie eingangs erwähnt, ist der Erfassungsstand für Altstandorte mit demjenigen für Altablagerungen noch nicht vergleichbar, weil die entsprechenden Arbeiten erst später begonnen werden konnten. Folglich sind die Angaben zu den Verdachtsfällen insgesamt kritischer zu betrachten. Besonders gilt dies für das folgende Beispiel der vorläufigen Branchenstrukturierung. Weitere Ergebnisse für vorgesehene Bewertungs- und Informationsparameter liegen nicht

Abbildung 2.16

Altablagerungen nach Entfernungsbereichen zu sensiblen Nutzungen in Sachsen
Stand: 1993



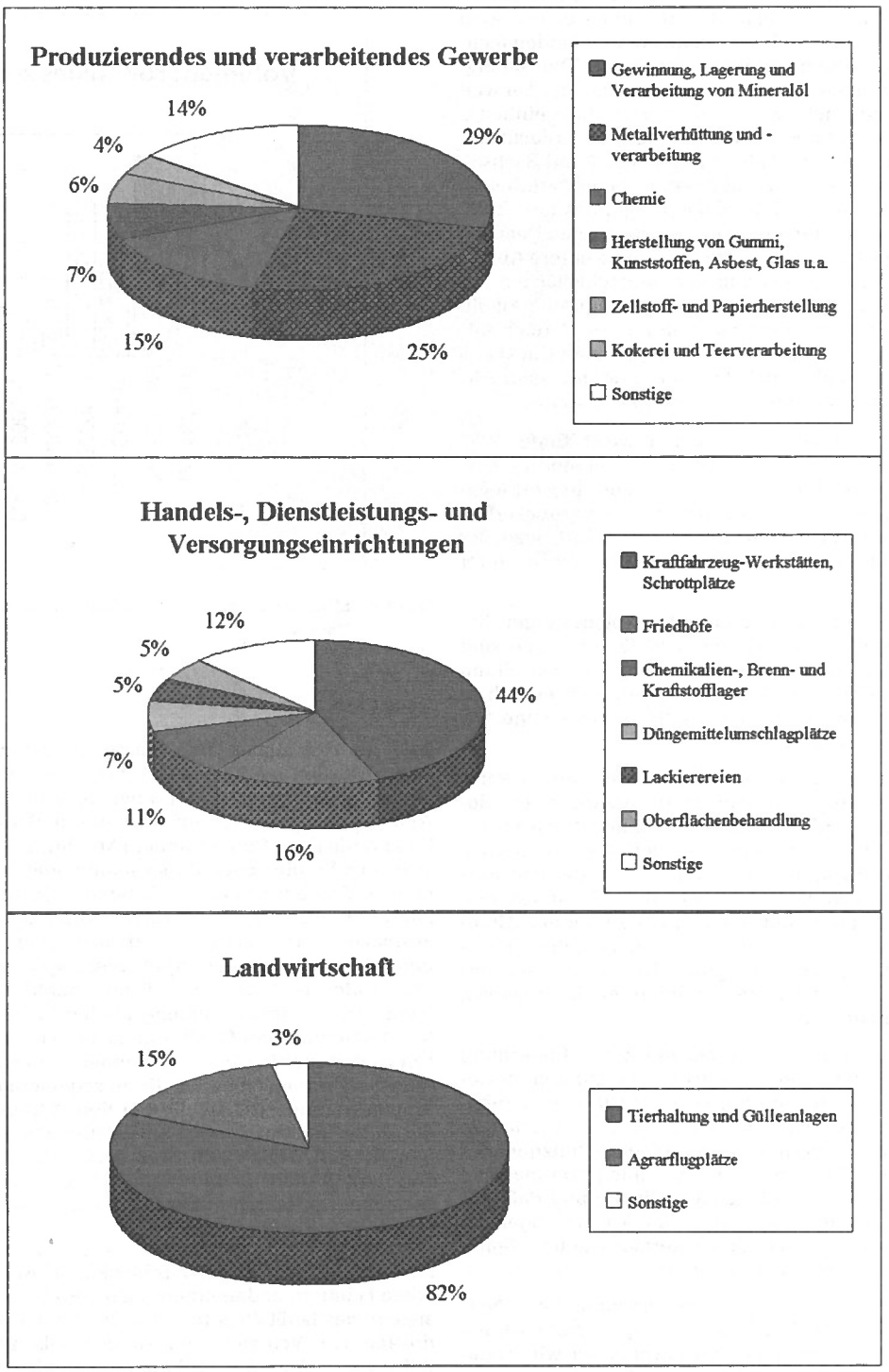
Quelle: SRU, nach Daten des Sächsischen Landesamts für Umwelt und Geologie

vor, weshalb Aussagen zur allgemeinen Gefährdungslage bei Altstandorten noch nicht möglich sind.

Von den 10 168 Standorten der Verdachtsfalldatei sind für knapp 9 900 Fälle Branchenzuordnungen bekannt. Knapp die Hälfte zählt zum produzierenden und verarbeitenden Gewerbe, gut 40 % sind der inhomogenen Hauptgruppe Handel, Dienstleistungs- und Versorgungseinrichtungen zugeordnet, die restlichen rund 10 % gehören zum landwirtschaftlichen Bereich. Innerhalb dieser drei Hauptgruppen sind die Schwerpunkte in Abbildung 2.17 dargestellt. Für die meisten der genannten Branchengruppen besteht zwar der Anfangsverdacht einer mittleren bis starken Kontamination, gleichzeitig wird aber an einigen Beispielen aus dem Dienstleistungssektor (Kläranlagen, Gleisanlagen, Friedhöfe u. a.) die Vorläufigkeit der Verdachtsfallerhebung deutlich.

Abbildung 2.17

Altstandorte nach Branchengruppen in Sachsen
Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten des Sächsischen Landesamts für Umwelt und Geologie

Thüringen

246. Die Verdachtsflächenerfassung begann in Thüringen ebenfalls bereits im Jahre 1990. Die dabei verwendeten Erfassungsbögen orientierten sich an denen der alten Bundesländer Hessen (für Altablagerungen) und Rheinland-Pfalz (für Altstandorte), erwiesen sich jedoch unter anderem wegen der fehlenden fachlichen Begleitung als wenig geeignet. Die Anfang 1992 gegründete Thüringer Landesanstalt für Umwelt (TLU) wurde mit der Durchführung einer einheitlichen Erfassung und Erstbewertung von Verdachtsflächen beauftragt. In Anlehnung an das Land Sachsen wurden ein neuer Datenerfassungsbogen erarbeitet, bereits vorliegende Informationen geprüft und übertragen, ein Programm zur rechnergestützten Bearbeitung entwickelt und den Kreisen, die als untere Abfallbehörde für die Erfassung der Verdachtsflächen zuständig sind, Anfang 1993 zur Verfügung gestellt. Man war bestrebt, die Erfassung für den Bereich Altablagerungen trotz teilweise schleppenden Rücklaufs im Jahre 1993 abzuschließen; die Ergebnisse der Altstandorterfassung werden erst ab 1994 erwartet.

247. Die Verdachtsflächendatei weist Ende 1993 4 618 Altablagerungen und 969 Altstandorte aus. Nachfolgende Ergebnisse für einige bewertungsrelevante Parameter aus der Altablagerungserfassung geben noch kein landesweites Bild, weil der Anteil der auswertbaren Datensätze meist unter 50 % liegt.

Angaben über die Volumina der Ablagerungen liegen für die Hälfte aller Verdachtsfälle vor und sind somit schon relativ aussagekräftig. Die Verteilung auf Größenklassen (Abb. 2.18) zeigt, daß es sich in Thüringen vorwiegend um relativ kleinvolumige Ablagerungen handelt.

Die Angaben zu den grundwasserrelevanten Parametern „hydrogeologische Durchlässigkeit des Bodenkörpers" und „Grundwassersohllage" lassen wegen der geringen Quote ausgefüllter Datensätze (30 % bzw. 22 %) und des hohen Anteils des Antwortfeldes „unbekannt" nur vorläufige Trendaussagen zu. Sie deuten darauf hin, daß der Anteil der Altablagerungen mit hohem Gefährdungspotential für das Grundwasser, also mit guter Durchlässigkeit des Bodenkörpers und Lage der Sohle im Grundwasser, bei 10 % liegen dürfte.

Besser ist die Datenlage bezüglich der Entfernung der Altablagerungen zu sensiblen Nutzungen beziehungsweise Schutzgütern (Abb. 2.19). Hervorzuheben ist hierbei, daß von rund 2 200 Ablagerungen knapp 40 % innerhalb eines Wasserschutzgebietes und weitere 16 % in einer Entfernung von maximal 500 m zum Wasserschutzgebiet liegen und daß sich etwa ein Viertel von rund 1 500 Ablagerungen im Umkreis von 100 m zu Kindertagesstätten, Spielplätzen und Kleingärten befindet.

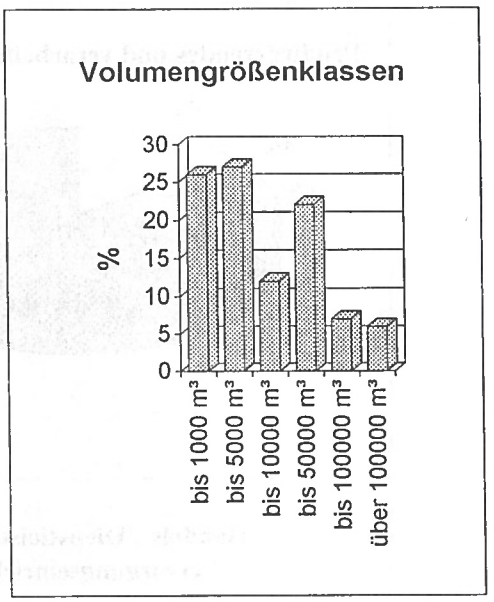
Weitere auswertbare Informationen zu anderen Nutzungsarten (z. B. Trinkwasseranlagen, Naturschutzgebiete) liegen zur Zeit ebensowenig vor wie Angaben zum Stoffinventar oder zum Ablagerungstyp.

Für Altstandorte stehen bewertungsrelevante Daten, wie eingangs erwähnt, noch nicht zur Verfügung.

Abbildung 2.18

Altablagerungen nach Volumengrößenklassen in Thüringen

Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten der Thüringer Landesanstalt für Umwelt

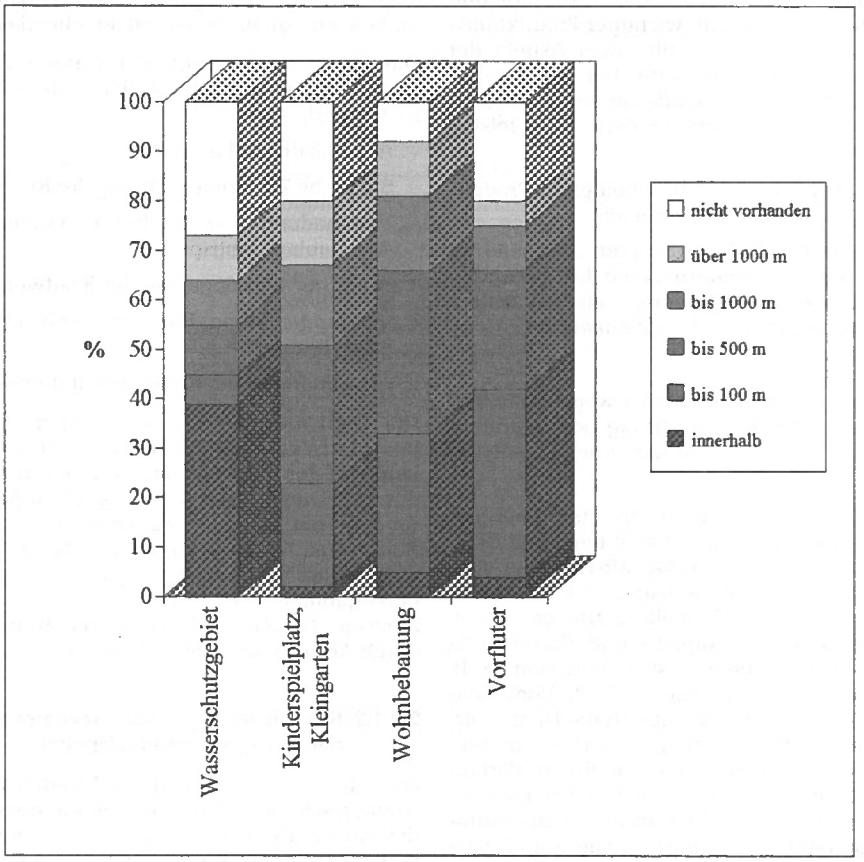
2.1.3 Fazit

248. In den neuen Bundesländern einschließlich Berlin wurden bis Ende 1993 insgesamt 69 693 Altlastverdachtsflächen erfaßt; etwa 44 % entfallen auf Altablagerungen, 56 % auf Altstandorte (UBA, 1994). Wie für die alten Bundesländer (Abschn. 1.2.3) lassen sich auch für die neuen Bundesländer aus den vorliegenden Ergebnissen der Sachstandsberichte nur vorläufige Trends für einige Erstbewertungsparameter ausmachen. So scheint sich abzuzeichnen, daß bei den altlastverdächtigen Altablagerungen bezüglich der Stoffcharakteristik der Schwerpunkt eindeutig beim Typ Hausmüll/Siedlungsabfälle liegt. Die bisher durchgeführten Gefährdungsabschätzungen lassen in den meisten Fällen erkennen, daß das ermittelte Gefährdungspotential dieser sogenannten Müllkippen geringer ist, als die bei den Altdeponien in den alten Bundesländern anzutreffenden Belastungen (UHLMANN, 1993). Der Anteil der Kategorie Sondermüll/industrielle Abfälle dürfte 10 % bis 20 % betragen, für Bauschutt/Erdaushubdeponien läßt sich vorerst keine Aussage machen.

Hinsichtlich der Volumengrößenklasse ist eine gewisse Häufung in den unteren Größenklassen festzustellen, das heißt 40 % bis 60 % der Altablagerungen dürften ein Volumen von weniger als 10 000 m^3 aufweisen. Auf die Volumengrößenklassen über 50 000 m^3 werden dagegen wahrscheinlich weniger als 10 % entfallen. Die Angaben aus zwei Ländern zur Flächenausdehnung deuten darauf hin, daß etwa

Abbildung 2.19

Altablagerungen in Thüringen nach Entfernung zu sensiblen Nutzungen beziehungsweise Schutzgütern
Stand: 1993



Quelle: SRU, nach Daten der Thüringer Landesanstalt für Umwelt

zwei Drittel der Fälle in der Klasse unter 5 000 m² liegen. Bei der räumlichen Ausprägung sind Verfüllungen von Gruben, Tälern und Restlöchern der vorherrschende Ablagerungstyp, der Rest entfällt vor allem auf Aufhaldungen und Hangabschüttungen.

Zum Ausmaß der Grundwassergefährung durch altlastverdächtige Ablagerungen kann zu einer ersten vorsichtigen Einschätzung festgestellt werden, daß entgegen den Befürchtungen, die in der Anfangsphase der Bestandsaufnahme geäußert wurden, die Quote der Fälle mit direktem Grundwasserkontakt, das heißt Lage der Deponiesohle unterhalb des Grundwasserspiegels, unter 15% liegen dürfte. Insgesamt ist aber ein Gefährdungspotential des Grundwassers durch Altablagerungen in fast allen neuen Bundesländern deutlich zu erkennen. Zusammenfassende Aussagen zum Bewertungsparameter der Lage in beziehungsweise Entfernung zu bestimmten Nutzungen erlauben die vorliegenden Daten noch nicht. Bemerkenswert sind auch die Angaben zu Ablagerungen und Altstandorten, die zur Branche Landwirtschaft gehören. Hier zeigen sich im Vergleich zu den alten Bundesländern deutliche Unterschiede.

2.2 Beschreibung besonderer Gefährdungspotentiale von altlastverdächtigen Altstandorten und Altablagerungen

2.2.1 Altstandorte

2.2.1.1 Kurzanalysen ausgewählter Branchen nach Verfahren und Stoffen

249. Bei Altstandorten ist das Stoffspektrum mit seinen Eigenschaften im Vergleich zu Altablagerungen dann besser einzugrenzen, wenn die Branchen, die umweltgefährdende Stoffe hergestellt oder gelagert haben oder sonst mit ihnen umgegangen sind, und die eingesetzten Herstellungsverfahren bekannt sind (SRU, 1989, Tz. 118, Tab. 2.1). Der Umweltrat gibt in Anhang 2 einen Überblick über Produktions- und Dienstleistungsbereiche der ehemaligen DDR, über

die dort eingesetzten Prozeßstoffe und Verfahren und über die anfallenden Reststoffe und zeigt wesentliche Abweichungen von den bekannten Strukturen in den alten Bundesländern auf. Die Bestandsaufnahme erhebt nicht den Anspruch einer systematischen und vollständigen Analyse, sondern stellt Grundzüge und Besonderheiten ausgewählter wichtiger Produktionslinien der ehemaligen DDR unter dem Aspekt der Altlastenentstehung dar. Sie kann bei der Beurteilung und Einordnung von Standorten als Verdachtsflächen in den neuen Bundesländern Hilfe leisten (Erstbewertung).

250. Grundsätzlich ist zu unterscheiden in Produktions- und Verwendungsstrukturen, die

- in den alten Bundesländern und den meisten westlichen Industrieländern keine Entsprechung finden und deshalb besondere, zum Teil andere stoffliche und sonstige Probleme aufwerfen,

und solchen, die

- prinzipiell vergleichbar sind, aber wegen zum Beispiel spezieller Verfahrensführung oder Handhabung Unterschiede oder Besonderheiten aufweisen.

Zum ersten Bereich gehört die gesamte Energie-, Roh- und Grundstoffwirtschaft der ehemaligen DDR. In den Kombinaten dieser Wirtschaftsbereiche wurden weitgehend Produktionsanlagen aus den zwanziger bis vierziger Jahren weiterbetrieben, deren Entwicklungen auf dem Kapital- und Forschungspotential der I.G. Farbenindustrie beruhten (z. B. Acetylen- oder „Reppe-Chemie", PVC). Vom Rohstoff-Weltmarkt abgekoppelt, hat sich die DDR-Stoffwirtschaft wegen der Nutzung einheimischer und teilweise unergiebiger Rohstoffe, veralteter Verfahren und anfälliger, weil überalterter Großanlagen zunehmend ungünstig entwickelt. In die zweite Gruppe fallen dagegen hauptsächlich kleinere und mittlere Produktionsstätten aus verschiedenen Industrie, Gewerbe- und Dienstleistungsbranchen sowie ehemalige Kommunalbetriebe.

In beiden Bereichen fehlten wirksame Emissionsrückhaltevorrichtungen entweder völlig oder wurden – falls vorhanden – auf niedrigem Niveau betrieben; eine unabhängige Gewerbeaufsicht gab es nicht. Zu den so entstandenen Umweltbelastungen im allgemeinen und den hier interessierenden Bodenkontaminationen und Altlasten im besonderen haben die Verursacher aus der ersten Gruppe mengenmäßig wesentlich stärker beigetragen; sie waren auch Verursacher der großflächigen Belastungen.

251. In Anhang 2 wird insbesondere auf ausgewählte Produktionslinien der chemischen Industrie eingegangen. Daneben wird ein Blick auf die Bereiche Energie, Erzverarbeitung und Landwirtschaft geworfen.

Die von der Chemieindustrie der ehemaligen DDR verursachten schwerwiegenden Belastungen der Umwelt resultierten aus einer vom angestrebten Autarkieziel geprägten, im wesentlichen auf dem Rohstoff Braunkohle basierenden technologischen Entwicklung, die im Vergleich zu den westlichen Industrieländern veraltet war. Sie zog besonders hohe Emissionen von Schadstoffen in Wasser, Boden und Luft, große Nebenprodukt- und Abfallmengen sowie besonders umweltgefährdende Formen der Abfallverwertung und beseitigung nach sich. Das trifft insbesondere für die Carbochemie, daneben aber auch für die organische Basis-Synthesechemie und die anorganische Grundstoffchemie zu.

Die Umweltproblematik der Energiewirtschaft auf Braunkohlebasis ist durch folgende Merkmale charakterisiert:

- Ausmaß der Abbaustätten
- Stoffliche Zusammensetzung der Kohle
- Verwendung ausgekohlter Tagebaurestlöcher als Abfallablagerungsplätze
- Niedriger Wirkungsgrad der Kraftwerke
- Verwendung von Braunkohleschwelteer bei der Brikettierung
- Abwässer aus den Kohleumwandlungsanlagen.

Die Landwirtschaft der ehemaligen DDR war gekennzeichnet durch die generelle Trennung in Großbetriebe der pflanzlichen und der tierischen Produktion. Durch diese Betriebsstruktur kam es insbesondere bei letzteren zu einer hohen räumlichen Konzentration im Umgang mit Gülle und Silagesickersäften und anderen organisch stark belasteten Flüssigabfällen. Im Bereich der Agrochemischen Zentren (ACZ) sind vielerorts Kontaminationen durch Agrochemikalien feststellbar.

2.2.1.2 Klassifizierung altlastrelevanter Stoffe nach ausgewählten Branchen

252. In Tabelle 2.7 wird ein Überblick über branchentypische altlastrelevante Stoffe gegeben. Die in den Kurzanalysen in Anhang 2 beschriebenen Sachverhalte werden zusammengefaßt und um einige Branchen ergänzt. Dargestellt werden die für die jeweilige Branche charakteristischen Stoffe, von denen eine Gefährdung ausgehen kann. Die Übersicht besagt jedoch nichts über die im Einzelfall zu erwartende oder tatsächlich vorgefundene Stoffpalette und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es wurde versucht, die Stoffe und Stoffgemische nach

- definierten Stoffen und Stoffgruppen und
- unspezifischen Stoffgemischen

zu unterscheiden. In der ersten Gruppe finden sich hauptsächlich Ausgangs- und Endprodukte und Hilfsstoffe der jeweiligen Produktionsverfahren. Die Neben- und Abfallprodukte sind in ihrer stofflichen Zusammensetzung vielfach undefiniert; sie sind deshalb der Gruppe „unspezifische Stoffgemische" zugeordnet.

253. In Abschnitt 2.1.1 sowie in Textziffer 250 und im Anhang 2 wird erläutert, daß es aufgrund der politischen, rechtlichen, wirtschaftlichen und produktionstechnischen Gegebenheiten in der ehemaligen DDR im Vergleich zu den alten Bundesländern zu Umweltbelastungen kam, die zum Teil die bisher bekannten Dimensionen weit übersteigen. Dies gilt auch und in besonderem Maße für die im Zusam-

Tabelle 2.7

Altlastverdächtige Produktionslinien in der ehemaligen DDR und mögliche beurteilungsrelevante Stoffe und Stoffgemische

Branchen	definierte Stoffe und Stoffgruppen	unspezifische Stoffgemische
Energiewirtschaft auf Braunkohlenbasis		
– Heizkraftwerke	Blei, PAK, Phenol, Quecksilber, Uran(IV, VI)oxid	Salzschlacken
– Verfüllung aufgelassener Tagebaue (Restlöcher) als Restlochverwertung (Nebenbetrieb)	Abfallschwefelsäure, Arsen, „Bunakalk" (Carbidkalk), chrom- und quecksilberhaltige Schlämme, Schwefelkohlenstoff, Eisenhydroxidschlamm, Fettsäuren, nicht-γ-Konformeren des HCH, leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe, Ligninsulfonsäuren, Phenol, Sulfitablaugen, Zinksalze	Asbestzementbruch, Asche und Schlacke aus Rohbraunkohleverbrennung und Druckgaswerken, Bauschutt (asbesthaltig), Galvanikschlämme, Gemisch von Industrieschlämmen und Fäkalien, Kraftstoffabprodukte, Gießereirückstände, Kohletrübe, Polyethylen-Abfälle (vorwiegend Folien), PSM-Abfälle, Teer- und Destillationsrückstände, Säureteere und -harze
Erzbergbau und Metallurgie		
– Kupfererzbergbau	Arsen, Blei, Eisensilikate, Germanium, Salz, Silber, Tellur, Vanadium, Zink	Bitumen des Kupferschiefers, Kupferschlacken, Salzauslaugungen
– Zinn- und früher auch Blei- und Zinkerzbergbau	Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Schwefelsäure, Zink und Zinksalze, Zinn (SnO_2)	
– Nickelerzbergbau	Antimon, Arsen, Blei, Nickel, Selen, div. Schwermetallsulfide, Tellur	
– Uranerzbergbau	z. B.: Arsen, Nickel, Trikresylphosphat, Wolfram	Uran, sowie Begleitmetalle und Metalloide
– Eisenerzbergbau und -verhüttung	arsen-, blei-, cadmium-, cyanid-, quecksilber- und zinkhaltige Gichtgasstäube und -schlämme, Eisenstaub	schwermetallhaltige Säure, Walzzunder (mineralölhaltig)
Chemie		
Carbochemie auf Braunkohlenbasis		
– Braunkohlenverkokung und -verschwelung, Teerverarbeitungswerke ohne Hydrierung	Arsen, Benzol, Blei, Cadmium, Chrom, Ethylbenzol, Kresole, Kupfer, LHKW, Nickel, Phenolverbindungen, PAK und Heterozyklen, Quecksilber, Toluol, Xylole, Zink	Abschwaden, Mineralöle, Öle, Ruß und Teere (enthalten: Benzol, Toluol, Ethylbenzol, [Methyl]styrol, Xylole, Benzo[σ]furan, [Di]cyclopentadien) verschiedener Provinienz und Zusammensetzung
– Braunkohlen-(Druck)-vergasung		Aschen
– Montanwachsgewinnung	Chromsäure, Montanwachs, Toluol	
– Hydrier- und Reformierwerke	C_6-C_8-Aromaten, Benzol und homologe Aromaten, Bicyclopentadien, Vinylaromaten	Abschwaden, Asphalt, Bitumen, Bleicherden, Säureteere und -harze, nickelhaltige Katalysatorrückstände, Koksschlacken, Mineralöle, Schweröle

noch Tabelle 2.7

Branchen	definierte Stoffe und Stoffgruppen	unspezifische Stoffgemische
Mineralölverarbeitung		
– Raffinerien, Altölraffinerien	MKW	Bleicherden, Säureharze und -teere
– Brandplätze	Ruß, PAK, PCDD(F)	
Organische Synthesechemie		
– Carbid-Acetylen-Chemie	Acetaldol, Acreylnitril, 1,3-Butandiol, n-Butanol, Butyraldehyd, phosphorwasserstoffhaltiger Carbidkalk (Calciumhydroxid) und Carbidkalkschlamm, Cyanide (Bariumcyanid), asym. Dichlorethylen, Dioctylphthalat, Ethylacetat, Ethylchlorid, 2-Ethylhexanol, Hexanol, Hexantriol, Hexylacetat, Methylquecksilber, Natronlauge, Octylacetat, Phthalsäure(anhydrid), Polyvinylacetat, Polyvinylalkohol; PVC, Quecksilbersalze, vor allem Quecksilber(II)-sulfat, Trichlorethylen	Kohle- und Kalkstäube, Alkohole und Ester
– Carbid-Kalkstickstoff-Chemie	Atrazin, Calciumcyanamid, Cyanamid, Formaldehyd und -derivate, Kalkschlamm (Calciumcarbonat), Melamin, Simazin	Abfälle der Herbizidproduktion (z. B. Derviate des sym. Triazins)
– Petrochemie	C_6-C_8-Aromaten, Quecksilber-, Vanadium(V)- und Nickeloxid und -porphyrine	Altkatalysatoren, Bitumen, Kraftstoffe, div. Ölfraktionen, (ölhaltige) Salzlösungen
– Metallorganische Chemie	Bis(tributylzinn)oxid, Blei, blei-, zinn- und cadmiumorganische Verbindungen, Natrium-Blei-Legierungen, Ethylchlorid und -bromid, Tetraethylblei	
Pflanzenschutzmittelproduktion		
– Chlororganische Insektizide	Benzol, Camphechlor, Chloralhydrat, Chlorbenzol, DDT, HCH-Konformeren, Methoxychlor, Toxaphen, Terpenkohlenwasserstoffe	verschiedene Chloraromaten, Formulierungshilfsstoffe (z. B. Dieselkraftstoffe)
– Phosphororganische Insektizide und sonstige Wirkstoffe	PSM: Amido-, Dichlor- und Thiophosphorsäureester wie z. B.: Dimethoat, Methamidophos, Parathionmethyl, Dichlorphos Zersetzungsprodukte: substituierte Phosphorhalogenide, sekundäre Amine, Phosphor- und Thiophosphorsäureester, Xylole	Formulierungshilfsstoffe (z. B. Dieselkraftstoff), cholinesterasehemmende Stoffe
– Sonstige Insektizide	Carbaryl, Pirimicarb, Aldicarb, Methomyl, Fenazox, heterozyklische Abbauprodukte	Formulierungshilfsstoffe (z. B. Dieselkraftstoff)

noch Tabelle 2.7

Branchen	definierte Stoffe und Stoffgruppen	unspezifische Stoffgemische
– Herbizide	chlorierte Aldehyde (Chloralhydrat, Methylhalbacetal), Chlorate, besonders Kaliumchlorat, PCDD(F), Phenoxyalkansäurederivate (MCPA, 2,4-D, Dichlorprop, Mexoprop), Triazinderivate (Atrazin, Simazin, Prometryn), Harnstoffderivate (Isoproturon, Bromuron), (Di)Nitroverbindungen (Nitrofen, DNOC, Dinoseb(acetat)) und sonstige (Lenacil, Phenmedipham, Dalapen)	Formulierungshilfsstoffe (z. B. Dieselkraftstoff)
– Fungizide	Aldimorph (Morpholinderivat), Captan (Phthalimidderivat), Thiram (Dithiocarbamat), Azole (Triadimefon, Porpiconazol, Flutriafol (Triazolderivat), Prochloraz (Imidazolderivat)), Benzimidazole (Carbendazim, Benomyl), Ethylenthioharnstoff, Methylisocyanat, Phthalimidderivate, Quecksilberverbindungen (Bis(methylquecksilber)-*para*-toluolsulfamid, Phenylquecksilberacetat) und Kupferverbindungen (Kupferoxychlorid)	Formulierungshilfsstoffe (z. B. Dieselkraftstoff)
Kunststoffchemie (Produktion der Monomeren und deren Polymerisation)		
– Polyamide	Adipinsäure, AH-Salze (Adipinsäuresalze des Hexamethylendiamins), Ammoniumsulfat, ε-Aminocaprolactam, Cyclohexanol und Cyclohexanon, Cyclohexanonoxim, Hexamethylendiamin, Hydroxylamin(salze), Phenol, Schwefelsäure	
– Polystyrol	Styrol	
– Polyester	Ethylenglycol, Naphthalin, Phthalsäure(anhydrid), Terephthalsäure, Vanadium(V)oxid, Xylole	cobaltsalzhaltige Katalysatoren, ungesättigte Polyesterharze
– PVC (natur), Polyvinylidenchlorid	PCDD(F)	Polymerisationshilfsstoffe, Lösungsmittel
– Polyacrylnitril, Polyacrylsäure und Polymethacrylsäureester	Acrylnitril, Cyanide	ansonsten vgl. Carbid-Acetylen-Chemie
– Phenol-Formaldehyd- und Melaminharze	Melamin, Phenol, Phenol-Formaldehyd-Addukte	Novolake
– Polyolefine	Aluminiumpulver und -verbindungen (Oxid, Hydroxid), Titan(IV)verbindungen (hauptsächlich Chlorid), Kohlenwasserstoffe (Lösungsmittel)	siehe Carbid-Acetylen-Chemie
– diverse Copolymere	Acrylnitril, Styrol	Polymerisationshilfsstoffe, Lösungsmittel

noch Tabelle 2.7

Branchen	definierte Stoffe und Stoffgruppen	unspezifische Stoffgemische
Cellulose- und Viscoseseide-produktion		
– Cellulose-(Zellstoff-)fabriken	Ligninsulfonsäuren	
– Viscose- und Acetatseide-produktion	Natriumxanthogenat, Schwefelkohlenstoff, Schwefelsäure, Zinksalze (Sulfat, Chlorid)	Lösungsmittel
Anorganische Grundstoffchemie		
– Schwefelsäure nach dem MÜLLER-KÜHNE-Verfahren	Calciumsulfat (Anhydrit, Gips), Schwefelsäure, Vanadium(V)oxid	Braunkohlenfilterschlacken, Hochofenschlacken, Zementstaub
– Zementproduktion		Braunkohlenfilteraschen, Carbid- und div. andere Kalkschlämme, Hochofenschlacken, Kohlenstäube, schwermetallhaltige Kupferschlacken (s. Kupfererzbergbau), Reifenabbrand, Zementstaub
– Kali-, Salz- und Sodaindustrie	Bromide, Calcium-, Magnesium-, Natriumsalze;	
– Phosphataufschluß und Phosphorchemie	Fluoride, Strontiumsalze und Salze der Seltenen Erden	Phosphorofenschlacke [enthält ca. 0,9 % Selenoxid (Se_2O_3)], Phosphatstäube
– Ammoniak-, Salpetersäure- und Harnstoffchemie	Ammoniak und Ammoniumsalze, Nitrate und Salpetersäure	Bitumen, schwermetallhaltige Koksschlacken und -aschen, nikkelhaltige Hydrierkatalysatoren
– Chlorchemie	Asbest, Chlorbenzol und Polychlorbenzole, HCH, LHKW (Methylenchlorid, Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff), Natronlauge und Natriumcarbonat, PCDD(F), Quecksilber, Salzsäure, Schwefel-Chlor-Verbindungen (Chlorsulfonsäure, Sulfurylchlorid, Thionylchlorid, Dischwefeldichlorid)	
– Fluorchemie	Ammonium-, Kalium-, Natriumfluorid, Calciumfluoridschlämme, Chloroform, (ggf. im Gemisch mit Schwefelsäure), FCKW, Flußsäure, Hexafluorosilicate, Monofluorphosphate	Baugrundimprägnierungsmittel
Sonstige chemische Erzeugnisse		
– Sprengstoffe und Zündwaren	(Poly)Aminoaromaten, Ammoniumnitrat, Antimonsulfid, Barium-, Strontium-, Lithiumsalze; Bleiazid, HCH, Kupferazid, (Poly)Nitroaromaten, (Poly)Phenole, roter Phosphor, Quecksilber und Quecksilberfulminat, Titanchlorid	Streckungsmittel, sonstige Hilfsstoffe
– Waschmittelindustrie	verzweigtkettige Alkylsulfonsäuren, Fettsäuren der Kettenlänge C_{16}/C_{18}, Trinatriumphosphat	synthetische Fettalkohol-, Fettsäure-, Fettamingemische

noch Tabelle 2.7

Branchen	definierte Stoffe und Stoffgruppen	unspezifische Stoffgemische
– Kunststoffverarbeitung zu Halbfabrikaten	blei-, cadmium- und zinnorganische Verbindungen, Formaldehyd, Phenol, diverse Phthalate (insbesondere Dioctylphthalat), Trikresylphosphat	Novolake, Verarbeitungshilfsstoffe (Gleitmittel, Füllstoffe, Stabilisatioren, Weichmacher), PVC-Abfälle (Pulver)
Pharmazeutische Industrie	Aussagen nur nach einzelfallbezogenen Erhebungen und Analysen	
sonstiges verarbeitendes Gewerbe		
NE-Metallerzeugung		
– Aluminiumproduktion	Aluminium-, Aluminium-fluorid-, Natriumaluminiumfluorid- und Natriumfluorid- Stäube; Aluminiumoxid, PCDD(F), Gallium, Natronlauge	Rotschlämme, Teere
Hochöfen, Stahl- und Walzwerke	Bor-, Chrom-, Eisen-, Mangan-, Molybdän-Vanadium- und Wolframverbindungen, Arsen, Blei, Cadmium, Quecksilber in Schlacken	Ofenausbruch
Gießereien	Arsen, Antimon, Blei und Cadmium in Schlacken und Altformsand, PCDD(F), und Fluoride in Aluminiumgießereien, N-Nitrosamine, Phenol-Formaldeyd-Harze	Gießereisand und -schlacken, Ofenausbruch
Maschinenbau und spanende Fertigung	LHKW (z. B. Trichlorethylen, Perchlorethylen), schwermetallhaltige Farben (Mennige, Bleichromat, Bleisulfat, Berliner Blau in Chromgrün), N-Nitrosoverbindungen, PCDD(F)	Bohr- und Schneidöl (enthalten Nitroaromaten, Mineralöle, Kohleöle, Alkylsulfonsäuren), Korrosionsinhibitoren (auf der Basis von Triethanolaminooleaten, Alkylsulfonaten und Alkylphenoloxethylaten) und pentachlorbiphenyl (PCB)-haltige, Hydrauliköle, Altformsand und Schlacken (Arsen, Antimon, Blei, Cadmium, Fluoride), Schmierstoffe (enthalten Metallseifen)
Straßenfahrzeugbau	Phenol und Phenolharze, PCB	Schadstoffe des Maschinenbaus und der Oberflächenveredelung, sowie Kraftstoffe und Mineralöle, Kühlflüssigkeiten auf Ethylenglycol-Basis, Schmierfette
Waggon- und Schiffbauindustrie	FCKW, leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe	für die metallverarbeitende Industrie allgemein charakteristische Schadstoffe, sowie spezielle Antifouling-Anstriche auf der Basis von Kupferpulver und zinnorganischen Verbindungen, bleihaltige Rostschutzfarben
Reparaturbetriebe für Straßen-, Schienen- und landwirtschaftliche Fahrzeuge		für die metallverarbeitende Industrie allgemein charakteristische Schadstoffe, sowie sämtliche Betriebsflüssigkeiten der reparierten Fahrzeuge: Dieselkraftstoff, Ethylenglycol aus Kühlerflüssigkeiten, FCKW, Kalilauge, Schmieröle u. -fette, bleihaltige Schwefelsäure, Vergaserkraftstoff, Farben und ihre Lösemittel

noch Tabelle 2.7

Branchen	definierte Stoffe und Stoffgruppen	unspezifische Stoffgemische
Glas- und Keramikindustrie		
– Glasherstellung	Arsen, Blei-, Cobalt-, Zirkoniumoxid, Flußsäure, Schwefelsäure, Toluol, Quecksilber	Glaslote
– Porzellan- und Keramikproduktion	Beryllium-, Blei-, Cobalt-, Chrom-, Eisen-, Kupfer-, Mangan-, Nickel-, Titan-, Zink-, Zirkoniumoxid	Glasurfarben
Gummi- und Reifenindustrie	Acrylnitril, Cadmiumsulfid, Dischwefeldichlorid, N-Nitrosoverbindungen, Schwefelkohlenstoff, Zinkoxid	Ruß (adsorbierte PAK), Vulkanisationshilfsmittel (organische Peroxide, Sulfhydrylverbindungen), s. auch Copolymerproduktion
Textilfärberei	Azo-, Indanthrenfarbstoffe, Chrom- und Eisenalaun, Formaldehyd, Nitrite, Kaliumdichromat, -persulfat, Natriumchlorit, Hydroxymethansulfinsäure (Rongalit®), Sulfite	weitere Textilfarbstoffe, Hilfsstoffe (Egalisierer usw.)
Leder- und Kunstlederindustrie		
– Leder	Chrom(III)-Verbindungen, Dioctylphthalat	Kalklaugen, Gerbstoffe (Tannin usw.), synthetische Gerbstoffe auf der Basis sulfatierter Novolake
– Kunstleder		siehe auch PVC, Kunststoffabfälle und Weichmacher, Weich-PVC
Oberflächenveredelung (Galvanik), Eloxieren	Blei-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, und Zinnsalze, Chrom(VI)-oxid, Cyanide (auch komplexe), Fluoride, LHKW, Natronlauge, Phosphor-, Salpeter-, Salz-, Schwefelsäure, Tetrafluoroborate	Metallschleifstaub in großen Mengen, Badzusätze (Komplexbildner, Stabilisatoren, Puffer usw.)
Elektroindustrie		
– Batteriefabrikation	Ammoniumchlorid, Blei, Braunstein, Cadmium, Kalilauge, Nikkel, Quecksilber, Schwefelsäure, Zink	
– Elektrogeräte und -einrichtungen	Asbest, Blei, PCB, Diisocyanate, PCDD(F) in Tränk- und Transformatorölen, FCKW, Halogensiloxane, Kupfer, Phenol- und Kresolharze und -lacke, PVC, Polyurethane, Quecksilber, Zinn	
– Röhren- und Glühlampenherstellung	Bleizinn, Barium, Bariumoxid und -hydroxid, Kupfer, Lötzinn, Molybdän, Nickel, roter Phosphor, Quecksilber, Wolfram, Zinksulfid	Leuchtstoffpulver (Oxide, Silikate und Phosphate der Erdalkalimetalle und Seltenen Erden, mit Schwermetallaktivatoren Kupfer, Zinn, Mangan usw.) $(SrMg)_2P_2O_7$: Eu, Y_2SiO_5:Ce, Tb usw.)

noch Tabelle 2.7

Branchen	definierte Stoffe und Stoffgruppen	unspezifische Stoffgemische
Elektronische Geräte	Blei, aluminium-, arsen-, gallium-, indium-, phosphor-, tellur-, zinkorganische Verbindungen ($Al(CH_3)_3$, $Ga(CH_3)_3$, $In(C_2H_5)_3$, $As(CH_3)_3$, Ph_3), $Te(CH_3)_3$, $Zn(C_2H_5)_3$, Chlorsilane (vor allem $SiHCl_3$); Eisen(III)chlorid, Flußsäure, Kupferchlorid, LHKW (vor allem Trichlorethylen, Perchlorethylen), Natronlauge, Peroxodisulfat, Phenolharze und Phenol, Xylol, Zinn	
Farben- und Leimindustrie	Benzinkohlenwasserstoffe, blei-, chrom- und kupferhaltige Farben (z. B.: Bleichromat, Bleisulfat, Berliner Blau, Mennige), Epoxidharze, Formaldehyd, LHKW, Phenol, Phosphorsäure, Polyacrylate, Polyurethane, Polyvinylacetat, Xylole, zinnorganische Verbindungen (Bis(tributylzinn)oxid)	Kleisterstoffe, Klebstoffkomponenten, Stabilisatoren, Emulgatoren
Holz- und Möbelindustrie	Epoxidharze, Formaldehyd, HCH, Holzschutzmittel (Fluorphosphate, Pentachlorphenol, zinnorganische Verbindungen(Bis(tributylzinn)oxid)), Kaliumarsenat, Phenol und Phenolharze, Polyacrylate, Polyurethane (Schaumstoffe), Polyvinylacetat, Quecksilberchlorid	Holzstaub
Papierherstellung	Alaune, Baryt, Chlorbleiche, Harzseifen, PCDD/F	
Druckindustrie	Antimon, Arsen und Blei aus dem Letternmetall, Toluol	Farbstoffe, Pigmente, Lösemittel (v. a. Toluol), Terpenkohlenwasserstoffe, Ruß (PAK)
Landwirtschaft		
– Agrochemische Zentren	Xylole, PSM (s. dort)	siehe auch Maschinenbau, Reparaturwerkstätten; Asche, Dieselöl, Kalkschlamm
– Industrielle Tierhaltung	Masthilfstoffe (Kupferverbindungen, Hormonpräparate, Antibiotika)	Gülle

Quelle: SRU, nach EBNER et al., 1993

menhang mit den Altstandorten anstehenden quantitativen und qualitativen Stoffprobleme. Viele Stoffe, die auf Altstandorten in den alten Bundesländern in eher geringen Mengen und Konzentrationen vorkommen und daher im Vergleich zu anderen Stoffen nur eine untergeordnete Rolle bei der Bewertung spielen, rücken somit stärker in den Vordergrund, weil die vorgefundenen Mengen und Konzentrationen in den neuen Bundesländern erheblich höher sind. Neben diesen Mengenaspekt tritt der qualitative Aspekt; wegen der unterschiedlichen Produktionstechnologie sind Stoffe einzubeziehen, die bisher im Stoffspektrum von Altstandorten weniger im Vordergrund standen.

Viele der ermittelten Stoffe und Stoffgemische sind auch von Altstandorten in den alten Bundesländern bekannt. Sie wurden zum Teil schon im Sondergutachten „Altlasten" wiedergegeben. Dort wurden 76 Stoffe besonders hervorgehoben, die wegen ihres Vorkommens, ihrer Mobilität, Toxizität, Bioakkumulation, Abbaubarkeit und ihres Langzeitgefährdungspotentials relevant sein können (SRU, 1989, Tz. 118, Tab. 2.1 und 2.2). Für die meisten dieser Stoffe sind mittlerweile toxikologische Beurteilungen verfügbar (Tz. 84).

254. In Tabelle 2.8 sind als erste grobe Einschätzung jene Stoffe aufgezählt, die aus toxikologischer

Tabelle 2.8

Zuordnung möglicherweise toxikologisch relevanter Stoffe zu entsprechenden Branchen

Beurteilungsrelevanter Stoff	Branche
Acetaldol	Carbid-Acetylen-Chemie
Adipinsäure	Polyamidproduktion
AH-Salze	Polyamidproduktion
Alaune	Papierherstellung
Aldicarp	Herstellung sonstiger Insektizide, agrochemische Zentren
Aldimorph	Herstellung von Fungiziden, agrochemische Zentren
Alkylphosphate, sauer	Herstellung phosphororganischer Insektizide, agrochemische Zentren
Amidophosphorsäureester	Herstellung phosphororganischer Insektizide, agrochemische Zentren
sekundäre Amine	Herstellung phosphororganischer Insektizide, agrochemische Zentren
Atrazin	Carbid-Kalkstickstoff-Chemie
Azofarbstoffe	Textilfärberei
Baryt	Papierherstellung
Benzo[b]furan (Cumaron)	Carbochemie auf Braunkohlenbasis
Bis(tributylzinn)oxid	Metallorganische Chemie, Farben- und Leimindustrie, Holz- und Möbelindustrie
1,3-Butandiol	Carbid-Acetylen-Chemie
Calciumcyanamid	Carbid-Kalkstickstoff-Chemie, agrochemische Zentren
Camphechlor	Produktion chlororganischer Insektizide, agrochemische Zentren
Captan	Fungizidproduktion, agrochemische Zentren
Carbaryl	Produktion sonstiger Insektizide, agrochemische Zentren
Carbidkalk, phosphorwasserstoffhaltig	Carbid-Acetylen-Chemie, Tagebaue
Chloralhydrat	Produktion chlororganischer Insektizide, agrochemische Zentren
Chlorbleiche	Papierherstellung
Chlorsilane	Herstellung elektronischer Geräte
Chlorsulfonsäuren	Chlorchemie
Cyanamid	Carbid-Kalkstickstoff-Chemie, agrochemische Zentren
Dichlorphosphorsäureester	Herstellung phosphororganischer Insektizide, agrochemische Zentren
Dimethoat	phosphororganische Insektizide, agrochemische Zentren
Dichlorvos	phosphororganische Insektizide, agrochemische Zentren
Dischwefeldichlorid	Gummi- und Reifenproduktion, Chlorchemie
Dithiocarbamate	Fungizidproduktion, agrochemische Zentren
Eisensilikate	Kupfererzbergbau
Ethylacetat	Carbid-Acetylenchemie
Ethylchlorid	Carbid-Acetylen-Chemie, metallorganische Chemie
Ethylenthioharnstoff	Fungizidproduktion, agrochemische Zentren
2-Ethylhexanol	Carbid-Acetylenchemie
Fenazox	Produktion sonstiger Insektizide, agrochemische Zentren
Flußsäure	Fluorchemie, elektronische Industrie, Glasherstellung
Flutriafol	Fungizidproduktion, agrochemische Zentren
Formaldehyd	Carbid-Kalkstickstoff-Chemie, Kunststoffverarbeitung zu Halbfabrikaten, Phenol-Formaldehydharz-Herstellung, Textilfärberei, Farben- und Leimproduktion, Holz- und Möbelindustrie
Harzseifen	Papierherstellung
Hexamethylendiamin	Polyamidproduktion
Hexanol	Carbid-Acetylen-Chemie

noch Tabelle 2.8

Zuordnung möglicherweise toxikologisch relevanter Stoffe zu entsprechenden Branchen

Beurteilungsrelevanter Stoff	Branche
Hexantriol	Carbid-Acetylen-Chemie
Hexylacetat	Carbid-Acetylen-Chemie
Hydroxymethansulfinsäure	Textilfärberei
leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe	Polyolefinherstellung, Raffinerien, Altölraffinerien, Farben- und Leim-Industrie, Tagebaurestlöcher
leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)	Braunkohlenverkokung und -verschwelung, Teerverarbeitung ohne Hydrierung; Chlorchemie, Maschinenbau und spanende Fertigung, Waggon- und Schiffbauindustrie, Oberflächenveredelung, Herstellung elektronischer Geräte, Farben- und Leim-Industrie
Kupferoxychlorid	Fungizide, agrochemische Zentren
Mangansalze	Hochöfen, Stahl- und Walzwerke, Porzellanherstellung, Röhren- und Glühlampenherstellung
Mennige	Maschinenbau und spanende Fertigung
Methamidophos	Produktion phosphororganischer Insektizide, agrochemische Zentren
Methomyl	Produktion sonstiger Insektizide, agrochemische Zentren
Methoxychlor	Produktion chlororganischer Insektizide, agrochemische Zentren
Methylisocyanat	Fungizidherstellung, agrochemische Zentren
N-Nitrosoverbindungen	Metallgießereien, Gummi- und Reifen-Industrie
Nitrate, Nitrite, Salpetersäure	Ammoniak-, Salpetersäure- und Harnstoffchemie, Textilfärberei, Oberflächenveredelung
Octylacetat	Carbid-Acetylenchemie
Parathionmethyl	Produktion phosphororganischer Insektizide, agrochemische Zentren
organische Peroxide	Gummi- und Reifen-Industrie
polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F)	Herbizidproduktion, agrochemische Zentren, Brandplätze, Chlorchemie, Maschinenbau und spanende Fertigung, Elektrogeräteherstellung, Aluminiumproduktion, Gießereien
Pentachlorphenol	Holz- und Möbelindustrie
Phenol-Formaldehyd-Addukte und -Harze	Carbid-Kalkstickstoff-Chemie, Herstellung von Phenol-Formaldehyd-Harzen (Kunststoffindustrie), Gießereien
roter Phosphor	Sprengstoff- und Zündwarenindustrie, Röhren- und Glühlampenherstellung
substituierte Phosphorhalogenide	Produktion phosphororganischer Insektizide, agrochemische Zentren
Phosphorsäure	Produktion phosphororganischer Insektizide, agrochemische Zentren
Pirimicarb	Produktion sonstiger Insektizide, agrochemische Zentren
Poly-Amino und -Nitroaromaten	Sprengstoff- und Zündwarenindustrie
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	Straßenfahrzeugbau, Elektrogeräte, Maschinenbau und spanende Fertigung
Polyurethane	Holz- und Möbelindustrie, Farben- und Leimindustrie
Polyvinylalkohol	Carbid-Acetylen-Chemie
Polvinylchlorid (PVC)	PVC-Produktion, Elektrogeräte und -einrichtungen, Kunstlederproduktion, Herstellung von Kunststoffhalbfabrikaten
Prochloraz	Fungizidherstellung und agrochemische Zentren
Propiconazol	Fungizidherstellung und agrochemische Zentren
Ruß	Druckindustrie, Brandplätze, Braunkohleverkokung und -verschwelung, Teerverarbeitung ohne Hydrierung, Gummi- und Reifenindustrie
Schwefelkohlenstoff	Tagebaue, Viskose- und Acetatseideproduktion, Gummi- und Reifenindustrie

noch Tabelle 2.8

Zuordnung möglicherweise toxikologisch relevanter Stoffe zu entsprechenden Branchen

Beurteilungsrelevanter Stoff	Branche
Schwefelsäure	Tagebaurestlöcher, Polyamidherstellung, Zinn- und Bleierzbergbau, Reparaturbetriebe für Fahrzeuge, Oberflächenveredelung, Batteriefabrikation, Fluorchemie, Glasherstellung, Viskose- und Acetatseideproduktion, Müller-Kühne-Verfahren
Schwermetallsulfide	Nickelerzbergbau
Sulfurylchlorid	Chlorchemie
Terephthalsäure	Herstellung von Polyestern
Thionylchlorid	Chlorchemie
Thio- und Dithiophosphorsäureester	Phosphororganische Insektizide, agrochemische Zentren
Thiophosphorsäure	Phosphororganische Insektizide, agrochemische Zentren
Titanchlorid	Polyolefinherstellung, Sprengstoff- und Zündwarenindustrie
Toxaphen	Produktion chlororganischer Insektizide, agrochemische Zentren
Triazinderivate	Carbid-Kalkstickstoff-Chemie, Herbizidproduktion, agrochemische Zentren
Trikresylphosphat	Herstellung von Kunststoffhalbfabrikaten, Uranerzbergbau, phosphororganische Insektizide, agrochemische Zentren
Uran(IV/VI)oxid	Heizkraftwerke
Vinylaromaten	Hydrier- und Reformierwerke, Kunststoffherstellung (Styrol)

SRU

Sicht beurteilungsrelevant sind. Es handelt sich dabei um solche Stoffe aus Tabelle 2.7, die weder in der Auflistung relevanter Stoffe im Sondergutachten 1989 (s.o.) noch im Bericht „Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten" (HASSAUER et al., 1993) aufgeführt sind. Sie sind dadurch charakterisiert, daß

- von ihnen eine akute Gefährdung ausgeht, wie zum Beispiel Atemgifte oder dermatotoxische Stoffe,
- sie im Körper akkumuliert werden können und somit ein chronisches Gefährdungspotential besitzen,
- sie irreversible Schädigungen hervorrufen können, zum Beispiel durch ihre Gentoxizität, Neurotoxizität oder Teratogenität.

Es wird darauf hingewiesen, daß bei den aufgelisteten 89 Stoffen zwar der begründete Verdacht einer toxischen Wirkung auf den Menschen und damit ein Gefährdungspotential besteht, daß aber zur Gefährdungsabschätzung, wie in Abschnitt 1.3.3 ausführlich erläutert, wesentlich mehr Informationen erforderlich sind. Dazu gehören vor allem Angaben über toxikologisch begründete maximale Aufnahmemengen und über die Mobilität der Stoffe, um das Ausbreitungs- und Expositionsrisiko bestimmen zu können.

2.2.2 Altablagerungen

255. Wie bei Altstandorten ist auch bei Altablagerungen Art und Menge der abgelagerten Stoffe ein wesentliches Grundelement für die Gefährdungsbeurteilung. Das Stoffspektrum einer Altablagerung ist vor der detaillierten Erkundung meist nicht bekannt. Rückschlüsse mittels branchentypischer Stoffinventarisierung, wie bei Altstandorten praktiziert, sind bei Altablagerungen nicht möglich. Auch die Ergebnisse aus der Erfassung geben, wenn überhaupt, nur sehr pauschal Auskunft über das abgelagerte Stoffinventar. In den Sachstandsberichten der einzelnen Länder (Abschn. 2.1) sind zum Teil vorliegende Daten etwa zu den Gefährdungsklassen Bodenaushub, Bauschutt, Hausmüll und Sonderabfall oder zu Abfallstoffgruppen wiedergegeben. In Verbindung mit den Angaben zur abgelagerten Menge ergeben sich daraus zwar Hinweise für eine erste Gefährdungsbeurteilung, die umweltgefährdenden Eigenschaften des Stoffinventars lassen sich jedoch nicht ableiten. Besser als hinsichtlich des Stoffinventars ist der Kenntnisstand bezüglich einiger anderer Elemente der Gefährdungsbeurteilung, also etwa der standortgegebenen Risikofaktoren, der Ausbreitung im Untergrund und im Grundwasser oder der Exposition von Schutzgütern in Verbindung mit der Nutzung. Hierzu liegen, wenn auch noch nicht in ausreichendem Maße, im Gegensatz zu den Altstandorten Informationen aus der Erfassung und Erstbewertung vor; sie sind in den Länderberichten wiedergegeben (Abschn. 2.1).

256. Die stofflichen Besonderheiten der Altablagerungen, das heißt der üblichen, meist in unmittelbarer Nähe der Gemeinden angelegten, dezentralen Mülldeponien (auch als Kippstellen bezeichnet), bestehen vor allem darin, daß diese

- wegen des eingeführten SERO-Systems relativ geringe Anteile an Glas, Metall und verrottbarem Material (Papier, Speisereste usw.) enthalten,
- wegen der im Gebiet der ehemaligen DDR stark verbreiteten Kohlefeuerungen in den privaten Haushalten einen hohen Ascheanteil aufweisen und
- wegen des mangelhaften Ausbaus der kommunalen Abwasserkanalisation und -reinigung große Mengen an Fäkalschlamm aus den einzelnen Kleinkläranlagen und Fäkalgruben aufnehmen mußten.

Häufig sind damit gravierende Probleme durch die Freisetzung von Schadstoffen über den „Luftpfad" verbunden. Durch die Ascheablagerungen kommt es zum Beispiel zu erheblichen Staubemissionen und durch häufige Brände zu Gas- und Geruchsemissionen. Letzteres trifft auch für die Fäkalablagerungen zu, die zusätzlich wegen ihrer toxischen und hygienischen Eigenschaften bei direktem Kontakt problematisch sind.

Die Ausbreitung von Schadstoffen über den „Wasserpfad" ist durch die in der Regel fehlenden Abdeckungen, Abdichtungen und Sickerwassererfassungen begünstigt. Derartige bautechnische und betriebstechnische Maßnahmen wurden meist auch nicht bei den größeren, zentralen Müllkippen ergriffen. Lediglich die wenigen Großdeponien (z. B. Schönberg) wurden auf einem im Vergleich zu den alten Bundesländern technisch vertretbaren Niveau betrieben.

257. Auf die besonderen stofflichen und räumlichen Probleme der industriellen Altablagerungen wird zum Teil im Zusammenhang mit der Beschreibung der Gefährdungspotentiale von Altstandorten am Beispiel ausgewählter Branchen im Anhang 2 eingegangen. Die dort dargestellten Produktionsprozesse führten in den Betrieben zu großen Abfallmengen, die in „Industriellen Absetzanlagen" abgelagert werden mußten. Hierzu wurden große Deoponien (Dammbauten aus Kraftwerksasche und Halden aus Kalkschlämmen) errichtet und Tagebaurestlöcher aufgefüllt, die meist unzureichend abgedichtet sind. Die Deponien erreichen flächenmäßige Ausdehnungen bis zu 350 ha, weisen Volumina bis zu 100 Mio. m^3 auf und sind bis zu 40 m hoch. Absetzanlagen mit ca. 150 ha Grundfläche sind bei den Tagebaurestlöchern als „normal" anzusehen (JOHN, 1990). Das größte Gefährdungspotential stellen die Ablagerungen unbekannter Herkunft, mit unbekannten Mengen umweltgefährdender Substanzen vor allem in besonders belasteten Regionen (z. B. Mansfelder Land, Raum Schwarze Pumpe) dar.

2.3 Sonderprobleme bei Sanierungszielen und -maßnahmen

2.3.1 Sanierungsziele

258. Im Sinne eines weitsichtigen und dauerhaft wirksamen Umweltschutzes kann es trotz der umfangreichen, schwierigen und kostspieligen Sanierungsaufgaben der neuen Bundesländer keinen Zweifel an den allgemeinen, bundesweit gültigen Sanierungszielsetzungen geben (vgl. Abschn. 1.4.1).

Die mit der Altlastensanierung verbundenen Praktikabilitäts- und Finanzierungsprobleme wiegen in den neuen Bundesländern allerdings noch schwerer als in den alten, weshalb sich die Sanierung in der Praxis der neuen Bundesländer überwiegend als Maßnahme zur Abwehr von unmittelbar drohender Gefahr darstellt (FRIES, 1992; MÜLLER und zu HOHENLOHE, 1992). Wegen der außerordentlichen Dimension der Altlasten und der finanziellen Lasten ist hier besonders eine Streckung und Aufteilung der Problemlösungen in mehrere Phasen notwendig (MÜLLER-MICHAELIS, 1993). In Abhängigkeit von der geplanten (Wieder-)Nutzung einer Fläche mit Altlasten, den Sanierungskenntnissen und den Finanzierungsmöglichkeiten sollten vorhandene Gefährdungspotentiale schrittweise abgebaut werden. Ein nach Auffassung des Umweltrates hierfür geeigneter Lösungsansatz ist ein gestuftes Sanierungszielkonzept (Tz. 137).

Neben den verschärften, aber doch allgemeinen Problemen sind einige Besonderheiten der Altlastensituation der neuen Bundesländer in die Zieldiskussion einzubeziehen.

259. In den neuen Bundesländern wird das Trinkwasser aufgrund der Häufigkeit von Altlasten bei ungünstigen Wasserhaushaltsbedingungen in besonderem Maße gefährdet beziehungsweise beeinträchtigt. Mit Ausnahme von Sachsen wird das Trinkwasser wie in den alten Bundesländern zu rund zwei Drittel aus Grundwasser gewonnen (alte Bundesländer ca.74 %, neue Bundesländer ca. 64 %; vgl. UBA, 1994, S. 320). Grundwasserkontaminationen sind, wenn überhaupt, nur über lange Zeiträume und mit hohen Kosten sanierbar. Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers vor Verunreinigungen beziehungsweise zur Beseitigung von Gefahrenpotentialen sollten daher prinzipiell absoluten Vorrang vor der Grundwassersanierung haben. Zwei Gefährdungssituationen sind im wesentlichen zu unterscheiden:

- Im nordostdeutschen Tiefland besteht bei einem hohen Anteil an Oberflächengewässern und oberflächennahen Grundwasserleitern die Gefahr eines unmittelbaren Stoffeintrags. Gefährdungsauslösende Faktoren sind hier unter anderem Altlasten landwirtschaftlicher und militärischer Herkunft. Bei Oberflächengewässern und oberflächennahen Grundwasserleitern besteht die Gefahr eines direkten Stoffeintrags, weil die zeitliche Verzögerung der Stoffverlagerung durch die Bodenpassage und die Reinigungsleistung des Bodens entfallen. Für die Altlastensanierung ergibt sich daraus, daß strengere Anforderungen an den Sanierungsgrad gestellt werden müssen als an grundwasserfernen Standorten. Die Ableitung von Sanierungszielwerten muß in diesen Fällen vorrangig am Schutzgut (Trink-)Wasser orientiert werden (Tz. 126 ff.). Die Gefährdung der Ressource Wasser wird bei allein mengenmäßiger Beurteilung noch durch die im Vergleich zu den alten Bundesländern ohnehin niedrige Niederschlagsrate dieser vom subkontinentalen Klima geprägten Region

verschärft (UBA, 1994, S. 320). Bei Betrachtung der Wasserqualität ist festzustellen, daß zwar aufgrund der niedrigen Niederschlagsrate eine geringere Stoffverlagerung in das Grundwasser erwartet werden darf, daß dieser Effekt aber in Regionen mit extrem durchlässigen Sandböden zum Teil wieder aufgehoben werden kann. Daran zeigt sich besonders, daß eine Gefährdungsabschätzung für Wasser ausschließlich einzelfall- und standortbezogen vorgenommen werden kann.

- Im Mitteldeutschen und im Lausitzer Braunkohlerevier resultieren die Gefährdungen des Grundwassers hingegen überwiegend aus der weiträumigen Absenkung im Rahmen der bergbaulichen Wasserhaltung. Die großräumige Grundwasserabsenkung ist in bezug auf die Zielsetzungen der Altlastensanierung von besonderer Bedeutung, weil sie zur Veränderung der Grundwasserabflußrichtung und des hydraulischen Gefälles, zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeit und zur Mächtigkeitserhöhung der wasserungesättigten Zone führt.

  Mit der Grundwasserabsenkung verändern sich die Redoxverhältnisse. Damit können Kontaminanten in die Tiefe verlagert werden und die Bodenbelastung um ein Vielfaches räumlich vergrößert werden. Der Wiederanstieg der Grundwasseroberfläche nach Beendigung der Wasserhaltung bringt weitere Probleme mit sich: Kontaminanten, die sich bis zum Wasseranstieg in der ungesättigten Zone befunden haben, können in Abhängigkeit von ihren stofflichen Eigenschaften in das Grundwasser übertreten und je nach Strömungsverhältnissen weiträumig verteilt werden. Bereits bis zum Grundwasserniveau vorgedrungene Kontaminanten können unter Umständen mit dem Grundwasseranstieg in der wassergesättigten Zone eingeschlossen werden. Der durch die Wasserhaltung entstandene Absenkungstrichter umfaßt gegenwärtig eine Fläche von 2 500 km² (HANKE et al., 1994). Nach Beendigung der bergbaulichen Wasserhaltung müssen Trink- und Brauchwassergebiete neu erschlossen werden. Neben dem Problem, Wasser in ausreichender Menge bereitzustellen, ist zu erwarten, daß nur Wasser in unzureichender Qualität zur Grundwasserregenerierung zur Verfügung steht.

  Die komplexe Gefährdungssituation bei Wiederanstieg des Grundwassers erfordert eine integrierte Betrachtung von Boden- und Grundwasserschutz vor allem, wenn das Grundwasser als Trinkwasser genutzt wird oder in der Zukunft dafür benötigt wird. Bei gemeinsamer Betrachtung von Boden und Grundwasser sind in Abhängigkeit von dem Stoffspektrum und den hydrogeologischen Bedingungen unter Umständen schärfere Sanierungsanforderungen zu stellen als bei alleiniger Orientierung am Schutzgut Boden.

Bezüglich der Sanierungsziele bei bereits eingetretenen Verunreinigungen des Grundwassers wird auf die Ausführungen in Abschnitt 1.4.1. (Tz. 126ff.) verwiesen.

260. In den Verdichtungsgebieten der neuen Bundesländer besteht in der derzeitigen Phase des tiefgreifenden Umbruchs und Neuaufbaus von Wirtschaft und Infrastruktur besonders die Gefahr, daß Industriebrachen und traditionelle Industriestandorte wegen eines erheblichen Kontaminationsverdachts und der unüberschaubaren Sanierungskosten aufgegeben und für eine Neuansiedlung von Industrie und Gewerbe oder für eine Umwidmung zu anderen Zwecken nicht genutzt werden. Statt dessen wird die Ansiedlung von Betrieben auf der als genehmigungsrechtlich unproblematisch geltenden „grünen Wiese" bevorzugt (WIEGANDT, 1994). Damit droht die Inanspruchnahme der zu schützenden Freiraumflächen in einem im Verhältnis zum Nutzungspotential vorhandener Industrie- und Siedlungsflächen unangemessenen und bodenschutzpolitisch nicht zu vertretenden Maße zu wachsen. Wenn ein Kontaminationsverdacht auf einer Fläche lastet, kann dies sogar in besten Innenstadtlagen oder bei guter Verkehrsanbindung ein Investitionshemmnis bedeuten (RADTKE, 1994). Dieses Problem ist in den neuen Bundesländern wegen der Stillegung zahlreicher Produktionsstätten auf der einen Seite und wegen der regen Nachfrage nach Bauland auf der anderen Seite besonders groß. Zu mehr Investitionssicherheit auf Flächen mit Altlasten könnten vor allem in den neuen Bundesländern verläßliche bundeseinheitliche Rahmenbedingungen für die Ableitung von Sanierungszielwerten verhelfen (SZABADOS, 1993; Tz. 123). Auch ressortübergreifende Arbeitsgruppen mit Vertretern des Umweltschutzes, der Wirtschaftsförderung und der Altlastensanierung können dazu beitragen, eine enge Verbindung zwischen den Interessen der Ökologie und der Ökonomie herzustellen und eine möglichst zügige Wiederverwendung von Flächen mit Altlasten voranzutreiben.

261. Auf Freiflächen außerhalb von Verdichtungsgebieten oder geschlossenen Siedlungsgebieten sind punktuell verstreute Altlastverdachtsflächen zu erwarten, die ihrer Entstehung und ihrem Charakter nach spezifisch für die neuen Bundesländer sind und miteinander vergleichbare Sanierungsprobleme aufwerfen. So stellen die Altlasten auf Tagebauflächen im Mitteldeutschen und im Lausitzer Braunkohlerevier einen solchen Sonderfall im Altlastenspektrum dar. Zahlreiche, weiträumig verteilte Verfüllungen von Tagebaurestlöchern rufen vor allem bei Wiederanstieg des Grundwassers ein extremes Gefährdungspotential hervor (Tz. 259). Als weitere Sonderfälle hervorzuheben sind ebenso verstreute landwirtschaftlich bedingte Altlasten auf Freilandlagerflächen für Düngemittel, Flächen der Agrochemischen Zentren, Agrarflugplätzen, Güllehochlastflächen, Bodenentseuchungsflächen und anderen mehr (SCHULZ, 1992). Auch Abwasser- und Klärschlammverwertungsflächen gehören dazu. Im Vergleich zu Flächen mit Altlasten in Verdichtungsgebieten besteht bei diesen Flächen eher das Problem, daß im allgemeinen keine Klarheit über die Folgenutzung besteht; somit können auch keine Sanierungsziele festgelegt werden.

262. Damit die Sanierung kontaminierter Flächen angesichts der oben dargelegten Probleme an der

tatsächlichen Nachfrage nach einer bestimmten Nutzung und an der Standorteignung orientiert und somit der erforderliche Sanierungsumfang ermittelt werden kann, sollte in den neuen Bundesländern verstärkt eine frühzeitige Einbindung der Flächennutzungs-, Stadtentwicklungs-, Regional- und Landesentwicklungsplanung erfolgen (Tz. 138f.). Die Chancen einer engen Abstimmung zwischen Sanierung und räumlicher Gesamtplanung sind in den neuen Bundesländern insofern gut, als die Planungen noch nicht auf allen räumlichen Ebenen abgeschlossen sind (WIEGANDT, 1994). Eine frühzeitige Abstimmung über die zulässige Nutzung einer Altlastfläche würde die Ableitung von Sanierungszielen erleichtern und die Sicherheit über den notwendigen Grad der Sanierung erhöhen.

263. Das gehäufte Auftreten von punktuell verstreuten Altlastverdachts- beziehungsweise Altlastflächen landwirtschaftlicher Herkunft (Abschn. 2.1.2) verlangt nach einer Einbindung in ein Flächennutzungskonzept, weil die bislang übliche Wiederherstellung der bisherigen Nutzung angesichts der weitreichenden Stillegungsmaßnahmen in der Landwirtschaft nicht in jedem Fall sinnvoll erscheint und zudem der Flächenbedarf des Naturschutzes, insbesondere für den Biotopverbund, deutlich gestiegen ist. Zur Entwicklung eines solchen Flächennutzungskonzepts ist besonders die Landschaftsplanung oder, wo kommunale Finanzierungsmittel fehlen, auch die agrarstrukturelle Vorplanung geeignet (vgl. KÖTTER und BRASSEL, 1993), die aus der Gemeinschaftsaufgabe für Agrarstruktur und Küstenschutz gefördert und verstärkt in den neuen Bundesländern eingesetzt wird.

264. Wenn die Auswirkungen einer oder mehrerer Altlasten das Gebiet mehrerer Bundesländer, Kreise oder Gemeinden betreffen, sollte von vornherein eine gebietsübergreifende Ziel- und Planungskonzeption für die Sanierung entwickelt werden, um den Abstimmungsprozeß zwischen den Beteiligten möglichst effizient zu gestalten. Gebietsübergreifende Strategien sind in den neuen Bundesländern insbesondere aus hydrogeologischen Gründen gefordert. So ist beispielsweise aufgrund der außerordentlichen räumlichen Dimension des Braunkohleabbaus ein länderübergreifendes Sanierungskonzept mit gemeinsamer Zielstrategie für Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt erarbeitet worden, das in erster Linie zur Wiederherstellung des Wasserhaushaltes dienen soll (MÜLLER-MICHAELIS, 1993).

Die Ausweisung sogenannter „Sanierungsschwerpunkte" ist eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung von gebietsübergreifenden Konzepten; dieses Instrument kann auf allen Ebenen wertvolle planerische und politische Entscheidungshilfe leisten. In ihnen können ökologische, umwelttechnische, wirtschaftliche und beschäftigungspolitische Interessen gebündelt und gemeinsame, für den Gesamtraum geeignete Nutzungsziele und damit auch Sanierungsziele für Altlasten entwickelt werden. Darauf ist auch die Empfehlung gerichtet, zunächst in den drei Hauptbelastungsregionen Leipzig/Borna, Bitterfeld und Halle/Merseburg sogenannte Umwelttechnologiezentren aufzubauen (KOMPA und MACZEY, 1992). Die Ausweisung von Sanierungsschwerpunkten darf aber nicht dazu führen, daß Altlasten außerhalb dieser Schwerpunkte vernachlässigt werden, von denen Gefahren für die menschliche Gesundheit oder den Naturhaushalt, insbesondere das Grundwasser, ausgehen.

265. Der Umweltrat begrüßt die Initiativen der Bundesregierung zur Einrichtung von länder- und regionsübergreifenden Koordinationsstellen und -projekten wie etwa das „Braunkohlesanierungsbüro", die Gemeinsame Arbeitsgruppe Bund/Treuhandanstalt/ Länder „Ökologische Altlasten" zur Festlegung von sogenannten Großprojekten mit gravierenden Altlastenproblemen (BMU, 1994). Daneben kann das Umweltforschungszentrum (UFZ) Leipzig/Halle eine wichtige Bündelungsfunktion bei der Entwicklung moderner Sanierungstechnologien übernehmen.

Besonders wegen der Struktur der kommunalen Gebietsgrenzen wäre zu überprüfen, inwieweit auch auf Kreis- und Gemeindeebene gebietsübergreifende Sanierungskonzepte für gemeinsame oder vergleichbare Sanierungsprobleme entwickelt werden könnten.

2.3.2 Sanierungsmaßnahmen und -verfahren

266. Die Systematik und Beschreibung der Maßnahmen zur Sanierung von Altlasten ist in Abschnitt 1.4.3 und in Anhang 1 ausgeführt und stützt sich auf die Aussagen im Sondergutachten 1989, die sich auf die Altlastensituation in den alten Bundesländern bezogen. Für die neuen Bundesländer ergibt sich die Aufgabenstellung generell aus der in Abschnitt 2.2 und Anhang 2 allgemein beschriebenen Gefährdungslage durch Altlastverdachtsflächen. Folgende Charakteristika lassen sich aus dieser Darstellung zusammenfassen:

- Bei den Altablagerungen (Müllkippen) handelt es sich meist um gemischte Ablagerung von Industrieabfällen, Hausmüll, Fäkalschlamm und anderen Abfällen.
- Fehlende Oberflächenabdichtungen bei gleichzeitig längerer Betriebsdauer führen zu freiem Zutritt von Niederschlagswasser und dadurch bedingtem freiem und verstärktem Austritt von Schadstoffen.
- Es sind – bei vielfach anzutreffenden ungünstigen Standortverhältnissen – keine Vorkehrungen zum Schutz des Untergrundes getroffen.
- Für viele Altstandorte ist kennzeichnend, daß die Schadstoffe in Mengen und Konzentrationen auftreten, deren Ausmaß das in den alten Bundes_-ländern bekannte in der Regel weit überschreitet, meist bei Absetzanlagen, Spülhalden und Schlammteichen.

267. Zur Lösung der sich im einzelnen stellenden Sanierungsaufgaben stehen im Prinzip alle Maßnahmen und Verfahren zur Verfügung, die im Sondergutachten 1989 (Kapitel 4) und im Anhang 1 dieses Gutachtens beschrieben sind. Folgende besondere Erfordernisse beziehungsweise Einschränkungen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Verfahren bei

ihrem Einsatz in den neuen Bundesländern sind hervorzuheben:

- Bei großvolumigen Ablagerungen in ehemaligen Tagebauen müssen vorerst wirksame allseitige Einkapselungssysteme ohne Stoffentnahme die Verwahrung der Deponate gewährleisten (Sicherungsmaßnahmen). Dabei sind schwierige, zum Teil völlig neue Aufgaben zu lösen, unter anderem
  - große Einbautiefen der Seitenwände (50–100 m),
  - Arbeiten unter Wasser beziehungsweise im Sikkerwasser bei hohem hydraulischem Druck,
  - Arbeiten mit gefährlichen Inhaltsstoffen bei hoher Inhomogenität und Diversität,
  - Rückhaltung aggressiver Chemikalien,
  - Ausschaltung von Schwachstellen bei der Zusammenfügung verschiedener Elemente beziehungsweie Systeme (Nahtstellen, Fugen, Schächte),
  - nachträgliche Sohlenabdichtung,
  - Herbeiführung von Langzeitstabilität und Kontrollierbarkeit.
- Stoffentnahmeverfahren müssen eine emissionsarme und arbeitssichere Ausräumung sicherstellen. Dabei sind in der Regel stark kontaminierte Böden, diverse inhomogene Feststoffe sowie Fluide schlammig-pastöser Konsistenz zu lösen, zu fördern, sicher zwischenzulagern und zu den Aufbereitungsanlagen zu transportieren, und zwar in einer Art, die Verluste sicher ausschließt und die Weiterverarbeitung (einschließlich Verwertung) ermöglicht. Entweichende gasförmige Schadstoffe sind zu fassen.
- Bei kommunalen Altablagerungen ist auch die Behandlung und „on site"-Umlagerung auf ein anliegendes, neu errichtetes Deponiegelände zu prüfen (HECKENKAMP und SAURE, 1994a und b; STEGMANN, 1992).
- Verstärkte Aufmerksamkeit verdienen verschiedene Immobilisierungs-, vor allem Bodenverfestigungsverfahren (Sicherungsmaßnahmen), die in Größenordnungen von 100 000 t zur Bereitstellung von Baugrund eingesetzt werden. Es ist zu überprüfen, inwieweit sie einen angemessenen Sanierungsbeitrag leisten können (Prüfkriterien: u. a. schadstoffabhängiges Elutionsverhalten, Bindungsart, Langzeitstabilität, Verdünnung bzw. Volumenerhöhung).
- Dekontaminationsverfahren haben im allgemeinen ihre durch die Matrix-, Schadstoff- und Verfahrensparameter vorgegebenen Grenzen. Die einzelfallbezogenen Grenzen – unter den vorherrschenden Bedingungen in den neuen Bundesländern – sind noch nicht in allen Einzelheiten bekannt, so daß ein relativ hohes Sanierungsrisiko bestehen kann. Insbesondere hohe Mengen und Schadstoffkonzentrationen – häufig verbunden mit Schadstoffvielfalt – können die Dekontamination erschweren. Deshalb sollten die Erfahrungen mit Verfahren aus den alten Bundesländern nur nach eingehender Prüfung übertragen werden.
- Gute Voraussetzungen für die Dekontamination bieten dagegen – zumindest bei einfacheren Kontaminationen – die großräumig anstehenden Lockersedimente (Sand, Kies). Dadurch wird die Verwertung des gereinigten Erdreiches zum Beispiel als Baustoff leichter möglich und ist auf jeden Fall anzustreben.
- „In situ"-Dekontaminationsverfahren für die optimierte mikrobiologische Umwandlung organischer Schadstoffe mittels Spülkreisläufe dauern naturgemäß lange und behindern dadurch die Bautätigkeit. Das ist nicht zu vermeiden; es sei denn, die Reinigung kann nach Aushub des Bodens in „on site"-Mieten durchgeführt und der gereinigte Boden anderweitig verwertet werden.
- Für die verfügbaren Dekontaminationsverfahren fehlen die Erfahrungen mit extrem hohen Schadstoffkonzentrationen. Die geforderte gute Wirksamkeit der Trennleistung ist ohne einen Mindestenergieaufwand nicht zu erreichen. Auch das verunreinigte Trägermedium muß zur Ableitung erst aufbereitet, Reststoffe müssen entsorgt werden. Alle diese Schritte sind jedoch energie- und somit kostenintensiv und wenig konkurrenzfähig im Vergleich zu Flächenbehandlungen wie zum Beispiel Abdeckung. Die Weiterentwicklung beziehungsweise Anpassung vorhandener Ansätze muß durch entsprechende Forschungsförderung unterstützt werden. Das gilt für Mehrfachkontaminationen ganz besonders.

  Weiterhin muß berücksichtigt werden, daß Dekontaminationsverfahren zwar verfahrenstechnisch erfolgreich arbeiten können, das heißt Wirkungsgrade bis über 95 % aufweisen, das Sanierungsziel aber häufig trotzdem nicht erreicht wird, weil der Restschadstoffgehalt im gereinigten Substrat noch immer zu hoch liegt. Die bei Vorhandensein sehr unterschiedlicher Schadstoffe mögliche Lösung, den kontaminierten Boden konsekutiv mehrere Reinigungsanlagen eines Bodensanierungszentrums durchlaufen zu lassen („Mehrkomponentensanierung"), wäre vielerorts erforderlich und angemessen, um gute Reinigungsleistungen zu erzielen.
- Die Verwertung von Bauabbruch, Mauer- und Grundresten, sofern nur leicht kontaminiert, wird bereits praktiziert. Das Recycling stärker kontaminierter, vor allem poröser Materialen ist derzeit noch ungelöst.

268. Wegen dieser besonderen Erfordernisse beziehungsweise Anwendungshemmnisse für verfügbare Sanierungsverfahren, aber auch wegen zum Teil noch nicht verfügbarer Verfahren und zu erwartender langer Genehmigungsfristen für Anlagen, werden Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen sowie die Umlagerung als Zwischenlösungen in der Sanierungspraxis in den neuen Bundesländern nicht zu umgehen sein. Solche befristeten Maßnahmen sollten jedoch auf keinen Fall allgemeine Praxis werden, weil sie den Erfordernissen einer auf Dauerhaftigkeit angelegten Sanierung nicht gerecht werden können. Als Beispiele können die Umzäunung und Überwachung von Schadstoffseen (Teer-, Abwasser-, Phenol-,

Ölseen), die Aufgabe jeglicher Nutzung, das Sich-Selbst-Überlassen von Tagebaurestlöchern oder die Einrichtung betriebsinterner Umlagerungsplätze („Zwischenlager", z.T. mit Oberflächenabdeckung) angeführt werden.

269. Um zu prüfen, für welches Sanierungsproblem welche Maßnahmeart und welches technische Verfahren am besten geeignet ist, empfiehlt es sich, auf eine Prüfmatrix „Aufgaben – Maßnahmen – Technik" als Orientierungshilfe zurückzugreifen. Dabei sollte nach den Kategorien

- erprobt oder direkt geeignet,
- nach längerem Adaptationsprozeß geeignet (keine Erfahrung, Anpassung möglich) oder
- ungeeignet

geordnet werden (JESSBERGER und NETELER, 1993).

270. Wichtigste Voraussetzung für die sachgerechte Lösung der anstehenden Sanierungsprobleme ist – ausreichende Finanzmittel vorausgesetzt – der beschleunigte Aufbau einer leistungsfähigen Sanierungsinfrastruktur. Um bei der Planung und Errichtung von einzelnen Sanierungsanlagen und Bodensanierungszentren Fehlinvestitionen zu vermeiden, sind erfahrungsgemäß Modellversuche an kleinen Mengen oft nicht ausreichend, um die Machbarkeit der Sanierung zu demonstrieren. Insbesondere für die Sanierungsaufgaben in den neuen Bundesländern, für die noch keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen, sind deshalb Pilot- und Großversuche einzuplanen.

Da mit der Reinigung kontaminierter Böden in den Sanierungsanlagen auch große Mengen Reststoffe sowie gewonnene Schadstoffphasen und konzentrate anfallen werden, sind entsprechende Sonderabfallentsorgungsanlagen vorzusehen. Die anfallenden Mengen und die Art der Reststoffe – vor allem viel Brennbares mit hohem Heizwert sowie Metallverbindungen – legen nahe, diese Stoffe wenn möglich zu verwerten, um wenigstens einen Nutzeffekt zu erzielen. Einige thermische Anlagen befinden sich in der Planung oder gehen in Kürze in Betrieb.

271. Die Maßnahmen, die mit der bergtechnischen Sicherung und Rekultivierung der durch den Bergbau beanspruchten Flächen verbunden sind, finden hier keine Erwähnung, weil es sich bei den stillgelegten Flächen des Bergbaus, insbesondere des Tagebaus, nach Auffassung des Umweltrates nicht um Altlasten im Sinne der Definition dieses Gutachtens handelt (Tz. 3).

2.4 Rechtliche Aspekte und Finanzierungsprobleme der Altlastensanierung in den neuen Bundesländern

2.4.1 Verlauf der Rechtsentwicklung

2.4.1.1 Besondere Fragen der Verantwortlichkeit

272. Die das ganze Bundesgebiet betreffenden Rechtsfragen im Zusammenhang mit Altlasten werden im Abschnitt 1.6 behandelt, darunter auch die einschlägigen Vorschriften in den neuen Bundesländern. Gleichwohl gibt es besondere, nur dort auftretende Rechtsfragen. Vor allem trifft die Beantwortung der in allen Altlastenfällen sich stellenden Frage nach der Verantwortlichkeit in den neuen Bundesländern auf besondere Probleme, die aus den vielfältigen Transformationsprozessen des Rechts, der staatlichen Organisation und nicht zuletzt der Wirtschaftssubjekte herrühren.

273. Insbesondere stellt sich die Frage danach, ob und in welchem Umfang die Inanspruchnahme der Verursacher von Boden- oder Grundwasserkontaminationen aufgrund früheren DDR-Rechts möglicherweise ausgeschlossen wird. Durch den Einigungsvertrag ist grundsätzlich die Anwendung des in der alten Bundesrepublik geltenden Umweltrechts auf die neuen Bundesländer angeordnet worden. Diese haben im übrigen besondere Regelungen für Altlasten geschaffen (Abschn. 1.6.1). Dabei stellt sich die Frage, inwieweit Verantwortung für die umweltschädigenden Folgen früherer Tätigkeiten zugewiesen werden kann, und zwar auch dann, wenn jene Tätigkeit ausdrücklich erlaubt oder jedenfalls nicht untersagt wurde. Die damit verbundene Problematik wird mit den Begriffen *Rückwirkungsverbot und Legalisierungwirkung* umschrieben.

Rückwirkungsverbot

274. Die Zuweisung von Verantwortung für die Sanierung von Altlasten bedeutet die Inanspruchnahme für die heute zutage tretenden Folgen früheren Handelns oder Unterlassens, die seinerzeit nicht abgesehen oder trotz ihrer Absehbarkeit vernachlässigt worden waren. Damit werden an zurückliegende Sachverhalte Rechtsfolgen für die Zukunft geknüpft, was hinsichtlich des Grundsatzes der Rechtssicherheit und des Rechtsstaatsprinzips Probleme aufwirft. Der Verfassung läßt sich kein auf alle Rechtsgebiete sich erstreckendes generelles Verbot der Rückwirkung von Gesetzen entnehmen (BVerfGE 88, 384, 403); vielmehr ist deren Zulässigkeit anhand der jeweils einschlägigen speziellen Verfassungsverbürgung, insbesondere des betroffenen Grundrechts sowie am Maßstab der angewendeten Regelungstechnik zu prüfen.

Die Reichweite von Rückwirkungsverboten ist in der Rechtswissenschaft umstritten; es existieren unterschiedliche Kategorisierungen. Unterschieden wird in der Regel zwischen dem nachträglichen gesetzlichen Eingriff in abgeschlossene Tatbestände (retroaktive, auch „echte" Rückwirkung) und der Einwirkung auf gegenwärtig bestehende, noch nicht abgeschlossene Sachverhalte und Rechtsbeziehungen (retrospektive, auch „unechte" Rückwirkung). Die retroaktive Rückwirkung ist grundsätzlich unzulässig. Im Zusammenhang von Altlasten wird hierdurch insbesondere das Recht auf Eigentum berührt. Eingriffe in bereits abgeschlossene Sachverhalte sind nur in den Fällen zulässig, in denen ein Vertrauen des einzelnen in das Fortbestehen des bisherigen Zustandes nicht zu rechtfertigen und deshalb nicht schutzwürdig ist (BVerfGE 88, 384, 404); dies sind vor

allem die Fälle rechtswidriger Genehmigungen und behördlicher Unterlassungen trotz bestehender Verpflichtung zum Einschreiten. Die sogenannte unechte, retrospektive Rückwirkung hingegen besteht lediglich in der Anknüpfung an in der Vergangenheit begonnene Sachverhalte oder Geschehensabläufe, die noch nicht abgeschlossen sind; eine derartige Rückanknüpfung ist in der Regel zulässig.

Bei den Altlasten im Sinne der in diesem Gutachten benutzten Definition (Tz. 5ff.; SRU, 1989, Tz. 58) geht es um echte Rückwirkung, da der Begriff der Altlasten nur Anlagen umfaßt, die nicht mehr in Betrieb sind, so daß ein abgeschlossener Tatbestand vorliegt. Eine Anknüpfung an die in der Gegenwart bestehende Gefahrenlage ist nach überwiegender Auffassung abzulehnen. In einigen Bundesländern wird jedoch von einem erweiterten Altlastenbegriff ausgegangen (Tz. 10, 16, 288), der auch Bodenbelastungen auf Grundstücken noch in Betrieb befindlicher Anlagen umfaßt. Aus der Rückwirkungsproblematik ergibt sich, daß neue Regelungen des Altlastenrechts auf die bisherige Rechtslage Rücksicht nehmen müssen.

Legalisierungswirkung

275. Die Rücksichtnahme auf die bisherige Rechtslage gebietet insbesondere die Prüfung, ob durch nach dem Recht der DDR erlassene Verwaltungsakte ein Verhalten, das zur Entstehung von Altlasten geführt hat, mit Wirkung für die gegenwärtige rechtliche Beurteilung legalisiert worden ist. Der Begriff der Legalisierungswirkung wurde vom Bundesverwaltungsgericht geprägt (BVerwGE 55, 118; PEINE, 1990, S. 201) in dem Bemühen, das Problem zu lösen, ob durch die behördliche Genehmigung bestimmter Aktivitäten – zum Beispiel eine gewerberechtliche Erlaubnis – die Anwendbarkeit der allgemeinen Vorschriften über die öffentliche Sicherheit oder Ordnung auf das genehmigte Verhalten grundsätzlich entfällt, weil die speziellere Norm, auf der die Genehmigung beruht, die allgemeinere förmlich ausschließt, oder ob trotz deren prinzipieller Anwendbarkeit die konkret erteilte Genehmigung deren Inhaber vor der Inanspruchnahme bewahrt. Das Gericht hat diese Frage im letzteren Sinne beantwortet und dies mit Legalisierungswirkung bezeichnet; mit seiner sprachlichen Schöpfung hat es freilich eine gewisse Verselbständigung des Begriffes eingeleitet und damit das Augenmerk von der zugrundeliegenden Frage der Spezialität von Normen weg verlagert.

Die – von PEINE (1990) umfassend referierte – allgemeine Diskussion über die Angemessenheit und Reichweite dieser Begriffsbildung hatte sich stets auf die Strukturen des Verwaltungsrechts eines bürgerlichen Rechtsstaats bezogen; den Begriff nun auf Verwaltungsentscheidungen von Behörden der früheren DDR zu beziehen birgt die gleichen Probleme wie deren gesetzlich angeordnete Weitergeltung.

Artikel 19 des Einigungsvertrages (EV; BGBl 1990 II, S. 885) sieht generell die Weitergeltung von Verwaltungsakten der DDR-Behörden vor, so daß deren Bestandskraft sich auch nach dem grundlegenden Wechsel der staatlichen Organisation fortsetzt (ENDERS, 1993, S. 90; SCHINK, 1991, S. 360). Die Beurteilung der Veranwortlichkeit muß sich daher auch heute noch an Teilen des früheren Rechts der DDR orientieren.

Das Recht der DDR hatte keine speziell auf Altlasten bezogenen Rechtsvorschriften entwickelt. In der Endphase ihrer eigenstaatlichen Entwicklung waren diesbezügliche Regelungen zwar geplant, aber nicht mehr verwirklicht worden (VOSS, 1991, S. 72f.).

276. Die im Einigungsvertrag gesetzlich angeordnete Weitergeltung von Verwaltungsakten wirft zum einen die Frage auf, welche für die Beurteilung von Altlasten relevanten Lebensverhältnisse nach DDR-Recht überhaupt mit dem Instrument „Verwaltungsakt" geregelt worden waren bzw. welche Formen des Verwaltungshandelns der Behörden der DDR mit diesem Begriff zutreffend bezeichnet werden. Ungeachtet der fundamentalen Unterschiede schon im Verständnis von Verwaltungsfunktionen, erst recht der kaum überbrückbaren Differenzen zwischen den bürgerliche Freiheiten sichernden Verfahrensregeln einer demokratisch-rechtsstaatlichen Ordnung einerseits und andererseits den eine Gesetzesbindung der Verwaltung negierenden, Verfahrensfragen gering schätzenden Regeln der „sozialistischen Gesetzlichkeit" wurde um des Ziels schneller Herstellung der Rechtseinheit willen die prinzipielle Vergleichbarkeit beider Rechtsordnungen und eine Kompatibilität ihrer jeweiligen Begriffe angenommen (STELKENS, 1991, S. 266). Im Ergebnis sollen die „Einzelentscheidungen" der Behörden der DDR aufrechterhalten werden. Deshalb kommt grundsätzlich auch eine Legalisierungswirkung in Betracht.

277. Hinsichtlich weiterbetriebener Anlagen hat der Gesetzgeber die Problematik dadurch zu lösen versucht, daß er mit durch den Einigungsvertrag eingefügten Vorschriften (§ 67a Abs. 1 Satz 1 BImSchG, § 9a Abs. 1 Satz 1 AbfG) eine Anzeigepflicht für Anlagen einführte, deren Errichtung und Betrieb nach diesen Gesetzen genehmigungs- oder planfeststellungsbedürftig gewesen wären. Damit hat er – anders als bei Atomanlagen, deren Genehmigung gesetzlich (§ 57a AtG in der Fassung des Einigungsvertrages) aufgehoben wurde – einerseits der Weitergeltung von Verwaltungsentscheidungen nach Artikel 19 EV Rechnung getragen, andererseits die Anlagen im Sinne des Abfall- und Immissionsschutzrechts dem Regime des jeweiligen Fachgesetzes unterstellt und damit die Möglichkeit geschaffen, sie durch Auflagenerteilung den geltenden Umweltschutzvorschriften anzupassen. An dieser Regelungstechnik läßt sich ablesen, daß Artikel 19 EV nicht etwa den Zweck verfolgte, weiterbetriebene Anlagen vor verschärften Anforderungen zu bewahren, sondern im Gegenteil, sie diesen Anforderungen zu unterwerfen. Hinsichtlich der Legalisierungswirkung ist dadurch eine komplizierte Lage entstanden, weil sie nur von einer Genehmigung, nicht jedoch von einer bloßen Anzeige ausgelöst wird (BVerwGE 55, 118; VGH Baden-Württemberg, NJW 89, 781, 783; für das Abfallrecht KUNIG et al., 1992, § 9 Rz. 11). Wegen des beschriebenen Zwecks der vom Einigungsvertrag angeordneten Anzeigepflicht, der sie von den

Anzeigepflichten bei der Neuerrichtung von Anlagen unterscheidet, ändern die genannten immissionsschutz- und abfallrechtlichen Übergangsvorschriften jedoch nichts an dem in Artikel 19 EV zum Ausdruck kommenden Grundsatz.

Folglich sind erst nach dem Inkrafttreten des Einigungsvertrages stillgelegte Anlagen allein nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz oder dem Abfallgesetz und damit nicht anders als solche in den alten Ländern zu beurteilen, zuvor stillgelegte hingegen nach dem früheren Recht der DDR.

Für diese letzte Gruppe muß demnach rückschauend ermittelt werden, welche Verantwortung den Anlagenbetreibern zukam. Der Annahme einer solchen Verantwortung steht nicht entgegen, daß in der DDR dem politischen System entsprechend Staat und Wirtschaft überaus eng verflochten waren und daß es sich bei der Verwaltungstätigkeit quasi um „In-sich-Genehmigungen" handelte (MÜGGENBORG, 1992, S. 849). Auch wenn die DDR-Betriebe an staatliche Planvorgaben gebunden waren, stellten sie dennoch innerhalb dieses Rahmens wirtschaftlich und auch rechtlich selbständige Einheiten dar, deren Handeln nicht ohne weiteres dem Staat zuzurechnen war (MICHAEL und THULL, 1990, S. 6).

278. Allerdings ist dabei einzelfallbezogen zu ermitteln, welche Reichweite derartige Genehmigungen hatten; eine legalisierende Wirkung erstreckt sich ausschließlich auf von der Genehmigung umfaßte Tätigkeiten und deckt nur deren im Genehmigungsverfahren erkennbare Risiken ab. Hatte ein Betrieb unter Nichtbeachtung von Auflagen, in nicht genehmigter Ausweitung seiner Aktivitäten oder ähnlicher Weise Umweltschäden verursacht, so waren diese ohne weiteres rechtswidrig. Die Abgrenzung zwischen erlaubter und rechtswidriger Tätigkeit erscheint gerade bei großen Industriebetrieben vor allem den Kombinatsbetrieben – als schwierig oder gar unmöglich, weil diese zumeist mit großer Fertigungstiefe und, technisch bedingt, mit außerordentlich vielen Produktionsstufen arbeiteten und zugleich ihrer Pflicht zur Eigenentsorgung (Tz. 281 f.) nur sehr unvollständig beziehungsweise unter Verletzung der dafür geltenden Vorschriften nachkamen. Namentlich bei Altstandorten werden sich derartige Einzelheiten häufig nicht mehr nachvollziehen lassen, so daß die Abgrenzung zwischen erlaubten und rechtswidrigen Ablagerungen oder Kontaminationen schwierig ist (ENDERS, 1991, S. 43 f.).

Ein weiteres Problem folgt schließlich daraus, daß nach dem Recht der DDR vorgegebene Umweltstandards von den Betrieben aus Mangel an Material beziehungsweise wegen fehlender Zuteilungen häufig nicht eingehalten werden konnten. Auch hier wird man – wiederum nach Prüfung der Umstände des Einzelfalls – von einer Rechtswidrigkeit der Kontamination dann nicht sprechen können, wenn die Betriebe das ihnen Mögliche getan haben, das objektiv Gebotene aber mangels Bewilligung ausreichender Investitionsmittel nicht tun konnten (REHBINDER, 1991, S. 424; anders KLOEPFER und KRÖGER, 1991, S. 994).

2.4.1.2 Rechtslage vor dem 3. Oktober 1990

Rechtsvorschriften mit Bezugspunkten zu Altlasten

279. Dem Recht der DDR war bis zum Beginn der Erfassungsanstrengungen in den achtziger Jahren – der Begriff Altlasten nicht geläufig. Aber auch für die Sanierung, deren Notwendigkeit zur Erhaltung oder Wiederherstellung ökologischer Funktionen unabhängig von der Staats- und Wirtschaftsordnung ist, kannte das Recht der DDR keine Regelungen. Die Darstellung umfaßt daher nur diejenigen Regelungen, aus denen sich Schlüsse auf die Verantwortlichkeit für Altlasten ziehen lassen.

280. Ein einheitliches Abfallrecht gab es ebensowenig wie eine in allen Einzelregelungen durchgehaltene einheitliche Terminologie. Innerhalb des Oberbegriffs der Abprodukte gab es widersprüchliche Differenzierungen; dem entsprachen unterschiedliche Techniken einer wenig systematischen (VOSS, 1991, S. 73), als nebulös kritisierten (HEINE, 1991, S. 428) Normierung. Die organisatorischen Grundregeln finden sich im Landeskulturgesetz (LKG, Gesetz über die planmäßige Gestaltung der sozialistischen Landeskultur der Deutschen Demokratischen Republik, GBl. 1970 I S. 67 mit späteren Änderungen), die detaillierteren Vorschriften in den Durchführungsverordnungen (DVO).

Einerseits waren die „Aufgaben zur Beseitigung der Abprodukte" durch § 4 Abs. 2 Satz 2 LKG grundsätzlich den Städten und Gemeinden zugewiesen und der Benutzungszwang festgeschrieben (§ 10 Abs. 4 der 3. DVO, GBl. 1970 II S. 339 mit späteren Änderungen), während den größeren (volkseigenen und Kombinats-)Betrieben die Eigenentsorgung oblag (§ 33 Abs. 1 LKG und § 3 Abs. 2 der 3. DVO). Andererseits operierte die 3 DVO mit dem im Gesetz nicht vorkommenden Begriff des Siedlungsabfalls, dessen „rationelle Abfuhr sowie schadlose Ablagerung und (...) zweckmäßige Verwertung" nach § 1 Abs. 1 den Gemeinden oblag, wobei nach § 3 Abs. 1 auch Gewerbemüll zum Siedlungsabfall zählte.

Daß Mißstände schon aus der Zeit vor Erlaß der Durchführungsverordnungen, das heißt vor 1970, bekannt waren, läßt sich den Vorschriften des § 9 Abs. 1 entnehmen, demzufolge die „Neuanlage von ungeordneten Deponieplätzen nicht gestattet" war und angeordnet wurde, daß „noch vorhandene ungeordnete Deponieplätze (...) nach den gegebenen Möglichkeiten zu schließen" sind. Auch für die Neuanlage von Deponien wurde den kommunalen Räten aufgegeben, „die erforderlichen Müllplätze so anzulegen, daß das Leben der Bürger und das Landschaftsbild nicht beeinträchtigt werden" (§ 4 Abs. 2 Satz 1 der Verordnung über die Erhöhung der Verantwortung der Räte der Städte und Gemeinden für Ordnung, Sauberkeit und Hygiene im Territorium, GBl. 1969 II S. 149 mit späteren Änderungen).

Präzisiert, teilweise auch überlagert wurden diese allgemein gehaltenen Regeln durch die Anordnung über Halden und Restlöcher (GBl. 1980 I S. 301 mit späteren Änderungen), die unter anderem für Halden galt, die durch die Ablagerung sowohl von Industrie- wie auch von Siedlungsabfällen entstanden,

mit Ausnahme der Verkippungsflächen in Tagebauen und als industrielle Absetzanlagen genutzter Restlöcher. Neben der Forderung, Halden so zu gestalten, daß die öffentliche Sicherheit nicht gefährdet wird (§ 4 Abs. 1 Bst. a), verlangte § 8 Abs. 1 Bst. d ausdrücklich schon für die Planungsphase die Entscheidung über Abdichtungsmaßnahmen gegen das Eindringen von Schadstoffen in den Haldenuntergrund allerdings nicht nur die Entscheidung über die Art der Maßnahmen, sondern auch darüber, ob sie überhaupt getroffen werden sollten. Wie eine unter Umständen verneinende Entscheidung freilich den Anforderungen des § 4 Abs. 1 Bst. a auch nur theoretisch hätte entsprechen können, bleibt unerklärlich. Adressaten der Anordnung waren nach deren § 1 Abs. 1 sowohl die zur Eigenentsorgung verpflichteten Betriebe als auch die zuständigen staatlichen Organe, somit auch die Kommunen als Träger der Abfallbeseitigung für Haushaltsabfälle und diesen vergleichbare Gewerbeabfälle.

Die zahlreichen ungeordneten Hausmüllkippen und Gemischtdeponien widersprachen demnach dem seinerzeit geltenden Recht. Die Verantwortung hierfür lag nominell bei den Kommunen. Allerdings waren die tatsächlichen wie finanziellen Handlungsspielräume der Kommunen im zentralistischen Planwirtschaftsstaat überaus eng.

Kontaminationen aus der Industrie

281. Den Betrieben und ihren übergeordneten Organen legte § 7 LKG auf, Beeinträchtigungen der natürlichen Umwelt aus ihrer Tätigkeit weitestgehend auszuschließen; zur Erfüllung dieser sehr allgemein gehaltenen Pflicht bestimmte § 8 Abs. 1 LKG kaum konkreter: „Durch die Betriebe sind planmäßig Verfahren und Anlagen zu entwickeln und einzusetzen, die schädigende Wirkungen und Belästigungen für die Menschen und ihre Umwelt weitestgehend ausschließen und zur ökonomischen Lösung dieser Aufgaben eine möglichst vollständige Verwertung der in der Produktion eingesetzten oder anfallenden Stoffe gewährleisten. Bei der Entwicklung neuer Verfahren und Erzeugnisse ist zu berücksichtigen, daß anfallende nicht vermeidbare Abprodukte rationell und schadlos beseitigt werden können."

Konkretere Vorgaben fanden sich in der 6. DVO zum Landeskulturgesetz, die nähere Vorschriften über die Erfassung von Abfällen und die Auswahl von Deponiestandorten enthielt. Hervorzuheben ist dabei § 9 Abs. 1, der die Betreiberverantwortlichkeit für werkseigene Beseitigungsanlagen und Deponien normierte. Diese unterlagen nominell strengen Anforderungen (§ 5) und bedurften der Genehmigung des Rates des Bezirkes. Soweit bei deren Errichtung oder Betrieb gegen gesetzliche Vorschriften wie die Anordnung über Halden und Restlöcher (Tz. 280) oder Auflagen der zuständigen Räte (§ 11 Abs. 3) verstoßen wurde, handelte es sich um eine Störung der öffentlichen Sicherheit im polizeirechtlichen Sinne, für die die Leitungen der jeweiligen Betriebe verantwortlich waren.

282. Weitere Anforderungen an Handels- und Industriebetriebe, die für die Beurteilung der entstandenen Altlasten relevant sein können, ergaben sich vor allem aus dem Wasserrecht. Wie dasjenige der Bundesrepublik galt auch das Wassergesetz der DDR (vom 2. 7. 82, GBl. I S. 467) für Oberflächen- und Grundwasser (§ 1 Abs. 3). Das Grundwasser sollte grundsätzlich der Trinkwasserversorgung vorbehalten bleiben (§ 2 Abs. 3). Als Jedermannpflicht war in § 11 bestimmt, die Gewässer so zu nutzen, daß nachteilige Auswirkungen auf den Boden „weitgehend ausgeschlossen werden".

Die Betriebe wurden (§ 8) bei der Abwasserbehandlung verpflichtet, den Schutz der Gewässer zu gewährleisten und (§ 12 Abs. 1) generell Beeinträchtigungen der Gewässer zu vermeiden. § 24 verlangte, Transport, Lagerung, Verwendung und Beseitigung von Stoffen so zu organisieren, daß Gewässer nicht nachteilig beeinflußt werden können.

Die Übergangsvorschrift des 1982 eingeführten Gesetzes (§ 46) bestimmte, daß aufgrund früherer wasserrechtlicher Vorschriften getroffene Entscheidungen ihre Gültigkeit behielten, vor Inkrafttreten bestehende Nutzungen aber den Vorschriften des Gesetzes unterlagen; daher dürfte es auch noch einen Bestand älterer Nutzungen geben, die den heutigen Anforderungen noch weniger entsprechen.

Bergbau, insbesondere Tagebau

283. Das Berggesetz (vom 12. 5. 1969, GBl. I S. 29) behielt in Anknüpfung an die Tradition des Bergregals durch § 5 Abs. 1 das Recht zu Untersuchungs- und Gewinnungsarbeiten dem Staat vor und wies auch die Ausübung dieser Rechte dem Staat selbst oder volkseigenen Betrieben zu. Die größte praktische Bedeutung hatte der Braunkohlebergbau, der ausschließlich übertägig stattfand und erhebliche Flächen in Anspruch nahm. Bei den rechtlichen Regelungen stand daher die Rekultivierung großflächig zerstörter Landschaften im Vordergrund. § 15 Abs. 2 des Berggesetzes verpflichtete die Bergbaubetriebe zur Wiederurbarmachung von nicht mehr genutzten Flächen. In der praktischen Durchführung wurden die Erfordernisse des Umwelt-, insbesondere des Grundwasserschutzes jedoch häufig mißachtet. Dazu beigetragen hat auch die Lückenhaftigkeit der entsprechenden Vorschriften, wie zum Beispiel die fehlende Geltung der Haldenanordnung für die Verfüllung von Tagebaugruben.

Es bestand ein Streit zwischen der Treuhandanstalt einerseits und den betroffenen neuen Ländern andererseits darüber, ob die Rechtspflicht zur Wiederurbarmachung mit den parallelen Bestimmungen des Bundesberggesetzes vergleichbar, eine rechtliche Kontinuität mit den dort vorgesehenen Nachsorgepflichten und somit eine fortwirkende Verantwortlichkeit der umstrukturierten Bergbauunternehmen gegeben sei (MÜLLER-MICHAELIS, 1993, S. 81). Dieser Streit ist freilich im Hinblick auf die Bund-Länder-Vereinbarung über die Finanzierung (vgl. Abschn. 2.4.5.1) obsolet geworden.

Soweit im übrigen Tagebaurestlöcher offen blieben, ohne daß Verfüllungen mit Abfällen zu Bodenkontaminationen führten, bleiben sie hier außer Betracht,

da es sich um Bergbaufolgelasten handelt, die zwar landschaftsökologische Schäden, aber keine Altlasten im Sinne der Definition des Umweltrates darstellen (Tz. 3, 9).

Tatsächliche Umsetzung dieser Anforderungen

284. Der oft geringe Konkretionsgrad der genannten Vorschriften, die ihre Entstehung erkennbar häufig der Rohstoffknappheit und nicht einem ökologischen Stoffwirtschaftskonzept verdanken (LÜCKE, 1988, S. 179), dürfte für ihre geringe Wirkung ebenso verantwortlich sein wie der Primat der Planerfüllung. Soweit ökologische Belange überhaupt gesetzlichen Ausdruck gefunden hatten, wurden sie von den Betrieben, aber wohl auch von den staatlichen Plankommissionen hintangestellt (BMU, 1990, S. 14).

Die zunehmende Exportorientierung der industriellen Produktion infolge der ständigen Devisenknappheit und der Wirtschaftskrise in den achtziger Jahren dürfte dazu ebenso beigetragen haben wie fehlender Zugang zu ausländischer Umweltschutztechnologie und unzureichende Investitionsmittel in den Betrieben (VOSS, 1991, S. 72).

285. Auch die Vorschriften über die Eigenkontrolle von Abfallverursachern und Deponiebetreibern und die Verantwortlichkeit der Bezirks- und Kreisräte für den ordnungsgemäßen Betrieb der Deponien (§ 11 der 6. DVO) konnten die Entstehung umweltgefährdender beziehungsweise -schädigender Ablagerungen offensichtlich nicht verhindern, weil sie die Verpflichtung auf wirtschaftliche Effizienz unvermittelt neben den Ausschluß von Schadwirkungen stellten und die Entscheidung damit letztlich dem einzelnen, auf Ziele der Planerfüllung hin orientierten Mitarbeiter überließen (BMU, 1990, S. 6). In der Endphase der eigenstaatlichen Entwicklung der DDR wurden diese Defizite auch offengelegt, der mangelhafte Zustand der meisten Deponien beklagt und zum Beispiel die ungenehmigte Lagerung schadstoffhaltiger Industrieabfälle auf Betriebsgelände kritisiert. Bei den Abfallablagerungen stellt sich die Situation so dar, daß deren größter Teil auch nach dem Recht der DDR illegal war (Zentrum für Umweltgestaltung, 1990). Trotz der grundsätzlich strengen Anforderungen an die Deponierung von Abfällen aus der Wirtschaft wurden Genehmigungen von den Räten der Kreise oder Bezirke oft auch dann erteilt, wenn die erforderliche Deponiesicherheit nicht gegeben war. Dieses Vollzugsdefizit ist eine der wichtigen Ursachen für Boden- und Grundwasserkontaminationen (RUPPE, 1991, S. 8).

Die ungenehmigten „wilden" Müllkippen oder Ablagerungsplätze auf Werksgeländen widersprachen dem seinerzeit geltenden Recht. Vollzugsdefizite ändern an der Rechtswidrigkeit einer den gesetzlichen Anforderungen widersprechenden Abfallablagerung nichts. Die Verursacher oder deren Rechtsnachfolger beziehungsweise die Grundstückseigentümer können, wenn sie feststehen oder feststellbar sind, grundsätzlich auch in diesen Fällen zur Sanierung von Altlasten herangezogen werden.

2.4.1.3 Rechtslage nach dem 3. Oktober 1990

286. Als der Weg zur Wiedervereinigung sich bereits deutlich abzeichnete, beschloß die letzte Volkskammer der DDR in Erfüllung des Staatsvertrages über die Schaffung einer Währungs-, Wirtschafts-, und Sozialunion das Umweltrahmengesetz (vom 29. 6. 1990, GBl. I S. 649), das wesentliche Teile der wichtigsten umweltrelevanten Gesetze der Bundesrepublik Deutschland in der DDR in Kraft setzte.

Das Abfallgesetz der Bundesrepublik wurde mit Ausnahme der §§ 11 Abs. 2 und 3, 12 und 13b zusammen mit einem großen Teil seines untergesetzlichen Regelwerks in enger zeitlicher Staffelung zwischen dem 1. Juli 1990 und dem 1. Januar 1991 für die DDR in Kraft gesetzt. Weiter traten – mit bestimmten, durch das Tempo der Umstellung bedingten Modifikationen – das Bundes-Immissionsschutzgesetz und das Wasserhaushaltsgesetz der Bundesrepublik Deutschland in Kraft. Für Neuinvestitionen galt demnach bereits zu jenem Zeitpunkt ein weitgehend einheitliches Recht.

287. Für die bestehenden und für stillgelegte Anlagen hingegen bestand jedenfalls zunächst die Situation, daß die rechtliche Behandlung von Boden- und Grundwasserkontaminationen nur auf das allgemeine Polizeirecht zu stützen war. In dieser Hinsicht besteht eine Kontinuität: das DDR-Polizeirecht (Volkspolizeigesetz (1968), GBl. 1968 I S. 232; zuletzt: Gesetz über die Aufgaben und Befugnisse der Polizei vom 13. 9. 1990, GBl. 1990 I S. 1489) stand in der Tradition des vor allem von Preußen geprägten deutschen Polizeirechts (REHBINDER, 1991, S. 423). Insbesondere kannte es – wie die westdeutschen Landespolizeigesetze auch – die Figur des Störers in den Erscheinungsformen als Handlungs- oder Zustandsstörer (KNOPP, 1991, S. 1358).

Damit war und ist eine rechtliche Kontinuität gegeben, die jedenfalls für die polizeirechtliche Haftung der Verursacher von Altlasten, aber auch von Eigentümern kontaminierter Betriebsgrundstücke keine Bedenken im Hinblick auf das Rückwirkungsverbot aufkommen läßt. Es erschien somit möglich, durch den Rückgriff auf das Polizeirecht die Verursacher als Verhaltensverantwortliche beziehungsweise die Grundstückseigentümer als Zustandsverantwortliche für die Sanierung von Altlasten heranzuziehen. Aus der Sicht vor allem potentieller Erwerber von Grundstücken und Anlagen mußte diese Möglichkeit als unübersehbares finanzielles Risiko und folglich große Zurückhaltung als geboten erscheinen. Diese Rechtslage stellte sich somit als Hindernis für die erhofften Investitionen dar, so daß der Gedanke der Freistellung von der Zustandshaftung aufkam (Abschn. 2.4.4).

2.4.2 Darstellung neuer Regelungen in den Abfall- und/oder Bodenschutzgesetzen der neuen Länder

288. In den meisten der neuen Länder wurden altlastenbezogene Regelungen im Rahmen der Landesabfallgesetze erlassen (s. Abschn. 1.6.1, Tab. 1.21). Sie haben damit eine Regelungstechnik übernom-

men, wie sie auch in der Mehrzahl der alten Länder vorzufinden ist. Dort beruht diese Verortung historisch darauf, daß die Altlastenproblematik zuerst bei technisch unzureichenden Abfalldeponien erkannt worden war; die Problematik der Altstandorte wurde erst später in ihrer Tragweite gesehen.

Tatsächlich bildet der Schutz der Böden und des Grundwassers das übergeordnete Ziel beim Umgang mit Abfällen und gewerblich-industriell genutzten Grundstücken. Die Altlastenproblematik ist aus dieser Sicht nur ein Teil der Gesamtaufgabe, eine umweltverträgliche Flächennutzung zu gewährleisten, die im wesentlichen zukunftsgerichtet ist, aber auch die Schäden aus der Vergangenheit zu bewältigen suchen muß. Diese Perspektive liegt wohl dem Ansatz des sächsischen „Ersten Gesetzes zur Abfallwirtschaft und zum Bodenschutz" zugrunde, das Abfallwirtschaft und Bodenschutz als einheitliche Regelungsmaterie versteht.

289. Die Notwendigkeit, insbesondere die Abfallbeseitigung neu zu ordnen und ein praktikables rechtliches Instrumentarium zur Bewältigung der Altlasten zu entwickeln, ist in den neuen Bundesländern bald erkannt worden. Inzwischen verfügen alle – mit Ausnahme Berlins – über Gesetze, die die Erkundung und Sanierung von Altlasten mehr oder minder umfassend regeln und zum Teil auch Aussagen über die Altlastenhaftung treffen. Die Beratung der Verwaltungen der neuen Bundesländer durch Fachleute aus den alten Bundesländern hat dazu geführt, daß deren Regelungen sich an diejenigen der jeweils beratenden Partnerländer anlehnen und sich auch dort Differenzierungen in der rechtlichen Behandlung der Altlastenproblematik herausgebildet haben.

290. Die Legaldefinition von Altlasten in jenen Ländern, die in Betrieb befindliche Anlagen nicht ausdrücklich ausschließen, erscheint problematisch. Die Gründe für das Festhalten des Umweltrates am Kriterium der Abgeschlossenheit einer Nutzung sind in Tz. 10, 15 dargelegt; sie erscheinen gerade in den neuen Bundesländern von besonderer Bedeutung, so daß auch dort auf die notwendige Abgrenzungsfunktion nicht verzichtet werden sollte.

Soweit noch keine spezialgesetzlichen Sanierungsvorschriften bestehen (in den Ländern Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt) muß auf die Polizeigesetze zurückgegriffen werden. Darauf gestützte behördliche Maßnahmen müssen sich auf die Gefahrenabwehr, insbesondere den Schutz gegen konkrete Grundwassergefährdungen und Gefahren für die menschliche Gesundheit beschränken.

Berlin

291. Bislang sind keine spezifischen Vorschriften über Altlasten für die wiedervereinigte Stadt beschlossen worden; das geltende Abfallrecht (Stadtreinigungsgesetz) behandelt das Problem nicht. Die Sanierungspraxis arbeitet auf der Grundlage des Polizeirechts und der als Verwaltungsvorschrift veröffentlichten „Bewertungskriterien für die Beurteilung kontaminierter Standorte in Berlin" (Bekanntmachung vom 19. 11. 1990, ABl. Nr. 65 vom 28. 12. 1990). Der Entwurf eines Gesetzes „zur Vermeidung und Sanierung von Bodenverunreinigungen" befindet sich im Gesetzgebungsverfahren (GIESE, 1994).

Brandenburg

292. Im 6. Abschnitt des Vorschaltgesetzes zum Abfallgesetz für das Land Brandenburg (vom 20. 1. 1992, GVBl. S. 16 [§§ 25–31]) mit dem Titel „Altlasten" finden sich eine Begriffsbestimmung sowie Vorschriften über Grundlagenermittlung, Erhebungen über Altablagerungen und Altstandorte, Untersuchungen und Gefahrenabwehr sowie die Erstellung eines Altlastenkatasters und die Weitergabe von Erkenntnissen.

Werterhöhungen von Grundstücken, die aus behördlichen Gefahrenabwehrmaßnahmen folgen, können über eine Ausgleichspflicht (§ 31) abgeschöpft werden. Weitergehende Vorschriften über Sanierungsmaßnahmen enthält das Gesetz nicht.

Mecklenburg-Vorpommern

293. Das Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz für Mecklenburg-Vorpommern (vom 4. 8. 1992, GVBl. S. 450) enthält einen 5. Teil „Altlasten" in den §§ 22–25. Auch hier finden sich Begriffsbestimmungen, Vorschriften über den Geltungsbereich, die Erfassung von Altablagerungen und Altstandorten, Kataster, Überwachung und Befugnisse der Behörden sowie über den Datenschutz. Die Sanierung ist nicht geregelt.

Die Altlastendefinition in § 22 Abs. 4 ist enger gefaßt als in den anderen der neuen Bundesländer: „Altlasten sind Belastungen der Umwelt, vor allem des Bodens und des Wassers durch Stoffe (Abfälle und sonstige umweltgefährdende Stoffe) im Bereich von Altablagerungen und Altstandorten, wenn aufgrund einer Gefährdungsabschätzung feststeht, daß eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung vorliegt und zur Wahrung des Wohls der Allgemeinheit Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind."

Sachsen

294. Sachsen hat sich ein „Erstes Gesetz zur Abfallwirtschaft und zum Bodenschutz im Freistaat Sachsen (EGAB)" gegeben (vom 12. 8. 1991, GVBl. S. 306). Der sächsische Landesgesetzgeber ist bei der Altlastenregelung anders vorgegangen als die zuvor genannten Länder. Das Gesetz behandelt die Altlastenproblematik als Teil des allgemeinen Bodenschutzes. Problematisch erscheint, daß § 8 Abs. 3 Nr. 3 Altablagerungen und Altstandorte mit Altlastverdachtsflächen begrifflich gleichsetzt und damit diese Einstufung nicht vom Ergebnis einer Erstbewertung abhängig macht. Das Verhältnis zu § 8 Abs. 3 Nr. 2 erscheint überdies unklar; diese Vorschrift statuiert die Besorgnis von schädlichen Bodenveränderungen auch bei allen Flächen, auf denen mit Abfällen und wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird oder

wurde. § 9 stellt den Behörden ein voll ausgebautes Instrumentarium zur Verfügung, das sowohl Maßnahmen zur Gefahrenabwehr als auch zur Vorsorge umfaßt.

295. Schließlich knüpft das sächsische Landeswasserrecht an Bodenbelastungen an, wenn sie die Besorgnis einer nachhaltigen Gewässerverunreinigung begründen. § 97 des Sächsischen Wassergesetzes (vom 23. 2. 1993, GVBl. S. 201) bestimmt unter dieser Voraussetzung eine eigenständig wasserrechtlich begründete Pflicht zur Schadensermittlung, -begrenzung und erforderlichenfalls Sanierung. Den Behörden stehen damit schutzgutorientierte parallele Ermächtigungen zur Verfügung, deren Verhältnis untereinander jedoch noch klärungsbedürftig erscheint.

Sachsen-Anhalt

296. Das Abfallgesetz (vom 14. 11. 1991, GVBl. S. 422) enthält einen 6. Teil unter dem Titel „Altlasten" (§§ 29–31). Die Altlastendefinition (§ 29 Abs. 2) entspricht der gängigen Begriffsbestimmung. Die Definition von Altstandorten (§ 29 Abs. 4) umfaßt unter Nr. 3 auch „sonstige Betriebsflächen oder Grundstücke aus den Bereichen der gewerblichen Wirtschaft oder öffentlicher Einrichtungen, in denen oder auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist". Diese begriffliche Breite hat gerade vor dem Hintergrund der hohen Belastung des Landes Erstaunen ausgelöst (MÜLLER und SÜSS, 1993, S. 1326). An Maßnahmen sieht das Gesetz nur die Erfassung vor; es enthält keine Sanierungsvorschriften.

Thüringen

297. Das Gesetz über die Vermeidung, Verminderung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen und die Sanierung von Altlasten (Thüringer Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz vom 31. 7. 1991, GVBl. S. 273) behandelt Altlasten in seinem 2. Teil (§§ 1622). Auch die thüringische Begriffsbestimmung für Altlasten entspricht der gängigen, doch sind im Unterschied zu anderen der neuen Bundesländer noch in Betrieb befindliche Anlagen explizit ausgeschlossen.

Das Gesetz enthält umfassende Vorschriften über Erfassung, Untersuchung und Überwachung. Geregelt sind ferner Sanierungsmaßnahmen und die Verantwortlichkeit dafür. Zur Finanzierung der Altlastenbeseitigung kann die Landesregierung nach § 21 durch Verordnung eine Abfallabgabe einführen. Schließlich kann nach § 22 ein Wertzuwachsausgleich für Grundstücke erhoben werden, deren Wert durch nicht vom Eigentümer finanzierte Sanierungsmaßnahmen gestiegen ist.

2.4.3 Planungsrechtliche Aspekte

298. Das Planungsrecht ist in doppelter Hinsicht für die Altlastenproblematik von Bedeutung. Zum einen unterliegen Sanierungsvorhaben wie auch die dazu eingesetzte Technologie verschiedenen planungsrechtlichen Vorschriften; zum anderen sind die Probleme der Wiedernutzung kontaminierter Flächen vor allem mit Hilfe des Planungsrechts zu lösen (Abschn. 1.6.4).

Der Nachholbedarf, der in den neuen Bundesländern bei vielen Sektoren der Infrastruktur gesehen wird, hat den Gesetzgeber zu zahlreichen Veränderungen und Lockerungen des bisherigen Planungsrechts veranlaßt, die sich unter dem Begriff der Planungsbeschleunigung zusammenfassen lassen. Diese Neuregelungen sind daraufhin zu prüfen, ob sie geeignet sind, notwendige Sanierungsmaßnahmen zu beschleunigen. Andererseits ist einzuschätzen, ob der Verzicht auf verschiedene Abwägungsgesichtspunkte, die im bisherigen Planungsrecht zu berücksichtigen waren, zu einer Überplanung oder Überbauung von Altlasten führen kann, bei denen vordringlicher Sanierungsbedarf besteht. Werden unverträgliche Folgenutzungen verwirklicht, kann dies zu einem späteren Zeitpunkt zu aufwendigen Umplanungen oder Nutzungsbeschränkungen zwingen, unter Umständen sogar zum Abriß neu errichteter Gebäude, mit der Folge von Schadensersatzansprüchen gegen die Planungsträger.

299. Die Feststellung, daß es auf Bundesebene ein speziell auf die Altlastensanierung zugeschnittenes Planungsinstrumentarium nicht gibt (SRU, 1989, Tz. 859) trifft im Grundsatz noch immer zu. In den neuen Ländern enthält nur das Thüringer Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz in § 19 planungsbezogene Vorschriften für die behördlich angeordnete Sanierung. Deren Planung kann dem Sanierungsverantwortlichen übertragen werden, wobei zuvor der Sanierungsumfang von der oberen Abfallbehörde festgesetzt und die Planung von ihr genehmigt werden muß. Verlagert wird damit nur die technische Detailplanung. Von Vorteil für den Sanierungsverantwortlichen ist die Konzentrationswirkung der Anordnung beziehungsweise Zustimmung (§ 19 Abs. 4); sie vermag freilich keine Planfeststellung zu ersetzen, die aber auch nur noch in Ausnahmefällen erforderlich sein dürfte. Ob diese Vorschrift lediglich zu einer Entlastung der Verwaltung führt oder auch eine Beschleunigung der Sanierungsverfahren insgesamt bewirkt, werden erst die Erfahrungen der Praxis zeigen.

Der Problemdruck in den neuen Ländern dürfte dazu führen, daß die mit dem Neuaufbau der Behördenstruktur sich bietenden Chancen genutzt werden, eine integrierte Sanierungsplanung zu entwickeln, die die Bedürfnisse der wirtschaftlichen Entwicklung mit den Erfordernissen des vorsorgenden Gesundheits- und Umweltschutzes verbindet. Von den Möglichkeiten des Instrumentariums der Planungsbeschleunigungsgesetze darf jedoch nur vorsichtig Gebrauch gemacht werden. Auch in den neuen Ländern sind inzwischen die Datengrundlagen geschaffen, um unbeabsichtigte Überplanungen von Altlasten mit ihren Risiken zu vermeiden, so daß die lokalen Planungsträger in eigener Verantwortung die erforderlichen Entscheidungen treffen können. Altlasten und Verdachtsflächen müssen nicht mehr zu einem Stillstand der städtebaulichen Entwicklung führen. Vor allem das Instrumentarium des Baugesetzbuches und die dort eröffneten Möglichkeiten

der Kooperation zwischen Verwaltung und Investor können und sollten deswegen zu einer beschleunigten Durchführung notwendiger Sanierungsmaßnahmen genutzt werden (Tz. 219).

2.4.4 Zur Freistellungsregelung und Finanzierung der Altlastensanierung

300. Nach der sogenannten Wende war die DDR-Regierung auf Investitionen vor allem aus der Bundesrepublik dringend angewiesen, um den Umbau der Wirtschaft einzuleiten. Dabei verbreitete sich rasch die Einschätzung, daß die zuvor in Kauf genommenen ökologischen Schäden westliche Unternehmen von Investitionen abhielten, da diese befürchten mußten, beim Erwerb von Grundstücken im Wege der Zustandshaftung zur Sanierung kontaminierter Böden herangezogen zu werden. Wegen der Unabsehbarkeit der Kosten, die auf Erwerber zukommen würden, wurde in der Zustandshaftung für Grundstückseigentümer oder -besitzer gerade in jener besonderen Situation ein massives Investitionshemmnis gesehen. Inwieweit ökologische Altlasten tatsächlich Hemmnisse für Investoren darstellen, hat das Institut für Wirtschaftsforschung Halle untersucht (KOMAR, 1992). Danach war bis Ende 1992 kein ernstzunehmender Fall bekannt geworden, in dem eine Investition an Altlasten gescheitert ist. Nur 10 % der Investoren nennen nach diesem Bericht die Altlasten als Hemmnis. Bedeutender erscheinen Rechtsunsicherheit, Mängel in der Infrastruktur und in der Verwaltung sowie sonstige Gründe. Bei altlastverdächtigen Flächen führen die langwierige Bewertung des Gefährdungspotentials und die Durchführbarkeitsstudien zur Sanierung zu Verzögerungen der Investitionen. Mit dem Ziel, tatsächliche oder vermutete Investitionshindernisse abzubauen, schuf die letzte DDR-Volkskammer in Artikel 1 § 4 Abs. 3 des Umweltrahmengesetzes die Möglichkeit, Erwerber von Anlagen von der Verantwortlichkeit für Schäden freizustellen, die durch den Betrieb dieser Anlagen vor dem 1. 7. 1990 verursacht worden waren. Im Einigungsvertrag wurde wegen der gesamtstaatlichen Bedeutung der Aufgabe der Altlastensanierung die Fortgeltung dieser Regelung vereinbart und dabei ihr Anwendungsbereich erweitert (vgl. Tz. 303).

301. Zu erwähnen ist im übrigen eine in Sachsen geltende eigenständige landesrechtliche Freistellungsklausel mit einem eingeschränkten Anwendungsbereich. § 10 Abs. 6 EGAB (Tz. 294) bestimmt: „Sind Bodenbelastungen vor dem 1. Juli 1990 zu einem Zeitpunkt entstanden, zu dem der Grundstückseigentümer keine tatsächliche Gewalt über sein Grundstück innehatte, so kann dem Eigentümer bei einer Inanspruchnahme nach Absatz 1 insoweit Freistellung von dieser Verpflichtung gewährt werden, als eine Durchführung der Maßnahmen für ihn nicht zumutbar ist. Artikel 1 § 4 Abs. 3 des Umweltrahmengesetzes gilt in der jeweils geltenden Fassung mit Ausnahme der dort genannten Antragsfrist entsprechend." Damit wird insbesondere den Interessen von Alteigentümern Rechnung getragen, die in die Bundesrepublik ausgereist waren oder deren Eigentum aus anderen Gründen unter staatliche Verwaltung gestellt worden war.

2.4.4.1 Inhalt und Auslegung der Freistellungsregelung

302. Die Freistellungsregelung entspringt einer wirtschaftspolitischen Intention; sie soll Investitionsanreize bieten (Tz. 287) und erfaßt vor allem in Betrieb befindliche Anlagen (REHBINDER, 1991, S. 425). Insofern ist die rasch etablierte Bezeichnung „Freistellungsklausel für Altlasten" auch irreführend beziehungsweise geht von einem erweiterten Begriffsverständnis aus (Tz. 6ff.). Die Regelung erfaßt aber jedenfalls auch Flächen mit Altlasten im hier verwendeten Sinne. Deshalb und wegen ihrer Bedeutung für die Praxis der Umweltsanierung in den neuen Bundesländern wird hierauf im folgenden näher eingegangen.

Bei den Beratungen der letzten DDR-Volkskammer war in den ersten Entwürfen des Umweltrahmengesetzes eine allgemeine gesetzliche Freistellung vorgesehen gewesen; tatsächlich eingeführt wurde dann eine einzelfallbezogene Ermessensentscheidung (SCHRADER, 1990). Der Anlagenbegriff war darin nicht näher umschrieben; in zeitlicher Hinsicht waren alle Anlagen einbezogen, die vor dem 1. Juli 1990 errichtet worden waren oder mit deren Errichtung begonnen worden war. Ebensowenig wurde der Begriff des Erwerbs eingegrenzt. An Ermessenskriterien sollten der zuständigen Behörde, die für ihre Entscheidung das Einvernehmen des Umweltministeriums einholen mußte, lediglich die „Interessen des Erwerbers und der Allgemeinheit" vorgegeben werden. Die Berücksichtigung der Belange des Umweltschutzes, die im Entwurf der Arbeitsgruppe der Gemeinsamen Umweltkommission vom 7. Juni 1990 (Dokumentation: IUR 1990, S. 33) noch nicht vorgesehen war, ist erst in letzter Minute in den Gesetzestext aufgenommen worden. Die Antragstellung war bis zum 31. Dezember 1991 befristet und eine Freistellung von privatrechtlichen Ansprüchen ausdrücklich ausgeschlossen.

303. Wegen der weiten Formulierung und der daraus folgenden Unabsehbarkeit der Kosten, die auf die betreffenden öffentlichen Träger zugekommen wären, wurde diese Möglichkeit von den Behörden kaum genutzt. Eine unter ökologischem Aspekt bedenkliche Folgewirkung hiervon war, daß die Gemeinden Grundstücke für gewerbliche Nutzungen vor allem in unbelasteten Gebieten „auf der grünen Wiese" auswiesen und der Landschafts„verbrauch" dadurch beschleunigt wurde.

Der Einigungsvertrag (Art. 9 Abs. 2 in Verbindung mit Anlage II Kapitel XII Abschn. II Nr. 1 Bst. b) veränderte die Vorschrift. Die Bezugnahme auf den Zeitpunkt der Errichtung wurde aufgegeben und die in Frage kommenden Anlagen auf jene beschränkt, die gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmen Verwendung finden, womit zum Beispiel kommunale Mülldeponien ausgeschlossen wurden. Während des kurzen Zeitraums, in dem diese Fassung galt und der mit der Vorbereitung der Landtagswahlen in den neu gebildeten Ländern zusammenfiel, wurden einzelne erste Freistellungen erteilt, so zum Beispiel die Freistellung der

BASF AG für das von ihr erworbene Synthesewerk Schwarzheide.

304. Eine erneute Änderung zum 29. März 1991 erfuhr die Vorschrift durch Artikel 12 des Gesetzes zur Beseitigung von Hemmnissen bei der Privatisierung von Unternehmen und zur Förderung von Investitionen (Hemmnisbeseitigungsgesetz, vom 22. 3. 1991, BGBl. I S. 766). Die geltende Neufassung erweitert den Kreis der Antragsberechtigten wieder: Die Freistellung wird nun nicht mehr von einem Erwerbsvorgang abhängig gemacht, vielmehr können auch „alte" Eigentümer oder Besitzer freigestellt werden. Damit können jedenfalls dem Wortlaut nach auch die Verursacher von Umweltschäden selbst freigestellt werden. Diese Erweiterung ist auf die Kritik gestoßen, daß der Gesetzgeber damit „erheblich über das Ziel hinausgeschossen" habe (MÜGGENBORG, 1991, S. 739). Unbillige Ergebnisse sind deshalb nur zu vermeiden, wenn die Behörden den eigenen Verursachungsbeitrag des Antragstellers bei der Ausübung ihres Ermessens berücksichtigen, insbesondere durch die Erteilung von Auflagen.

Die Bindung an den Anlagenbegriff wurde aufgegeben und die freistellungsfähigen Tatbestände auf jede Benutzung von Grundstücken erweitert (Tz. 307). In die bei der Entscheidung abzuwägenden Interessen wurden in Konsequenz diejenigen der Eigentümer und Besitzer einbezogen und zusätzlich die Interessen der durch den Betrieb der Anlage oder die Benutzung des Grundstücks möglicherweise Geschädigten aufgenommen. Die Möglichkeit, eine Freistellung mit Auflagen zu versehen, wurde neu eingeführt und die Antragsfrist bis zum 29. März 1992 verlängert. Ebenfalls neu ist in der geltenden Fassung die Einbeziehung privatrechtlicher Ansprüche in den Kreis freistellungsfähiger Forderungen; diese werden dabei umgestaltet: Nach Satz 5 bewirkt eine Freistellung automatisch den Übergang nachbarrechtlicher Abwehransprüche in Schadensersatzansprüche, eine Regelung, die Vorbilder hat, zum Beispiel in § 14 Satz 2 BImSchG, § 7 Abs. 4 AtG oder §§ 8 Abs. 3 Satz 2, 11 WHG. Eine Freistellung kann gemäß Satz 7 auf diese privatrechtlichen Ansprüche ausgedehnt werden mit der Folge, daß das Land alleiniger Schuldner wird; auch darüber ist eine auf den Einzelfall bezogene Ermessensentscheidung zu treffen.

305. Diese Neuerungen berücksichtigen, daß teilweise die Eigentumsverhältnisse noch nicht geklärt oder streitig sind; außerdem sind damit Fallgestaltungen eingeschlossen, in denen die Freistellung die Überlebensfähigkeit von Betrieben sichert, die nicht verkauft wurden, sondern auf veränderter rechtlicher Grundlage weiterarbeiten wie zum Beispiel Handwerksbetriebe.

Mit der Berücksichtigung der Belange derjenigen, die durch den Betrieb der Anlage oder die Benutzung des Grundstücks geschädigt wurden beziehungsweise werden konnten, kann Fallgestaltungen Rechnung getragen werden, in denen in größerem Umfang privatrechtliche Schadensersatzansprüche geltend gemacht werden oder dies zu erwarten ist; diese Ansprüche sind nur dann zu realisieren, wenn der Schuldner nicht schon aufgrund seiner öffentlich-rechtlichen Haftung an die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit gelangt.

306. Damit wurde den Behörden die Möglichkeit eröffnet, je nach den Umständen des Einzelfalls Prioritäten zu setzen und flexibel zu reagieren. Dies ist auch erforderlich, um in dem Zielkonflikt zwischen Wirtschaftsförderung, Wiederherstellung ökologischer Funktionen und Entschädigung zu angemessenen Lösungen zu gelangen. Einerseits wird es möglich, eine Freistellung von der öffentlich-rechtlichen Haftung zu gewähren, um den Schuldner für die Bedienung privatrechtlicher Schadensersatzforderungen solvent zu halten; andererseits erscheint die umgekehrte Vorgehensweise angezeigt, wenn die Schäden an der Umwelt die an privaten Rechtsgütern deutlich überwiegen und die nötigen Sanierungsanstrengungen die Kraft des Unternehmens übersteigen.

Erfaßte Objekte

307. Die Vorschrift nennt zwei Kategorien von Objekten der Freistellung: Anlagen und Grundstücke.

Der Begriff der Anlage nimmt Bezug auf § 3 Abs. 5 BImSchG und umfaßt damit

1. Betriebsstätten und sonstige ortsfeste Einrichtungen
2. Maschinen, Geräte und sonstige ortsveränderliche technische Einrichtungen sowie bestimmte Fahrzeuge und
3. Grundstücke, auf denen Stoffe gelagert oder abgelagert oder Arbeiten durchgeführt werden, die Emissionen verursachen können, ausgenommen öffentliche Verkehrswege.

Da der Begriff der Betriebsstätte überaus weit ist, sind fast alle potentiellen Verursacher von Altlasten erfaßt. Bergbau- und landwirtschaftliche Betriebe, die kein Gewerbe, sondern Urproduktion darstellen, sind einbezogen, da die entsprechenden Grundstücke „im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmen Verwendung finden" (BMU, 1991, Ziff. II. 3.; DOMBERT und REICHERT, 1991, S. 745).

308. Der Anlagenbegriff des Bundes-Immissionsschutzgesetzes ist dem der Genehmigungsbedürftigkeit vorgeordnet und knüpft nur an den tatsächlichen Gegebenheiten an, so daß zum Beispiel auch Grundstücke mit unerlaubten Lagern wassergefährdender Stoffe darunter fallen. „Grundstücke, die gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmen Verwendung finden" bilden eine große Restkategorie. Nach den Auslegungshinweisen des Bundesumweltministeriums sind auch Betriebe der öffentlichen Ver- und Entsorgung erfaßt (BMU, 1991, Ziff. II. 3.). Die hieran mit der Begründung geäußerte Kritik, es bestehe in diesen Fällen eine andere Interessenlage als bei privaten Wirtschaftsbetrieben (SCHMIDT-JORTZIG, 1991, S. 758), trifft zu: Bei der Freistellung einer Kommune von den Schäden, die von einer von ihr betriebenen ungesicherten Müllkippe ausgehen können, wird kein direkter Wirtschaftsförderungszweck erreicht. Die

Wirkung der Freistellung erschöpft sich in einer Verlagerung der finanziellen Verantwortlichkeit für die Sanierung von der Kommune auf das Land. Der insoweit zweifellos vorhandene Zuschußbedarf der Kommunen sollte jedoch sinnvollerweise und im Interesse der Haushaltsklarheit über Förderprogramme gedeckt werden, wie dies zum Beispiel beim Neu- beziehungsweise Ausbau von Kläranlagen geschieht; die Anwendung der Altlastenfreistellungsklausel erscheint in diesem Zusammenhang als bloße Umwegfinanzierung.

309. Die dem Recht der DDR eigentümliche Spaltung zwischen Eigentum am Boden und Eigentum an einem darauf errichteten Bauwerk wurde vom Einigungsvertrag teilweise aufrechterhalten (Artikel 231 § 5 EGBGB, eingeführt durch EV, Anlage, Kap. III, Sachgebiet B, Abschn. II Nr. 1). Es ist deshalb unter Umständen zwischen den Schäden an einem Grundstück und an den darauf errichteten Gebäuden zu unterscheiden. Infolge der Einbeziehung sowohl von Anlagen als auch von Grundstücken in der Neufassung der Freistellungsregelung kann aber auch in derartigen Fällen eine Freistellung ausgesprochen werden. Damit sind alle in Frage kommenden Objekte vom sachlichen Anwendungsbereich der Vorschrift erfaßt.

Freistellungsberechtigte

310. Seit der Änderung durch das Hemmnisbeseitigungsgesetz, die auch dem gegenwärtigen Eigentümer eines Grundstücks die Möglichkeit der Freistellung einräumt, ist die zuvor viel diskutierte Frage nach dem Erwerberbegriff (MÜGGENBORG 1991, S. 739; REHBINDER, 1991, S. 425; MICHAEL und THULL, 1990, S. 4) teilweise obsolet geworden. Nach wie vor relevant ist sie jedoch in den Fällen, in denen ein potentieller Investor den Erwerb eines Grundstücks von einer Freistellung abhängig macht, sowie in Fällen, in denen der Erwerb einer Altlast indirekt über den Erwerb von Gesellschaftsanteilen erfolgt.

Die Frage, ob die Freistellungsentscheidung einen vollständigen Eigentumsübergang voraussetzt, wird zurecht überwiegend verneint. Abgesehen davon, daß schon der Begriff des Erwerbers auf den Vorgang und nicht auf dessen Ergebnis verweist, spricht der Anreizzweck der Regelung dafür, in erweiternder Auslegung auch schon denjenigen als Erwerber und damit als antragsberechtigt anzusehen, der seine Kaufabsicht glaubhaft macht (MICHAEL und THULL, 1991, S. 739; REHBINDER, 1991, S. 425).

Als Erwerb anzusehen ist auch ein Eigentumsübergang, der aufgrund der einigungsbedingten besonderen Rechtsinstitute der Rückübertragung entzogenen Grundeigentums und der Aufhebung staatlicher Verwaltung erfolgt, die auf dem Gesetz zur Regelung offener Vermögensfragen (vom 23.9.1990, Anlage II zum EV, Kap. III, Sachgebiet B, Nr. 5) beruhen. Hier ist es mehr der Restitutionszweck der genannten Vorschriften als die wirtschaftliche Funktion der Freistellung, die für eine Anwendung des Erwerberbegriffs auch auf den Personenkreis der Antragsteller sprechen, die mit der – in § 16 Abs. 2 des Gesetzes als Regelfall vorgesehenen – Wiederherstellung vollen Eigentums in die polizeirechtliche Zustandsverantwortlichkeit eintreten. In zeitlicher Hinsicht kommt die Freistellung jedoch nur ab dem Zeitpunkt in Betracht, zu dem die Entziehung des Eigentums oder Besitzes erfolgte und dem Rückübertragungsberechtigten die tatsächliche Einwirkungsmöglichkeit damit fehlte (KNOPP, 1991, S. 1358; REHBINDER, 1991, S. 426).

311. Die Frage nach dem Erwerberbegriff stellt sich schließlich in den Fällen, in denen nicht die Anlage beziehungsweise das Grundstück selbst, sondern die Geschäftsanteile an dem bestehenden Unternehmen erworben werden. Sie ist dahin zu beantworten, daß eine Freistellung des Erwerbers der Geschäftsanteile grundsätzlich möglich ist (KNOPP, 1991, S. 1358). Dabei müssen der Zweck der Regelung gewahrt bleiben und Haftungsumgehungen ausgeschlossen werden. Letztere wären zu befürchten, wenn Anlagenbetreiber und Grundstückseigentümer in rechtlich selbständige juristische Personen aufgespalten werden und die Betreibergesellschaft zur Haftungsumgehung unterkapitalisiert wird (MICHAEL und THULL, 1990, S. 8). Deswegen ist in Anlehnung an gesellschaftsrechtliche Grundsätze eine Freistellung nur demjenigen zu gewähren, der einen tatsächlichen Bezug zu der Anlage hat und nicht nur eine Kapitalanlage tätigt (KLOEPFER und KRÖGER, 1991, S. 991) beziehungsweise der infolge eines Kapitalanteils von über 50 % einen beherrschenden Einfluß auf das Unternehmen ausübt (KLOEPFER und KRÖGER, 1991, S. 991; REHBINDER, 1991, S. 425).

Begriff des Schadens

312. Anders als die im allgemeinen Sprachgebrauch übliche und auch hier verwendete Bezeichnung „Freistellungsklausel für Altlasten" vermuten läßt, kommt der Begriff der Altlast in der Regelung gar nicht vor; sie verwendet vielmehr allein den Begriff des Schadens. Betrachtet man isoliert den Wirtschaftsförderungszweck der Vorschrift, dann scheint es nahezuliegen, darunter den rein ökonomischen Schadensbegriff des Schadensersatzrechts zu verstehen. Schaden wäre dann allein die merkantile Wertminderung einer Anlage oder eines Grundstücks infolge einer Schadstoffkontamination.

Eine solche Auslegung würde jedoch dem Zweck der Vorschrift nicht gerecht. Mit ihr sollen dem Erwerber keine die Gebrauchstauglichkeit einschränkenden Gebrauchs- oder Abnutzungsschäden an dem erworbenen oder zu erwerbenden Objekt ausgeglichen werden; diese sind selbstverständlich bei der Preisbildung zu berücksichtigen. Bei den Restitutionsfällen gilt dieses Argument freilich nicht. Freigestellt werden soll der Erwerber – gegebenfalls auch der Eigentümer – vielmehr von den wirtschaftlichen Folgen umweltrechtlicher Anforderungen, die von Behörden konkretisiert und gegebenfalls durchgesetzt werden. Diese wirtschaftlichen Folgen wiegen deshalb oft schwer, weil jahrelange Versäumnisse infolge mangelhaften Vollzugs des geltenden Rechts Schadstoffe und damit auch die wirtschaftliche Schadenshöhe haben akkumulieren lassen. Zudem ist die finanzielle Belastung durch behördlich angeordnete

Sanierungsmaßnahmen kaum zuverlässig abschätzbar und kann deswegen einer Preiskalkulation oft nicht zugrunde gelegt werden.

313. Der Bezug der Vorschrift auf die finanzielle Verantwortlichkeit (REHBINDER, 1991, S. 427) führt demnach dazu, einen Schadensbegriff anzunehmen, der den Begriff „verantwortlich" von seinem Handlungsbezug reduziert auf die Pflicht, die Kosten für die Schadensbegrenzung oder -beseitigung durch Dritte zu tragen, und der folglich am polizeirechtlichen Gefahrenbegriff orientiert ist, also „jede Verletzung von unter die Begriffe der öffentlichen Sicherheit und Ordnung fallenden Normen, Rechten und Rechtsgütern" (GÖTZ, 1985, Rz. 116) umfaßt. Nur von der öffentlich-rechtlich begründeten Kostenpflicht und gegebenenfalls zusätzlich von zivilrechtlichen Schadensersatzforderungen Dritter kann freigestellt werden, nicht hingegen von den einschlägigen umweltrechtlichen Anforderungen selbst (DOMBERT und REICHERT, 1991, S. 748; dagegen MICHAEL und THULL, 1991, S. 11 und wohl WIECZOREK, 1993, S. 142). Daraus folgt auch, daß der freigestellte Grundstückseigentümer die behördlich angeordnete Durchführung von Sanierungsmaßnahmen zu dulden hat (SPANNOWSKY, 1994, S. 566), ohne die in den Polizeigesetzen vorgesehene Entschädigung für die Inanspruchnahme von Nichtstörern beanspruchen zu können.

Bei der Einschätzung des Betrags, über den freigestellt werden soll, sind die voraussichtlichen Kosten für diejenigen Maßnahmen anzunehmen, die nach dem Polizei, Wasser- oder Abfallgesetz des jeweiligen Landes angeordnet werden können.

Reichweite der Freistellung

314. Die dargelegte Abhängigkeit des Schadensbegriffs von den ordnungsrechtlichen Vorgaben bedeutet, daß die Freistellung ausschließlich diejenigen Kosten umfaßt, die durch die Inanspruchnahme des Grundstückseigentümers oder -erwerbers nach allgemeinem Polizeirecht (DOMBERT und REICHERT, 1991, S. 745) oder gegebenenfalls diesem gleichwertigen Spezialregelungen des Umweltrechts entstehen. Auf das Polizeirecht zu stützen sind nur Gefahrenabwehrmaßnahmen. Darüber hinausgehende Anforderungen an eine bestimmte Bodenqualität können mit den Mitteln des Polizeirechts nicht durchgesetzt werden, und die hierfür entstehenden Mehrkosten sind von der Freistellung regelmäßig nicht abgedeckt.

In vielen Fällen wird ein Zustand, der die öffentliche Sicherheit nicht gefährdet, bereits durch Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen zu erreichen sein, während Sanierungsmaßnahmen der Sicherung oder eine Dekontamination zum Beipiel durch Bodenreinigung oder -austausch nur aufgrund weitergehender rechtlicher Anforderungen verlangt werden könnten. Die hierdurch veranlaßten Mehrkosten sind vom Schadensbegriff und damit von der Freistellung nicht erfaßt. In Fällen, in denen Bodenkontaminationen das Grundwasser gefährden oder bereits Stoffe in das Grundwasser übergehen oder Ausgasungen die Gesundheit gefährden, kann die Anordnung auch weitergehender Sanierungsmaßnahmen mit dem Ziel des Grundwasserschutzes beziehungsweise der Grundwasserreinigung oder des Gesundheitsschutzes in dem dafür erforderlichen Umfang auf die polizeirechtliche Befugnis zur Gefahrenabwehr gestützt werden, so daß die hierfür anfallenden Kosten noch vom Schadensbegriff umfaßt und damit Gegenstand einer Freistellung sein können. Die Frage, welchen Umfang Maßnahmen der Gefahrenabwehr annehmen können, ist deswegen nicht schematisch, sondern nur einzelfallbezogen zu beantworten. Die bei jeder Gefährdungsabschätzung verbleibenden Unsicherheiten bedingen, daß insoweit notwendig eine „Grauzone" besteht.

Der Begriff der Gefahrenabwehr ist ergebnisorientiert und determiniert die Auswahl der zur Erreichung des Ergebnisses dienenden Mittel nicht. Es ist vielmehr der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit, der die Behörde dazu verpflichtet, dasjenige Mittel zur Gefahrenabwehr zu wählen, das den Verpflichteten am wenigsten belastet. Da Maßstab in der Regel allein die finanzielle Belastung ist, kann die Behörde nur die kostengünstigste geeignete Maßnahme anordnen; damit ist auch die Obergrenze der freistellungsfähigen Kosten umschrieben.

315. In zeitlicher Hinsicht ist die Freistellung beschränkt auf Schäden, die vor dem 1. Juli 1990 entstanden sind. Diese in der Literatur kritisierte (MÜGGENBORG, 1991, S. 740) zeitliche Zäsur bereitet Abgrenzungsschwierigkeiten bei Anlagen, die darüber hinaus kontinuierlich im Betrieb waren oder noch sind (KLOEPFER und KRÖGER, 1991, S. 999f.). Die Verbindung des Schadensbegriffs mit den Anforderungen des Umweltrechts muß auch für die Beantwortung der Frage nach der intertemporalen Abgrenzung bei fortwirkenden Schäden und Folgeschäden maßgeblich bleiben. Erfaßt sind die Vorgänge vor dem 1. Juli 1990, bei denen Schadstoffe in die Umwelt entlassen wurden mit allen ihren Folgewirkungen. Dies bedeutet, daß zum Beispiel die aus den achtziger Jahren herrührende und an der Oberfläche beseitigte Kontamination eines Betriebsgeländes mit wassergefährdenden Stoffen auch dann von einer Freistellung erfaßt ist, wenn eine Grundwassergefährdung infolge der langsamen Wanderung der wassergefährdenden Stoffe erst 1991 festgestellt wurde. Wenn der Schadstoffeintrag jedoch über den 1. Juli 1990 hinaus andauerte, kommt nur eine teilweise Freistellung in Betracht, wobei die Quotelung den Verursachungsbeiträgen vor und nach jenem Datum entsprechen muß, das heißt, es muß festgestellt werden, welche Konzentration die Schadstoffe bis dahin erreicht hatten oder wie weit eine Kontamination sich bis zum Stichtag ausgebreitet hatte. Derartige Ermittlungen bereiten oft praktische Probleme. Einen anderen Weg als eine – meist wohl nur im Wege der Schätzung praktikable – zeitliche Abschichtung der Verursachungsbeiträge wird man jedoch nicht einschlagen können.

316. Eine weitere Frage ist die, ob die einmal erteilte Freistellung bei der Veräußerung eines Grundstücks mit diesem weitergegeben werden kann. Obwohl es sich um eine grundstücksbezogene Entscheidung handelt, kann ihr keine gleichsam dingliche

Wirkung zukommen, die mit dem Eigentum übergeht; dies muß daraus geschlossen werden, daß die Freistellungsentscheidung unter Einbeziehung individueller Merkmale erfolgt (REHBINDER, 1991, S. 26). Allerdings würde eine unabänderlich an die Person des Antragstellers gebundene Entscheidung den wirtschaftlichen Wert der Freistellung deutlich schmälern, die Weiterveräußerung von Grundstükken nicht erleichtern und damit ihrem Zweck, Investitionshindernisse abzubauen, zuwiderlaufen. Dies gilt gerade für die Aufspaltung früherer Kombinate oder die Umnutzung von nicht mehr benötigten Betriebsteilen.

Sinnvoll erscheint daher die Lösung, wonach die Zustandsverantwortlichkeit für ein einmal freigestelltes Grundstück beim Rechtsnachfolger nicht neu entsteht, die entscheidende Behörde aber die Befugnis besitzt, durch einen Zustimmungsvorbehalt zur Veräußerung oder unter Umständen durch eine auflösende Bedingung in der Freistellungsentscheidung jedenfalls den Fällen mißbräuchlicher Inanspruchnahme zu begegnen (MÜGGENBORG, 1991, S. 740; KLOEPFER und KRÖGER, 1991, S. 1001). Entsprechendes sehen auch die Auslegungshinweise des BMU (1991, Nr. 10) vor; dort wird freilich davon ausgegangen, daß die „Rechte aus der Freistellung" durch Abtretung übertragen werden. Eine derartige Handhabung bietet den Investoren die nötige Flexibilität und sichert den Behörden die zur Bekämpfung von Mißbräuchen notwendigen Rechte.

2.4.4.2 Einbeziehung von Umweltbelangen in die Entscheidung

317. Bei der Entscheidung über Freistellungsanträge stehen die jeweiligen Behörden vor einer Vielzahl schwieriger, vor allem wirtschaftlicher Fragen; die Unsicherheit über die Kosten einer Freistellung läßt sich oft nur sehr bedingt ausräumen. Andererseits sprechen das Interesse am Verbleib oder an der Neuansiedlung von Betrieben für eine Freistellung, sowohl der Arbeitsplätze als auch erwarteter Steuereinnahmen wegen. Dennoch müssen auch die Folgen einer Freistellung für die Umwelt abgewogen werden, wie Satz 2 der Freistellungsklausel es ausdrücklich vorsieht. Damit ist insbesondere klargestellt, daß die wirtschaftliche Überlebensfähigkeit von Betrieben nicht einziger Entscheidungsgesichtspunkt sein kann. Die Behörden werden vielmehr aufgrund bereits vorhandener Daten, einer zu erstellenden Prognose über einen Sicherungs- oder Dekontaminationsbedarf und der Einschätzung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der jeweiligen Betriebe einerseits und der betroffenen Gebietskörperschaften andererseits Entscheidungen finden müssen, die keinen der zu berücksichtigenden Belange völlig hintanstellen. Das Verwaltungsabkommen über die Regelung der Finanzierung der ökologischen Altlasten zwischen dem Bund und den neuen Ländern (Verwaltungsabkommen, 1993) entlastet die für die Freistellungsentscheidungen zuständigen Länder von einem Teil der damit verbundenen finanziellen Risiken (siehe im einzelnen Abschn. 2.4.5.1). Dies sollte sie ermutigen, Freistellungsanträgen in weiterem Umfang als bisher stattzugeben und dabei Ziele der Wirtschaftsförderung mit solchen der Umweltsanierung zu verbinden, auch wenn dies nur noch für einen Teil der Investitionen von Bedeutung sein mag. Dazu gehört auch das Ziel des sparsamen Umgangs mit Grund und Boden durch die Neuansiedlung an alten Standorten, mit der dem Trend zur Verlagerung „auf die grüne Wiese" entgegengewirkt werden soll (BMU, 1993, S. 179).

318. Zwar kann die Einbeziehung von Umweltbelangen sich grundsätzlich auch auf das „ob" einer Freistellungsentscheidung auswirken, doch verändert sie die grundlegende Zielsetzung der Regelung nicht, das heißt, die Umweltbelange müßten im Einzelfall ein eindeutiges Übergewicht haben, um eine unter den anderen Gesichtspunkten gebotene Freistellung dennoch abzulehnen. Der Ort für die Einbeziehung der Umweltbelange ist deshalb in erster Linie die Erteilung von Auflagen, die mit der Entscheidung verbunden werden. Mittels Auflagen kann der Erwerber zum Beispiel zu Messungen und sogar zu bestimmten Sanierungsarbeiten verpflichtet werden (BMU, 1991, Nr. 7; DOMBERT und REICHERT, 1991, S. 748). Diese Möglichkeit soll nach Nr. 6 (2) der Berliner Ausführungsvorschrift (vom 4. 6. 1991, Amtsblatt für Berlin Nr. 37, S. 1624) bei allen Entscheidungen geprüft werden, wobei in der Auflage sämtliche technisch durchführbaren und wirtschaftlich vertretbaren Vorkehrungen zum Schutz vor schädlichen Einwirkungen bis hin zu konkreten Sanierungsschritten vorgeschrieben werden können.

Für eine derartige Handhabung spricht, daß damit in einer einheitlichen Entscheidung notwendige Sanierungsmaßnahmen schnell durchgesetzt werden können. Allerdings könnte zumindest eine extensive Praxis insofern Bedenken hinsichtlich des rechtsstaatlichen Bestimmtheitsgebotes begegnen, als dadurch einem Grundstücksinhaber mehr an Maßnahmen aufgegeben wird, als wozu er nach allgemeinen Regeln verpflichtet werden könnte. Auch insoweit hängt sehr viel von einer klugen Verwaltungspraxis ab, die die Breite ihres Instrumentariums, wozu zum Beispiel auch verwaltungsrechtliche Verträge gehören, sinnvoll nutzt.

2.4.4.3 Zur Praxis der Freistellung

319. Die Handhabung der Freistellung durch die Länderbehörden war jedenfalls anfangs sehr zurückhaltend. Von den ca. 60 000 gestellten Anträgen war bis Mitte 1993 über weniger als 1 % mit einer Freistellung entschieden worden (TÖPFER, 1993, S. 177), über einen nicht unerheblichen Teil noch gar nicht, was Kritik vor allem von seiten der Wirtschaft hervorgerufen hat. Bei den entschiedenen Fällen überwiegen die Ablehnungen, was auch von Beobachtern als enttäuschend gewertet wurde, die den Ausnahmecharakter der Freistellung anerkennen (DOMBERT und REICHERT, 1991, S. 747).

Eines der anfänglichen Hindernisse für eine zügige Bearbeitung war der sehr lückenhafte Kenntnisstand über Umfang und Art der Schäden. Die von den Behörden der neuen Bundesländer mittlerweile erzielten Fortschritte bei der Schadenserhebung werden

die Bearbeitung der bisher zurückgestellten Freistellungsanträge erleichtern, weil sie die notwendigen Entscheidungsgrundlagen für Sanierungsmaßnahmen einschließlich deren Kostenseite bilden.

320. Angesichts verbreiteter Klagen über die Freistellungspraxis der Länder darf nicht übersehen werden, daß eine Freistellungsentscheidung die Übernahme von Risiken bedeutet, deren verläßliche Einschätzung jeder Landesverwaltung schon aus haushaltsrechtlichen Gründen aufgegeben ist, die aber gleichzeitig auch in ökologischer Hinsicht schwierig zu bewerten sind. Das langfristige Verhalten mancher Bodenkontaminationen ist nur schwer abschätzbar, vor allem wenn es sich um in ihrer Zusammensetzung nicht oder nur unvollständig bekannte Stoffgemische handelt, wie sie für die ungeordneten Deponien, aber auch für einen Teil der Altstandorte typisch sind. Die davon ausgehenden Risiken und der daraus eventuell folgende Sanierungsbedarf müssen sehr sorgfältig eingeschätzt werden.

Satz 2 der Freistellungsklausel verlangt von den entscheidenden Behörden eine schwierige Abwägung, die nur auf einer soliden Datenbasis und nach einer differenzierten Würdigung der zu berücksichtigenden Belange getroffen werden kann. Deswegen wurden zum Teil ermessensleitende Verwaltungsvorschriften erlassen, wie zum Beispiel die Berliner Ausführungsvorschriften, die die Zweckerreichung hinsichtlich der Wirtschaftsförderung ebenso sicherstellen sollen (Nr. 4 Abs. 2 und 3, a. a. O.) wie die Durchführung der notwendigen Sanierungsmaßnahmen. Gerade an den Berliner Ausführungsvorschriften ist die Kritik geäußert worden, sie höhlten durch die Bestimmung, Freistellungen zu versagen, wenn ein alsbaldiges behördliches Einschreiten erforderlich sei, das Gesetz aus (MÜLLER und SÜSS, 1993, S. 1328). Diese Beurteilung ist nach Auffassung des Umweltrates zu pauschal, weil auch in solchen Fällen eine Abwägung stattfinden muß und die Regelung vor dem Hintergrund zu sehen ist, daß in Berlin eine Sanierung nur im Rahmen des Polizeirechts angeordnet werden kann. Der in einem solchen Falle dem duldungspflichtigen Grundstückseigentümer zustehende Schadensausgleich (der Sache nach eine Nutzungsausfallentschädigung) kann in bestimmten Lagen die Sanierungskosten erreichen oder übersteigen; dies erschiene jedoch schon vor dem Hintergrund des sanierungsbedingten Wertzuwachses als ungerecht.

Die Erfahrungen aus den alten Bundesländern zeigen, daß das Sanierungsentscheidungen vorausgehende Abstimmungsverfahren in aller Regel komplex und nicht innerhalb kurzer Fristen zu bewältigen ist. Daß derartige Entscheidungen einige Zeit brauchen, sollte auch auf Verständnis treffen, weil der Neuaufbau der Verwaltung in den neuen Bundesländern noch nicht überall abgeschlossen ist.

Auf lange Sicht wird sich ein vorsichtiger Umgang mit der Problematik dadurch positiv auswirken, daß einerseits der aus Gründen des Umwelt- und Gesundheitsschutzes notwendige Umfang von Sanierungsmaßnahmen, angepaßt an die jeweiligen Standortverhältnisse gefunden wird, andererseits unnötige Kosten infolge über das Ziel hinausschießender „Luxussanierungen" vermieden werden.

321. Der Umweltrat befürwortet daher eine Anwendung der Freistellungsklausel, die sich an den jeweils konkreten Problemstellungen orientiert und auf der Basis bestmöglicher Kenntnisse über die Belastungen und den notwendigen Sanierungsumfang so entscheidet, daß unter Wahrung der Zielsetzung der Wirtschaftsförderung die Umweltrisiken auf das in einer Industriegesellschaft unvermeidliche Maß begrenzt werden. Das bedeutet standortbezogene Entscheidungen, die sich an einer längerfristigen Perspektive orientieren. Die Bewältigung von Altlasten darf dadurch aber nicht auf spätere Generationen verlagert werden.

2.4.4.4 Sanierung von Treuhandbetrieben

322. Die Freistellungsregelung muß auch im Zusammenhang mit dem Übergang von der Zentralverwaltungs- zur Marktwirtschaft gesehen werden. Daher ist die Rolle und Bedeutung der Treuhandanstalt (THA) bei der Sanierung von Altlasten einzubeziehen.

> *Die THA „dient der Privatisierung und Verwertung volkseigenen Vermögens nach den Prinzipien der sozialen Marktwirtschaft" (§ 2 Abs. 1 Satz 2 des Treuhandgesetzes (THG) vom 17. 9. 1990, GBl. der DDR I, S. 300, mit Maßgaben fortgeltend gemäß Art. 25 EV); diese zuletzt genannte Bindung weist über eine nur fiskalische Aufgabenstellung hinaus; bei ihrer ökonomischen Gestaltungsaufgabe ist die THA selbst den die marktwirtschaftliche Ordnung konstituierenden Pflichten ebenso unterworfen wie die von ihr zu privatisierenden Unternehmen. Auch wenn dies im Gesetz nicht ausdrücklich formuliert ist (vgl. § 8 Abs. 1 THG), trägt sie deshalb mit an der Verantwortung für die Bewältigung der Umweltschäden, die von den ihr unterstehenden Betrieben verursacht worden waren. Im Hinblick auf Altlasten ist es daher in erster Linie Aufgabe der THA, deren Entstehen vorzubeugen und Betriebe „am Laufen" zu halten, die – mit den vorgesehenen Übergangsfristen – die geltenden umweltrechtlichen Anforderungen einhalten. Bekanntermaßen gelingt dies jedoch keineswegs überall, so daß mit Stillegungen auch Altlasten zurückbleiben. Unabhängig davon sind viele Betriebsflächen von Unternehmen, deren Anteile die THA hält, kontaminiert, so daß ein Sicherungs- oder Dekontaminationsbedarf mit entsprechenden finanziellen Folgen besteht.*

323. Zahlreiche Unternehmen, deren Anteile von der THA gehalten werden oder worden sind, haben Freistellungsanträge gestellt; bis Oktober 1992 belief sich deren Zahl auf ca. 6 000 (Bundesregierung, 1992). Dabei mußte die THA eine eigenständige Umgangsweise mit Altlastenrisiken entwickeln. Ihren Möglichkeiten der Vertragsgestaltung entsprechend

haben sich dafür mehrere, zum Teil kombiniert eingesetzte Vorgehensweisen der Risikoverteilung entwickelt: Eine Methode der Berücksichtigung von Altlastenrisiken stellen Abschläge vom Kaufpreis dar; dies setzt freilich eine vorherige Schätzung der Sanierungskosten voraus. Daneben stellt die THA selbst durch Klauseln in manchen Kaufverträgen Erwerber von Altlastenrisiken frei; jedoch fehlen teilweise solche Vereinbarungen sogar, obwohl bei Vertragsabschluß ein Altlastenverdacht bestand (MÜLLER, A., 1993, S. 171). In den vor Ablauf der Antragsfrist abgeschlossenen Verträgen mit der THA wurde der Erwerber in der Regel verpflichtet, einen Antrag auf Freistellung nach dem Umweltrahmengesetz zu stellen und weiterzubetreiben. In der Regel wurde vereinbart, daß im Falle einer Freistellung die Haftung der THA erlischt, das heißt, sie hat nur subsidiären Charakter und bildet eine Art Ausfallbürgschaft.

324. Diese vertragliche Übernahme der Sanierungskosten war bereits Anfang 1992 für etwa 2 000 privatisierte Betriebe vereinbart worden und sah Übernahmequoten bis zu neunzig Prozent vor (WIESELER, 1992). Diese Politik wurde auch weitergeführt; die Kostenübernahme für die Sanierung von Umweltschäden wird zwischen THA und Investor ausgehandelt; in der Regel liegt der Anteil der THA dabei zwischen 50 und 90 Prozent (BONNENBERG, 1992a), wobei ein sehr hoher Anteil zwischen 70 und 90 Prozent nur manchmal übernommen wird (BONNENBERG, 1992b).

Diese Kostenübernahmen werden fallbezogen vereinbart, dennoch existieren Vertragsmuster (MESSERSCHMIDT, 1992), die eine allgemeine Einschätzung erlauben. Je nach dem für die THA absehbaren Risiko und Kostenumfang sind zwei Grundmuster zu unterscheiden: Im ersten Fall ist die finanzielle Verantwortung des Käufers auf einen festen Sockelbetrag begrenzt, während die THA die diesen Betrag übersteigenden Sanierungskosten in vollem Umfang übernimmt. Im zweiten Fall werden die Kosten dreigeteilt: Der Käufer übernimmt wieder einen Sockelbetrag, während für die diesen übersteigenden Kosten bis zu einer Obergrenze eine Aufteilung zwischen Käufer und THA – zum Beispiel im Verhältnis 20 zu 80 – vereinbart wird. Für den die Obergrenze überschreitenden Kostenanteil haftet die THA nicht mehr.

Beide dargestellte Vorgehensweisen lassen sich mit Kaufpreisabschlägen kombinieren. Sachlich erstreckt die Beteiligung der THA sich üblicherweise auf die Kosten der Untersuchung und gegebenenfalls der Sanierung der Kontamination; wirtschaftliche Folgeschäden aus Betriebsbeeinträchtigungen oder Produktionsausfällen hingegen werden ausgeschlossen. Die Vielfalt der möglichen Gestaltungen führt dazu, daß die Behörden bei der Entscheidung über Freistellungsanträge die konkreten Kaufverträge berücksichtigen müssen, wobei die Antragsteller die erforderlichen Informationen oft erst nach ausdrücklicher Aufforderung zur Verfügung stellen (MÜLLER, A., 1993, S. 172).

325. Eine an Sinn und Zweck der Freistellungsregelung orientierte Auslegung müßte strenggenommen das Merkmal des Gebotenseins in allen Fällen als nicht gegeben ansehen, in denen die THA eine vertragliche Altlastenhaftung übernommen hat und somit kein Investitionshemmnis besteht, so daß Freistellungsanträge stets abzulehen wären.

Die Verknüpfung der vertraglichen Freistellung durch die THA mit der Entscheidung über den Antrag auf eine Freistellung nach dem Umweltrahmengesetz hat letztlich zur Folge, daß die finanzielle Verantwortlichkeit von der THA und damit vom Bundeshaushalt auf die Länder überwälzt wird. Eine Teilfreistellung, wie sie in der Literatur vorgeschlagen wird (MÜLLER, A., 1993, S. 171), kann im Einzelfall helfen, läßt aber dieses grundsätzliche Problem unberührt, das schließlich mit der Finanzierungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern zu lösen versucht wurde.

2.4.5 Finanzierungs- und Kostenprobleme

2.4.5.1 Zur Finanzierungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern

326. Wegen der finanziellen Belastung der Länder und deren daraus folgender Zurückhaltung drohte ein Leerlaufen der Freistellungsregelung (MÜLLER, G., 1993, S. 160); daß sie ohne Finanzierungsregelung eingeführt worden war, wurde zu Recht als Inkonsequenz bezeichnet (WOLF, 1992). Der Bund und die neuen Länder einschließlich Berlins vereinbarten schließlich in Form eines Verwaltungsabkommens eine Aufteilung der durch die Freistellungsregelung verursachten Kosten. Der Umweltrat begrüßt dieses Abkommen, da hierdurch Sanierungsmaßnahmen und Investitionen beschleunigt werden. Bund und Länder teilen sich die Kosten bei Großprojekten mit einem Sanierungsbedarf von mehr als 100 Millionen DM im Verhältnis von 75 zu 25, sonst im Verhältnis von 60 zu 40.

Diese Finanzierungsregelung (Verwaltungsabkommen, 1993) bezieht sich auf Unternehmen, die am 15. Oktober 1992 bereits privatisiert worden waren. Darüber hinaus wurden rückwirkend auch solche Verträge in die Regelung einbezogen, die im Zeitraum vom 1. Januar bis zum 14. Oktober 1992 geschlossen worden waren. Allerdings sind diese Daten nicht wirklich fixiert, weil in der Gemeinsamen Protokollnotiz zu dem Abkommen vorgesehen ist, sie in Abhängigkeit zu den verausgabten Mitteln zu verändern: Wenn der festgelegte Betrag von jährlich 1 Milliarde DM nicht ausgeschöpft wird, kann der Stichtag vor den 1. Januar 1992 gelegt werden; umgekehrt wird ein späterer Stichtag festgelegt, wenn der finanzielle Plafond erreicht ist. Gleichwohl erscheint die Stichtagsregelung insofern starr, als der Abschluß einer Privatisierung gerade in den bedeutenderen Fällen von der Zustimmung des Vorstandes der THA und unter Umständen auch des Bundesministeriums der Finanzen abhing; das könnte sich dahin auswirken, daß gerade die kostenträchtigen Sanierungsfälle von der Regelung nicht erfaßt werden, weil das Wirksamwerden der einschlägigen Verträge bei größeren Unternehmen durch längere Überprüfungen verzögert wurde.

327. Erfaßt werden nur Unternehmen aus dem Bereich der THA; ausgeschlossen sind damit zum Beispiel Kommunen in ihrer Rolle als Betreiber von Gaswerken oder von Deponien sowie aufgrund des Gesetzes zur Regelung offener Vermögensfragen reprivatisierte Unternehmen. Die daran geäußerte Kritik (MÜLLER, G., 1993, S. 162) verkennt jedoch, daß die mit der Freistellung beabsichtigte Anreizwirkung, nicht auf öffentliche Versorgungs- und Infrastruktureinrichtungen zielt. Die in diesem Bereich erforderliche Hilfe sollte mit direkten, zweckgebundenen Zuschüssen sichergestellt werden, gleichviel, ob der Bund daran einen Anteil trägt oder nicht. Eine weitere Eingrenzung folgt daraus, daß von den vor dem 15. Oktober 1992 privatisierten Unternehmen nur diejenigen erfaßt sind, denen die THA eine eigene Kostenbeteiligung *vertraglich* zugesichert hat, was aber nur bei einem Teil der Kaufverträge geschah (MÜLLER, G., 1993, S. 163). Sie wurde eingeführt, um Fälle einer Inanspruchnahme der THA für in Konkurs gegangene Unternehmen nach konzernrechtlichen Vorschriften auszuschließen, die jedenfalls nach der zur Zeit der Verhandlungen über die Finanzierungsregelung noch bestehenden Rechtslage möglich erschien. Allerdings wurde bereits Mitte 1992 die Anwendung der Vorschriften über herrschende Unternehmen auf die THA gesetzlich ausgeschlossen (§ 28a des Einführungsgesetzes zum Aktiengesetz, eingefügt durch Art. 11 § 5 des Zweiten Vermögensrechtsänderungsgesetzes).

Der Umfang der berücksichtigungsfähigen Kosten ist im Verwaltungsabkommen mit „Kosten bei einer Freistellung" nicht sehr präzis beschrieben; wegen der Anknüpfung der Freistellungsregelung an den polizeirechtlichen Gefahrenbegriff (Tz. 313) sind aber auch die zu verteilenden Kosten an den dadurch begrenzten Sanierungsaufwand gebunden (SALZWEDEL, 1994, S. 6). Aufwendungen zum Beispiel für den Abbruch alter Anlagenteile werden deswegen nur in solchen Ausnahmefällen freistellungsfähig und damit Gegenstand der Kostenteilung im Rahmen des Verwaltungsabkommens sein, in denen derartige Maßnahmen notwendiger Bestandteil der Gefahrenabwehr sind. Das gleiche gilt für entgangene Gewinne infolge sanierungsbedingter Produktionsunterbrechungen oder Produktionseinschränkungen.

Die Großprojekte, für die eine Verteilung der Kosten zwischen Bund und Ländern von 75 zu 25 gilt, werden einzeln ausgesucht, wobei jeweils ein eigener Finanzrahmen festgelegt wird. Die Bereitstellung der Mittel ist dabei begrüßenswerterweise an die Vorlage eines Sanierungskonzepts geknüpft. Inzwischen sind 21 Projekte vereinbart worden (vgl. Abschn. 2.4.5.2, Tab. 2.11).

328. Mit dem Verwaltungsabkommen ist eine deutliche Entlastung der Länder erreicht und ein Anreiz geschaffen worden, die bislang restriktive Freistellungspraxis großzügiger zu handhaben; die Länder sichern in Ziffer 3 des Abkommens auch zu, die Voraussetzungen für eine beschleunigte Bearbeitung der noch nicht entschiedenen Freistellungsanträge zu schaffen. Es wäre wünschenswert, wenn ein möglichst großer Teil der als Freistellungskosten verausgabten Mittel so eingesetzt würde, daß nach Ermittlung des Sanierungsbedarfs möglichst viele der Altlasten durch Maßnahmen saniert werden, die insgesamt eine positive Umweltbilanz aufweisen (Tz. 133).

Nach dem Auslaufen der Finanzierungsregelung sind die neuen Länder bei der Altlastensanierung grundsätzlich auf sich gestellt. Der Einsatz von ABM-Kräften für Aufgaben der Altlastensanierung entlastet zwar die Länderhaushalte zeitweise, doch kann auch dies keine Dauerlösung für eine langfristige Aufgabe sein (Tz. 184). Die Zuweisung von zweckgebundenen Bundesmitteln an einzelne Länder würde nur das alte Problem perpetuieren, daß durch solche Zuweisungen unangemessen auf den Hoheitsbereich der Länder eingewirkt wird. Der Umweltrat sieht eine Perspektive deshalb nur in einer aufgabengerechten Finanzausstattung der Länder durch die herkömmlichen Instrumente der Verteilung des Steueraufkommens und des Finanzausgleichs.

2.4.5.2 Kosten und Finanzierungsbedarf

329. Die in Abschnitt 1.5.1 angesprochenen Unwägbarkeiten bei der Abschätzung des Finanzierungsbedarfs treten gleichermaßen in den neuen Bundesländern auf, weil auch dort die Kenntnisse insbesondere über das Gefährdungspotential, über die vorgesehenen Nutzungen und zum Teil auch über den Einsatz der effizientesten Sanierungstechniken zeitbedingt noch unsicher sind. In Anbetracht der bei der Altlastensanierung in den neuen Bundesländern zu lösenden Aufgaben kommt der vom Umweltrat erhobenen Forderung nach Kosten-Wirksamkeits-Betrachtungen und Kosten-Nutzen-Analysen eine besondere Bedeutung bei der Aufstellung von Prioritäten zu (SRU, 1989, Tz. 674 ff.). Die Bemühungen müssen verstärkt dahin gehen, die für die Sanierung erforderlichen Informationen über Kontamination, Nutzungsart und sanierungstechnische Möglichkeiten für die einzelnen Vorhaben zur Verfügung zu stellen, um auf diesem Wege fallbezogene Durchschnittskosten exakter ermitteln zu können.

330. Trotz der bestehenden Unsicherheiten werden Kostenermittlungen und Abschätzungen des Finanzierungsbedarfs auch für die neuen Bundesländer vorgenommen. Tabelle 2.9 gibt einen Überblick über diverse Schätzungen, die auf unterschiedlichen Annahmen für die in Betracht zu ziehenden Grundlagen (Anzahl Altlastverdachtsflächen, Altlastenquote, Durchschnittskosten pro Sanierungsfall) aufbauen.

Die vom Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH) vorgestellte vorläufige Kostenschätzung kommt unter Berücksichtigung der besonderen Bedingungen des Altlastenproblems in den neuen Bundesländern und unter Verwendung des Informationsstandes von 1993 zu einer Schätzgröße von 42 bis 58 Mrd. DM bei Einrechnung einer Varianz von ±5 % (KOMAR, 1993b). Tabelle 2.10 zeigt die Verteilung auf Altablagerungen und Altstandorte in den einzelnen Ländern.

Das zur Berechnung verwendete Schätzschema knüpft methodisch an den Ablauf der Bearbeitung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten an, wie

Tabelle 2.9

Ausgewählte Schätzungen des Finanzierungsbedarfs für die Altlastensanierung in den neuen Bundesländern

Mrd. DM	Institution/Quelle	Jahr
45,2	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Berlin	1990
10,6	Institut für Wirtschaftsforschung (Ifo-Institut), München	1991
36–270	Wirtschaftsministerkonferenz	1991
26	Institut für Wirtschaftsforschung (Ifo-Institut), München	1992
50,1	Institut für Wirtschaftsforschung, Halle	1993
75–113	FRANZIUS	1993

Quelle: Zusammenstellung SRU, nach FRANZIUS, 1994; KOMAR, 1993a

Tabelle 2.10

Vorläufige Schätzung der Kosten für die Altlastenbewältigung in den neuen Bundesländern

Länder	Altablagerungen in Mrd. DM	Altstandorte in Mrd. DM	Gesamt in Mrd. DM
Brandenburg	2,037	8,154	10,191
Mecklenburg-Vorpommern	1,89	8,096	9,986
Sachsen	3,189	11,612	14,801
Sachsen-Anhalt	2,952	7,635	10,587
Thüringen	1,792	2,741	4,533
Gesamt	11,86	38,238	50,098

Quelle: KOMAR, 1993b, verändert

das auch bei dem von FRANZIUS (1989) entwickelten Verfahren der Fall ist. Es ist inzwischen aufgrund neuer empirischer Ergebnisse weiterentwickelt worden (KOMAR, 1994). Nach den jüngsten Rechnungen (September 1993) werden die Gesamtkosten für die Sanierung der zivilen Altlasten in den neuen Bundesländern auf rund 48 Mrd. DM geschätzt, wobei rund 11 Mrd. DM auf Altablagerungen und rund 37 Mrd. DM auf Altstandorte entfallen.

Den genannten Gesamtschätzungen stehen Teilschätzungen für bestimmte Regionen, Projekte oder Branchen gegenüber. So wird zum Beispiel der mittelfristige Finanzierungsbedarf für die Bewältigung des Altlastenproblems im Großraum Leipzig/Bitterfeld/Halle/Merseburg allein mit 3,5 Mrd. DM angegeben (KOMPA und MACZEY, 1991). Für die Sanierung der Hüttenstandorte im Raum Mansfeld werden 1 Mrd. DM veranschlagt (Arbeitsgemeinschaft TÜV Bayern/L.U.B., 1991). Der Sanierungsaufwand für die chemische Industrie in Ostdeutschland wird mit 5 Mrd. DM angegeben (VCI, 1992).

Für die von der Gemeinsamen Arbeitsgruppe Bund/THA/Länder „Ökologische Altlasten" bisher festgestellten 21 Großprojekte wird der erforderliche Kostenrahmen auf rund 6 Mrd. DM geschätzt (BMU, 1994). Die Kostenansätze für die einzelnen Projekte sind in Tabelle 2.11 wiedergegeben.

331. Die Schwankungsbreite der in Tabelle 2.9 ausgewiesenen Schätzungen ist Ausdruck der bestehenden Unsicherheiten bei der Kostenermittlung. Insofern sollten die zum Teil sehr hohen Schätzungen des Finanzbedarfs nicht zum Anlaß genommen werden, vor dem Problem der Erstellung eines flächendeckenden Gesamtsanierungskonzepts zu kapitulieren. Mit der Verfeinerung der Analyse, besonders durch die Ergebnisse der Detailuntersuchung im Rahmen der Gefährdungsabschätzung, werden die Unsicherheiten kleiner, Einsparpotentiale deutlicher und vor allem Möglichkeiten der zeitlichen Streckung von Sanierungsmaßnahmen erkennbar. Damit vermindert sich der unmittelbare Finanzierungsbedarf auf besser realisierbare Größenordnungen. Deshalb empfiehlt der Umweltrat, die Schätzungen über die Höhe der zu erwartenden Gesamtkosten in der Diskussion nicht überzubewerten, damit die zügige Bearbeitung der Altlastenprobleme nicht behindert oder gefährdet wird. Noch stärker als in den alten Bundesländern kommt es auf ein abgestuftes und schrittweises Vorgehen an, wodurch die notwendigen Finanzierungsmittel erst nach und nach erforderlich werden.

Tabelle 2.11

Geschätztes Finanzvolumen der 21 festgestellten Großprojekte – ohne Braunkohlesanierung –

Land	Projekt	Schätzrahmen in Mio. DM
Berlin	Region „Industriegebiet Spree" (Adlershof, Rummelsburg, Oberschöneweide, Niederschöneweide, Johannisthal)	1 500
Brandenburg	Region „Kreis Oranienburg" (Henningsdorf, Velten, Birkenwerder, Oranienburg, Technopark Gewerbepark Henningsdorf GmbH)	
	Stadt Brandenburg	380
Mecklenburg-Vorpommern	Neptun-Warnow-Werft, Rostock	150
	MTW-Schiffswerft, Wismar	100
	Stralsund	120
Sachsen	SAXONIA Freiberg	140
	Olefinwerke Böhlen-Lippendorf (SOW)	130
	Coschütz/Gittersee/Friedrichstadt	100
	Lautawerk GmbH i. L. für chemische und metallurgische Produktion	100
Sachsen-Anhalt	Erdöl/Erdgas-Gommern (Förderfeld Salzwedel/Peckensee)	250
	Mansfeld AG (Mansfelder Rohhütten GmbH i. L., Mansfelder Kupfer-Silber-Hütte GmbH i. L., Mansfelder Kupfer und Messing MKM)	200
	Filmfabrik Wolfen AG/Chemie AG Bitterfeld-Wolfen, insgesamt	1 000
	Buna AG	1 000
	Leuna-Werke AG	120
	Hydrierwerk Zeitz GmbH	120
	Region „Magdeburg Rothensee" (Großgaserei Magdeburg, Faserzement GmbH, Stahlgießerei Rothensee GmbH, Metallaufbereitung Magdeburg GmbH, Entstaubungstechnik Holzhandelsgesellschaft)	100
Thüringen	Kali-Werra AG (Merkers) und Kali-Südharz AG (Sondershausen, Bleicherode, Sollstedt, Bischofswerda) insgesamt	280
	Verwaltungs- und Verwertungsgesellschaft Rositz	113

Quelle: BMU, 1994, schriftl. Mitt.

3 Militärische Altlasten

3.1 Zur Definition und Klassifikation

332. Der Umweltrat hat im Sondergutachten 1989 für altlastrelevante Verunreinigungen der Böden, des Untergrundes und des Grundwassers durch

- Ablagerungen von Munition, chemischen Kampfstoffen und Produktionsrückständen aus dem Bereich der Rüstungsindustrie,
- kontaminierte Flächen und Abwassersysteme ehemaliger Rüstungsbetriebe und
- Zerstörungen von Rüstungs- und Produktionsanlagen mit ihren Transportmitteln sowie von militärischen Einrichtungen

vorläufig den Begriff der kriegs- und rüstungsbedingten Altlasten vorgeschlagen und dabei Ereignisse aus der Zeit vor dem, im und unmittelbar nach dem 2. Weltkrieg einbezogen (SRU, 1989, Tz. 7 und 804 ff.). Die inzwischen eingetretenen gravierenden politischen Veränderungen haben unter anderem mit sich gebracht, daß bisher militärisch genutzte Standorte in erheblichem Umfang schon frei geworden sind und noch frei werden, das heißt zivil genutzt werden können. Wegen der Ablagerung von beziehungsweise des Umgangs mit umweltgefährdenden Stoffen auf solchen Standorten muß mit Altlastproblemen gerechnet werden. Dieser neu hinzugetretene Teilbereich der Altlasten steht mit dem erstgenannten zunächst nur insofern in Zusammenhang, als beide Fälle in irgendeiner Form mit militärischen Belangen in Verbindung stehen. Ein Oberbegriff, der beide Bereiche abdeckt, ist bisher ebenso wenig gefunden, wie von einer einheitlichen Begriffsbildung und -verwendung für diese Teilbereiche die Rede sein kann.

333. Ebenso wie bei „zivilen" Altlastverdachtsflächen gibt es verschiedene Möglichkeiten der Klassifizierung von altlastverdächtigen Flächen, die nicht zivilen Zwecken dienten. Unterschieden werden kann insbesondere nach stofflichen, zeitlichen, räumlichen und verursacher- beziehungsweise verantwortlichkeitsbezogenen Kriterien.

Bei der Differenzierung nach stofflichen Gesichtspunkten steht die Frage im Vordergrund, wie sich die auftretenden Schadstoffarten hinsichtlich ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften unterscheiden. Hier ist klar zu trennen nach solchen Stoffen, die militärspezifischer Art sind, das heißt keine Entsprechung im zivilen Bereich finden, und solchen, die aus dem Bereich ziviler Altlastverdachtsflächen bekannt sind. Nach dem zeitlichen Kriterium wird allgemein zwischen der Verursachung der Verunreinigungen vor und nach 1945 unterschieden. Räumliche Unterschiede ergeben sich aus den verschiedenen Arten militärisch bedingter Aktivitäten. Herstellung, Lagerung und Delaborierung von militärischem Material führen in der Regel zu eher punktförmigen und kleinflächigen Belastungen (Fabriken, Lagerstätten und sonstige Anlagen), während die Anwendung anläßlich militärischer Aktionen auch weitflächige, großräumige Belastungen nach sich ziehen kann (z. B. Truppenübungsplätze). Bei dem verursacherbezogenen Kriterium geht es schließlich darum, von wem die altlastverdächtige Fläche genutzt wurde (z. B. Rüstungsstandorte des Deutschen Reiches, Liegenschaften der Bundeswehr, der NATO, der Gaststreitkräfte, der Westgruppe der sowjetischen Truppen [WGT]).

334. In Anbetracht dieser speziellen Kriterien, die noch um weitere, allgemeingültige ergänzt werden können (SRU, 1989, Tz. 39 ff.), ist es verständlich, daß sich bisher keine einheitliche Definition für Altlastverdachtsflächen beziehungsweise Altlasten aus dem militärischen Bereich durchgesetzt hat, sondern die Begriffe „kriegsbedingte Altlasten", „Rüstungsaltlasten" und „militärische Altlasten" oft für den gleichen Sachverhalt verwendet werden. Nach der Definition der Bundesregierung (Bundestagsdrucksache 11/6972) sind Rüstungsaltlasten nicht nur kontaminierte Standorte der chemischen Rüstungsproduktion, sondern alle Boden-, Wasser- und Luftverunreinigungen durch Chemikalien aus konventionellen und chemischen Kampfstoffen. Hierbei 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 sowie
- Rückstände aus der Vernichtung konventioneller und chemischer Kampfmittel.

335. Diese Begriffsbestimmung ist mittlerweile zwar vorherrschend. Sie ist jedoch wenig präzise. Nach dem Wortlaut sind zum Beispiel auch Luftverunreinigungen, die durch Chemikalien aus konventionellen oder chemischen Kampfstoffen verursacht werden, als Rüstungsaltlasten anzusehen. Konkret würde dies bedeuten, daß etwa gasförmige Emissionen oder Rauchstoffe, die aus dem Einsatz von entsprechenden Kampfstoffen in Manövern der Bundeswehr herrühren, als Rüstungsaltlasten einzuordnen wären. Ferner erscheint die Verwendung des Begriffs „Rüstung" nur für das Segment der chemischen und konventionellen Kampfstoffe beziehungsweise Kampfmittel nicht plausibel. Unter Rüstung wird allgemein weit mehr verstanden, nämlich zum Beispiel „die Gesamtheit aller militärischen Maßnahmen und Mittel zur Verteidigung eines Landes oder zur Vorbereitung eines kriegerischen Angriffs" (Duden, Deutsches Universalwörterbuch, 1983) oder „alle Güter und Dienstleistungen, die militärischen Zwecken dienen, bezie-

hungsweise von militärischen Auftraggebern eines Landes oder Bündnisses nachgefragt werden im weiteren Sinne, im engeren Sinne die militärische Beschaffung und Materialerhaltung einschließlich der militärischen Forschung" (Brockhaus Enzyklopädie, 1992). So ist es verständlich, daß auch die Total-Herbizide (Entlaubungsmittel), die von der DDR-Grenztruppe entlang der innerdeutschen Grenze ausgebracht worden waren, einbezogen werden (LOHS, 1992).

Auch in allgemein üblichen Begriffen, wie Rüstungsindustrie oder Rüstungsexporte, kommt zum Ausdruck, daß eine Eingrenzung des Rüstungsbegriffs auf den Kampfstoffsektor nicht sachgerecht ist und insbesondere Nichtfachleuten im außerdeutschen Sprachraum schwer vermittelbar sein dürfte. Deshalb läge es nahe, Rüstungsaltlasten als Oberbegriff für den Gesamtbereich nicht-ziviler Altlasten zu verwenden und für den Teilbereich der Kampfstoffe einen Unterbegriff zu wählen, durch den die spezifische Problematik besser zum Ausdruck kommt.

Neben dem Begriff Rüstungsaltlasten wird in den letzten Jahren der Begriff „Militärische Altlasten" in der Diskussion verwendet. Damit sind in der Regel die Belastungen gemeint, die im Zusammenhang mit Altlasten in freiwerdenden, bisher militärisch genutzten Liegenschaften stehen. Es wird aber auch vorgeschlagen, militärische Altlasten als Oberbegriff für alle Hinterlassenschaften militärischer Aktivitäten zu verwenden, gleich, ob es sich um Folgen beendeter kriegerischer Auseinandersetzungen oder deren Vorbereitung oder um Folgen militärischer Handlungen aller Art auch in Friedenszeiten handelt. Schließlich wird vorgeschlagen, Rüstungsaltlasten und Militärische Altlasten als gleichberechtigte, voneinander abzugrenzende Untergruppen zu bezeichnen.

336. Nach Auffassung des Umweltrates bietet sich als Oberbegriff die Verwendung des Begriffs „Militärische Altlasten" an, unter dem die zwei Kategorien „Altstandorte der Militärproduktion" und „Altstandorte des Militärbetriebs" zusammengefaßt werden. Dabei ist Produktion im weiteren Sinne zu verstehen, das heißt, es wird nicht nur die Produktion der militärischen Ausrüstung im engen fertigungstechnischen Sinne, zum Beispiel in Fabriken, sondern auch die Bereitstellung von Informationen, zum Beispiel in Forschungsanlagen, und von Dienstleistungen, zum Beispiel in Lagerplätzen und Delaborierungsstellen, in die Betrachtung einbezogen. Bei Altstandorten des Militärbetriebs handelt es sich in erster Linie um die Anwendung und Erprobung der vom Produktionsbereich zur Verfügung gestellten militärischen Ausrüstung vorwiegend auf militärischem Gelände, also etwa auf Übungsplätzen oder in Truppenunterkünften.

337. Der Umweltrat unterbreitet in Anlehnung an den Bereich der „zivilen" Altlasten folgenden Definitionsvorschlag:

Militärische Altlasten sind Altstandorte der Militärproduktion und des Militärbetriebs, sofern von ihnen Gefährdungen für die Umwelt, insbesondere für die menschliche Gesundheit, ausgehen oder zu erwarten sind;

- Altstandorte der Militärproduktion sind Grundstücke stillgelegter Anlagen zur Entwicklung, Herstellung, Lagerung und Vernichtung von militärischen Ausrüstungsgütern,
- Altstandorte des Militärbetriebs sind Grundstücke stillgelegter militärischer Anlagen zur Erprobung und Anwendung von militärischen Ausrüstungsgütern oder zur Ausübung sonstiger militärischer Aktivitäten,

in denen oder auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen wurde. Militärische Ausrüstungsgüter beziehungsweise militärische Aktivitäten sind solche, die militärischen Zwecken dienen oder von militärischen Auftraggebern nachgefragt werden.

Wie im Falle der „zivilen" Altlasten zählen somit laufende Verunreinigungen von Böden und Untergrund, die durch noch andauernde Militäraktivitäten und durch noch in Betrieb befindliche Anlagen verursacht werden, nicht zu den Altlasten. Abgegrenzte großflächige Belastungen – wie sie für militärische Übungsgelände besonders typisch sind – sind mit in die Betrachtung einzubeziehen. Militärische Standorte können eine oder mehrere Altlasten einschließen. Bis zum Nachweis der Gefährdung sind sie altlastverdächtige Standorte, auf denen Verdachtsflächen verschiedener Art vorkommen können. Für den Teilbereich der besonderen Belastungen durch konventionelle und chemische Kampfstoffe schlägt der Umweltrat vor, die treffendere Bezeichnung „militärchemische Altlasten" zu wählen.

338. Die Kategorien militärischer Altlasten sind in Tabelle 3.1 zusammengestellt, wobei der spezielle Bereich der die militärchemischen Altlasten verursachenden Produkt-/Stoffgruppen besonders gekennzeichnet ist. Militärchemische Altlasten können im Prinzip bei allen Standorttypen oder Nutzungsarten auftreten, konzentrieren sich aber vor allem auf die ehemaligen Standorte der Kampfstoffproduktion und -lagerung einschließlich der Delaborierung. Bei den sonstigen Standorten oder Nutzungen, auf denen oder bei denen zum Beispiel Waffensysteme aller Art, militärische Fahrzeuge und Geräte sowie Hilfs- und Betriebsstoffe hergestellt, gelagert oder eingesetzt worden sind, Abfälle aus militärischen Aktivitäten angefallen sind oder sonstwie mit umweltgefährdenen Stoffen umgegangen worden ist, handelt es sich weder aus stofflicher noch aus zeitlicher oder räumlicher Sicht um Sonderprobleme von Umweltbelastungen. Die Kontaminations- und Gefährdungsschwerpunkte sind mit denen aus dem „zivilen" Altlastenbereich, insbesondere dem Altstandortbereich, vergleichbar. Einen ersten, bezogen auf alle Altstandorte des Militärbetriebs allerdings nicht repräsentativen Einblick, vermittelt das auf den WGT-Liegenschaften festgestellte Kontaminationsprofil (Tz. 342, Abb. 3.4).

Vergleicht man zivile altlastverdächtige Flächen mit denen, die militärisch genutzt worden sind (Kasernen, Übungsplätze u. a.), so ist oft festzustellen, daß eine militärische Nutzung generell ökologische Vorteile gegenüber einer zivilen Nutzung aufweist. Es gibt viele Standorte von militärisch genutzten Flächen, die punktuell durchaus verunreinigt sind, aber in ihrer biologischen Vielfalt manchen zivilen Altstandort übertreffen. Diese auf Teilen von Truppenübungsplätzen entstandene besondere Naturausstattung muß bei Fragen der zukünftigen Nutzung dieser Flächen als Abwägungskriterium einbezogen wer-

Tabelle 3.1

Kategorien militärischer Altlasten

	Militärische Altlasten	
	Altstandorte der Militärproduktion	Altstandorte des Militärbetriebs
Standorttypen/ Nutzungsarten	Forschungsanlagen Produktionsstätten Depots und Lagerplätze Delaborierungswerke ungeordnete Ablagerungen und Vernichtungsplätze	Truppenübungsplätze Schießplätze und Bombenabwurfplätze Flugplätze Truppenunterkünfte (Kasernen) und zugehörige Einrichtungen (z. B. Lager- und Umschlagplätze) Sonstige z. B. Ablagerungsplätze
kontaminations-auslösende Produkt-/ Stoffgruppen	Kampfstoffe und Kampfmittel, z. B. Sprengstoffe, Initialsprengstoffe, Treibladungs-Pulver, pyrotechnische Sätze, chemische Kampf- und Reizstoffe, Brand- und Nebelstoffe und entsprechende Munitionsarten	
SRU	Herkömmliche Stoffgruppen, z. B. Betriebsstoffe (Mineralölprodukte), Abfälle, Hilfsstoffe	

Militärchemische Altlasten

den (WIECZOREK, 1992). Der Deutsche Rat für Landespflege hat seine Überlegungen hierzu in einem Positionspapier zusammengestellt (Tz. 382 f.).

Die besonderen Aspekte der Behandlung von militärischen Altlasten aus den Bereichen der Altstandorte des Militärbetriebs und der Militärproduktion (ohne militärchemische Altlasten) resultieren also nicht aus einem speziellen Schadstoffpotential, sondern aus Fragen der besonderen Verantwortlichkeit und damit der Finanzierungsproblematik (Abschn. 3.5.2). Bei den militärchemischen Altlasten steht hingegen die Spezifik der Kontamination und die damit verbundene Problematik hinsichtlich der Gefährdungsabschätzung und der Sanierungstechnik im Vordergrund. Deshalb befassen sich die Abschnitte 3.3 und 3.4 in erster Linie mit den militärchemischen Altlasten.

3.2 Stand der Erfassung, Bewertung und Sanierung von militärischen Altlasten

339. Während sich die Erfassung, Bewertung und Sanierung von militärischen Altstandorten in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre zunächst als punktuelles Problem darstellte (PREUß und HAAS, 1987), wurden zu Beginn der neunziger Jahre Arbeiten zur flächendeckenden Bestandsaufnahme und Bearbeitung begonnen. Aus heutiger Sicht stellt sich der Sachstand im Überblick wie folgt dar:

- Im Jahre 1990 wurde vom Umweltbundesamt im Auftrage des BMU das Forschungsvorhaben zur einheitlichen „Bestandsaufnahme von Rüstungsaltlastverdachtsstandorten" in den alten Bundesländern vergeben, das ab 1991 auch die neuen Bundesländer mit einbezieht. Die erste Phase der mit den Ländern abgestimmten und auf einheitlicher Datenbasis beruhenden Erfassung von Altlastverdachtsstandorten der deutschen Rüstungsindustrie ist mittlerweile abgeschlossen. Die Ergebnisse liegen in Form eines Abschlußberichtes vor (THIEME et al., 1993a, Bd. 1). Im Rahmen der Weiterentwicklung dieses Vorhabens ist für 1994 unter anderem die Vervollständigung der Verdachtsstandorterfassung vorgesehen; außerdem soll mit der Erstbewertung begonnen werden.

- Seit 1991 läßt die Bundesregierung im Rahmen des Dreijahresprogrammes zur „Erfassung und Gefährdungsabschätzung von Altlastverdachtsflächen auf ehemals sowjetisch genutzten Liegenschaften der Westgruppe der Truppen (WGT)" unter anderem alle Altstandorte erfassen, beschreiben und dokumentieren. Weitere Ziele dieses Vorhabens sind die Einleitung von Sofortmaßnahmen und die Erarbeitung von Grundlagen für spätere Gefährdungsabschätzungen.

- Ziel des 1989 von der Bundeswehr eingeleiteten Altlastenprogrammes ist es, Altlasten flächendeckend zu ermitteln und Sanierungsmaßnahmen durchzuführen. Erster Schritt ist die Erfassung von Altlastverdachtsflächen auf allen Liegenschaften der Bundeswehr.

- Für die militärischen Altlasten in Liegenschaften der Gaststreitkräfte in den alten Bundesländern und in Konversionsliegenschaften der WGT-Streitkräfte und der ehemaligen Nationalen Volksarmee (NVA) in den neuen Bundesländern trägt das Bundesfinanzministerium (BMF) mit dem Bundesbauministerium (BMBau) die Verantwortung. Im Zuge der Übernahme solcher Objekte wird auch die Altlastensituation ermittelt.

- Einzelne Bundesländer haben bereits Ende der achtziger Jahre mit der systematischen Bestandsaufnahme von Altlastverdachtsflächen der früheren deutschen Rüstungsindustrie begonnen. So liegen etwa für Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen ausführliche Ergebnisberichte über die durchgeführten Recherchen über alte Rüstungsstandorte vor. Auch die systematische Erfassung von Altlastverdachtsflächen in freiwerdenden oder bereits freigewordenen militärischen Liegenschaften der alliierten Streitkräfte ist in den betroffenen Bundesländern vorangetrieben worden (Niedersächsisches Umweltministerium, 1992; DODT, 1991).

Nachfolgend wird auf einige dieser verschiedenen Ansätze zur Schaffung einer Datenbasis für militärische Altlasten näher eingegangen.

3.2.1 Zur Bestandsaufnahme über Verdachtsstandorte von „Rüstungsaltlasten" in Deutschland

340. Die Erfassung von Verdachtsstandorten betrachtet den Zeitraum von um 1870 bis zur Gegenwart, bezieht das gesamte Territorium der Bundesrepublik Deutschland ein und stützt sich auf die Definition von Rüstungsaltlasten der Bundesregierung (Tz. 334). Insgesamt werden 4 336 Verdachtsstandorte ausgewiesen. Der Gesamterfassungsgrad wird auf mindestens 80 % geschätzt, das heißt, es wird mit 5 000 bis 5 500 Verdachtsstandorten von „Rüstungsaltlasten" gerechnet (THIEME et al., 1993a, Bd. 1).

In der Mehrzahl der erfaßten Fälle handelt es sich um Standorte, die gemäß dem Definitionsvorschlag des Umweltrates der Kategorie „Altstandorte der Militärproduktion" und dort der speziellen Rubrik „militärchemische Altlasten" zuzurechnen sind. Die Erfassungslisten, in denen Nutzungsgruppen und Betreiber im einzelnen aufgeführt sind, zeigen aber, daß auch Standorte erfaßt sind, bei denen es sich um Altstandorte des Militärbetriebs ohne militärchemisches Stoffpotential handelt, die zuletzt zum Beispiel von der WGT, der NATO oder auch von Gaststreitkräften betrieben worden sind (Beispiel: Kaserne der Reichswehr, später der Wehrmacht und zuletzt der französischen Streitkräfte). Tabelle 3.2 gibt einen Überblick über die verschiedenen Nutzungsarten für ausgewählte Standorte.

Tabelle 3.2

Erfaßte Rüstungsaltlastverdachtsstandorte in der Bundesrepublik Deutschland – nach Nutzungsarten – (in Auswahl)

Art der Nutzung	Verdachtsstandorte	
	absolut	prozentual
Produktion von Sprengstoffen und Treibmitteln	23	0,5
Produktion von Sprengstoffen	59	1,1
Produktion von Treibmitteln	67	1,3
Produktion von Explosivstoffvorprodukten	60	1,2
Produktion von chemischen Kampfstoffen	26	0,5
Produktion von Nebel- und Rauchgasmunition	21	0,4
Produktion von Leucht- und Signalmunition	62	1,2
Produktion von Zündern, Zündmitteln o. ä.	242	4,6
Produktion von verschiedener Munition	446	8,6
Produktion von Kleinmunition	149	2,9
Produktion von Artilleriemunition	611	11,8
Munitionsanstalt (1. Weltkrieg)	54	1,0
Heeres-Munitionsanstalt (2. Weltkrieg)	188	3,6
Luft-Munitionsanstalt (2. Weltkrieg)	54	1,0
Marine-Munitionsanstalt (2. Weltkrieg)	21	0,4
Füllstelle	130	2,5
Explosivstofflager	41	0,8
Munitions- und Waffenlager	68	1,3
Munitionslager	262	5,0
Delaborierungsplatz	187	3,6
Sprengplatz	116	2,2
Flugplatz	530	10,2
Truppenübungsplatz	92	1,8
Standortübungsplatz (2. Weltkrieg)	64	1,2
Schießanlage	632	12,1
Großtanklager	9	0,2
Heerestanklager	44	0,8

Quelle: THIEME et al., 1993a, Bd. 1

Um einen ersten Eindruck vom Gefährungspotential dieser Verdachtsstandorte zu vermitteln, wurden Kategorien zur Charakterisierung des vermuteten Gefährdungspotentials gebildet, denen dann die Standorte unter Berücksichtigung der Nutzungsart zugeordnet wurden. Den Kategorien 1 (Verdacht auf hohes Gefährdungspotential) und 2 (Verdacht auf mittleres Gefährdungspotential) sind vor allem Standorte zugeordnet, bei denen in der Regel vom Umgang mit militärchemischen Stoffen ausgegangen werden muß (z. B. Produktion und Lagerung von Kampfstoffen). Etwa die Hälfte aller Standorte entfällt auf diese beiden Kategorien. Bei der anderen Hälfte handelt es sich um Standorte, bei denen eine Gefährdung vorwiegend auf herkömmliche Stoffe (z. B. Mineralölprodukte) zurückzuführen sein dürfte (Kategorien 2/3 und 3). Tabelle 3.3 zeigt die Verteilung auf die Kategorien im einzelnen.

Tabelle 3.3

Anzahl der Verdachtsstandorte in den Kategorien 1 bis 3

Kategorie	Anzahl der Standorte	Prozent
1 (Verdacht auf hohes Gefährdungspotential)	ca. 280	*ca. 14*
1/2	ca. 350	
2 (Verdacht auf mittleres Gefährdungspotential)	ca. 1 300	*30*
2/3	ca. 1 200	*28*
3 (Verdacht auf geringes Gefährdungspotential)	ca. 1 200	*28*

Quelle: THIEME et al., 1993a, Bd. 1, verändert

Insgesamt stellt diese Bestandsaufnahme einen wichtigen Beitrag zur Schaffung einer einheitlichen Grundlage für die Erfassung von Altlasten im militärischen Bereich dar. Die Ergebnisse zeigen aber auch, daß Abstimmungsbedarf mit den anderen Projekten besteht und die Daten noch keine Rückschlüsse auf die Anzahl der militärischen Altlasten, das Gefährdungspotential, die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen und die anfallenden Kosten zulassen (KURKA et al., 1994).

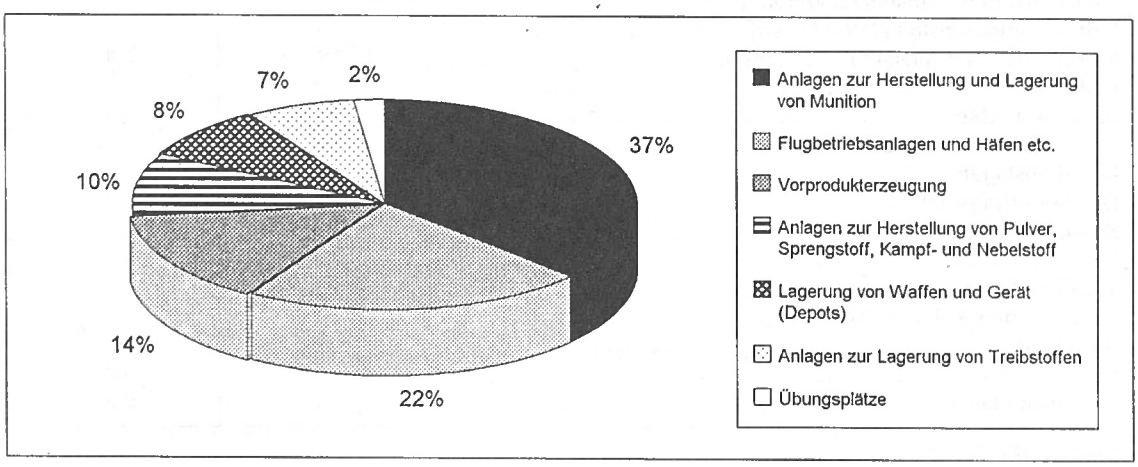
341. Ein anderer Ansatz zur Erfassung von Rüstungsstandorten wurde schon seit Mitte der achtziger Jahre in verschiedenen Arbeiten von PREUß et al. gewählt (PREUß, 1992; PREUß und WIEGANDT, 1992; PREUß et al., 1992; PREUß et al., 1988; PREUß und HAAS, 1987). In einer bundesweiten, alle Zweige der Militärproduktion einbeziehenden Aktenauswertung wurden bis Mai 1991 vorläufig 2 158 Standorte des Deutschen Reiches vor 1948 im Staatsgebiet der Bundesrepublik Deutschland ermittelt. Die Gesamtzahl der für Rüstung des Deutschen Reiches tätigen Wirtschaftsbetriebe wird auf 12 000 bis 14 000 geschätzt; die für den 1. Weltkrieg vermuteten 20 000 Betriebe dürften größtenteils mit denen des 2. Weltkriegs identisch sein. Es handelte sich vorwiegend um Betriebe zur zivilen Produktion, die auf Militärproduktion umgestellt wurden (PREUß, 1992). Abbildung 3.1 zeigt die Aufgliederung der erfaßten mehr als 2 000 Standorte nach Anlagenart, Abbildung 3.2 gibt deren räumliche Verteilung wieder.

3.2.2 Zur Ermittlung von Altlastverdachtsflächen auf den Liegenschaften der Westgruppe der ehemaligen sowjetischen Truppen (WGT)

342. Der Abzug der sowjetischen Truppen aus dem Gebiet der neuen Bundesländer ist vereinbarungsgemäß Ende August 1994 abgeschlossen worden. Nach

Abbildung 3.1

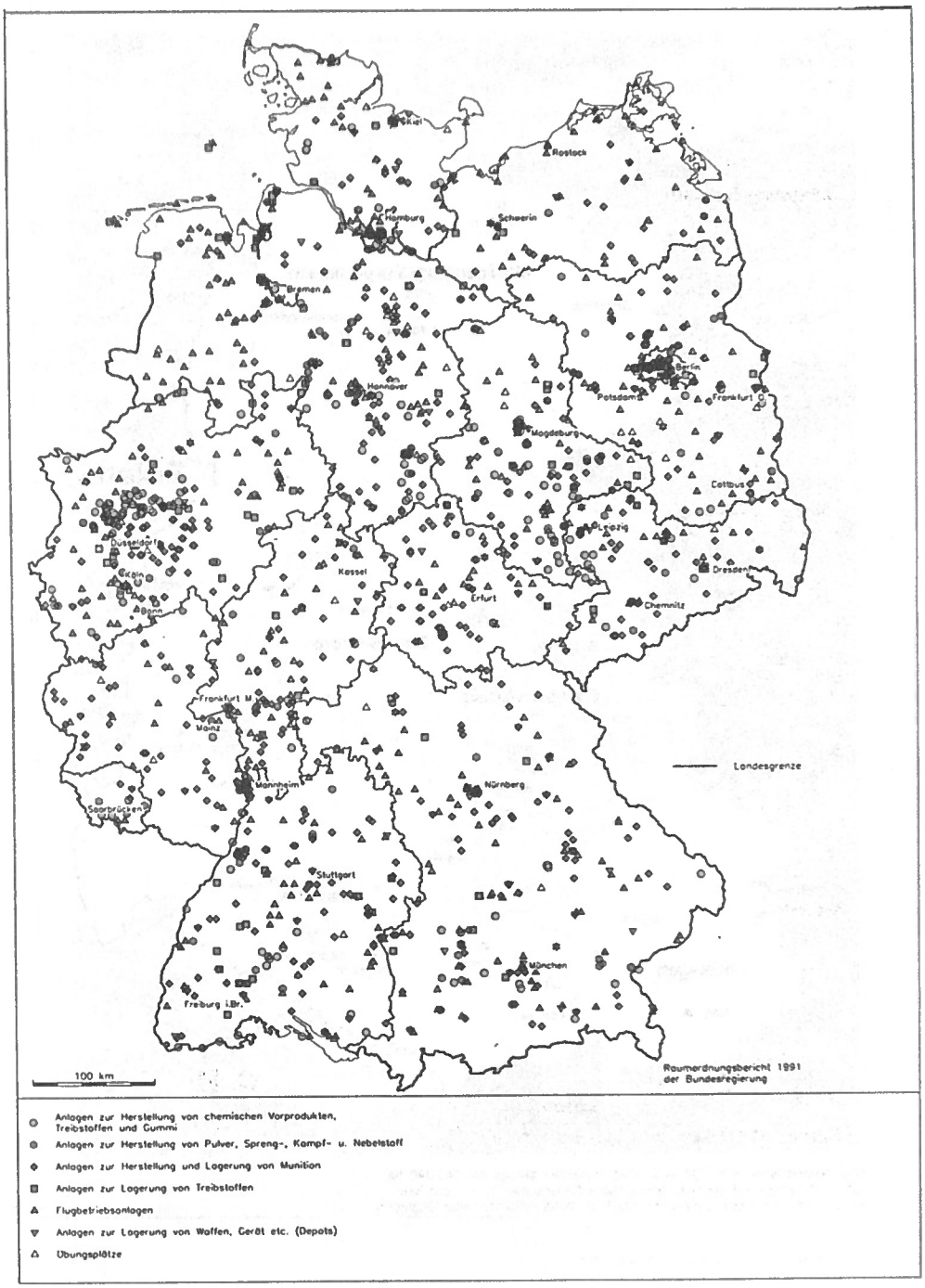
Rüstungsaltstandorte nach Anlagenart



Quelle: SRU, nach PREUß, 1992

Abbildung 3.2

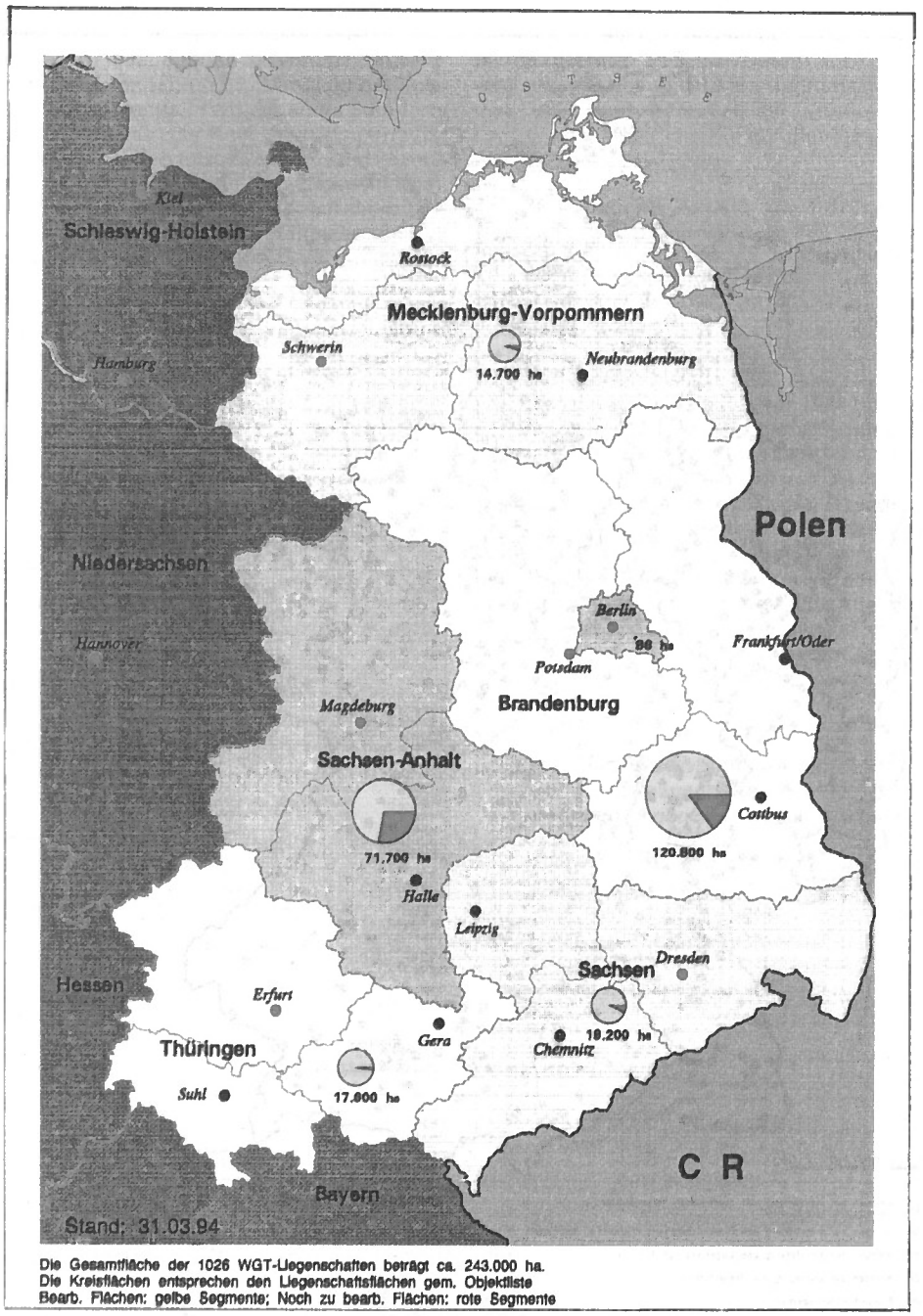
„Rüstungs"standorte (Altstandorte der Militärproduktion) in Deutschland vor 1948



Quelle: Raumordnungsbericht 1991, nach Daten von PREUß und WIEGANDT, verändert

Abbildung 3.3

Stand der Arbeiten im WGT-Projekt



Quelle: Industrieanlangen-Betriebsgesellschaft mbH, 1994

gegenwärtigem Kenntnisstand werden 1 135 Liegenschaften mit einer Gesamtfläche von rund 250 000 Hektar Land freigegeben und den Bundesvermögensämtern übergeben. Vor einer neuen Nutzung müssen die Liegenschaften von Altlasten befreit werden. Um einen möglichst umfassenden und systematischen Überblick über das Altlastenpotential zu erhalten, hat die Bundesregierung im Jahre 1991 ein Dreijahresprogramm zur Erfassung, Bewertung und Gefährdungsabschätzung von Altlastverdachtsflächen auf den Liegenschaften der WGT mit einem Finanzvolumen von ca. 70 Mio. DM beschlossen. Im Auftrag des BMU/UBA und im Einvernehmen mit dem BMF werden alle Altlastverdachtsflächen auf den WGT-Liegenschaften ermittelt, Sofortmaßnahmen eingeleitet und Grundlagen für die Gefährdungsabschätzung geschaffen. Das Projekt läuft Ende 1994 aus und wird von der Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG) in Zusammenarbeit mit zahlreichen Firmen in den neuen Bundesländern durchgeführt.

Der Stand der Arbeiten zum Ende des ersten Quartals 1994 läßt sich wie folgt zusammenfassen: Auf 1 026 Liegenschaften (Altstandorte des Militärbetriebs) haben insgesamt 1 543 Erstbegehungen stattgefunden. Abbildung 3.3 zeigt den dabei erreichten Bearbeitungsstand und die Verteilung auf die Länder. Insgesamt waren Daten zu 1 274 Altstandorten mit 23 585 Altlastverdachtsflächen im Altlasten-Daten-Informations-System (ALADIN, Tz. 374 f.), das im Rahmen dieses Projekts zur Ersterfassung entwickelt wurde, zusammengefaßt. Aus der Analyse der Daten über die Schadstoffmengen und -arten sowie die betroffenen Schutzgüter läßt sich das Gefährdungspotential vorläufig einschätzen. Es zeigt sich, daß mineralische Abfälle wie Bauschutt, Aschen und kontaminierter Bodenaushub bezogen auf die Menge am häufigsten vorkommen (47 %), gefolgt von Metallabfällen (29 %) und Siedlungsabfällen (13 %); der Anteil militärchemischer Stoffe beträgt lediglich 1 %. Bezogen auf die Zahl der Schadstoffnennungen dominieren Mineralölprodukte (46 %) vor Metallabfällen (45 %) und mineralischen Abfällen (35 %); Explosiv- und Kampfstoffe liegen bei nur 3 % (Abbildung 3.4).

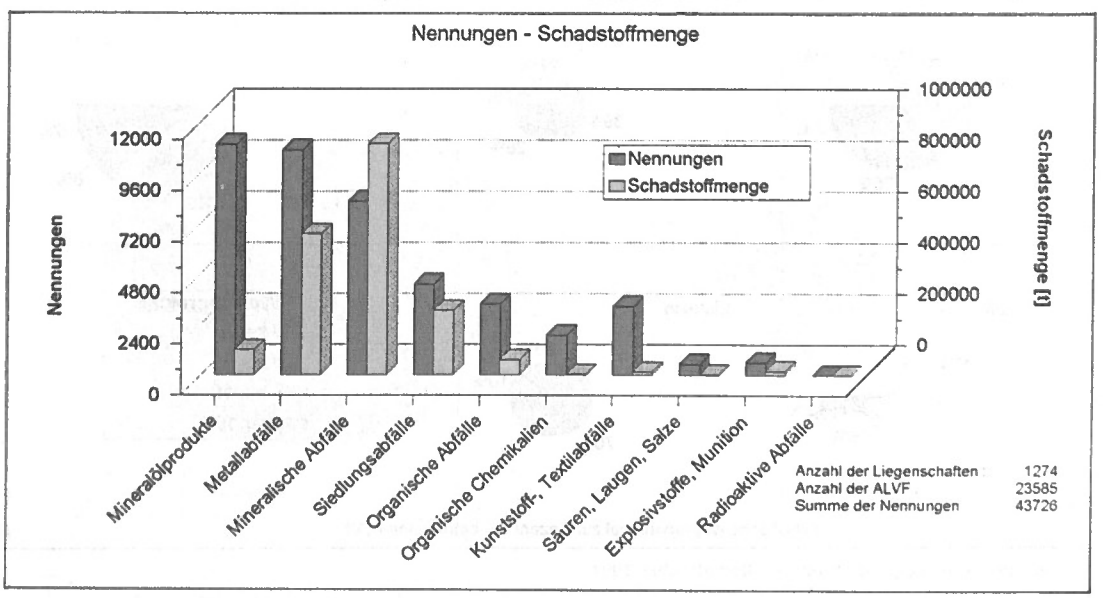
Die meisten Altlastverdachtsflächen werden bei den Standorttypen Kasernen, Truppenübungsplätze, Lager und Flugplätze angetroffen. Hinsichtlich der betroffenen Schutzgüter wird der Boden (84,7 %) am häufigsten genannt und bei mehr als einem Drittel ist das Grundwasser betroffen (Abbildung 3.5). Hier liegen einzelne, sehr gravierende Altlastfälle vor (ANDING, 1993).

Aus der Analyse der Flächengrößenstruktur ist schließlich abzuleiten, daß es sich ganz überwiegend um punktförmige und kleinflächige Verdachtsflächen handelt, denn ca. 90 % aller Altlastverdachtsflächen nehmen nur ca. 8 % der Gesamtfläche ein; 62 Flächen sind größer als 100 000 m^2, aber rund 15 500 kleiner als 100 m^2.

343. Das Modell zur Erstbewertung von militärischen und Rüstungsaltlast-Verdachtsflächen (MEMURA) dient der vergleichenden Prioritätensetzung (Tz. 374 f.). 23 306 Altlastverdachtsflächen wurden nach diesem Modell bewertet und vier Bereichen des Handlungsbedarfs zugeordnet. Abbildung 3.6 zeigt die Auswertung für die einzelnen Schutzgüter. Die Quote für die Kategorie mit dem dringlichsten Handlungsbedarf ist am höchsten (70 %) für das relativ selten betroffene Schutzgut Mensch (s. a. Abbil-

Abbildung 3.4

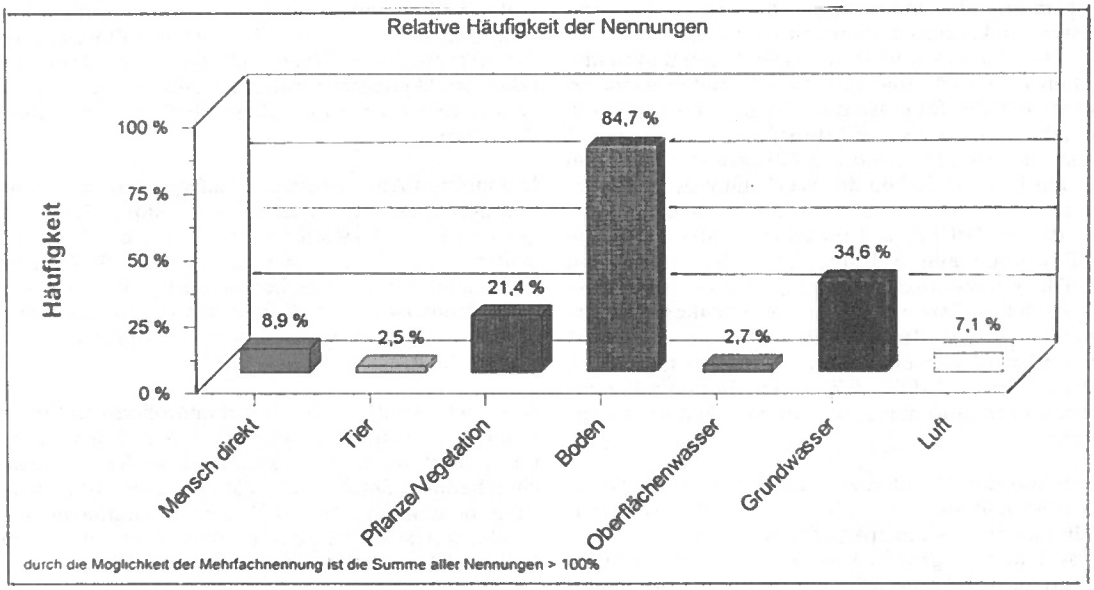
Kontaminationsprofil erfaßter Altlastverdachtsflächen in WGT-Liegenschaften



Quelle: Industrieanlangen-Betriebsgesellschaft mbH, 1994

Abbildung 3.5

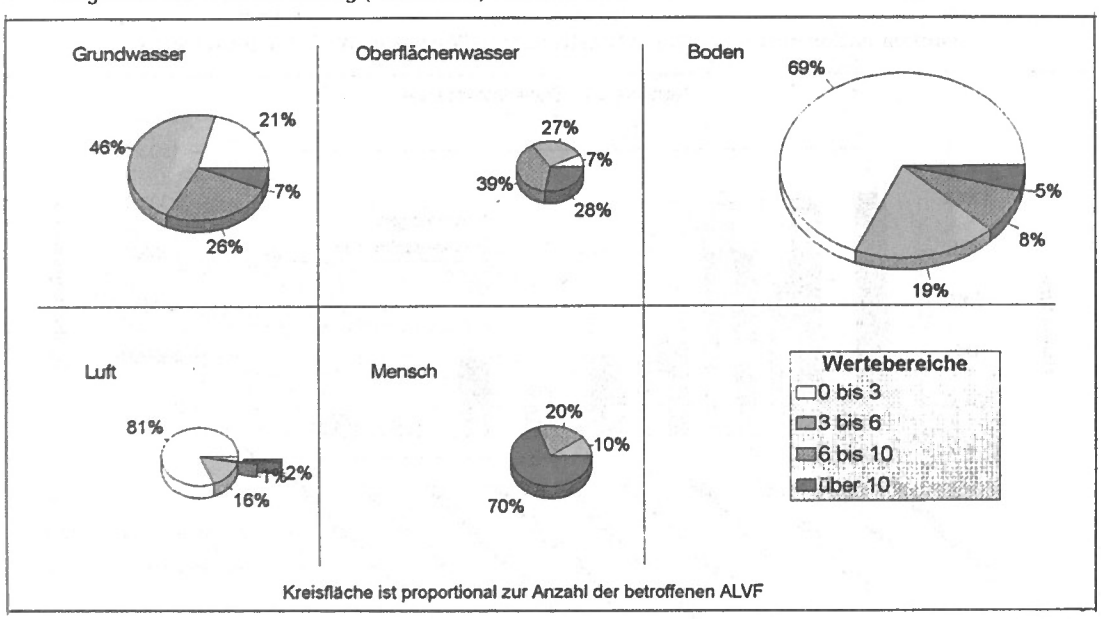
Betroffene Schutzgüter bei Altlastverdachtsflächen in WGT-Liegenschaften



Quelle: Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH, 1994

Abbildung 3.6

Ergebnis der Erstbewertung (MEMURA) von Altlastverdachtsflächen in WGT-Liegenschaften



Quelle: Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH, 1994

dung 3.5), dagegen liegt sie für das am häufigsten betroffene Schutzgut Boden bei nur 5 %.

344. Ziel der liegenschaftsspezifischen Ermittlung von Altlastverdachtsflächen ist auch die Beurteilung im Hinblick auf zu ergreifende Sofortmaßnahmen zur Abwehr unmittelbarer Gefahr. Diese Sofortmaßnahmen gehören zur Kategorie Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen (vgl. SRU, 1989, Tz. 455 ff. und hier Tz. 18); sie sind mit ihrem hohen Anteil an Maßnahmen ein Spezifikum der militärischen Altlasten. FRANZIUS et al. (1993) beschreiben Kriterien akuter Gefahrenlagen. Bis Ende März 1994 lagen insgesamt knapp 2 500 bestätigte Meldungen zur Einleitung von Sofortmaßnahmen für rund 5 600 betroffene Altlastverdachtsflächen vor. Davon betrafen 82 % Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen zur Gefahrenabwehr (z.B. Abpumpen, Entsorgen, Bergung, Beräumung wegen Gefährdung durch offene Behälter, Explosions- oder Absturzgefahr) und 18 % weitergehende Untersuchungsmaßnahmen und bauliche Sofortmaßnahmen (Abbildung 3.7).

3.2.3 Altlastenprogramm der Bundeswehr

Stand der Arbeiten

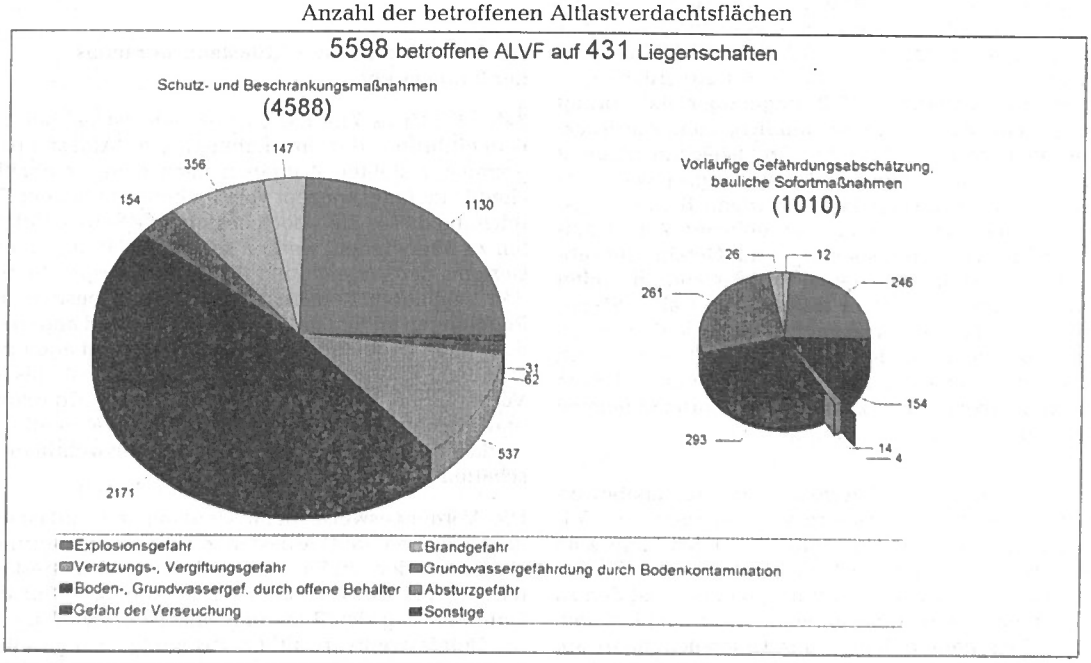
345. Die Bundeswehr hat 1989 zunächst mit der systematischen Erfassung von Altlastverdachtsflächen in den alten Bundesländern (Wehrbereiche I bis VI) begonnen. Neben Bundeswehrliegenschaften wurden auch von der Bundeswehr genutzte und fremdgenutzte NATO-Liegenschaften einbezogen. Bereits Ende 1990 wurde die Erfassung auf die Liegenschaften der ehemaligen Nationalen Volksarmee in den neuen Bundesländern (Wehrbereiche VII und VIII) ausgedehnt.

Die systematische Vorgehensweise schließt alle zum Verteidigungsressort gehörenden Liegenschaften ein, unabhängig davon, ob es sich um in Betrieb befindliche oder um stillgelegte Objekte handelt. Dabei werden auch auf Bundeswehrliegenschaften befindliche Altstandorte der militärchemischen Produktion („Rüstungsaltlasten") miterfaßt. Die ermittelten Daten zum Bestand an Altstandorten und Altlastverdachtsflächen haben sich im Verlaufe der mehrjährigen Erfassungsarbeiten zum Beispiel durch Nachmeldungen nach der ersten Phase, Ausscheiden durch Erstbewertung beziehungsweise Detailuntersuchung oder Rückgabe der Liegenschaft in das allgemeine Grundvermögen des Bundes immer wieder verändert. Der aktuelle Sachstand 1994 wird in den Tabellen 3.4 und 3.5 für die Wehrbereiche der alten und neuen Bundesländer getrennt wiedergegeben. Die ausgewiesenen Zahlen sind zwar nicht als endgültige Bestandsaufnahme zu interpretieren, vermitteln aber einen Eindruck über die Schwerpunkte der noch zu bewältigenden Aufgaben. Insgesamt handelt es sich um mehr als 3 200 Altlastverdachtsflächen auf knapp 830 betroffenen Liegenschaften (Altstandorte des Militärbetriebs). Hervorzuheben ist,

Abbildung 3.7

Sofortmaßnahmen bei Altlastverdachtsflächen in WGT-Liegenschaften

Anzahl der betroffenen Altlastverdachtsflächen



Quelle: Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH, 1994

Tabelle 3.4

Anzahl erfaßter Altlastverdachtsflächen auf Bundeswehrliegenschaften

	Alte Bundesländer	Neue Bundesländer	Insgesamt
Liegenschaften gesamt	3 975	1 058	5 033
Altstandorte des Militärbetriebs (= Liegenschaften mit Altlastverdachtsflächen)	415	412	827
Altlastverdachtsflächen	1 355	1 900	3 235
Altlastverdachtsflächen pro Altstandort	3,2	4,6	3,9

Quelle: nach Bundesministerium der Verteidigung, 1994, schriftl. Mitt.

Tabelle 3.5

Stand der Bearbeitung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten auf Bundeswehrliegenschaften

Bearbeitungsphase	Alte Bundesländer		Neue Bundesländer		Insgesamt	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Erfassung und Erstbewertung	968	*84*	396	*72*	1 364	*80*
Untersuchung und Gefährdungsabschätzung	165	*14*	133	*24*	298	*17*
Sanierungs- und Sofortmaßnahmen	21	*2*	24	*4*	45	*3*
Insgesamt in Bearbeitung	1 154	*100*	553	*100*	1 707	*100*

Quelle: nach Bundesministerium der Verteidigung, 1994, schriftl. Mitt.

daß der Anteil der Standorte mit Altlastverdachtsflächen an allen Liegenschaften in den neuen Bundesländern (ca. 39 %) fast viermal höher liegt als in den alten Bundesländern (ca. 10 %), was ein deutlicher Beleg für die höhere Belastung auf übernommenen ehemaligen NVA- und WGT-Liegenschaften ist. Auch die Quote Altlastverdachtsflächen pro Altstandort (3,2 gegenüber 4,6) bringt dies, wenn auch weniger deutlich, zum Ausdruck. Von allen erfaßten Altlastverdachtsflächen befindet sich etwa die Hälfte in Bearbeitung; etwa 60 % müssen noch erstbewertet werden. Beides weist auf den noch zu leistenden erheblichen Arbeitsaufwand hin. Die Untersuchung und Gefährdungsabschätzung ist in den neuen Bundesländern weiter fortgeschritten; auf etwa einem Drittel aller Standorte mit Altlastverdachtsflächen (412) laufen derartige Vorhaben. In den alten Bundesländern läuft diese Phase erst an. Zur Abwehr akuter Gefahren wurden inzwischen zahlreiche Sofortmaßnahmen ergriffen.

Zusammenfassende Auswertungen von erstbewertungsrelevanten Parametern wie Volumen und Flächengröße, Art der Kontamination oder Lage zum Grundwasser liegen noch nicht vor, so daß Trendaussagen über das Gefährdungspotential und den zu erwartenden Sanierungsaufwand nicht möglich sind. Erste Zwischenergebnisse aus Untersuchungen auf ehemaligen NVA-Liegenschaften zur Art der Verdachtsflächen deuten darauf hin, daß in den meisten Fällen herkömmliches, weniger militärchemisches Stoffinventar vorgefunden wird.

Zur Durchführung des Altlastenprogramms der Bundeswehr

346. Erklärtes Ziel der Bundeswehr ist es, bei der Durchführung der im Rahmen des Altlastenprogramms gestellten Aufgaben nach einem einheitlichen Handlungskonzept vorzugehen. Um bei der Erreichung dieses Ziels noch bestehende Schwierigkeiten zu überwinden, werden seitens des Bundesministeriums der Verteidigung (BMVg) in Absprache mit den beteiligten Ressorts und Behörden bestehende Regelungen an den neuen Erkenntnisstand angepaßt oder neue Regelungen sowie Arbeitsgrundlagen geschaffen. Eine solche Arbeitsgrundlage ist das in Vorbereitung befindliche „Handbuch zu Erfassung und Gefährdungsabschätzung von kontaminationsverdächtigen Standorten auf Bundeswehrliegenschaften".

Die Vorgehensweise beim Umgang mit Altlastverdachtsflächen und Altlasten orientiert sich grundsätzlich an dem im Sondergutachten 1989 vorgestellten Schema (SRU, 1989, Tz. 292, Abb. 3.1). Für die Durchführung der Erfassung und Erstbewertung ist die Bundeswehrverwaltung zuständig. In den alten Bundesländern wurden ab 1989 die einzelnen Wehr-

bereichsverwaltungen als liegenschaftsbetreibende Dienststellen mit dieser Aufgabe beauftragt. Bestätigt sich der Altlastverdacht, sind die weiteren Schritte der Gefährdungsabschätzung durch die Landesbauverwaltungen zu veranlassen. Wenn Altlastensanierungen in Liegenschaften der Bundeswehr durchzuführen sind, liegt die oberste fachliche Sachleitung beim Bundesministerium der Verteidigung. Die Durchführung aller anstehenden bautechnischen Sanierungsmaßnahmen obliegt allein den Ländern mit ihren Finanzbauverwaltungen; diese Verfahrensregelungen sind in der Richtlinie für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes im Zuständigkeitsbereich der Finanzverwaltungen (RBBau) festgelegt. Da den Landesbauverwaltungen das Fachwissen über die Altlastensanierung nicht in vollem Umfang zur Verfügung steht, wurde die Oberfinanzdirektion (OFD) Hannover als sogenannte Leitbaudienststelle vom Bundesministerium der Verteidigung beauftragt, diese Verwaltungen vornehmlich in den neuen Bundesländern bei der Erfüllung ihres Auftrags zu unterstützen. Der Auftrag der Oberfinanzdirektion Hannover, eine Handlungsanweisung zur Altlastenerkundung und -sanierung zu erarbeiten und auf ehemaligen Liegenschaften der NVA anzuwenden, wurde inzwischen erweitert für alle Altlasten in Bundesliegenschaften, also auch solchen im Zuständigkeitsbereich des Bundesbauministeriums und Bundesfinanzministeriums. Dadurch soll gewährleistet werden, daß nach einem einheitlichen Konzept vorgegangen wird. Des weiteren hat die Oberfinanzdirektion Hannover den Auftrag, ein zentrales Altlastenkataster für alle Bundesliegenschaften aufzubauen.

3.2.4 Fazit

347. Der Umweltrat begrüßt die teils abgeschlossenen, teils noch andauernden Arbeiten zur Erkundung der Altlastensituation im militärischen Bereich. Die vorliegenden Ergebnisse vermitteln einen Eindruck von der Dimension des Problems, der vor fünf Jahren noch nicht möglich war. Einen vollständigen Überblick läßt der gegenwärtige Kenntnisstand allerdings noch nicht zu. Um dieses Defizit zu beseitigen, sollten die verschiedenen Ansätze mit dem Ziel einer zentralen Datenerfassung und Bearbeitung zusammengeführt werden. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung, um die Ergebnisse vergleichen und Rückschlüsse auf die Anzahl der Altlastverdachtsflächen und Altlasten, auf ihr Gefährdungspotential und auf den erforderlichen Sanierungs- und Kostenaufwand ziehen zu können. Die vorgesehene stufenweise Vorgehensweise bei der Gefährdungsabschätzung, die Bewertung nach einheitlichen Grundlagen und die Durchführung von Maßnahmen nach eingeführten Richtlinien bei der Bearbeitung von militärischen Altlasten auf Bundesliegenschaften sind geeignet, die anstehenden Aufgaben sachgerecht zu lösen. Zur Durchführung der Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen für die im Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums der Verteidigung und des Bundesfinanzministeriums liegenden militärischen Altlasten sollten die zur Verfügung stehenden Organisationsstrukturen der Bauverwaltungen genutzt werden. Für die mit Bewertungsfragen zusammenhängenden Probleme sollte die Federführung beim BMU liegen, um ein Vorgehen nach einheitlichen Grundsätzen zu gewährleisten. Eine noch stärkere Koordinierung der Aktivitäten der beteiligten Bundesressorts ist erforderlich. In jedem Falle sollten Unklarheiten über die Regelung der Zuständigkeiten innerhalb der Bundesregierung für den Bereich militärische Altlasten eine zügige Fortführung der Arbeiten nicht behindern.

Schließlich empfiehlt der Umweltrat, die Sonderprobleme des Teilbereichs militärchemische Altlasten im Hinblick auf das Gefährdungspotential und den Sanierungsaufwand im Vergleich zu den „normalen" militärischen Altlasten gezielter herauszuarbeiten, um bessere Entscheidungsgrundlagen für die Prioritätensetzung verfügbar zu haben.

3.3 Zur Gefährdungsabschätzung für militärische Altlasten

3.3.1 Besonderheiten des Stoffspektrums militärchemischer Erzeugnisse

3.3.1.1 Definitionen, Stoffcharakteristiken

348. Militärchemische Stoffe besitzen Eigenschaften, die nach speziellen taktischen Erfordernissen des Militärs zur gezielten Schädigung oder Zerstörung des menschlichen Organismus und der gebauten oder natürlichen Umwelt entwickelt wurden; bei einigen wenigen Mitteln wird nur die Störung von Kampfhandlungen oder die Tarnung bezweckt. Ein weiteres wichtiges Kennzeichen des Militärs sowie der Produktion militärchemischer Erzeugnisse war, daß ihr Auftrag insbesondere im Kriegs- beziehungsweise Verteidigungsfall oder in der Besatzung absolute Priorität genoß und daß sie in ihren Handlungen auf Mensch und Umwelt keine Rücksicht nehmen mußten oder durften. Unter solchen Bedingungen spielen Preis, Markt oder Abfallprobleme keine kontrollierende, allenfalls eine untergeordnete Rolle, so daß abfallintensive Synthesewege, hohe Stoffverluste in der Produktion und eine schon früher als umweltgefährdend eingestufte Abfall- und Abwasserbeseitigung in Kauf genommen werden konnten.

349. Unter sogenannten konventionellen Kampfstoffen werden streng genommen nur Explosivstoffe, das sind besonders energiereiche, unter mechanischer oder thermischer Beanspruchung labile, leicht zersetzliche Stoffe, verstanden. Zu diesen gehören (DIN 20163, Sprengstoffgesetz):

- Treibmittel (zur Kampfmittel-, insbesondere zur Projektilbeförderung; schiebende Wirkung)
- Sprengstoffe (zur detonativen Zerstörung von Zielobjekten; zertrümmernde Wirkung)
- Zündstoffe (in Zünd- und Anzündmitteln für Treibmittel und Sprengstoffe, auch „Initialsprengstoffe" genannt)
- Pyrotechnische Sätze (im wesentlichen Leuchtmunition, Schall-, Rauch-, Nebelsätze).

BURMEIER und HILLESHEIM (1992) nehmen zusätzlich Streckmittel und Ersatzstoffe in diese Gruppe auf.

Die zu den Treibmitteln gehörenden Raketentreibstoffe spielten in den Weltkriegen eine untergeordnete Rolle. Die Munitionsbestände der ehemaligen Nationalen Volksarmee (NVA) enthalten jedoch größere Mengen an Raketen beziehungsweise Raketentreibstoffen, die entsorgt („vernichtet") werden müssen. Sie unterscheiden sich wesentlich von den normalen Treibmitteln, was den Einsatz anderer Technologien erforderlich macht.

350. Zu den „chemischen Waffen" in weiterem Sinne werden gezählt (RÖMPP'sches Lexikon, 1989):

- Chemische Kampfstoffe zum Töten, Schädigen oder Kampfunfähigmachen der Gegner (Gift-, Reiz-, Psychokampfstoffe, Nervenkampfstoffe, auch als „binäre Kampfstoffe" formuliert)
- Nebel- und Rauchmittel
- Brandmittel (einschl. „Napalm")
- Entkrautungs-und Entlaubungsmittel (Totalherbizide, z. B. im ehemaligen DDR-Grenzstreifen).

Übungs- und Entgiftungschemikalien werden fallweise mit aufgenommen.

351. Das militärchemische Stoff-Arsenal ist demnach durch die große Vielfalt von Stoffen, Stoffgemischen und spezifischen Wirkungen gekennzeichnet. Aus der obigen Auflistung läßt sich noch keine problemadäquate Stoffliste für die Bearbeitung von Altlastverdachtsflächen beziehungsweise Altlasten erstellen. Das breite Stoffspektrum militärchemischer Altlasten umfaßt auch

- die gesamten Vor-, Zwischen-, Neben- und Abfallprodukte,
- Umwandlungsprodukte freigesetzter Wirk- und Zuschlagstoffe von konventionellen und chemischen Kampfmitteln,
- Rückstände aus Produktion, Lagerung, Ablagerung und Delaborierung/Vernichtung sowie chemischer und mikrobiologischer Umwandlung.

Viele toxikologisch relevante Stoffe kommen daher in der Liste der eng definierten Kampfstoff-Wirkstoffe gar nicht vor.

352. Bei den originären Kampfstoffen handelt es sich um folgende umfangreiche, weit verzweigte und toxikologisch oft mehrfach stark wirksame chemische Schadstoffgruppen:

- Anorganische Nitroverbindungen, zum Beispiel Ammoniumnitrat (Ammonsalpeter; Sprengstoff)
- Organische Nitroverbindungen, wie zum Beispiel 2,4,6-Trinitrotoluol, Nitroglycerin, Cellulosenitrat, Nitropenta (Treib-, Spreng-, Zündstoffe)
- Schwermetallazide und -fulminate (von Blei, Quecksilber, Silber; Zündstoffe)
- Organische Phosphor- und Kohlensäureester-Derivate (Chemische Kampfstoffe; oft weitere Heteroatome wie Halogene, Stickstoff, Schwefel)
- Chloraromatische Carbonsäure-Derivate (2,4-Dichlorphenoxyessigsäure/2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure; Herbizide)
- Organische Arsenverbindungen (oft weitere Heteroatome; chemische Kampfstoffe)
- Sublimierbare chloraliphatische und -aromatische Verbindungen (oft weitere Heteroatome; chemische Kampfstoffe)
- Metallseifen (mit Aluminium, Lithium usw.; in Brandsätzen, v. a. in Napalm)
- Phosphor (in Nebel-, Brandsätzen)
- Benzin und sonstige Mineralöl-Kohlenwasserstoffe (in Nebel-, Brandsätzen)
- Metall-, Halbmetall-Halogenide (von Aluminium, Titan, Silizium, Zinn; in Nebelsätzen)
- Chlorsulfonsäure und Schwefeltrioxid (in Nebelsätzen)
- Halogenkohlenwasserstoffe (z. B. Hexachlorethan; in Nebelsätzen)
- Totalherbizide zur Entkrautung/Entlaubung (z. B. anorganisch: Chloratsalze; organisch: 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure, 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure)
- Entgiftungschemikalien (z. B. Natriumhypochlorit, Chloramin).

Die bisherigen Erfahrungen mit Altstandorten der Militärproduktion zeigen, daß der stoffliche Schwerpunkt eindeutig bei den Explosivstoffen liegt, wobei Produktionsstandorte dominieren. Chemische Kampfstoffe spielen eine wesentlich geringere Rolle (vgl. Abschn. 3.2).

353. Begleitend zum Forschungsvorhaben „Bestandsaufnahme von Rüstungaltlastverdachtsstandorten in Deutschland" (Tz. 340) wurde je ein Explosivstoff- und ein Kampfstofflexikon erarbeitet, die beide fortgeschrieben werden (THIEME et al., 1993a, Bd. 4 und 5). Die Datensammlungen umfassen derzeit alle bis etwa Mitte 1992 verfügbaren chemisch-physikalischen, toxikologischen und umweltrelevanten Angaben zu 97 Explosivstoffen (91 Einzelsubstanzen einschl. Vorprodukte, 6 Gemische) sowie 47 chemische Kampfstoff-Substanzen (einschl. Vorprodukte). In der Fortschreibung ist unter anderem die Aufnahme von Nebelstoffen geplant (Bereich „chemische Kampfstoffe"). Das Spektrum an potentiell relevanten Stoffen ist jedoch wesentlich größer; allein bei den Nitrostoff-Familien kann mit 1 300 potentiellen Schadstoffen gerechnet werden, deren Relevanz geprüft werden sollte (Tab. 3.6). Unter Gesichtspunkten der Praktikabilität ist eine solche Stoffvielfalt überhaupt nicht handhabbar, so daß sie auf repräsentative und gut analysierbare Verbindungen eingeengt werden muß. Bei den Sprengstoffaltlasten wurde daher eine Auswahl von 26 relevanten Stoffen getroffen, die später auf 18 reduziert wurde (SCHÄFER, 1992; STEINBACH, 1992).

Die genannten Stofflexika geben weitere wichtige Hinweise auf die Laborierung der jeweiligen Wirkstoffe als „taktische Mischungen" in Munition. Das ist sehr nützlich für die Planung aller Schritte der Ge-

Tabelle 3.6

Relevante Nitrostoffe auf Sprengstoff-Altlastverdachtsflächen (Auswahl)

Nitroaromaten und ihre Metaboliten nach Substanzklassen	Zahl der Isomeren	davon in Boden-/ Grundwasser häufig
Nitrotoluole	15	
Mono-	3	3
Di-	6	4
Tri-	6	1–3
Nitrophenole	15	
Mono-	3	k. A.
Di-	6	k. A.
Tri-	6	k. A.
Nitrokresole	36	
Mono-	10	4
Di-	16	2
Tri-	10	
Nitrophenole	7	
Mono-	1	k. A.
Di-	3	3
Tri-	3	1
Aromatische Amine und Nitroamine	79	
Methylaniline	3	3
Diaminotoluole	6	2–3
Triaminotoluole	6	1
Nitrotoluidine		
Monoamino-mononitro-toluole	10	3
Monoamino-dinitro-toluole	16	2
Diamino-mononitro-toluole	16	1
Amino- und Aminonitrobenzole	22	k. A.
Aminophenole	57	k. A.
Aminokresole	126	k. A.
Carbonsäuren	112	k. A.
Sulfonsäuren	72	k. A.
Nitrobiphenyle	> 50	1–2
Nitrodiphenylamine (inkl. „Hexa")	> 30	2
Nitronaphthaline	> 50	1
Nitro-, Amino-, Nitroamino-, Sulfoxylole	> 200	k. A.
Sonstige Explosivstoff-Familien, wie z. B. Pulver, Hexogen, Oktogen, Nitropenta	> 500	k. A.
Insgesamt	>1 300 (grob geschätzt)	ca. 40–60

Quelle: WOLFF und STORK 1992, schriftl. Mitt., verändert.

fährdungsabschätzung und Sanierung, weil Kampfmittel generell immer auch wirkstofflich komplex zusammengesetzt sind. Die erstmalig zusammengetragenen Kampfstoffdaten der Stofflexika machen auch auf gravierende Wissenslücken aufmerksam. Militärchemische Stoffdaten unterliegen in der Regel einer jahrzehntelangen Geheimhaltung. Darüber hinaus werden umweltrelevante Eigenschaften oft nicht untersucht, so daß selbst großangelegte Datenbankrecherchen nur begrenzt aussagefähige Resultate über das gesamte Wirkungsspektrum eines Stoffes erbringen können. Beispielsweise fehlen Angaben über biotische und abiotische Abbauwege sowie epidmiologische Daten aus der Explosivstoffindustrie (NEUMANN, 1994).

354. Als Ergänzung zu diesen Lexika wurde eine „Branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen auf Rüstungsaltstandorten" erarbeitet (THIEME et al., 1993b). Dieser Bericht enthält eine umfassende Darstellung und Beschreibung rüstungsaltlastrelevanter Vorgänge. Für mengenmäßig wichtige Explosiv- und Kampfstoffe sowie für die daraus hergestellten Rüstungsgüter werden die Produktionsvorgänge erläutert und hinsichtlich ihrer kontaminationsauslösenden Faktoren analysiert. Einbezogen werden auch einschlägige miliärische Handlungen und die Vernichtung von Munition. Das eingesetzte Stoffspektrum wird verfahrensbezogen zusammengestellt und im Hinblick auf mögliche Umweltgefährdungen anhand der Gefährdungspfade beurteilt.

355. Insgesamt läßt sich feststellen, daß die meisten militärchemischen Stoffe

- naturfremde organische Stoffe (Xenobiotika) sind,
- über die akut schädigende Wirkung hinaus in mehrfacher Hinsicht chronisch toxische sowie umwelttoxische Eigenschaften (Kanzerogenität, Mutagenität, Teratogenität, Persistenz) aufweisen,
- sehr abfallintensiv herzustellen und zu beseitigen sind und daß
- ihre Neben-, Abfall- und Abbauprodukte oft gleich toxisch oder sogar stärker toxisch sind als die Ausgangs- beziehungsweise Zielsubstanzen (Toxizitätszunahme infolge der Abbauvorgänge).

Der xenobiotische Charakter der Stoffe äußert sich in begrenzter Bioabbaubarkeit oder als Hemmstoff beim Bioabbau, was das jahrzehntelange Verbleiben dieser Stoffe einschließlich ihrer Metaboliten im Boden und Untergrund mitbedingt. Anorganische Bestandteile, im wesentlichen Arsen sowie einige toxische Schwermetalle, können naturgemäß nicht abgebaut, jedoch gut akkumuliert und transferiert werden. Alle diese Eigenschaften sind sanierungsrelevant.

Das Stoffproblem wird dadurch noch zusätzlich aufgefächert, daß dem Hauptwirkstoff neben Beimengungen als Stabilisatoren zu taktischen Zwecken weitere Stoffe zur Streckung beigemischt wurden und daß gegen Kriegsende zunehmend Ersatzstoffe als Rohstoffe eingesetzt wurden.

Diese Vielfalt von Einzelstoffen und Laborierungsgemischen mit ihren breiten Wirkungsspektren sowie das unbekannte Verhalten im Boden lassen sich in Bewertungsmodellen zur Gefährdungsabschätzung nur durch Annahmen, ansatzweise und keineswegs hinreichend beschreiben. Folglich lassen sich Sanierungsziele sowie -maßnahmen nur pragmatisch ableiten. Die Sanierungsverfahren (Abschn. 3.4.2 und Anhang 3) müssen mehr als bei zivilen Altlasten in der Lage sein, bei den in Frage kommenden Schadstoffen hohe Rückhalte-, Extraktions- oder Konversionswirkung zu erzielen. Darüber hinaus müssen sich Überwachungsverfahren durch hohe Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit auszeichnen.

Als Fazit ist festzustellen, daß militärchemische Stoffe durch ihre Besonderheiten ein überproportional hohes, vielfaches Schädigungspotential aufweisen, was die Bewertung solcher Altlastverdachtsflächen und die Sanierung solcher Altlasten deutlich erschwert.

3.3.1.2 Toxikologische Stoffbewertung

356. Die toxikologische Bewertung von militärchemischen Altlastverdachtsflächen unterscheidet sich prinzipiell nicht von der herkömmlicher Verdachtsflächen, wenngleich das Gefährdungspotential wesentlich höher ist. Auch hier gelten die in Abschnitt 1.3.3 angesprochenen Kriterien und Mindestanforderungen. Schwierigkeiten bei der Bewertung ergeben sich aus der Vielfalt von Einzelstoffen und Laborierungen sowie der teilweisen Delaborierung und wegen der noch bestehenden erheblichen Wissenslücken, die zum Teil auf die militärische Geheimhaltung, zum Teil aber auch auf die nachrangige Behandlung dieser Belange zurückzuführen sind.

357. Explosivstoffe sind bei thermischer oder mechanischer Beanspruchung sehr labil. Dennoch sind sie in der Umwelt und insbesondere im Boden bei den dort vorherrschenden Bedingungen beständig. Auch nach Jahrzehnten können sie noch im Boden nachgewiesen werden. Sie sind größtenteils als persistente Schadstoffe einzustufen; einige Sprengstoffe werden jedoch vergleichsweise gut im Boden abgebaut oder unterliegen zumindest einer toxizitätswandelnden Metabolisierung. Die Stoffe liegen meist nicht mehr punktförmig akkumuliert und konzentriert vor, sondern sind in den Boden eingedrungen und haben zum Teil schon die grundwassergesättigte Zone erreicht. Entsprechend können sowohl Explosivität als auch ihre toxischen Eigenschaften eine Rolle spielen.

Bei den Explosivstoffen handelt es sich hauptsächlich um anorganische und organische Nitroverbindungen und um Schwermetallazide und -fulminate. Diese Stoffe haben sowohl akut toxische als auch chronisch toxische Eigenschaften. Anorganische Nitroverbindungen und Schwermetallazide und -fulminate kommen in dieser Form nicht auf zivilen Altstandorten vor.

358. Die organischen Nitroverbindungen, hier vor allem die Trinitrotoluol-Derivate oder allgemein Nitroaromaten sind derzeit Gegenstand toxikologischer Gefährdungsabschätzungen von militärchemi-

schen Altlastverdachtsflächen (BARKOWSKI und GÜNTHER, 1994; SCHNEIDER et al., 1994a und b). Alle von SCHNEIDER et al. beurteilten Nitroaromaten (vgl. Tab. 3.7) erhöhen im Niedrigdosisbereich den Methämoglobinspiegel, das heißt, sie binden reversibel an den roten Blutfarbstoff Hämoglobin und blockieren diesen damit für den Sauerstofftransport. Durch ständige Reduktion wird der Methämoglobinspiegel bei Erwachsenen in der Regel, das heißt ohne zusätzliche äußere Belastung, unter 1 % gehalten. Ab einer Konzentration von etwa 10 bis 20 % treten erste Vergiftungssymptome auf. Die Folgen eines erhöhten Methämoglobinspiegels können Veränderungen der Erythrozyten, zum Beispiel Bildung von Heinz'schen Innenkörpern, Hämolyse, Anämie und – aufgrund des Sauerstoffmangels – Störungen verschiedener Organe wie etwa des Zentralnervensystems sein.

Eine kanzerogene Wirkung der Nitroaromaten ist bei vielen Vertretern dieser Stoffgruppe im Tierversuch nachgewiesen, bei weiteren wahrscheinlich. Einige zeigen eine hohe Mutagenität im bakteriellen Mutagenitätstest und sind in Säugern *(in vivo)* gentoxisch (Bildung von DNA-Addukten, Induktion von unplanmäßiger DNA-Synthese) (Literaturübersicht bei SCHNEIDER et al., 1994b). Epidemiologische Daten, aus denen auf eine mögliche Humankanzerogenität geschlossen werden könnte, liegen aus Geheimhaltungsgründen bisher nicht in ausreichender Menge vor. Erste Hinweise ergeben sich aus einer neueren Studie von STAYNER et al. (1993), die bei beruflich gegenüber 2,4-Dinitrotoluol exponierten Personen erhöhte Krebsmortalitäten (hepatobiliäre Tumoren) beobachtet haben. Auch neurotoxische und reproduktionstoxische Wirkungen von Nitroaromaten wurden beobachtet (SCHNEIDER et al., 1994b).

359. In einem Konzept zur toxikologischen Bewertung von militärchemischen Altlasten bewerten SCHNEIDER et al. (1994b) die kurzfristige Belastung mit Nitroaromaten über die Methämoglobinbildung. Bei langfristiger Exposition steht bei diesem Konzept die kanzerogene Wirkung im Vordergrund. Es ist davon auszugehen, daß bei Schadstoffmengen, die keine Methämoglobinbildung auslösen, auch hinreichend Schutz vor anderen toxischen Wirkungen außer kanzerogenen Effekten besteht, da Daten zu den einzelnen Verbindungen belegen, daß andere, auch von der hämatotoxischen Wirkung unabhängige Effekte, in der Regel im Tierversuch erst beobachtet werden, wenn auch Methämoglobin nachweisbar ist. Für die Referenzverbindung 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT) wurde die Wirkstärke in Form von TRD-Werten (tolerierbare resorbierte Dosis pro Tag) sowohl für die kurz- als auch für die langfristige Exposition quantifiziert. Um die zu erwartenden Kombinationswirkungen im vorliegenden Schadstoffgemisch berücksichtigen zu können, wurde für beide Endpunkte (Methämoglobinbildung und Kanzerogenität) die relative Wirkungsstärke der einzelnen Schadstoffe in Relation zu 2,4,6-Trinitrotoluol in Form von Äquivalenzfaktoren ausgedrückt. Zur Bewertung der Wirkungsstärke wurden Daten aus Langzeittierversuchen mit daraus abgeleiteten Angaben zum Krebsrisiko und Daten zur Gentoxizität im Säugerorganismus *in vivo* berücksichtigt, um die toxische Potenz *in vivo* abzuschätzen. Mittels differenzierter Betrachtung von Metabolismus und Wirkungsmechanismus der Verbindungen wurde untersucht, ob *in vitro*-Daten als vorläufiges Hilfsmittel zur Bewertung herangezogen werden können.

Durch Vergleich der Wirkungsstärken der vorliegenden Substanzen mit der potentiellen Exposition am Standort können standortspezifische Bodenwerte abgeleitet werden, mit deren Hilfe vorliegende Kontaminationen beurteilt werden können. Ein ähnliches Konzept wurde vom Institut für Umweltanalyse erarbeitet (BARKOWSKI und GÜNTHER, 1994).

Gerade für die aromatischen Nitroverbindungen konnte gezeigt werden, daß diese von Pflanzen aus kontaminiertem Boden aufgenommen und angereichert werden (GÖRGE, 1994, 1992). Daher kommt dem Pflanzenpfad bei der Beurteilung von militärchemischen Altlastverdachtsflächen sehr große Bedeutung zu. Auch die dermale Aufnahme ist bei dieser Stoffgruppe im Vergleich zu vielen anderen relativ hoch, so daß auch sie bei der Gefährdungsabschätzung besonders berücksichtigt werden muß.

360. Chemische Kampfstoffe wurden wegen ihrer akuten Toxizität gegenüber Menschen oder wegen ihrer Phytotoxizität (Entlaubungsmittel u.ä.) entwikkelt. Daher kann in jedem Fall von einer hohen akuten Gefährdung durch diese Stoffe auf den Verdachtsflächen ausgegangen werden. Neben den akuten sind aber auch die Spätwirkungen, vor allem die kanzerogene und die neurotoxische Wirkung, nicht zu vernachlässigen.

Die Gruppe der chemischen Kampfstoffe ist noch heterogener als die der Explosivstoffe. Ihre Toxikologie ist ausführlich beschrieben in LOHS (1974) und KLIMMEK et al. (1983). Auch das schon erwähnte Kampfstoffflexikon (THIEME et al., 1993a, Bd. 5) enthält in knapper Form Daten und Literaturhinweise zur Toxikologie. An dieser Stelle wird daher nur kurz auf die toxischen Eigenschaften der wichtigsten Stoffgruppen eingegangen.

Chemische Kampfstoffe, die zur Schädigung von Menschen entwickelt wurden, können aufgrund ihrer Wirkungsweise unterteilt werden in Stoffe, die ausschließlich systemisch wirken also nicht am Ort ihres Einwirkens und solche, die auch lokal wirken, wie Kontaktgifte (z.B. haut- oder lungenschädigend) und Reizstoffe (z.B. augen- und schleimhautreizend).

361. Zu den ausschließlich systemisch wirkenden Stoffgruppen gehören organische Phosphorsäureester, wie Sarin und Tabun, die hauptsächlich über die Lunge und die Haut aufgenommen werden. Sie erzeugen keinerlei Schäden am Berührungsort und sind (fast) geruchlos. Sie werden rasch im Organismus verteilt und schädigen das Zentralnervensystem, indem sie den Abbau des Botenstoffes Acetylcholin, der für die Reizübertragung an den Enden bestimmter Nervenzellen verantwortlich ist, verhindern (Acetylcholinesterase-Hemmung). Dadurch kommt es zu einem Dauerreiz und zum Funktionsverlust der durch diese Nerven gesteuerten Organe.

Die Störung der Atemsteuerung im Gehirn führt zu einer zentralen und die Störung der quergestreiften Muskulatur zu einer peripheren Atemlähmung. Zudem wird die Schleimproduktion in den Lungen gesteigert und die Bronchialmuskulatur kontraktiert, so daß Ersticken die Folge sein kann. Auch kann die Kreislauffunktion geschädigt werden. Der biochemische Wirkmechanismus legt nahe, daß über die akute Wirkung hinaus Schäden am Nervensystem zu erwarten sind. Die Cholinesterase-Hemmung zieht zahlreiche Dysfunktionen auch außerhalb des zentralen Nervensystems nach sich, die zum Teil nicht vollständig reversibel sind. Hepatotoxische und hämatotoxische Wirkungen wurden beobachtet und sind als Vorstufen für bösartige Tumoren zu werten. Zudem gibt es Hinweise auf Augenschäden, die mit den bisher bekannten biochemischen Mechanismen jedoch nicht erklärbar sind (zusammengefaßt in LOHS, 1994).

362. Blausäure und Chlorcyan, die als Kampfgase eingesetzt wurden, wirken ebenfalls systemisch. Blausäure wird von den meisten Menschen am charakteristischen Bittermandelgeruch erkannt, etwa ein Drittel der Bevölkerung kann den Geruch jedoch nicht wahrnehmen (RAPSCH und TIEDEMANN, 1994). Chlorcyan hat neben der systemischen Wirkung auch eine relativ starke Reizwirkung. Von beiden Verbindungen wird nach der Aufnahme in den Körper ein Cyanidion abgespalten, das mit dem dreiwertigen Eisen der Cytochrome reagiert. Dadurch wird die Zellatmung gestört, und es kann zur inneren Erstickung kommen. Die Hemmung der Cytochrome ist vollständig reversibel, das heißt, wenn es rechtzeitig zu einer Unterbrechung der Exposition kommt, kann sich der Patient vollständig erholen.

363. Lost-Verbindungen wie Schwefel- oder Stickstofflost sind Flüssigkeiten, die toxische Dämpfe bilden. Primär wirken diese alkylierenden Verbindungen hautschädigend. Nach Kontakt mit Losten kommt es mit einiger Zeitverzögerung zu Hautrötungen und anschließend zu starker Blasenbildung (LOHS, 1993; APPLER und LOHS, 1992). Auch die Augen werden angegriffen und es kann zu einer vorübergehenden Trübung der Hornhaut kommen. Bei Einatmen der Dämpfe entwickelt sich eine Entzündung der Atemwege mit Rötung, Brennen und starkem Hustenreiz. Bei höheren Konzentrationen entstehen Nekrosen, welche Infektionen begünstigen. Neben diesen akuten Wirkungen kommt es zu Reaktionen mit der Erbsubstanz Desoxyribonukleinsäure (DNA), wodurch als Spätwirkung bei Exponierten gehäuft Krebserkrankungen wie Bronchialtumoren und Leukämie auftreten. Auch psychopathologisch-neurologische Schäden wurden beobachtet (LOHS, 1993).

364. Verbindungen, die wegen ihrer lokalen Reizwirkung eingesetzt wurden, wie Phosgen und Phosgenoxim, Chlorpikrin, Chloracetophenon und arsenhaltige Verbindungen (z.B. Diphenylarsinchlorid, Phenasarzinchorid und Diphenylarsincyanid), aber auch Aluminium- und Magnesiumarsenid und der Hilfsstoff Arsinöl, verursachen Haut-, Schleimhaut- und Augenreizungen, die mit Rötungen, Brennen, Tränen, erhöhtem Speichel- und Schleimfluß sowie Husten, Übelkeit und Erbrechen in unterschiedlich starker Ausprägung einhergehen. Diese Schäden sind meist reversibel. Mit einer Zeitverzögerung von etwa 24 Stunden kann dann ein toxisches Lungenödem auftreten. Dabei kommt es zu einer entzündlichen Reaktion in den Lungenbläschen, in deren Folge sich Gewebsflüssigkeit in den Lungenbläschen ansammelt. Die Flüssigkeit wird durch die Atemluft aufgeschäumt und verlegt die Atemwege, so daß es zum Tod durch Ersticken kommen kann. Wird die Ödemphase überlebt, tritt häufig als Folgeerkrankung Bronchiolitis obliterans (Erkrankung der Lungenbläschen) auf, die zur sekundären Todesursache werden kann.

365. Die organischen und anorganischen Arsenverbindungen besitzen noch weitere toxische Eigenschaften. Sie wirken kapillartoxisch, bei chronischer Exposition kommt es zu Haut- und Gefäßveränderungen sowie zu neurologischen Schäden. Zudem bewirken Arsenverbindungen Schädigungen des Magen-Darm-Traktes und der Blutbildung (hypoplastische Anämie, Agranulozytose). Die kanzerogene Wirkung von Arsenverbindungen ist durch epidemiologische Studien an beruflich exponierten Personen gut belegt. Es bilden sich hauptsächlich Lungen- und Hauttumoren, aber auch andere Krebsarten wurden beobachtet.

366. Daneben wurden Totalherbizide eingesetzt und gelagert, die neben ihrer phytotoxischen Wirkung auch für den Menschen toxisch sind. Dazu gehören neurotoxische organische Phosphor- und Kohlensäureester-Derivate. Kommen in diesen Verbindungen Halogene als Heteroatome vor, wie zum Beispiel bei den chlorierten Carbonsäureestern (2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure usw.), so sind Verunreinigungen mit polyhalogenierten Dibenzodioxinen und -furanen vorhanden, die kanzerogen wirken.

367. Inzwischen gibt es verschiedene Ansätze zur Auswahl und zur toxikologischen Bewertung von militärchemischen Stoffen. Im Rahmen der Erkundung der ehemaligen Trinitrotoluol-Fabrik in Stadtallendorf wurden aus dem theoretisch bei der Trinitroproduktion anfallenden Schadstoffspektrum von etwa 500 Einzelsubstanzen 26 Stoffe ausgewählt, für die auch ein Analyseverfahren entwickelt wurde (ALBERS, 1992). Welche toxikologischen Kriterien an die Auswahl angelegt wurden, ist nicht bekannt. Für die Grundwasseruntersuchung wurde diese Liste von 26 Stoffen nochmals auf 18 Stoffe reduziert (vgl. Tz. 353).

BARKOWSKI und GÜNTHER (1994) führten für 23 beurteilungsrelevante Einzelsubstanzen aus der Gruppe der Nitroaromaten, die in Stadtallendorf gefunden wurden, eine toxikologische Beurteilung durch und leiteten tolerable Körperdosen für die kurz-, mittel- und langfristige Exposition ab, wobei sie wie SCHNEIDER et al. (1994a und b) von der methämoglobinbildenden und der kanzerogenen Wirkung der Verbindungen ausgingen.

In Analogie zu dem in Abschnitt 1.3.3.2 (Tz. 84) beschriebenen Verfahren werden derzeit für 36 Stoffe

Tabelle 3.7

Liste militärchemischer Stoffe, für die derzeit tolerierbare resorbierbare Körperdosen (TRD) abgeleitet werden

Stoffbezeichnung	
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol	Diphenylamin
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol	Hexogen (RDX)
Arsenwasserstoff	Nitrobenzol
2-Bromacetophenon	Nitroglycerin
1-Brom-2-butanon	Nitroglycol
2-Chloracetophenon	Nitroguanidin
Chlorcyan	Nitropenta
1-Chlor-2,4-dinitrobenzol	o-Nitrophenol
Diglycoldinitrat	m-Nitrophenol
o-Dinitrobenzol	p-Nitrophenol
m-Dinitrobenzol	Pikrinsäure
p-Dinitrobenzol	Sarin
1,5-Dinitronaphthalin	Tabun
1,8-Dinitronaphthalin	1,3,5-Tinitrobenzol
2,3-Dinitrotoluol	2,4,6-Trinitortoluol
2,4-Dinitrotoluol	und weiter Isomeren
3,4-Dinitrotoluol	2,5-Dinitrotoluol
3,5-Dinitrotoluol	Xylylbromid

Quelle: SCHNEIDER, 1994, schriftl. Mitt.

(Tab. 3.7) tolerierbare resorbierbare Körperdosen (TRD) abgeleitet (SCHNEIDER, 1994, schriftliche Mitteilung). Bei diesen Stoffen handelt es sich sowohl um Stoffe aus der Gruppe der Nitoraromaten als auch um verschiedene chemische Kampfstoffe.

3.3.2 Verfahren zur Gefährdungsabschätzung für militärische Altlasten

3.3.2.1 Besondere Untersuchungsmaßnahmen für militärchemische Altlasten

368. Die Ausführungen zu Untersuchungsmaßnahmen für die Gefährdungsabschätzung (Abschn. 1.3.2; SRU, 1989, Abschn. 3.3.1) gelten im Prinzip auch für den Bereich militärischer Altlasten. Das besondere Stoff- und Wirkungsspektrum militärchemischer Altlasten (Abschn. 3.3.1.1) und die oft unregelmäßige Verteilung der Schadstoffherde auf den entsprechenden militärischen Arealen und Anlagen ziehen aber, allein schon aus Sicherheitsgründen, einige spezielle Untersuchungsmaßnahmen nach sich.

Da jeder Standort wegen mehrerer Einflußfaktoren ein eigenes Belastungsprofil besitzt, ist bereits das Auffinden möglichst aller kontaminierten Bereiche eines Altstandortes problematisch. Einerseits ist eine Beschränkung auf vorher festgelegte, potentiell kontaminierte Kernbereiche wegen der unterschiedlichen Kontaminationsprofile unzureichend, andererseits müßten für eine Rasterbeprobung zur statistisch 68%igen Trefferwahrscheinlichkeit 160 000 Proben pro km^2 genommen und analysiert werden (HAAS und STEINBACH, 1992).

Wegen der langen Nutzungszeiträume, der sich überlagernden Nutzungen sowie der großen Areale (4–5 km^2 bei Sprengstoffabriken, bis über 100 km^2 bei Truppenübungsplätzen) ist deshalb ein gezieltes Vorgehen unerläßlich. Dazu wurde das Instrument der beprobungslosen historisch-deskriptiven Voruntersuchung als dringend notwendige Vorstufe zur gezielten Probenahme und chemischen Analytik entwickelt (WELZER, 1991; SCHNEIDER, 1989). Es handelt sich um die Methode der multitemporalen Karten-, Akten- und Luftbildauswertung in verschiedenen Ausprägungen (DODT, 1987). Zeitzeugenaussagen spielen dabei, insbesondere hinsichtlich der Demontage und Sprengung rüstungsrelevanter Betriebe in der Nachkriegszeit, eine wichtige Rolle. Vor allem für ehemalige Rüstungsbetriebe im Kampfstoffbereich hat sie sich zur systematischen historischen Rekonstruktion der Werksanlagen einschließlich ihrer Ver- und Entsorgungseinrichtungen und der betrieblichen Abläufe durchgesetzt. Mit Hilfe dieser Methode können potentiell kontaminierte Bereiche gut lokalisiert und eingegrenzt werden, soweit es sich um Primärkontaminationen aus den normalen Betriebsabläufen handelt.

369. Explosionen, Bombardierungen und Sprengungen haben die verschiedensten Stoffe wie Ausgangsstoffe, Zwischen-, Neben- und Endprodukte sowie diverse Stoffablagerungen großräumig verteilt und somit Sekundärkontaminationen verursacht; sie können aufgrund der historisch-deskriptiven Voruntersuchung nicht systematisch aufgefunden werden (HAAS und STEINBACH, 1992). Zur Auffindung von Sekundärkontaminationen sind flexible Probenahmestrategien erforderlich, die sich einer bedarfsmäßigen, stufenweisen Erweiterung des Probenahmerasters (ALBERS et al., 1994; ALBERS, 1992; DAFFNER, 1992) sowie verschiedener Schnellanalysemethoden an den gewonnenen Proben bedienen (TNT-Schnelltest, s. HAAS, 1992; mobile GC/MS + RFA, s. GAEBELL, 1992; MATZ, 1989). Die gekoppelte Gaschromatographie-Massenspektrometrie in mobiler Ausführung wird im „Spürfuchs"-Panzer der Bundeswehr seit längerem zur Analyse eingesetzt (GOOS, 1991); die „C-Spür-Ausstattung" ist für 420 Substanzen geeicht. Diese sehr leistungsfähige, jedoch teure Methode wurde auch für zivile Nutzungen freigegeben (MATZ, 1993). Die schnelle, mit der Probenahme fast zeitgleiche Schadstofferkennung ist auch aus Gründen des Personenschutzes (bei Bohrungen, Schürfen) sehr wichtig, da dadurch die Sicherheit erhöht wird.

370. Eine andere Möglichkeit zur großflächigen Erkundung bieten die passiven adsorptiven Sammelverfahren, bei denen geeignete, umhüllte Adsorbentien mit einfachen Sonden in den Boden gebracht werden. Mit dieser Methode kann die relative Konzentrationsverteilung in der Bodenluft zwecks Lokalisierung von Schadstoffzentren erfaßt werden (SORGE et al., 1994). Eine ebenfalls einfache, kostengünstige Detektion von 2,4,6-Trinitrotoluol in Böden wird derzeit vom Fraunhofer-Institut für chemische Technologie (ICT) entwickelt. Der potentiodynamische Sensor weist 2,4,6-Trinitrotoluol selektiv, das heißt auch neben weiteren Nitrostoffen und ihren Metabo-

liten, in Bodenaufschlämmungen nach. Dies gelingt auch bei niedrigen Konzentrationen von weniger als 1 mg/kg (redaktionelle Meldung in Terra-Tech, 1994 (4), 13). Dieses Verfahren wird dort gute Leistungen erbringen können, wo 2,4,6-Trinitrotoluol oder ähnliche Stoffe als Leitsubstanzen zur Charakterisierung größerer Flächen oder Bodenmengen dienen können. Für ein „Screening" ist es ungeeignet.

371. Weitere Probleme der Probenahme und Analytik werden im umfangreichen Schriftum behandelt (z.B. Probenahmeplanung, statistische Auswertung: HOLLAND, 1992; Kampfstoffanalytik: SCHNIBBEN, 1994; HOLLAND und HOLIGHAUS, 1992; KRAMMER et al., 1992; SCHOENE et al., 1992; SOHR und STEINBACH, 1992). Die Rolle der analytischen Chemie bei der Gefährdungsabschätzung von militärchemischen Altlasten beschreiben HAAS und STEINBACH (1992).

Die Probenahme und Analytik stellen besondere Anforderungen, die nicht nur den Arbeitsschutz, sondern auch die Nachweismethodik für die Boden-, Bodenluft- und Wasserproben umfassen. Das Problem, daß jede Probe Substanzen unbekannter Toxizität enthalten kann, verlangt spezielle Erfahrungen (WENTRUP, 1992).

372. Bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse lassen sich durch Vergleich der relativen Stoffmengen verschiedener Substanzen in den Proben („Fingerprints") Hinweise zum Beispiel auf Änderungen in den Produktionsverfahren oder über abgelaufene Abbauvorgänge gewinnen (HAAS und MÖSCHWITZER, 1994). Eine Vereinheitlichung der Methoden zur Probenvorbereitung und zur Erfolgskontrolle der chemisch-analytischen Untersuchungen sollte nach Auffassung des Umweltrates eine Aufgabe fachwissenschaftlicher Vereinigungen sein.

3.3.2.2 Bewertungsverfahren für militärische Altlasten

373. Bei den bisher bewerteten militärischen Altlastverdachtsflächen und Altlasten handelt es sich sowohl um Altstandorte zur Herstellung von konventiellen und chemischen Kampfstoffen und -mitteln, vor allem Sprengstoffwerke und Munitionsanstalten mit vorwiegend militärchemischen Kontaminationen, als auch um freigewordene Militärstandorte besonders in den neuen Bundesländern, die nach Entmunitionierung keine besonderen militärchemischen Belastungen aufweisen.

Für große Areale von Altstandorten der Militärproduktion mit ihrer Vielzahl von Verdachtsflächen werden bisher sehr aufwendige, integrierte Einzelfallbewertungen zur Expositionsabschätzung durchgeführt, die zugleich zur Festsetzung von Sanierungszielwerten herangezogen werden (BARKOWSKI und GÜNTHER, 1994). Orientierungswerte für die Einzelbewertung im Sinne der baden-württembergischen Verwaltungsvorschrift (Tz. 89) können anhand der Liste von FRIJUS-PLESSEN et al. (1993) nach dem Ansatz von VON DER TRENCK abgeleitet werden (von der TRENCK, 1994, persönliche Mitteilung).

Für die Bewertung der großen Anzahl von freigewordenen militärischen Liegenschaften ist diese aufwendige Vorgehensweise aus Zeit- und Kostengründen nicht praktizierbar. Hier bieten sich formalisierte Bewertungskonzepte zur Prioritätensetzung an, die jedoch die Bewertung der individuellen Situation des Einzelfalls erlauben müssen (HOPPE und HEINRICH, 1995).

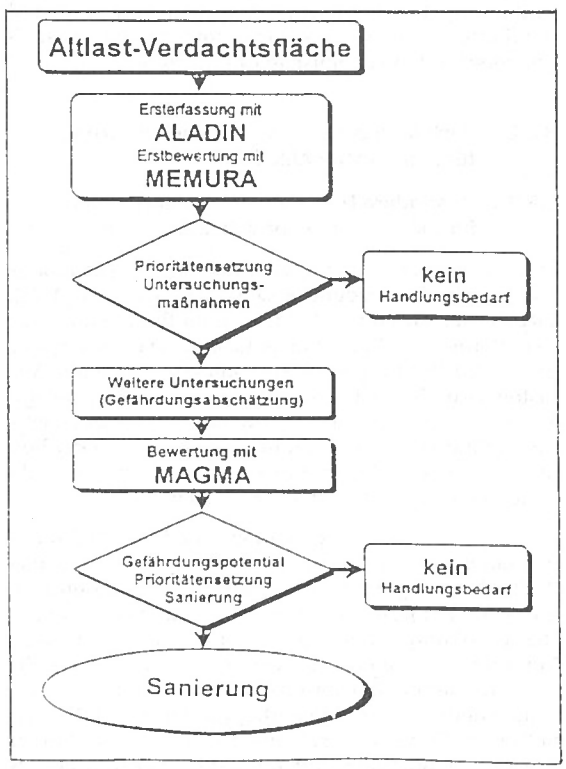
374. Im Auftrag des Bundesumweltministeriums wurde ein umfassendes rechnergestütztes Konzept zur Erfassung und priorisierenden Bewertung militärischer Altlastverdachtsflächen erarbeitet (BURKHARDT, 1992). Wesentliche Bestandteile des Konzeptes sind

- das Altlasten-Daten-Informationssystem (ALADIN) mit integrierter, nutzungsbezogener Schadstoffdatenbank und Ersterfassungsprogramm,
- das Erstbewertungsmodell „MEMURA" (Modell zur Erstbewertung von militärischen und Rüstungs-Altlasten-Verdachtsflächen),
- das geographische Informationssystem (GIS) zur Erstellung kartographischer Unterlagen für die Liegenschaften auf der Grundlage von aktuellen Luftbildern sowie
- das Gefährdungsabschätzungsmodell „MAGMA" (Modell zur Abschätzung der Gefährdung durch militärische und Rüstungs-Altlastflächen).

Abbildung 3.8 zeigt den Gesamtablauf der modellunterstützten Bewertungsschritte.

Abbildung 3.8

Prioritätensetzung mit den Modellen MEMURA und MAGMA



Quelle: HOPPE und HEINRICH, 1995, verändert

Die Systeme ALADIN/MEMURA/MAGMA sind zwar auftragsgemäß für die Bearbeitung militärisch genutzter Liegenschaften und militärchemisch relevanter Betriebsflächen entwickelt worden. Sie berücksichtigen die militärischen Gegebenheiten und auch die Besonderheiten bei der Übergabe freigewordener WGT-Liegenschaften (Tz. 342 ff.). Es gibt jedoch keine Unterscheidungsmerkmale in diesen Bewertungsansätzen in bezug auf „militärische" oder „zivile" Kontaminationen; Grundlage der Detailbewertung ist die Einzelstoffbewertung. Sofern die erforderlichen Stoffdaten zur Verfügung stehen, kann das Programmpaket zur Bewertung jeglicher Altlastenarten angewendet werden.

375. Aufbauend auf der Schadstoffdatenbank, die in einem nutzungsbezogenen Stoffkatalog die umwelt- und gesundheitsgefährdenden Eigenschaften potentieller Schadstoffe mit den nutzungsbedingten potentiellen Verlustquellen verknüpft, wird die (Erst-)Erfassung und die Erstbewertung durchgeführt (HEINRICH und FORSTHOFER, 1992).

Das Erstbewertungsmodell „MEMURA" wurde aus dem Modell Baden-Württemberg abgeleitet; es kann bei Bedarf auch die Analysenergebnisse qualitativer Beprobungen verarbeiten. Insofern ist es kein reines beprobungsloses Erstbewertungsverfahren.

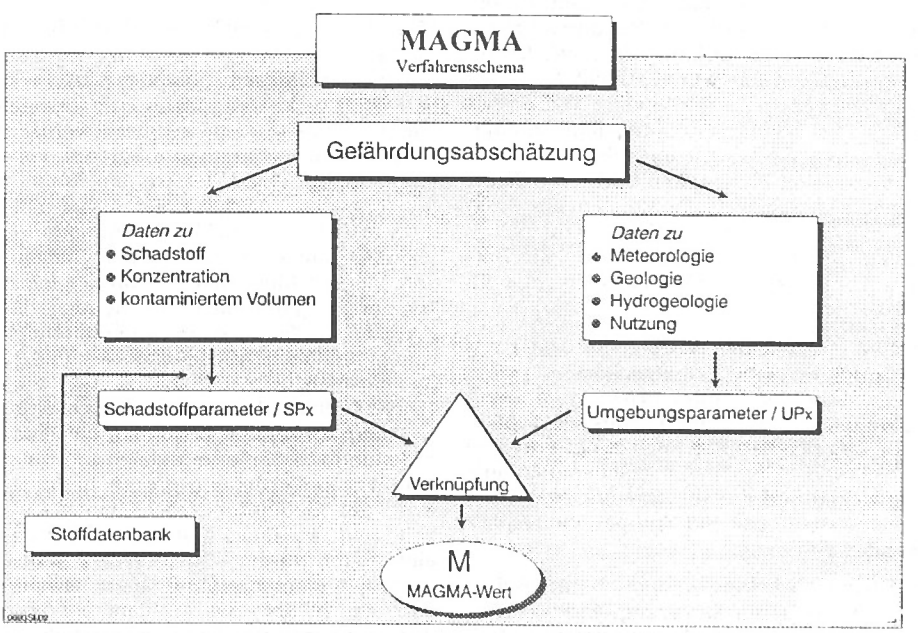
Der Bewertungsansatz „MEMURA" ist ein Relativwertverfahren (Tz. 103 ff. und Tab. 1.14 in Abschn. 1.3.6.2). Im Gegensatz zum Modell Baden-Württemberg wird jedoch eine integrierte Gesamtaussage über alle Schutzgüter einer Altlastverdachtsfläche bewußt vermieden, da sich die ermittelte Priorität für den Untersuchungsbedarf auf ein einzelnes Schutzgut bezieht (Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH, 1992). Die ermittelten Risikomaßzahlen werden bewußt als Hilfsgrößen verwendet.

Hinsichtlich der Roh- und Trinkwassergefährdung durch Altlastverdachtsflächen ehemaliger WGT-Liegenschaften wurde eine Erstbewertung durch Einstufung in sechs Gefährdungsklassen vorgenommen (WINTER et al., 1993). Grundlage dazu ist das Verfahren zur Bewertung der Grundwassergefährdung von Altablagerungen (KERNDORFF et al., 1993, Tz. 93 ff.) das in stark vereinfachter Form zur Ermittlung des Soforthilfebedarfs eingesetzt wird.

376. Wenn sich aus der Bewertung weiterer Untersuchungsbedarf ergibt, wird das Modell „MAGMA" zur Prioritätensetzung hinsichtlich des Handlungsbedarfs eingesetzt. Eine Unterscheidung zwischen orientierender und Detailphase ist den Beschreibungen nicht zu entnehmen und wegen der Zielsetzung der Modellanwendung möglicherweise auch nicht erforderlich. Beim Modell „MAGMA" handelt es sich, im Gegensatz zu „MEMURA", um ein absolutwertbasiertes Verfahren (Tz. 103 ff.), das nur Meßwerte verarbeitet. Schadstoffbezogene Daten werden zu einem integrierten Schadstoffparameter (SPx), solche des Standortes zu einem Umgebungsparameter (UPx) zusammengefaßt. Das geometrische Mittel wird als „MAGMA-Wert M" bezeichnet (HOPPE und HEINRICH, 1995; Abb. 3.9). Die Einarbeitung toxikologischer Daten beziehungsweise die Berechnungsmodi des Toxizitätswertes sind noch nicht endgültig festgelegt; dies geschieht in der laufenden Validierung. Die Datenbank liefert derzeit Grunddaten

Abbildung 3.9

Verfahrensschema zur Durchführung der Bewertung mit dem Modell MAGMA



Quelle: Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH, 1994

für die Bewertung von ca. 220 Einzelsubstanzen, darunter auch Stoffe aus Tabelle 3.7.

377. Ein für die bis zur Orientierungsphase gehende Bewertung konzipiertes Bewertungsmodell wurde vom Institut für wassergefährdende Stoffe (IWS) für das Land Niedersachsen entwickelt (SCHULZ-TERFLOTH und LÜHR, 1994). Das absolutwertbasierte IWS-Verfahren wurde aus dem baden-württembergischen Bewertungsmodell unter Beibehaltung von dessen Grundstruktur abgeleitet. Die wesentliche Änderung betrifft die Bewertungsgrundlage, die nicht mehr das artifizielle Konstrukt „Hausmülldeponie in Vergleichslage" ist. Aus den aus Standort- und Stoffcharakteristika abgeleiteten Risikohilfsgrößen ergibt sich eine Reihenfolge der Gefährdungspotentiale sowie der Handlungsbedarf. Zur toxikologisch begründeten Expositionsabschätzung ist der Bewertungsansatz nicht konzipiert.

378. Der Vorteil bisher entwickelter Verfahren für militärische Altlasten besteht in der einheitlichen und schnellen einzelfallbezogenen Bewertung. Diese parallel zu den von Bund und Ländern für „zivile" Altlasten entwickelten Verfahren sollten daraufhin geprüft werden, inwieweit sie kombinierbar sind beziehungsweise ob und wo sie mit anderen Verfahren konkurrieren sollten.

3.4 Sanierungsziele und -maßnahmen für militärische Altlasten

3.4.1 Sanierungsziele für Altstandorte des Militärbetriebs

379. Bei Altlasten innerhalb einer auch in der Zukunft weiter militärisch genutzten Fläche richtet sich der Sanierungsumfang grundsätzlich nach den allgemeinen Zielvorstellungen für die Sanierung (Abschn. 1.4.1). Zur Bestimmung des Sanierungsumfangs bei solchen Flächen sollte der „Benutzungs- und Bodenbedeckungsplan" der Bundeswehr zugrundegelegt werden, der bislang nur unvollständig angewendet wurde. Auch wurden nicht bei allen Schritten der Planung in ausreichendem Maße landschaftsökologische Daten zugrundegelegt. Künftig soll dieses Planungsinstrument aber der Sicherstellung der militärischen Nutzbarkeit und dem Naturschutz (einschließlich abiotischem Ressourcenschutz) gleichermaßen dienen. Das künftige Nutzungskonzept soll unter anderem eine flächenbezogene Darstellung „ökologisch sensibler Bereiche" beinhalten (BMVg, 1993).

Der Umweltrat begrüßt die Weiterentwicklung des „Benutzungs- und Bodenbedeckungsplans" und empfiehlt, die Ableitung von Sanierungszielen an dieser Nutzungsplanung zu orientieren. Dies setzt allerdings voraus, daß sich der Plan auch in der Praxis zu einem ökologisch ausgerichteten Flächennutzungskonzept entwickelt und daß er flächendeckend, das heißt auf Standortübungs- und Truppenübungsplätze, angewendet wird.

380. Bei Altlasten auf freiwerdenden militärischen Liegenschaften hängt die Sanierung, insbesondere eine über die Gefahrenabwehr hinausreichende, freiwillige Sanierung, im entscheidenden Maße vom Nutzungsinteresse ab. Solange unklar ist, welche Nutzung künftig angestrebt wird, fehlt ein entscheidendes Kriterium für die Ableitung von Sanierungszielen.

Bei dem Bedarf an ehemals militärisch genutzten Flächen für andere Nutzungszwecke sind deutliche räumliche Disparitäten festzustellen (LOBECK et al., 1993; WIEGANDT, 1992). In Siedlungsgebieten, insbesondere in prosperierenden Verdichtungsgebieten, wird das Freiwerden militärischer Liegenschaften aus städtebaulichen und vor allem aus wohnungswirtschaftlichen Gründen begrüßt. In strukturschwachen altindustrialisierten und peripheren ländlichen Räumen wird dagegen nur ein geringes wirtschaftliches Nutzungsinteresse bestehen. Besonders die großflächigen Standort- und Truppenübungsplätze im Außenbereich werden als bedeutsame Potentiale für den Naturschutz gesehen. Innerhalb von Siedlungsflächen und am Rande von Verdichtungsgebieten kann es zum Interessenkonflikt zwischen Naturschutz und ökonomisch orientierten Nutzungen kommen.

In den neuen Bundesländern ist ein weitaus größerer Flächenumfang von Konversion betroffen als in den alten Bundesländern. Die meisten Städte und Gemeinden der neuen Länder können die Vielzahl freiwerdender militärischer Liegenschaften im allgemeinen nicht für Zwecke der Siedlung oder Wirtschaft nutzen, weil ein Großteil der freiwerdenden Flächen im Außenbereich liegt, was zivile Nutzungen meist weiter erschwert (LOBECK et al., 1993).

Altlasten stellen in jedem dieser Fälle ein Hindernis für eine möglichst zügige Wiedernutzung dar. Bei mangelnder Nachfrage nach wirtschaftlichen Nutzungsformen ist zu befürchten, daß Altlastensanierungen nicht oder zum überwiegenden Teil nicht erfolgen.

381. In Siedlungsgebieten ist eine Bestimmung des erforderlichen Sanierungsumfangs besonders schwierig, weil militärisch genutzte Flächen gemäß § 37 Baugesetzbuch weitgehend von der kommunalen Planungshoheit ausgenommen waren und damit keine Nutzungsvorgaben existieren, von denen Sanierungsziele abgeleitet werden könnten. Erst mit der förmlichen Freigabe der bisher militärisch genutzten Flächen erhalten die Kommunen ihre volle Planungsautonomie zurück. Die Gemeinden sollten aber von der Möglichkeit Gebrauch machen, bereits vor der Freigabe mit der Einleitung der formellen Planung in Form einer vorbereitenden Untersuchung, mit dem Aufstellungsbeschluß für den Bebauungsplan (KRATZENBERG, 1992 zitiert in WIEGANDT, 1992) oder zumindest mit einem informellen Nutzungskonzept zu beginnen, um eine frühzeitige Ableitung von Sanierungszielen zu ermöglichen. Ein iterativer Zielfestlegungsprozeß, bei dem die Ergebnisse der Gefährdungsabschätzung auf der einen Seite und der Bauleitplanung auf der anderen Seite einbezogen werden (Tz. 13 ff.), ist wegen der bisher fehlenden Planungsvorgaben unausweichlich. Dabei darf jedoch nicht das Problem übersehen werden, daß Kommunen ihre Nutzungsvorstellungen erst ent-

wickeln werden, wenn die Finanzierung der Sanierung von Altlastenflächen gesichert ist (Tz. 204).

382. Bei Flächenüberangebot und mangelnder Nachfrage nach einer wirtschaftlichen Verwertung können gerade in strukturschwachen altindustrialisierten oder ländlichen Regionen auf Dauer angelegte Militärbracheflächen im Innen- und Außenbereich entstehen.

Eine Bereitstellung dieser ehemals militärisch genutzten Flächen für den Naturschutz ist grundsätzlich nicht nur bei fehlendem Verwertungsinteresse zu befürworten. Der Naturschutz benötigt nach wie vor in erheblichem Umfang Flächen, auf denen seinen Zielen Vorrang vor anderen Nutzungen eingeräumt wird. Besonders Truppenübungsplätze zeichnen sich durch wertvolle Biotopeigenschaften wie Großflächigkeit, Nährstoffarmut, Biotopvielfalt, unterschiedliche Sukzessionsstadien in engem räumlichen Verbund und Abgeschiedenheit aus. Damit besitzen sie für den Naturschutz einen außerordentlich hohen Wert (Deutscher Rat für Landespflege, 1993). Der Umweltrat hat in seinem Umweltgutachten 1994 (Tz. 894) gefordert, den Flächenanteil von Naturschutzentwicklungsgebieten auf 10 % der Landesfläche auszudehnen. Um dieses Ziel zu erreichen, böte sich die Nutzung insbesondere der freiwerdenden großflächigen Truppenübungsplätze an. Als Totalreservate mit freier Sukzession stellen sie hochwertige Naturschutzentwicklungsgebiete dar.

383. Der Umweltrat schließt sich den Empfehlungen des Deutschen Rates für Landespflege (1993) zur Konversion von Truppenübungsplätzen an und empfiehlt,

- die aus Sicht des Naturschutzes wertvollen freiwerdenden Gebiete in der Regionalplanung mit dem Instrument der „Vorrangfläche für den Naturschutz" zu sichern,
- eine Ausweisung der einstweilig sichergestellten Gebiete als Naturschutzgebiete voranzutreiben und
- eine Übertragung naturschutzfachlich wertvoller freiwerdender Militärflächen in das Eigentum der Länder mit der Zielsetzung „Naturschutz" vorzunehmen.

Die Bestimmung des Sanierungsumfangs von Altlasten bei der Folgenutzung Naturschutz ist nur möglich, wenn bei den zugrundegelegten Prüf- und Maßnahmenwerten „Naturschutz" oder „nicht genutzte Ökosysteme" als Nutzungsszenario berücksichtigt werden. Der Umweltrat empfiehlt daher die Weiterentwicklung und Anwendung entsprechender Standards, die bei Flächen, die der Vorrangnutzung Naturschutz gewidmet sind, eine Entscheidungshilfe bieten (Tz. 130 f.).

3.4.2 Sanierungsmaßnahmen und -verfahren für militärchemische Altlasten

384. Sanierungsmaßnahmen und -verfahren für militärchemische Altlasten unterscheiden sich zwar nicht prinzipiell von denen zur Sanierung herkömmlicher Altlasten und zur Sonderabfallbehandlung; die Grundsätze und die einzelnen Verfahrensschritte, etwa Durchführbarkeitsstudie, Einkapselung, Stoffentnahme oder chemische (einschließlich bio- und thermochemischer) Umsetzung sowie Reststoffdeponierung sind in beiden Bereichen gleich (Abschn. 1.4.3 und Anhang 1; vgl. SRU 1989, Kap. 4.2 und 4.3). Bedingt durch besondere Schadstoffe, deren Vielfalt und die mögliche Überlappung mit herkömmlichen Schadstoffen, gibt es jedoch in Teilbereichen erhebliche Unterschiede, zum Beispiel bei Untersuchungen, Räumungs- oder Entnahmetechniken und den einzelnen Sanierungsverfahren.

385. Eine weitere Begründung für die Eigenständigkeit des Sachbereiches ergibt sich aus der im allgemeinen großen Ausdehnung potentiell belasteter Altstandorte des Militärbetriebs, auf denen sich häufig Mehrfachkontaminationen auch aus verschiedensten Nutzungsperioden befinden und überlagern. Als Beispiel sei der Militärstandort Zeithain in Sachsen genannt, bei dem es sich um eine ca. 50 km^2 großes Areal mit etwa sechzig, zum Teil schon bestätigten Altlastverdachtsflächen handelt. Auf dem Gelände befinden sich Deponien, unterirdische Kraftstofftankanlagen, Kraftfahrzeug- und Panzerwerkstätten, Schießplätze für Panzer, ein Sprengplatz zur Munitionsvernichtung sowie Munitions- und Kampfstoffvergrabungen (DAFFNER und HERLITZIUS, 1994).

386. Die Verteilung der spezifisch militärchemischen Altlastverdachtsflächen auf solchen großen Militärarealen ist in der Anfangsphase meist unbekannt. Die Erfassung und Erkundung sollte sich nicht ausschließlich auf nutzungsgeschichtliche Unterlagen stützen.

Vorliegende Erfahrungen aus dem Bereich Kampfmittelherstellung und -zusammenbau („Laborierung") können nur sehr begrenzt auf die Planung und Durchführung von Räumungs-, Zerlegungs- (Delaborierungs-) und Sanierungsarbeiten für Fundmunition übertragen werden (HERMANN, 1992; SCHLÜTER, 1992). Dementsprechend kostet die Vernichtung von Kampfmitteln, insbesondere von chemischen, wesentlich mehr als ihre Herstellung. Das spezifische Gefahrenpotential militärchemischer Altlasten reicht von physikalischen Gefährdungen über den Zustand baulicher Anlagen (baufällige, angesprengte Gebäude, Keller, Bunker, sichtbare und unsichtbare Kanäle usw.) bis zu den speziellen Gefährdungen, die von den militärischen Explosivstoffen und chemischen Kampfstoff-Funden ausgehen. Verfahren, die für die Sanierung speziell militärchemischer Belastungen eingesetzt werden sollen, müssen sich deshalb durch zusätzliche Eignungskriterien auszeichnen, die die besonderen in der Regel sanierungserschwerenden Eigenschaften von Stoffen und Belastungsflächen berücksichtigen. Das sind unter anderem

- leichte Durchdringung biologischer Barrieren aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften,
- akut gesundheitsschädigende bis tötende Wirkung der Stoffe (Explosion, Reizung, Vergiftung),
- mit zunehmender Alterung potentiell steigende Gefährdung (bei Fundmunition),

- Aggressivität, Korrosivität,
- Komplexität der Wirkung (bei Einzelstoffen, Wirkstoffgemischen, Formulierungen, Laborierungen),
- unbekannte Stoffe und Wirkungen bei Funden (Alterung nicht vorhersagbar),
- besondere Produktionsbedingungen in der Sprengstoffproduktion, forcierte Ausweitung der Produktion,
- kriegsbedingte Zerstörungen der Anlagen und notdürftige Reparaturen zur Wiederaufnahme der Produktion; Demontage und Sprengung.

387. Eine solche Häufung von Sanierungserschwernissen kommt bei zivilen Altlasten kaum vor, so daß hier teilweise völlig neue Wege beschritten werden müssen. Aus den spezialgesetzlichen Bestimmungen des Sprengstoff- beziehungsweise Kampfmittelrechts sowie aus dem Arbeitsrecht ergibt sich zum Teil, daß auf militärchemischen Verdachtsflächen und Altlasten ein erhöhter Aufwand für die Arbeits- und Anwohnersicherheit zwingend erforderlich ist (RAPSCH und TIEDEMANN, 1994; BURMEIER und HILLESHEIM, 1992), und zwar unabhängig davon, ob die vermuteten Stoffe tatsächlich gefunden werden. Je nach Gefährdungsgrad kann der erforderliche Arbeits- und Anwohnerschutz zu stark steigenden Kosten führen, was das Liegenlassen solcher (potentiellen) Belastungen begünstigen kann. Die engmaschigen Regelungen des Kampfmittel- sowie Arbeitsrechts lassen für flexible Sanierungsmaßnahmen kaum Spielraum. Es ist derzeit auch nicht zu erwarten, daß durch Fortschritte in der Technik – etwa durch den Einsatz entsprechender Roboter – eine wesentliche Kostensenkung zu erreichen ist; ferngesteuerte Geräte könnten jedoch eine sichere Stoffentnahme gewährleisten.

388. Das besondere und breit gefächerte Wirkungsspektrum – in Verbindung mit der speziellen rechtlichen Stellung – führt zu der Forderung, daß nur speziell und in hohem Grade wirksame, eignungsgeprüfte Sanierungsverfahren zur Anwendung kommen sollten, weil selbst geringe Restkontaminationen noch ein ernstes, in Einzelfällen allerdings unbekanntes oder schlecht abschätzbares Risiko bedeuten können. „In situ"-Verfahren sind wegen der nicht gesicherten Durchdringung feinkörniger Bodenschichten in der Regel als Übergangs- oder Teillösung denkbar, bei sehr großen Flächen gleichwohl als einzige realistische Sanierungsalternative vertretbar. Die Sanierungsverfahren müssen sich insgesamt durch hohe Rückhalte- und Konversionswirksamkeit für ein breites Stoffspektrum und im gesamten Kontaminationsvolumen auszeichnen.

Die Regelung, daß militärische Altlasten vom Abfallgesetz des Bundes definitiv ausgeschlossen sind (§ 1 Abs. 3 AbfG), liegt unter anderem im besonderen militärchemischen Stoff- beziehungsweise Wirkungsspektrum begründet. Unabhängig davon werden sie von diversen Abfall- und Altlastengesetzen der Länder erfaßt (Tz. 402).

389. Bestimmte Sonderabfälle mit militärchemischem Charakter sind in normalen Sonderabfallbehandlungsanlagen nicht zugelassen, weil sie die Anlage zerstören würden, zum Beispiel durch Sprengstoffe, oder weil sie im Prozeß als Störstoffe auftreten würden, zum Beispiel extrem hohe NO_x-Emissionen bei der nitrobasischen Explosivstoffverbrennung. Die Verarbeitung militärchemisch belasteter Materialien muß in eigens dafür ausgelegten Anlagen erfolgen, in denen durch geeignete Stoffumwandlungen den militärchemischen Stoffen ihr Kampf- und Gefahrstoffcharakter unwiederbringlich genommen wird. Hierbei sind viele Fragen der umweltgerechten Entsorgung von Prozeß- und Reststoffströmen (Prozeßwasser-, Abluft-, Reststoffentsorgung) noch offen; die Anlagen fehlen oder befinden sich in der Planung.

390. Ein wesentlicher Unterschied zum zivilen Bereich ergibt sich aus der fehlenden, eingeschränkten oder unerwünschten Möglichkeit der Weiterverwendung der gewonnenen Stoffe. Die Verwertung beschränkt sich derzeit auf die Materialverwertung von Eisen- und Buntmetallschrott. Es gibt jedoch diverse Ansätze zur militärischen oder zivilen Sprengstoffverwendung (BRAMBUSCH et al., 1992; FLÜCKIGER und KÜSTER, 1992; KOEHLER et al., 1992; SCHOLLES, 1992).

Sicherheitstechnische Aspekte im Rahmen der Durchführbarkeitsstudie

391. Die in Abschnitt 3.3.1 geschilderten Besonderheiten der Stoffeigenschaften machen deutlich, daß der Umgang mit militärchemischen Erzeugnissen sowie Kontaminationen einer besonderen Vorgehensweise bedarf. Aus Gründen des Arbeits- und Anwohnerschutzes, des allgemeinen und betrieblichen Explosionsschutzes sowie des Boden- und Gewässerschutzes sind besondere Vorkehrungen planmäßig einzurichten.

Diese Teilaspekte sind in der Durchführbarkeitsstudie zu berücksichtigen und im Sanierungsablauf durchgehend zu überwachen (SPYRA, 1992; SPYRA et al., 1992). Hierbei ist zu beachten, daß die Mehrzahl der Explosivstoffe sowie der chemischen Kampfstoffe in der Gefahrstoffverordnung nicht aufgeführt ist.

392. Da hinsichtlich der Wirkungsspektren noch große Wissenslücken bestehen, können nur vorsorgliche Schutzmaßnahmen, jedoch keine umfassend begründeten Anordnungen auf dieser Grundlage erlassen werden. Die altlastensanierungsbezogenen Richtlinien der Tiefbau-Berufsgenossenschaft (ZH 1/183 vom April 1992) schließen Stoffe aus der Kampfmittel- und Fundmunitionsbeseitigung definitiv aus und verweisen auf die „Richtlinien für das Zerlegen und Vernichten von Munition" (ZH 1/47.1, Entwurf), die sich derzeit noch im Abstimmungsverfahren befinden. Dieser Entwurf verweist bei planmäßiger Räumung von Fundmunition bei begründetem Verdacht auf chemische Kampfstoffe auf die Tiefbau-Richtlinie ZH 1/183 zurück. Für die Durchführbarkeitsstudie wäre eine Vervollständigung der Stofflisten und eine genauere Abstimmung der Arbeitssicherheits- beziehungsweise Gefahrstoffvorschriften dringend erforderlich.

393. Der Umgang mit Explosivstoffen und Kampfmitteln ist spezialgesetzlich geregelt (Sprengstoffgesetz mit seinen Verordnungen und Verweisen auf einschlägige Unfallverhütungsvorschriften UVV-VBG 55 sowie Richtlinien der Berufsgenossenschaften). Hinsichtlich der Toleranzschwellen von Kampfstoffen bestehen jedoch Unklarheiten, weil oft nur auf pauschale Gefährlichkeitsmerkmale nach § 3a des Chemikaliengesetzes und nach entsprechenden Nummern des Anhangs I der Gefahrstoff-Verordnung, nicht jedoch auf konkrete Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) zurückgegriffen werden kann.

Das aktualisierte Wissen über die Arbeits-, Personen- und Emissionsschutz ist im Sammelband „Schutzmaßnahmen bei der Gefährdungsabschätzung von Rüstungsaltlasten" zusammengetragen worden (RAPSCH und TIEDEMANN, 1994).

Wirksamkeitsnachweis als besonderes Kriterium der Durchführbarkeitsstudie

394. Der Nachweis der Wirksamkeit der anzuwendenden Sanierungstechnik wird normalerweise mit der Abgabe von Bieterzusagen und Gewährleistungspflichten als erbracht angesehen. Bei militärchemischen Sanierungen ist ein solcher Nachweis wesentlich schwieriger zu erbringen als beispielsweise bei einer mikrobiologischen Sanierung von Mineralölkohlenwasserstoff-Kontaminationen; oft bedarf es langjähriger Optimierung oder auch grundlegender Überarbeitung der vorgesehenen Verfahrenstechnik. So hat sich zum Beispiel herausgestellt, daß zur Reinigung sprengstoffbelasteter Böden in Stadtallendorf eine neue Desorptionstechnik, die Bedampfung, entwickelt werden mußte, weil durch die naßmechanische Behandlung (Naßklassierung, Tz. 504 ff.; 566, 570 ff.) auch die gröbere Kornfraktion nicht unter den geforderten Einbauwert abgereinigt werden konnte (WEILANDT, 1994). Ursache dafür waren adsorptiv an Huminstoffe und in besonderen Lagen an Kohle und Tonmineral-Partikel gebundene sowie in den Poren befindliche Schadstoffe. Für die Ausarbeitung der neuen Verfahrenstechnik wurden Technikumversuche mit relativ hohen Durchsätzen (über 20 t) durchgeführt, was auch der allgemeinen Empfehlung des Umweltrates entspricht (Tz. 144).

395. Die Durchführbarkeitsstudie sollte sich mehr als bisher der Frage der Schadstoffbindung und -mobilisierung annehmen. Bestimmte Nitroaromaten und ihre verwandten Aminoverbindungen – vor allem 2,4,6-Trinitrotoluol und -Triaminotoluol – können so stark an Bodenpartikel und Humussubstanzen gebunden werden, daß eine irreversible Bindung des in mikrobiologischen Umwandlungsprozessen entstandenen 2,4,6-Triaminotoluols angenommen und zugleich als technisches Sanierungsziel angestrebt wird („Auto-Immobilisierung", STOLPMANN, 1994). Ein solches Sanierungsziel beziehungsweise ein derartiger Verfahrensansatz ist selbst im „zivilen" Bereich, etwa bei Mineralölkohlenwasserstoff-Kontaminationen, nicht unumstritten (Tz. 522).

Um so mehr muß die Sorgfaltspflicht aller Sanierungsverantwortlichen der Klärung der Remobilisierbarkeit militärchemischer Schadstoffe gelten. Hierbei sollten besondere Wirksamkeitskriterien für verschiedene militärchemische Schadstoffarten in Abhängigkeit von dem toxikologischen Schadenspotential und der Bindungsform vor und nach der Sanierung erstellt werden. Dieser Kriterienkatalog, der im Rahmen eines Forschungsvorhabens erarbeitet werden sollte, sollte Fallkonstellationen definieren, die dann als Positiv- beziehungsweise Negativliste für die Auswahl geeigneter Verfahrensendpunkte dienen. Unter bestimmten Voraussetzungen könnte die Positivliste auch die bei „Auto-Immobilisierung" entstandenen Zwischenprodukte, die unter Umständen sogenannte dead-end-Metaboliten sein können (vgl. zu PSM-Metaboliten: SRU, 1985, Tz. 831 ff.), umfassen und in vertretbaren Fällen erlauben.

396. Wegen der speziellen Wirkungscharakteristik militärchemischer Stoffe sollten Sicherungsverfahren sehr restriktiv angewandt werden. So sollte beispielsweise die Verfestigung militärchemisch kontaminierter Böden für Bauzwecke außerhalb militärischer Liegenschaften ausgeschlossen werden. Innerhalb militärischer Liegenschaften sind die Immobilisate einer Dekontamination zuzuführen, bevor die Liegenschaft zivil genutzt wird. Die Umlagerung unbehandelten Materials sollte gänzlich ausgeschlossen werden.

Daraus ergibt sich die Forderung nach bevorzugtem Einsatz der Dekontaminationstechniken mit sehr hohem Wirkungsgrad, der oft nur in mehrstufigen Kombinationsverfahren zu erreichen ist. Das bedeutet auch, daß „in situ"-Techniken wegen ihrer mangelnden Kontrollierbarkeit beziehungsweise nicht gesicherten Durchdringung auch feinkörniger Bodenkörper nicht oder nur als Teillösung akzeptabel sind (Tz. 388). Bei diesen Dekontaminationsverfahren ist es unbedingt erforderlich, Stoffumwandlungen vorzusehen, die die militärchemischen Schadstoffe sehr weitgehend zerstören.

397. Insgesamt stellt der Umweltrat fest, daß stoffspezifische, toxikologische und sanierungstechnische Gegebenheiten dafür sprechen, die Problematik der militärischen Altlasten und hierbei besonders die der militärchemischen Altlasten als eigenständigen Teil der gesamten Altlastenproblematik aufzufassen. Dementsprechend haben auch einige Bundesländer, das Bundesumweltministerium und das Umweltbundesamt „Rüstungsaltlasten- sowie Konversionsreferate" eingerichtet. Bei entsprechender personeller und finanzieller Ausstattung des Fachgebietes kann diese Vorgehensweise einem pragmatischen, offensiven Problemmanagement dienen, wenn letzteres auch das Stoffstrommanagement, das heißt, Anlagenkapazitätenbeschaffung, mit umfaßt.

Die Bearbeitungspriorität sollte sich aus der vergleichenden Gefahrenbeurteilung aller Verdachtsflächen eines Landes sowie der einzelfallbezogenen Gefährdungsabschätzung ergeben. Da diese Verfahren ihrerseits noch stark verbesserungs- und ergänzungsbedürftig sind, läßt sich eine allgemein bevorzugte Behandlung der militärischen Altlastverdachtsflächen und Altlasten nur politisch begründen.

Geeignete Sanierungstechniken und -verfahren

398. Die im vorangegangenen Abschnitt geforderte besondere Durchführbarkeitsstudie legt auch die Maßstäbe fest, denen geeignete Sanierungsverfahren genügen müssen (Tz. 564). Dementsprechend sollten auf Sicherheit und Wirksamkeit geprüfte Techniken angewandt werden. Als Einsatzbereiche kommen in Betracht:

- Standort- und Nutzungssicherung durch
  - Ortungsverfahren für Munition,
  - Räum- und Bergungstechniken für Munition (Beräumung, Entmunitionierung),
  - Stoffentnahmetechniken für Kampfstoffe, Sprengstoffe, Rückstände aus dem Untergrund und aus Halden (Auskofferung, Kanalspülung),
  - hydraulische Maßnahmen (Schutz von Trinkwasserbrunnen, Grundwasserreinigung),
  - Einkapselungsverfahren (Abdeckung, Untertunnelung, Seitenabdichtung) als Teil von Langzeit-Gesamtkonzepten (Tz. 477 ff.);
- Reinigung kontaminierten Feststoffmaterials, zum Beispiel Bauschutt, Boden- und Untergrundmaterial (spreng-, kampfstoffkontaminiertes Erdreich, keine Sonderabfälle);
- Behandlung von ausgekofferten oder gewonnenen, speziellen militärchemischen Sonderabfällen oder Konzentraten, zum Beispiel Fundmunition oder in Behältern gelagerte chemische Kampfstoffe, Explosivstoff-Klumpen (Brocken, Ablagemengen in Abwasserkanälen), Haldenmaterial (Rückstände aus der Sprengstoffherstellung) und Bodenschlämme (angereicherte Schadstoffe im Feinkorn);
- Luft-, Abluft- und Abgasreinigung.

399. Die bisherigen Erfahrungen mit militärchemischen Altlasten betreffen vor allem die Stufen Erfassung, Bewertung und Sofortmaßnahmen. Materialsanierungen finden in beschränktem Umfang statt; das entnommene Material, vor allem Böden, wird bisher in der Regel zwischengelagert. Die Sanierungstechniken selbst befinden sich in der Entwicklung beziehungsweise die Anlagen in der Planung oder Bauausführung. Aus diesem Grund kann der „Stand der Technik" nur eingeschränkt beschrieben werden. In Anhang 3 werden die verschiedenen Verfahrenstechniken der Dekontamination, ihr derzeitiger Stand und ihre Einsatzmöglichkeiten beschrieben. Sicherungsmaßnahmen sollten grundsätzlich nur für eine überschaubare Übergangszeit oder als Notlösung, wie etwa die hydraulische Sicherung der Brunnenfassungen im Falle der Tri-Halde des Stadtallendorfer DAG-Sprengstoffwerkes eingesetzt werden (WOLFF, 1991; Tz. 571).

3.5 Rechtliche Aspekte und Finanzierungsprobleme bei der Sanierung militärischer Altlasten

3.5.1 Zur Frage der Verantwortlichkeit

400. Die Besonderheiten und auch Schwierigkeiten der rechtlichen Beurteilung militärischer Altlasten resultieren nicht aus der in Abschnitt 3.3 beschriebenen speziellen Schadstoffproblematik militärchemischer Stoffe. Soweit es um solche Stoffe geht, werden die Gefahrenschwellen, die in Gesetzen schutzgutbezogen definiert sind („öffentliche Sicherheit"; „Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit" [§ 6 WHG]), oft schon bei vergleichsweise geringen Konzentrationen erreicht sein. Dies ist gegebenenfalls eine Folge des hohen Gefährdungspotentials jener Stoffe und bedeutet keine Besonderheit im Rahmen rechtlicher Regelungen, die an der Gewährleistung bestimmter Schutzniveaus orientiert sind. Die Unterschiede zu anderen Altlasten ergeben sich vielmehr bei der Frage der Verantwortlichkeit, das heißt, es geht um die intertemporale Verantwortlichkeit, um Fragen des Haftungsübergangs und der Rechtsnachfolge. Bei den vormals von auswärtigen Streitkräften genutzten Liegenschaften treten noch Fragen hinzu, die sich aus der zeitlichen Abfolge besatzungsrechtlicher Bestimmungen und völkerrechtlicher Verträge ergeben, und schließlich spielt das Nebeneinander innerstaatlicher Entschädigungsregelungen und völkerrechtlicher Haftungsbestimmungen oder auch -ausschlüsse eine Rolle.

401. Die Definition militärischer Altlasten (Tz. 337) erfaßt einerseits Altstandorte des Militärbetriebs, die regelmäßig in staatlichem Eigentum standen oder stehen, andererseits Altstandorte der Militärproduktion, deren Eigentümer in der Regel privatrechtlich organisiert waren. Hinsichtlich der Zustands- wie der Verhaltensverantwortlichkeit handelt es sich um unterschiedliche Rechtssubjekte, die entsprechend unterschiedlichen Normen unterliegen; deswegen wird im weiteren zwischen diesen beiden Gruppen von Anlagen differenziert. Allerdings ist diese Unterscheidung nicht ganz trennscharf, weil es eine Schnittmenge beider Gruppen in Gestalt von Grundstücken gibt, auf denen sich Standorte der Militärproduktion innerhalb von Standorten des Militärbetriebs befanden (Tz. 340, 385).

402. Der Bund ist in einem großen Teil der Fälle Grundstückseigentümer und trägt daher die daraus folgende Zustandsverantwortung. Hinsichtlich seiner Pflichten ist er aber dem jeweiligen Landesrecht unterworfen. Ein Teil auch jener Länder, die explizite Regelungen zu Altlasten erlassen haben, hat jedoch bestimmte Gruppen militärischer Altlasten aus dem Anwendungsbereich der jeweiligen Gesetze ausgeschlossen. Soweit diese Ausschlußregelungen reichen, sind Anordnungen nur auf allgemeine polizei-, wasser- und gegebenenfalls bodenschutzrechtliche Normen zu stützen. Die Ländergesetze lassen sich unter diesem Gesichtspunkt in drei Gruppen aufteilen (Stand: Juli 1994):

1. Keine explizite Aussage zu militärischen Altlasten (Berlin, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Schleswig-Holstein, Thüringen)
2. Ausschlußregelung, jedoch nur für Kampfmittel (Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt)
3. Ausdrückliche Einbeziehung (Brandenburg, Hessen, Niedersachsen, Sachsen).

Diese Gruppierung gibt die tatsächlich bestehende Uneinheitlichkeit noch nicht vollständig wieder, weil in den Gesetzen verschiedene Ansatzpunkte gewählt wurden: Die Ausschlußregelungen sind stofforientiert, indem sie wie § 1 Abs. 3 Nr. 8 AbfG an das Aufsuchen und Bergen von Kampfmitteln anknüpfen. Die einbeziehenden Regelungen hingegen knüpfen flächenorentiert an der Art der früheren Nutzung an. Aus diesem Grunde ist Brandenburg zweimal genannt, weil das Landesabfall- und Altlastengesetz ehemals militärisch genutzte Flächen zu den Altstandorten rechnet, so daß zum Beispiel mit Mineralöl verunreinigter Boden jenem Gesetz unterliegt, nicht aber Boden mit Ablagerungen alter Munition, weil Ablagerungen von Kampfmitteln ausgeschlossen werden; daraus folgen Abgrenzungsprobleme bei mehrfach belasteten Flächen. Für die Länder, deren Gesetze keine explizite Aussage treffen, ist anzunehmen, daß vorhandene spezialgesetzliche Bestimmungen über Altlasten auch auf militärische Altlasten anwendbar sind.

3.5.1.1 Altstandorte des Militärbetriebs

403. Es ist zu unterscheiden zwischen Standorten deutscher Streitkräfte (Reichswehr, Wehrmacht, Nationale Volksarmee, Bundeswehr), solchen der Besatzungstruppen der Nachkriegszeit und jenen der im Rahmen bilateraler Verträge und der NATO in Deutschland stationierten ausländischen Truppen. Die völkerrechtlichen Verträge, aufgrund derer diese Truppen in Deutschland stationiert sind oder waren, regeln teilweise auch die Haftung für durch die Truppen verursachte Schäden. Letztere Regelungen waren oder sind meist auf typische Manöverschäden (Flur- und Straßenschäden, Beschädigung von Gebäuden durch militärisches Gerät und ähnliches) ausgerichtet; je nach Wortlaut können sie auch auf Kontaminationen des Bodens und des Grundwassers infolge militärischen „Normalbetriebs" angewendet werden. Die Frage der Legitimationswirkung, die bei Altstandorten mit früherer privatwirtschaftlich-ziviler Nutzung große Bedeutung besitzt (Tz. 275 ff.), spielt bei den rein hoheitlich genutzten Flächen keine Rolle (SCHÜTZ, 1992).

Ehemals von deutschen Streitkräften genutzte Liegenschaften

404. Militärische Liegenschaften, vor allem Kasernen und Truppenübungsplätze, sind häufig von einer langen Geschichte gleichartiger Nutzung geprägt. Zwar haben an manchen Standorten alleine in diesem Jahrhundert Charakter und Name der Truppe mehrmals gewechselt; in rechtlicher Hinsicht jedoch besteht auf diesen Flächen eine Kontinuität: Die Verantwortung oblag und obliegt dem Staat, das heißt für die Gegenwart dem für Verteidigungsangelegenheiten alleine zuständigen Bund, gegebenenfalls als Rechtsnachfolger des Reiches. Solange die militärische Nutzung andauert, gelten bestimmte Sonderregelungen (insbesondere §§ 29a AbfG i.V.m. dem Erlaß des BMVg vom 1. Oktober 1982, 59 f. BImSchG, 14. BImSchV, § 5 Abs. 5 GGVS), die den Streitkräften ein Abweichen von den allgemein geltenden Standards erlauben. Mit Abschluß der Nutzung stellen die Grundstücke jedoch allgemeinen Vorschriften unterliegendes Fiskalvermögen des Bundes dar, für das er auch im Verhältnis zu den zuständigen Ländern die polizeirechtliche Verantwortung (Verursacherhaftung) für etwaige Altlasten trägt. Ab diesem Zeitpunkt stellt sich auch die Frage nicht mehr, ob Verfügungen der Länderbehörden gegenüber dem Bund Beschränkungen unterliegen, weil sie dessen hoheitliche Tätigkeit berühren (SCHÜTZ, 1992). Während der fortdauernden Nutzung sind sie zwar zulässig, können jedoch nicht vollstreckt werden (OVG Lüneburg, ZfW 80, 314).

Eine Ausnahme von der alleinigen Verantwortlichkeit des Bundes könnte für jene Fälle zu erwägen sein, in denen früher privatwirtschaftliche (Rüstungs-) Betriebe auf Liegenschaften der Reichswehr oder Wehrmacht angesiedelt waren; dort kann eine parallele Verursacherhaftung des Betreibers oder dessen Rechtsnachfolgers in Frage kommen.

Infolge der Reduzierung ihrer Präsenzstärke gibt die Bundeswehr in den letzten Jahren die Nutzung zahlreicher ihrer Liegenschaften auf, darunter viele früher von der Nationalen Volksarmee genutzte Grundstücke. Schon länger bestehende Probleme fortdauernder Kontamination werden dadurch unter Umständen zu Altlastenproblemen.

Ehemals von ausländischen Streitkräften genutzte Liegenschaften

405. Altlasten auf Liegenschaften, die von ausländischen Streitkräften genutzt wurden, sind rechtlich auf zwei verschiedenen Ebenen zu beurteilen.

Nach allgemeinen völkerrechtlichen Grundsätzen nehmen Streitkräfte an der Staatenimmunität teil, das heißt, zwischen ihnen und einzelnen Bürgern des Stationierungsstaates bestehen keine unmittelbaren Rechtsbeziehungen. Private Eigentümer beschädigter Grundstücke haben daher nach völkerrechtlichen Grundsätzen keine Möglichkeit, Ersatz unmittelbar von den ausländischen Streitkräften zu erlangen. Völkerrechtliche Verträge wie das NATO-Truppenstatut (NTS) und dessen Zusatzabkommen (ZA-NTS) halten an diesem Grundsatz auch insoweit fest, als sie Schadensersatzbestimmungen enthalten. Schuldner von Schadensersatzansprüchen geschädigter Privatpersonen ist der jeweilige Stationierungsstaat; vertraglich begründete Forderungen gegen den Entsendestaat beziehungsweise dessen Truppe kann nur die Verwaltung des Stationierungsstaats geltend machen.

406. Auf der Ebene zweiseitiger zwischenstaatlicher Beziehungen, das heißt zwischen Deutschland als Stationierungsland und dem jeweiligen Entsendestaat der Truppe, sind die beiderseitigen Rechte und Pflichten Gegenstand völkerrechtlicher Verträge. Diese regeln zum Teil auch Fragen des Schadensersatzes für Umweltschäden wie Boden- und Grundwasserkontaminationen. Allerdings ist auch hier zwischen verschiedenen Zeitabschnitten zu unterscheiden: Die Rechtsgrundlagen und Bedingungen des seit der Endphase des Zweiten Weltkrieges andauernden Aufenthalts der Truppen haben sich während dieses Zeitraumes mehrfach geändert.

Bundesgebiet
(nach dem Stand bis zum 2. Oktober 1990)

Besatzungszeit ab 1945

407. Die Siegermächte des Zweiten Weltkrieges setzten nach der Kapitulation des deutschen Reiches eigenes Recht. Ihr Handeln unterlag deutschem Recht nur insofern, als dieses nach ihrer eigenen Anordung fortgalt und von ihnen als für sie verbindlich betrachtet wurde.

In Westdeutschland übernahm der Bund die innerstaatliche Regulierung von durch die Besatzungstruppen verursachten Schäden in dem Gesetz über die Abgeltung von Besatzungsschäden von 1955, das zwar Schäden aus der Beseitigung des Kriegspotentials ausschließt (§ 3 Abs. 1 Nr. 1), aber für Manöverschäden und durch „ordnungsgemäße Nutzung" verursachte Schäden eine weitgehend verschuldensunabhängige Entschädigung gewährt. Zwischenstaatlich wurde in Art. 41 Abs. 10 ZA-NTS rückwirkend vereinbart, daß die Bundesrepublik Deutschland und der jeweilige Entsendestaat Entschädigungsansprüche Dritter jeweils zur Hälfte tragen, wenn diese auf vor dem 5. Mai 1955 verursachten Schäden an von der Truppe benutzten Liegenschaften jener Dritter beruhen. Die Entsendestaaten der zu Vertragspartnern gewordenen vorherigen Besatzungstruppen erkannten auf diesem Weg jedenfalls teilweise die Verantwortlichkeit für ihr früheres Handeln an. Der im 1. Teil, Art. 3 Abs. 2 des Vertrages zur Regelung aus Krieg und Besatzung entstandener Fragen aus dem Jahre 1954 enthaltene Verzicht der Bundesrepublik auf alle Ansprüche wurde damit teilweise revidiert.

Der vom Gesetz über die Abgeltung von Besatzungsschäden abgedeckte Zeitraum liegt jedoch über vierzig Jahre zurück, so daß die praktische Bedeutung für die westlichen Bundesländer nur noch gering sein dürfte; seine Geltung wurde durch den Einigungsvertrag nicht auf die neuen Länder erstreckt.

Vertragsaufenthalt ausländischer Truppen
von 1955 bis 1963

408. In der Zeit zwischen der durch das Inkrafttreten des Deutschlandvertrages bewirkten Beendigung des Besatzungsregimes und dem Vollzug des Beitritts zur NATO wurde der Aufenthalt ausländischer Streitkräfte in der Bundesrepublik Deutschland durch drei separate Verträge geregelt, die in Tabelle 3.8 schematisch dargestellt sind. Der Bund verzichtete gegenüber den Stationierungsstaaten auf alle Ansprüche wegen Schäden an seinen Vermögensgegenständen, die bei der Erfüllung dienstlicher Verpflichtungen der Truppen entstanden waren, übernahm aber in § 92 des Bundesleistungsgesetzes (BLG) grundsätzlich die innerstaatliche Haftung gegenüber Dritten für Schäden an Sachen, die nach der Überleitungsvorschrift in Art. 48 des Truppenvertrages nach Ende der Besatzung weiter in Anspruch genommen wurden. Allerdings wird diese Haftung durch § 93 BLG für bebaute Grundstücke ausgeschlossen.

Wegen Kontaminationen aus jenem Zeitabschnitt bestehen demnach zwischenstaatlich keine Ansprüche; geschädigte Privateigentümer können Ansprüche gegen den Bund nur in dem engen Rahmen der §§ 92 und 93 BLG erheben.

Zeitraum ab 1963

409. Mit der Integration der Bundesrepublik in die NATO wurde neben dem Nordatlantikvertrag das NATO-Truppenstatut maßgebliche Rechtsgrundlage für den Aufenthalt ausländischer Streitkräfte. Wesentliche praktische Fragen der Stationierung sind im Zusatzabkommen geregelt (Tz. 405, Tab. 3.8). Dieser Vertrag regelt unter anderem die Rechte und Pflichten der Stationierungstruppen und des Aufnahmestaates hinsichtlich der in Anspruch genommenen Standorte. Art. 48 Abs. 4 macht die Truppe für die „zur ordnungsgemäßen Erhaltung der (...) Liegenschaft erforderliche Instandhaltung verantwortlich". Fraglich ist, ob damit lediglich eine Verhaltenspflicht statuiert wird, aus deren Verletzung keine Ansprüche des Stationierungsstaates gegen den Entsendestaat folgen (SCHRÖDER, 1992, S. 924). Art. VIII Abs. 1 NTS enthält den Verzicht des Aufnahmestaates auf Ansprüche wegen der Beschädigung ihm gehörender Vermögenswerte. Art. 41 Abs. 3 Buchst. (a) Satz 1 wiederholt die Verzichtserklärung des Art. VIII NTS; Satz 3 begrenzt sie jedoch dahin gehend, daß sie „nicht für Schäden [gilt], die vorsätzlich oder grob fahrlässig verursacht worden sind". Überdies wird der Anwendungsbereich des Anspruchsverzichts eingeschränkt durch Abs. 4 des Unterzeichnungsprotokolls zum Zusatzabkommen, wonach der Verzicht der Bundesrepublik sich nicht auf Schäden bezieht, „die infolge einer Nichterfüllung der übernommenen Instandsetzungs- und Instandhaltungspflichten entstehen". Für die Abgeltung solcher Schäden sollen Verfahrensregelungen entweder in den für jede Liegenschaft abzuschließenden Überlassungsvereinbarungen oder allgemeingültig durch Verwaltungsabkommen getroffen werden. Demnach besteht eine Rechtsgrundlage für deutsche Ansprüche gegen Entsendestaaten wegen Bodenkontaminationen, sofern sie vorsätzlich oder grob fahrlässig verursacht worden sind und auf einer Verletzung der vertraglich übernommenen Instandhaltungspflichten beruhen.

410. Die Änderung des Zusatzabkommens zum NATO-Truppenstatut durch das Abkommen vom 18. März 1993 betrifft gerade für den Umweltschutz bedeutsame Themen. Nach der bisherigen wie der neuen Fassung des Zusatzabkommens kann die Truppe beim militärischen Betrieb auf dem überlassenen Gelände nach Art. 53 Abs. 1 grundsätzlich alle nach ihrer eigenen Einschätzung erforderlichen Maßnahmen zur befriedigenden Erfüllung ihrer Verteidigungspflichten treffen. Bisher konnte sie dabei die in ihrem Herkunftsland geltenden Vorschriften über die öffentliche Sicherheit und Ordnung anwenden, vorausgesetzt, sie stellen „gleichwertige oder höhere Anforderungen (...) als das deutsche Recht".

Praktisch war damit das umweltrelevante öffentliche Recht der Bundesrepublik schon bisher für die NATO-Truppen im Sinne eines Minimum-Standards verbindlich, jedenfalls soweit es auch für deutsche

Tabelle 3.8

Verträge zum Aufenthalt ausländischer Streitkräfte in der Bundesrepublik Deutschland

Zeitraum	Vertragsgrundlage	Regelungsgehalt/Pflichten der Truppe/ Ausgleichsansprüche
5. 5. 55–1. 7. 63	Vertrag über den Aufenthalt ausländischer Streitkräfte in der Bundesrepublik Deutschland vom 23. 10. 1954, BGBl 1955 II, 253, 628; außer Kraft getreten nach Art. 1 des Abkommens vom 3. 8. 1959, BGBl. 1961 II, 1352; 1963 II, 745	Rechtsgrundlage für den Aufenthalt nach Ende des Besatzungsregimes. Regelung über Rechte und Pflichten der Truppe im Truppenvertrag.
5. 5. 55–1. 7. 63	Truppenvertrag, vom 26. 5. 1952, BGBl 1954 II, 57, 78; 1955 II, 628; außer Kraft getreten nach Art. 1 des Abkommens vom 3. 8. 1959, BGBl. 1961 II, 1352; 1963 II, 745	Rechte und Pflichten der Truppen. Art. 21 Abs. 1: Pflicht zur Einhaltung deutscher Rechtsvorschriften, aber Erlaubnis zur Anwendung ihrer eigenen, wenn dadurch die öffentliche Sicherheit oder Ordnung außerhalb ihrer Anlagen nicht gefährdet wird.
5. 5. 55-1. 7. 63	Finanzvertrag, vom 23. 10. 1954, BGBl 1955 II, 381; 1955 II, 628; außer Kraft getreten nach Art. 1 des Abkommens vom 3. 8. 1959, BGBl 1961 II, 1352; 1963 II, 745	Finanzierung der Stationierungstruppen. Art. 9: Verzicht der Bundesrepublik auf alle Ansprüche gegen Entsendestaaten wegen Schäden an ihren Vermögensgegenständen, die bei Erfüllung dienstlicher Verpflichtungen verursacht wurden.
seit 1. 7. 63	Abkommen zwischen den Parteien des Nordatlantikvertrages über die Rechtsstellung ihrer Truppen (NATO-Truppenstatut) vom 19. 6. 1951, BGBl 1961 II, 1183, 1190; 1963 II, 745	Rechte und Pflichten der Truppen. Art. II: Truppen haben das Recht des Aufnahmestaates zu achten. Art. VIII: Aufnahmestaat verzichtet auf Ansprüche gegen Entsendestaat wegen Beschädigung von Vermögenswerten, die ihm gehören.
seit 1. 7. 63	Zusatzabkommen zum Abkommen zwischen den Parteien des Nordatlantikvertrages über die Rechtsstellung ihrer Truppen hinsichtlich der in der Bundesrepublik Deutschland stationierten ausländischen Truppen (Zusatzabkommen zum NATO-Truppenstatut) vom 3. 8. 1959, BGBl 1961 II, 1183, 1218; 1963 II, 745; zuletzt geändert durch Abkommen vom 18. 3. 93, BGBl 1994 II, 2594	Einzelheiten der Rechte und Pflichten der Truppen. Begrenzung des Anspruchsverzichts nach Art. VIII des NATO-Truppenstatuts. SRU

militärische Einrichtungen galt (BOTHE, 1992, S. 145; SCHRÖDER, 1992, S. 922). Nach der neuen Fassung des Art. 53 Abs. 1 gilt das deutsche Recht für die Truppe unmittelbar, soweit es nicht in ihre innere Organisation hineinwirkt; die Anwendung des § 37 BauGB und von § 29a Abs. 2 AbfG auf Vorhaben der Truppen ist in der neu eingefügten Bestimmung des Teil II, Kap. 5a, Art. 21a des Gesetzes zum NATO-Truppenstatut und zu den Zusatzvereinbarungen ausdrücklich vorgesehen. Bestehenden Anlagen wird durch den neuen Art. 21b des Vertragsgesetzes Bestandsschutz (Abs. 1) eingeräumt, jedoch eine Anzeigepflicht (Abs. 2) eingeführt und die entsprechende Anwendung von Vorschriften über nachträgliche Entscheidungen und die Genehmigungspflicht bei wesentlichen Änderungen (Abs. 3) angeordnet. Der Anlagenbegriff des Immissionsschutzrechts wird auf praktisch alle militärischen Einrichtungen anwendbar sein, so daß das Bundes-Immissionsschutzgesetz die hauptsächliche Rechtsgrundlage für nachträgliche Auflagen, vor allem aber auch für Maßnahmen anläßlich der Stillegung von Anlagen (§§ 5 Abs. 3, 17 BImSchG) sein wird. Der nicht genehmigte Weiterbetrieb von Abfallentsorgungsanlagen wird durch Abs. 4 auf zwei Jahre befristet.

411. Praktische Probleme bereitete bisher das Fehlen eines Zutrittsrechts für Vertreter deutscher Behörden, dessen es für Vereinbarungen über Umweltschutzmaßnahmen, aber zum Beispiel auch für Grundwasserprobenahmen auf dem Gelände bedurft hätte. Ein solches Zutrittsrecht ist im neuen Abs. 4 des Unterzeichnungsprotokolls zu Art. 53 vorgesehen. In dessen neuem Abs. 5 werden die Felder der Zusammenarbeit mit den deutschen Behörden erstreckt auf den „Umweltschutz, einschließlich der Erfassung und Bewertung von Flächen, von denen wegen Kontamination des Bodens ein Risiko ausgeht". Diese Regelungen werden in erster Linie dabei helfen, aktuelle Kontaminationen zu beenden, aber auch dem vorzubeugen, daß bei Aufgabe der gegenwärtigen Nutzung militärisch genutzter Gelände schon länger zurückliegende Verunreinigungen als Altlasten zurückbleiben.

Gebiet der früheren DDR

412. Die in der DDR stationierte Westgruppe der Truppen (WGT) der UdSSR unterlag einer vertraglich vereinbarten strikten Bindung an das Recht der DDR (BOTHE, 1992, S. 146 f.; REPKEWITZ, 1991, S. 392), damit auch an deren umweltrelevantes Recht, das jedoch vielfach oder gar auf der Mehrzahl der Liegenschaften nicht beachtet wurde, wie der Zustand der erst seit 1991 für die Vertreter deutscher Behörden zugänglichen Grundstücke aufweist.

Mit dem Erlöschen der zwischen der DDR und der UdSSR geschlossenen Stationierungsverträge infolge der deutschen Einigung (REPKEWITZ, 1991, S. 396) wurde der Aufenthalt der WGT zunächst einseitig von deutscher Seite gestattet und schließlich durch einen am 6. Mai 1991 in Kraft getretenen völkerrechtlichen Vertrag abgesichert, der gleichzeitig den Zeitrahmen und die Modalitäten des Abzuges festlegte. Um für die fortdauernde Inanspruchnahme der Liegenschaften ab dem 3. Oktober 1990 eine innerstaatliche Rechtsgrundlage zu schaffen, enthält Art. 2 II des Vertragsgesetzes die gesetzliche Fiktion der vorzeitigen Besitzeinweisung nach dem Landbeschaffungsgesetz.

413. Für die bis zum vollständigen Abzug verbliebene Stationierungszeit wurde durch den Vertrag eine umfassende Pflicht der WGT vereinbart, die deutschen Gesetze zu „respektieren und zu befolgen" (Art. 2 Abs. 5) und bei der Nutzung der ihr zugewiesenen Liegenschaften die „deutschen Rechtsvorschriften, insbesondere auf den Gebieten (...) der öffentlichen Sicherheit und Ordnung sowie des Umweltschutzes" einzuhalten (Art. 8 Abs. 1). Sie hatte dies in eigener Verantwortlichkeit zu tun (Art. 2 Abs. 5 Satz 3), das heißt, eine förmliche Kontrolle durch deutsche Behörden fand nicht statt. Allerdings gingen von den Verpflichtungen zur Zusammenarbeit mit den deutschen Behörden (Art. 2 Abs. 4 Satz 1; Art. 8 Abs. 1) de-facto-Kontrollwirkungen aus. Zusätzlich wurden Vereinbarungen getroffen, den Zustand der Liegenschaften auch schon vor deren Freigabe in Zusammenarbeit der Truppendienststellen und deutscher Behörden umfassend zu erkunden und Schäden zu dokumentieren. Weiterhin wurden in den Artikeln 23 und 24 ausführliche Bestimmungen über die Haftung für Schäden sowohl der Bundesrepublik als auch einzelner Bürger getroffen. Unmittelbar vor diesem Vertragsschluß wurde von beiden Regierungen ein Abkommen über einige überleitende Maßnahmen vereinbart (BGBl. 1990 II S. 1654, BGBl. 1991 II S. 723). Beide Verträge nehmen aufeinander Bezug. Das Überleitungsabkommen installiert in Art. 7 eine deutsch-sowjetische Kommission, zu deren Aufgaben neben der Bestimmung von Bestand und Wert der mit sowjetischen Mitteln gebauten und auf den Liegenschaften zurückbleibenden Vermögenswerte die Entscheidung über möglichen Schadensersatz- und andere Ansprüche gehört, die mit der Nutzung der zu übergebenden Liegenschaften im Zusammenhang stehen. Schadensersatzansprüche sollten mit den aus der Verwertung erzielten Erlösen verrechnet werden. Derartige Ansprüche wären gegen Rußland als Rechtsnachfolgerin der UdSSR zu erheben (BOTHE, 1992, S. 146), doch hat die deutsche Seite hierauf verzichtet (Gemeinsame Erklärung des Bundeskanzlers und des Präsidenten der Russischen Föderation vom 16. 12. 1992, Bulletin der Bundesregierung Nr. 139 vom 22. 12. 1992, S. 1265, Ziff. 3).

Berlin

414. Bis in die jüngste Zeit galten für Berlin aufgrund des Vier-Mächte-Status Besonderheiten. Die Stationierung ausländischer Truppen beruhte für die Westsektoren auf alliiertem Besatzungsrecht; hinsichtlich des Status Ostberlins bestanden Meinungsunterschiede zwischen den Westmächten und der UdSSR, auf die hier nicht weiter einzugehen ist, weil die Staatspraxis der letzten Jahre mit wenigen Ausnahmen (Zugang der Westalliierten) Ostberlin als integralen Bestandteil der DDR behandelt hatte. Das Besatzungsregime Berlins wird erst durch das Übereinkommen vom 25. September 1990 und den Notenwechsel vom 23. September 1991 (Vertragsgesetz vom 3.1.94, BGBl 1994 II, 26) beendet.

Separater Teil dieses Vertrages ist das Übereinkommen zur Regelung bestimmter Fragen in bezug auf Berlin, das allerdings noch nicht nach § 8 Abs. 3 des Vertragsgesetzes in Kraft getreten ist. Dessen Art. 3 Abs. 2 sieht eine Exemtion alliierter Behörden und Streitkräfte vor; in Art. 5 Abs. 1 verzichtet Deutschland auf Schadensersatzansprüche gegenüber den Alliierten aus vorangegangenen Handlungen oder Unterlassungen und übernimmt mit Abs. 3 alle Besatzungsschäden. Soweit zuvor durch die Allierten militärisch genutzte Flächen sich als Altlasten darstellen, obliegt die Verantwortung dem Eigentümer, in der Regel also wohl dem Bund oder dem Land Berlin; privaten Eigentümern durch die westlichen Besatzungsmächte in Anspruch genommener Grundstücke stehen unter Umständen Ansprüche nach dem Gesetz über die Abgeltung von Besatzungsschäden zu (Tz. 407). Für die von den früheren sowjetischen Truppen genutzten Grundstücke dagegen gelten die Vorschriften des Landbeschaffungsgesetzes (LBG) entsprechend. Private Eigentümer solcher Grundstücke können daher die Enteignung verlangen, doch bemißt die Entschädigung sich nach

dem Zustand des Grundstücks am 3. Oktober 1990 (§ 17 Abs. 3 Satz 2 LBG). Dem Eigentümer günstiger wäre die Regelung des § 66 Abs. 2 LBG, der bei Ablehnung der Enteignung einen Anspruch auf Ersatz der Wiederherstellungskosten gewährt, doch ist die Anwendbarkeit dieser ausdrücklich auf die Westalliierten bezogenen Vorschrift im Wege des Analogieschlusses sehr fraglich.

3.5.1.2 Altstandorte der Militärproduktion

415. Bei ehemaligen Betrieben der Militärproduktion bestehen in rechtlicher Hinsicht keine grundsätzlichen Unterschiede gegenüber anderen industriellen Altstandorten. Hinsichtlich der polizeirechtlichen Verantwortlichkeit kann sich im Einzelfall die Frage stellen, ob Betrieben oder deren Rechtsnachfolgern Kontaminationen zugerechnet werden können, die auf Besonderheiten der Kriegswirtschaft zurückzuführen sind. An erster Stelle ist der unsachgemäße Umgang mit Gefahrstoffen zu nennen, der auf fehlender Erfahrung mit staatlich angeordneten Produktionslinien oder auf Mangel an für den Umgang mit gefährlichen Stoffen geschultem Personal beruhte.

Es wird zwar in manchen Fällen zutreffen, daß Unternehmen bei der angeordneten Produktion von Rüstungsgütern zusätzliche Umweltrisiken in Kauf nehmen mußten, die sie im Rahmen ihrer zivilen Produktion nicht hätten eingehen müssen und auch nicht eingegangen wären. Dennoch wird man allenfalls dann einen Ausschluß der Verhaltensverantwortlichkeit annehmen können, wenn ein staatlicher Zwang zu umweltschädigendem Verhalten tatsächlich nachgewiesen werden kann. Dies dürften jedoch Ausnahmefälle sein. Im übrigen ist auf die zeitlich durchgängige Geltung der polizeirechtlichen Generalklausel sowie wasserrechtlicher Regelungen zu verweisen, die namentlich Grundwasserkontaminationen zu keinem Zeitpunkt erlaubten. An der Verhaltensverantwortlichkeit früherer Anlagenbetreiber ist deshalb auch angesichts der Besonderheiten der Kriegswirtschaft festzuhalten. Umstände wie die genannten können im Rahmen von Verhältnismäßigkeitserwägungen bei der Anlastung von Untersuchungs- und Sanierungspflichten beziehungsweise -kosten je nach den Umständen des Einzelfalls berücksichtigt werden.

416. Die Beurteilung im Einzelfall ist im übrigen auch für die Frage geboten, ob Unternehmen oder deren Gesamtrechtsnachfolger heute noch als Verhaltensstörer wegen Kontaminationen in Anspruch genommen werden können, obwohl diese mehrere Jahrzehnte zurückliegen. Diese Frage ist zwar nicht auf militärische Altlasten beschränkt, tritt aber in diesem Bereich besonders häufig auf. Die polizeirechtliche Verantwortlichkeit unterliegt keiner Verjährung; deshalb kann die Frage nur unter Anwendung des Verhältnismäßigkeitsprinzips und damit nur für den Einzelfall beantwortet werden. Dabei ist zu würdigen, daß auch die staatliche Anordnung bestimmter Produktionen den privatnützigen und gewinnorientierten Charakter dieser Betriebe nicht aufhob und daß sie für die Ausführung von Aufträgen der Wehrmacht oder anderer für die Beschaffung von Rüstungsgütern zuständiger Stellen genauso bezahlt wurden wie von zivilen Auftraggebern. Die staatliche Einflußnahme zur Zeit der Kriegswirtschaft hat jene Unternehmen daher nicht in eine bloße „Opferposition" gebracht, so daß ihre heutige Inanspruchnahme nicht von vornherein unverhältnismäßig ist.

Fortbestehende Rüstungsbetriebe beziehungsweise etwa vorhandene Gesamtrechtsnachfolger können daher grundsätzlich auch für aus der Vorkriegs- und Kriegszeit herrührende Kontaminationen zur Verantwortung gezogen werden. Naturgemäß wird diese Frage sich vor allem bei größeren Unternehmen stellen, die zu höherem Anteil über die Kriegszeit hinaus bis heute überlebt haben, und sei es auch in Dauerliquidation wie im Falle der I.G. Farben.

417. Davon ist auch für solche Firmen keine Ausnahme zu machen, die selbst oder deren (Gesamt-) Rechtsnachfolger im unmittelbaren oder mittelbaren Staatsbesitz stehen oder standen. Damit ist insbesondere die bis vor kurzem im mehrheitlichen Eigentum des Bundes befindliche Industrieverwaltungsgesellschaft (IVG) angesprochen, die Rechtsnachfolgerin der 1916 gegründeten, seit 1934 reichseigenen Verwertungsgesellschaft für Montanindustrie GmbH. Diese, noch Anfang 1945 in Montan-Industriewerke GmbH umbenannte Gesellschaft war vom Reich mit der Vermögensverwaltung und der geschäftlichen Kontrolle der Rüstungsbetriebe beauftragt worden. Soweit die von diesen zu verantwortenden Kontaminationen dem damals geltenden Recht widersprachen, wobei vor allem Verstöße gegen das Wasserrecht und das Polizeirecht in Frage kommen, und eine Kontinuität der rechtlichen Verantwortlichkeit nachweisbar ist, kann das betroffene Land die IVG AG in Anspruch nehmen, weil sie mit der damaligen Montan-Industriewerke GmbH identisch ist (BMF 1994, S. 51). Die IVG AG trägt dem durch Bilanzrückstellungen dem Grunde nach Rechnung, die jedoch der Höhe nach dem Bedarf nicht entsprechen. (Anhang zur Bilanz 1993, Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 160 vom 25.8.1994, S. 10406, 10411). Eine frühere Tochtergesellschaft, die Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft (IABG), an der die IVG AG noch 15 % des Kapitals hält, ist auch praktisch in der Erfassung, Bewertung und Sanierung militärischer Altlasten tätig (Tz. 342).

3.5.2 Zur Finanzierungsverantwortlichkeit

Altstandorte des Militärbetriebs

418. Altlasten auf Altstandorten des Militärbetriebs weisen nach bisherigem Kenntnisstand hinsichtlich des Kontaminationsprofils überwiegend keine Besonderheiten im Vergleich zu anderen Altstandorten auf (Tz. 338, 342). Die massive Reduzierung der Präsenzstärke der Bundeswehr wie der verbündeten Truppen infolge der deutschen Einigung und der Auflösung der Organisation des Warschauer Vertrages führt dazu, daß in einem bisher unbekannten

Ausmaß und innerhalb eines kurzen Zeitraums die bisherige militärische Nutzung von Flächen aufgegeben wird. In vielen dieser Fälle besteht ein großes Interesse an einer Folgenutzung, sei es durch die öffentliche Hand, sei es durch Private; dies gilt zumal für innerstädtische oder stadtnahe Grundstücke. Die Besonderheit liegt daher im Bereich der Quantität, weniger der Qualität, weil die meisten Kontaminationen auf diesen Flächen stofflich mit denen anderer Altstandorte vergleichbar sind und daher meistens eingeführte Sanierungsmethoden eingesetzt werden können.

Der Bund als Eigentümer gibt die von ihm nicht mehr genutzten und auch nicht für eigene Zwecke bevorrateten Grundstücke überwiegend an die Länder ab. Haushaltsvermerke ermöglichen es, in den neuen Ländern ehemalige militärische Liegenschaften für bestimmte Zwecke unentgeltlich oder zu Preisen bis zu 50 % unter Wert zu veräußern. Das Finanzministerium hat hierzu Richtlinien erlassen (Grundsätze für die verbilligte Veräußerung/Nutzungsüberlassung und unentgeltliche Veräußerung bundeseigener Grundstücke vom 22. Februar 1994, Bundesanzeiger Nr. 64 vom 6. April 1994, S. 3722), die fast ausschließlich eine Bindung der weiteren Verwendung bezwecken, die Behandlung von Altlasten aber offenlassen.

419. Die Rechtsgrundlage für die Übertragung ehemaliger WGT-Liegenschaften wurde erst Ende 1993 durch eine Änderung des Gesetzes zum deutsch-sowjetischen Truppenabzugsvertrag geschaffen, nach der Liegenschaften durch einfachen „Zuordnungsbescheid" einem Land auf dessen Antrag übertragen werden können (Art. 17 § 1 des Registerverfahrensbeschleunigungsgesetzes vom 20. Dezember 1993, BGBl. I S. 2182, 2232). In den einzelnen Verwaltungsabkommen, durch die die Übertragung der ehemaligen WGT-Liegenschaften geregelt wird, überwälzt der Bund die Verantwortung für etwaige Altlasten an das Land, und zwar auch in den Fällen, in denen er mangels gesetzlicher Grundlage das Eigentum noch nicht übertragen konnte und nur den Besitz überließ (Art. 3 Abs. 1 und Art. 4 Abs. 2 des Verwaltungsabkommens zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem Freistaat Thüringen zur Übertragung der von der Westgruppe der Truppen genutzten Liegenschaften auf den Freistaat Thüringen vom 9. Februar 1994, Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 68a vom 12. April 1994). Wegen der auf das Land zukommenden erheblichen Belastungen haben Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt von der Übernahme abgesehen. Auch gegenüber der erneut vorgetragenen Kritik der Länder (BT-Drucksache 12/7617, S. 1) vertritt der Bund weiterhin seine Auffassung, daß die bestehende Staatspraxis sich bewährt habe und seine Beteiligung durch die Übernahme der Kosten der Kampfmittelräumung ausreiche, wobei er auf seine Absicht zur Errichtung einer zweiten Verbrennungsanlage für alte Kampfstoffe in Munster verweist (BT-Drucksache 12/7617, S. 4 f.).

Sachsen und Brandenburg versuchen, durch die Ausgliederung der übernommenen Liegenschaften aus dem Landeshaushalt deren Sanierung sicherzustellen und die Haushaltsrisiken zu begrenzen. Nach ihren Gesetzen über die Verwertung der Liegenschaften der Westgruppe der Truppen (Sachsen: vom 17. Dezember 1993, GVBl S. 1256; Brandenburg: vom 3. Juni 1994, GVBl I, S. 170) werden die Liegenschaften als unselbständiges Sondervermögen geführt. Die Verkaufspraxis muß sich an den Grundsätzen der Raumordnung und Landesplanung orientieren. Die Erlöse sind unter anderem für den Zweck der Sanierung zu verwenden.

420. Die Weitergabe der Altlastenrisiken auf Altstandorten des Militärbetriebs vom Bund an das jeweilige Bundesland ist nach Auffassung des Umweltrates im Hinblick auf das Verursacherprinzip auch dann bedenklich, wenn Kontaminationen nicht von deutschen, sondern von ausländischen Streitkräften verursacht worden waren, weil für die gesamtstaatliche Aufgabe der Verteidigung der Bund auch insoweit die Verantwortung trägt, als sie im Rahmen eines Bündnisses von ausländischen Streitkräften wahrgenommen worden ist. Damit verbunden ist die Verantwortung für die Folgen der Aufgabenwahrnehmung, auch wenn diese unter Umweltaspekten als mangelhaft oder gar verantwortungslos anzusehen war. In einem Lande, das über vier Jahrzehnte vom Ost-West-Gegensatz geprägt wurde, versteht es sich nicht von selbst, diesen Grundsatz unterschiedslos auf die Hinterlassenschaften aller abziehenden Stationierungsstreitkräfte und damit auch auf jene der WGT anzuwenden. Wenn man die von den ehemaligen sowjetischen Truppen hinterlassenen Schäden nicht als verteidigungsbedingte Altlasten anzusehen vermag, so ergibt sich dennoch – wenn auch nicht im strikten Sinne einer Rechtsfolge – eine Verantwortung des Bundes aus seiner in Art. 34 des Einigungsvertrages übernommenen Verpflichtung, in den neuen Bundesländern gleichwertige ökologische Bedingungen zu gewährleisten. Den dort bestehenden Entwicklungsbedarf sollte der Bund nicht zur Überwälzung von Verpflichtungen ausnutzen, die Folgelasten des militärischen Betriebes sind, der notwendigerweise gesamtstaatlich zu verantworten ist.

Altstandorte der Militärproduktion

421. Bei den ehemaligen Heeresmunitionsanstalten als staatlichen Regiebetrieben ist die Sanierungsverantwortlichkeit des Bundes auch in finanzieller Hinsicht unbestritten. Die Schnittmengenproblematik auf den Altstandorten mit einer Kombination militärischen Betriebes und militärischer Produktion wird man nur im Einzelfall lösen können und, soweit Verantwortliche für die ehemaligen Produktionsstätten überhaupt herangezogen werden können, wahrscheinlich rein rechnerische Abgrenzungen im Verhandlungswege suchen müssen. Für die übrigen Altstandorte der Militärproduktion kann nichts grundsätzlich anderes gelten als für andere industrielle Altstandorte. Dies bedeutet, daß die Mittel, die im Rahmen der von einigen Ländern eingeführten Abgabe- und Fondsmodelle (Abschn. 1.5.2) aufgebracht werden, auch für die Sanierung von Altstandorten der

Militärproduktion verwendet werden sollten. Die mit der Produktion von Militärgütern befaßten Betriebe waren stets Teil der gesamten Industrie und mit der Produktion für zivile Zwecke eng verflochten beziehungsweise identisch. Daher rechtfertigt es sich, die heute aufgebrachten Mittel auch für die Sanierung von Altlasten zu verwenden, die aus diesem Produktionszweig herrühren, soweit nicht fortbestehende Unternehmen oder deren Rechtsnachfolger als Verursacher herangezogen werden können.

Finanzierung der Sanierung von militärchemischen Altlasten

422. Die Finanzierung der Beseitigung von militärchemischen Altlasten ist ein seit der unmittelbaren Nachkriegszeit bestehendes Problem, das von Interessengegensätzen zwischen Bund und Ländern geprägt ist. Nach Art. 120 GG trägt grundsätzlich der Bund die Kriegsfolgelasten „nach näherer Bestimmung von Bundesgesetzen", die in erster Linie durch das Allgemeine Kriegsfolgengesetz aus dem Jahre 1957 getroffen wurde. Unterschiedliche Auffassungen über die Reichweite des Begriffs der Kriegsfolgelasten führten zu Problemen, die man durch zwei in den 60er Jahren eingeführte Änderungen des Art. 120 GG in den Griff zu bekommen versuchte.

Die bestehende Staatspraxis differenziert nach dem Grundstückseigentum (BT-Drucksache 12/7617, S. 4): Werden Kampfmittel auf bundeseigenen Grundstükken festgestellt, veranlaßt das Land im Benehmen mit der zuständigen Dienststelle des Bundes die notwendigen Sicherungsmaßnahmen, deren Kosten der Bund dem Land erstattet, wenn kein Verursacher herangezogen werden kann. Bei anderen Grundstücken gilt diese Regelung nur insoweit, als ehemals reichseigene Kampfmittel gefunden werden und eine unmittelbare Gefahr für Leben oder Gesundheit von Menschen besteht. In beiden Fällen sind der Verwaltungsaufwand und die Kosten der Gefährdungsabschätzung nicht einbezogen.

423. Diese Vorgehensweise gilt grundsätzlich auch für Kampfstoffe aus der Zeit vor 1945, die erst jetzt auf ehemaligen WGT-Liegenschaften gefunden werden. Der Bundesrat hatte verlangt, daß die dafür anfallenden Kosten vom Bund übernommen werden (BT-Drucksache 12/5553, S. 208 f.) und dies damit begründet, daß in den alten Ländern der Bund 80 bis 90 % der Kosten der Kampfmittelbeseitigung trage, während sein Anteil in den neuen Ländern geringer sei. Die Bundesregierung hat dies abgelehnt (BT-Drucksache 12/5553, S. 218) unter Hinweis darauf, daß der Bund zur unentgeltlichen Übertragung der Liegenschaften an das jeweilige Land bereit sei, wenn dieses alle damit verbundenen Risiken übernehme; ein über den damit verbundenen Verzicht auf Einnahmen hinausgehendes Engagement sei eine nicht zu vertretende Belastung für den Bundeshaushalt.

3.5.3 Kosten und Finanzierungsbedarf

424. Die Ermittlung des gesamten Finanzierungsumfangs für die Sanierung militärischer Altlasten ist grundsätzlich mit den gleichen Unwägbarkeiten behaftet, wie dies für die „zivilen" Altlasten der Fall ist (Abschn. 1.5.1). Dies gilt insbesondere für die Kategorie „Altstandorte der Militärproduktion". Zwar liegen hierzu aus der Bestandsaufnahme allgemeine Informationen über Anzahl von Altstandorten und deren Gefährdungspotential vor (Tz. 340 f.), für Kostenschätzungen unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten aus durchgeführten Sanierungen oder für objektbezogene Einzelkostenberechnungen fehlt es jedoch an der zuverlässigen Datengrundlage. In Anbetracht des speziellen Stoffpotentials (Abschn. 3.3.1) und der erforderlichen Sanierungstechnik (Abschn. 3.4.2 und Anhang 3) für militärchemische Altlasten ist zu erwarten, daß auf diesen Teilbereich ein erheblicher Anteil des gesamten Finanzierungsvolumens für militärische Altlasten entfallen wird. Entsprechende Kostenschätzungen liegen dem Umweltrat jedoch nicht vor.

425. Für die Sanierung der Altstandorte des Militärbetriebs liegt ebenfalls noch keine Schätzung des gesamten Finanzierungsvolumens vor. Aufgrund der systematischen Vorgehensweise gibt es allerdings, insbesondere für die neuen Bundesländer (ehemalige Liegenschaften der WGT und NVA), einige Anhaltspunkte für erste überschlägige Schätzungen. So wurden im Rahmen des Projekts zur Ermittlung von Altlastverdachtsflächen auf den Liegenschaften der WGT (Tz. 342) unter anderem grobe Kostenschätzungen für ausgewählte Liegenschaften vorgenommen, für die detaillierte Gefährdungsabschätzungen durchgeführt worden sind (Tab. 3.9). Die in diesem Projekt standortbezogen ermittelten voraussichtlichen Kosten eignen sich nicht für Verallgemeinerungen und Hochrechnungen.

FRANZIUS (1994) schätzt die Gesamtkosten auf der Grundlage verfügbarer Zwischenergebnisse aus Erfassungen von Altlastverdachtsflächen im Rahmen des WGT-Vorhabens Anfang 1994 unter der Annahme spezifischer Sanierungskosten von ca. 250 DM/m^2 Altlastfläche auf 16,25 Mrd. DM. Unter Hinzurechnung von 2,5 Mrd. DM für Sofortmaßnahmen ergibt sich ein Finanzierungsbedarf für diesen Teilbereich der militärischen Altlasten in Höhe von 18,75 Mrd. DM.

Für Altstandorte des Militärbetriebs der ehemaligen NVA werden im Rahmen der Erfassung und Bewertung von Altlastverdachtsflächen (Tz. 345) ebenfalls grobe Kostenschätzungen vorgenommen. Eine Auswertung von 254 NVA-Liegenschaften weist für die Gefährdungsabschätzung, also ohne Sanierung, Kosten in Höhe von rund 45 Mio. DM aus. Insgesamt wird der Finanzierungsumfang für diesen Bereich auf rund 2 Mrd. DM veranschlagt (FRANZIUS, 1994).

Schätzungen zur Höhe der aufzubringenden Finanzmittel für die Sanierung von Altlasten auf freiwerdenden Standorten der Bundeswehr und der Gaststreitkräfte liegen nicht vor.

Tabelle 3.9

Ermittlung der voraussichtlichen Sanierungskosten auf ausgewählten WGT-Liegenschaften

Liegenschaft	Größe (ha)	Schadstoffe	Kontam. Medium/ Abfallart	Menge (m^3)	Verfahren[1])	Kosten[2])
Krankenhaus ..	11	MKW, Pb	Boden Altablagerungen Bauschutt	60 4 100 100	Deponierung Mikrobielle on-site-Bodenreinigung	697 000,–
Tanklager	10	MKW	Boden Grundwasser Bauschutt	6 900 100	Bodenluft-absaugung Mikrobielle on-site-Bodenreinigung Rieseldrainagen	6 328 500,–
Garnison	32	MKW, CKW, PAK, Schwermetalle	Boden Bauschutt Altablagerungen	6 700 9 700 77 000	Deponierung Bodenwäsche	29 800 000,–
Schießplatz ...	12	MKW, CKW, Schwermetalle, Phenole	Boden Altablagerungen	375 1 500	Deponierung Mikrobielle on-site-Bodenreinigung	451 500,–
Kaserne	50	MKW, CKW, PAK, Schwermetalle, Phenole	Boden Altablagerungen	130 50	Bodenwäsche Deponierung	98 000,–
Garnison	14	MKW, Schwermetalle	Boden Bauschutt Schrott	11 000 2 000 6 000	Deponierung Mikrobielle on-site-Bodenreinigung	11 289 800,–

[1]) Die Sanierungsverfahren wurden nach folgenden Gesichtspunkten ausgewählt: Durchführbarkeit, Entwicklungsstand, Zeitdauer, rechtliche Maßnahmen, Kosten.

[2]) Als Kosteneinflußfaktoren wurden berücksichtigt: Herstellen des Baufeldes, Baustelleneinrichtung, Emissionsreduzierung, Arbeits- und Immissionsschutz, Abbrucharbeiten, Erdarbeiten, Bohrarbeiten, Wasserhaltungsarbeiten, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen, Sicherungsmaßnahmen zur Unterbrechung der Kontaminationswege, Dekontaminierung des Bodens bzw. Grundwassers, Behandlung von Sickerwasser, Prozeßwasser etc., Behandlung von Abluft, Hallenluft etc., Entsorgung und Deponierung incl. Transport und Konditionierung, begleitende Analytik, Wiederherstellung der Geländeoberfläche (Renaturierung), Nachsorge und Überwachung.

Quelle: FRANZIUS, 1994

4 Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Zu den Begriffen

426. Fünf Jahre nach dem Erscheinen des Sondergutachtens „Altlasten" kann festgestellt werden, daß die dort vorgeschlagenen Begriffsdefinitionen, insbesondere die enge stoffbezogene Auslegung des Altlastenbegriffs, grundsätzlich beibehalten werden können. Inzwischen gewonnene Erfahrungen, vor allem über Art und Umfang von Altlastverdachtsflächen und Altlasten in den neuen Bundesländern, führen jedoch zu einzelnen begrifflichen Anpassungen.

So schlägt der Umweltrat bezüglich des räumlichen Verbreitungstyps vor, den Begriff der Altlasten nicht allein auf punktförmige und kleinflächige Belastungen zu beschränken, sondern auch relativ ausgedehnte Flächen einzubeziehen, wenn sie klar abgegrenzt sind. Dies erscheint sinnvoll, weil solche Flächen hinsichtlich Untersuchung, Bewertung und Sanierung keine grundsätzlich anderen Vorgehensweisen erfordern. Diffuse Bodenbelastungen hingegen sind weiterhin von Altlasten abzugrenzen, weil sie grundsätzlich andere Vorgehensweisen erfordern. Auch physikalische Bodenbeeinträchtigungen und großräumige Landschaftszerstörungen, zum Beispiel als Folge des Braunkohlebergbaus, gehören nach Auffassung des Umweltrates nicht zum Altlastenbereich. Innerhalb derartig devastierter Flächen können sich jedoch Altlastverdachtsflächen befinden.

Altablagerungen sind hinsichtlich des zeitlichen Kriteriums unproblematisch, weil der Zeitpunkt, zu dem die Ablagerung beendet wurde, in der Regel feststeht. Bei Altstandorten mit noch in Betrieb befindlichen Anlagen sollte sich die Abgrenzung danach richten, ob Boden- und Grundwasserbelastungen verursacht wurden, die in ihrer Art und nach den Umständen der Verursachung denen stillgelegter Anlagen entsprechen. Dies ist grundsätzlich auch der Fall, wenn Umweltbelastungen aus Teilstillegungen oder aus Produktionsumstellungen noch betriebener Anlagen stammen. Der konzeptionelle Zugriff des Altlastenrechts ist dadurch gekennzeichnet, daß der Blick in die Vergangenheit gerichtet wird. Es erscheint dem Umweltrat sinnvoll, das Begriffsmerkmal der Stillegung bei Altstandorten in diesem weiteren Sinne zu verstehen. Im übrigen wiederholt der Umweltrat seine Mahnung, auch die Belastungen durch andauernde Aktivitäten flächendeckend zu erfassen.

427. Für Altlastverdachtsflächen beziehungsweise Altlasten aus dem militärischen Bereich hat sich bisher keine einheitliche Definition durchgesetzt. Der Umweltrat schlägt in Anlehnung an den Bereich der zivilen Altlasten vor, militärische Altlasten als Oberbegriff einzuführen und nach Altstandorten der Militärproduktion und des Militärbetriebs zu unterscheiden sowie den Teilbereich der besonderen Belastungen durch konventionelle und chemische Kampfstoffe mit der Bezeichnung „militärchemische Altlasten" hervorzuheben.

428. Auch im Zusammenhang mit dem Sanierungsbegriff hält der Umweltrat an seinen schon im Sondergutachten 1989 angestellten grundsätzlichen Überlegungen fest und bekräftigt die dort entworfenen Prinzipien. Nach Auffassung des Umweltrates hat die Sanierung schutzgut- und nutzungsbezogen zu erfolgen. Dies bedeutet bei Erhaltung vorhandener Standortnutzung, alle im Rahmen der Realnutzung betroffenen Schutzgüter vor Gefahren und Schäden zu schützen. Eine Einengung der Schutzgüter zum Beispiel nur auf menschliche Gesundheit oder bewirtschaftetes Grundwasser ist aus umweltpolitischer Sicht nicht zu verantworten.

Sicherungsmaßnahmen sind im Hinblick auf die Gefahrenabwehr den Dekontaminationsmaßnahmen gleichwertig, wenn bestimmte Anforderungen erfüllt sind. Die Dekontamination der Altlast durch bloße Ausräumung mit nachfolgender Umlagerung unbehandelter Massen wird weiterhin grundsätzlich als unerwünschte Problemverlagerung angesehen. In besonderen Fällen kommt sie jedoch als „unumgängliche" Umlagerung oder neuerdings im Zusammenhang mit Stoffverwertungen in Betracht.

Zum Stand der Erfassung, Bewertung und Sanierung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten

429. Auch aus heutiger Sicht muß die Altlastensituation weitgehend auf der Grundlage der bisher erfaßten Altlastverdachtsflächen beschrieben werden. Zwar hat sich inzwischen die Datenlage sowohl im „zivilen" als auch im „militärischen" Altlastenbereich wesentlich verbessert. Der Umweltrat bekräftigt jedoch seine Empfehlung aus dem Jahre 1989, alle Anstrengungen zu unternehmen, das Stadium der vorläufigen Ergebnisse möglichst rasch zu überwinden und eine solide, bundeseinheitliche und vergleichbare Informationsbasis für Altlastverdachtsflächen (Verdachtsflächendateien) auf Basis der Erstbewertung zu schaffen. In den meisten Bundesländern stehen die weiteren Bewertungsschritte, besonders die detaillierte Untersuchung, noch am Anfang. Ein bundesweiter Überblick über Anzahl und Art der Altlasten wird deshalb erst nach und nach entstehen. Nach Auffassung des Umweltrates sollte mit Hilfe aller Länder der Aufbau eines bundesweiten Altlastenkatasters angestrebt werden.

430. Die vorliegenden Erfassungsdaten lassen noch keine umfassenden Aussagen über die Belastungssituation zu. Für den Bereich Altablagerungen in den alten Bundesländern deuten vorläufige Trends zum Beispiel darauf hin, daß Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle sowie Bauschutt und Erdaushub zu den wichtigsten Abfallgruppen gehören. Der

Umweltrat empfiehlt deshalb, in einer breit angelegten Untersuchung zu klären, inwieweit Bauschutt und Erdaushub kontaminiert sind und ob für diesen Typ von Altlastverdachtsflächen eine einheitliche Art der Behandlung beziehungsweise Sanierung möglich ist. Auch das volle Ausmaß der Grundwassergefährdung läßt sich aus den vorliegenden Ergebnissen noch nicht erkennen. Durch eine bundesweite Auswertung könnte die vorläufige Schlußfolgerung, altlastverdächtige Altablagerungen seien in der Mehrzahl der Fälle mit Grundwasserproblemen verbunden, noch besser bewertet werden.

Die Erfassung der Altstandorte befindet sich in den meisten alten Bundesländern noch in der Anfangsphase. Die erforderlichen Arbeiten sollten zügiger vorangetrieben werden. Dabei sollten für die Bildung von Branchengruppen möglichst stoffliche Gesichtspunkte berücksichtigt und eine zu hohe Aggregation vermieden werden. Unverzichtbar ist die Einbeziehung der Landwirtschaft, weil auch in diesem Bereich Probleme durch Altstandorte auftreten können.

431. Auch für die neuen Bundesländer lassen sich vorerst nur Trends erkennen. So scheint sich bei den altlastverdächtigen Altablagerungen abzuzeichnen, daß der Schwerpunkt bezüglich der Stoffcharakteristik beim Typ Hausmüll/Siedlungsabfälle, hinsichtlich der Volumengrößenklasse und Flächengrößenklasse bei den unteren Größenklassen und hinsichtlich des Ablagerungstyps bei Verfüllungen von Gruben, Tälern und Restlöchern liegt. Zum Ausmaß der Grundwassergefährdung kann vorläufig festgestellt werden, daß die Quote der Fälle mit direktem Grundwasserkontakt unter 15 % liegen dürfte. Insgesamt ist aber ein Gefährdungspotential für das Grundwasser durch Altablagerungen in fast allen neuen Bundesländern deutlich zu erkennen. Die Erfassung von altlastverdächtigen Altstandorten ist in den neuen Bundesländern weiter fortgeschritten als in den alten Bundesländern. Besondere Probleme und deutliche Unterschiede lassen sich insbesondere für die Altstandorte der chemischen Industrie, der Energiewirtschaft und der Landwirtschaft erkennen. Dies gilt in besonderem Maße für die Stoffprobleme quantitativer und qualitativer Art.

432. Im Bereich der militärischen Altlasten vermitteln die vorliegenden Ergebnisse einen Einblick in die Dimension des Problems, der vor fünf Jahren noch nicht möglich war. Der Umweltrat begrüßt die Arbeiten zur Erkundung der Situation bei militärischen Altlasten, stellt aber fest, daß der gegenwärtige Kenntnisstand einen vollständigen Überblick noch nicht zuläßt. Um dieses Defizit zu beseitigen, sollten die verschiedenen Ansätze mit dem Ziel einer zentralen Datenerfassung und Bearbeitung zusammengeführt werden. Eine noch stärkere Koordinierung der Aktivitäten der beteiligten Bundesressorts ist erforderlich. Unklarheiten über die Regelung der Zuständigkeiten innerhalb der Bundesregierung für den Bereich militärischer Altlasten sollten einer zügigen Fortführung der Arbeiten nicht im Wege stehen. Schließlich empfiehlt der Umweltrat, die Sonderprobleme des Teilbereichs militärchemische Altlasten im Hinblick auf das Gefährdungspotential und den Sanierungsaufwand im Vergleich zu den übrigen militärischen Altlasten gezielter herauszuarbeiten, um bessere Entscheidungsgrundlagen für die Prioritätensetzung verfügbar zu haben.

433. Die bisher durchgeführten Sanierungsmaßnahmen lassen als Zwischenergebnis den Schluß zu, daß die Quote der Umlagerung (Auskofferung) hoch ist. Überlegungen, ob und inwieweit eine Änderung erfolgen kann, sollten im entsprechenden Arbeitskreis der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall angestellt werden. In den neuen Bundesländern wurden mit Unterstützung des BMU und BMFT modellhafte Sanierungen verschiedener Standorte durchgeführt.

Zur Gefährdungsabschätzung

434. Aufgrund fehlender bundeseinheitlicher Vorgaben haben sich in den vergangenen Jahren die *Vorgehensweisen bei der Gefährdungsabschätzung* länderspezifisch weiterentwickelt. Der Umweltrat sieht in den dadurch ausgelösten, nicht völlig identischen länderspezifischen Vorgehensweisen zur Erstbewertung und zur Durchführung der orientierenden Untersuchung unter Einbeziehung vorgesehener bundeseinheitlicher Prüfwerte kein gravierendes Problem, weil die verschiedenen Vorgehensweisen alle geeignet sind, Altlastverdachtsflächen zu erfassen und zu erkunden. Für die Detailuntersuchung unterstützt er aber ein bundeseinheitliches Vorgehen, denn deren Ergebnis entscheidet, ob eine altlastverdächtige Fläche eine Altlast ist. Von dem geplanten Bundes-Bodenschutzgesetz und seinem untergesetzlichen Regelwerk erhofft sich der Umweltrat eine stärkere Vereinheitlichung der Detailuntersuchung und ihrer Bewertung. Der Umweltrat begrüßt die von der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz in Abstimmung mit der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser erarbeiteten „Einheitlichen Bewertungsgrundsätze zu vorhandenen Bodenverunreinigungen/Altlasten", die einen wesentlichen Beitrag für eine gleichmäßige Behandlung aller altlastverdächtigen Flächen und Altlasten liefern.

435. Die *Untersuchungsmaßnahmen* für die Gefährdungsabschätzung haben sich auf allen Gebieten weiterentwickelt, was zu einer Verbesserung der Datenlage und zur Minderung des unbestimmten Risikos beiträgt. Zur Sicherstellung der Qualität von Untersuchungsergebnissen wiederholt der Umweltrat seine Forderung aus dem Sondergutachten 1989, eine bundeseinheitliche Regelung für die Qualitätssicherung in der präanalytischen Phase und bei der Analytik zu schaffen sowie die Qualifikation von Untersuchungsstellen sicherzustellen. Insgesamt sieht er auf dem Feld der Qualitätssicherung bei der Altlastenanalytik noch erheblichen Handlungsbedarf.

436. *Toxikologische Bewertungen* spielen auf allen Stufen der Gefährdungsabschätzung von Altlastverdachtsflächen die entscheidende Rolle. Die toxikologische Gefährdungsabschätzung kann in die Expositionsabschätzung und in die Bewertung der Exposition gegliedert werden. Für die Ermittlung der Expositionshöhe im Rahmen der Expositionsabschätzung fordert der Umweltrat eine einheitliche Vorgabe von Expositionsfaktoren für Aufnahmeraten

zum Beispiel von Boden, Wasser und Luft durch den Menschen sowie für Körpergewicht bei verschiedenem Lebensalter, damit in vergleichbaren Situationen vergleichbare Expositionshöhen bestimmt werden.

437. Zur Bewertung der Exposition müssen toxikologisch begründete Orientierungswerte für die duldbare tägliche Aufnahmemenge herangezogen werden. Diese Werte müssen auf der resorbierten Schadstoffdosis beruhen, da nur der resorbierte Anteil ins Zielgewebe gelangen und dort Schäden verursachen kann. Die Orientierungswerte müssen so gewählt werden, daß bei lebenslanger Exposition keine nachteiligen Wirkungen auftreten. Bei Kanzerogenen ohne Wirkungsschwelle darf der Orientierungswert eine durch politische Entscheidung festzusetzende Zunahme der Tumorinzidenz nicht überschreiten, wobei die sehr unterschiedliche medizinische und gesundheitspolitische Bedeutung der verschiedenen Tumorarten zu berücksichtigen ist.

Nach Auffassung des Umweltrates sollte die Bestimmung der Orientierungswerte nach einheitlichen toxikologischen Kriterien erfolgen, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Dazu sollte ein Katalog von toxikologischen Untersuchungen auf verschiedenen Stufen der Wirkungskette (Endpunkte) aufgestellt werden, die bei der Ableitung von Orientierungswerten mindestens zu berücksichtigen sind. Es sollten sowohl kurzfristige als auch langfristige Endpunkte einbezogen werden. Die alleinige Verwendung von Werten wie LD_{50} (letale Dosis für 50% der Versuchstiere), NOAEL (no observed adverse effect level) oder LOAEL (lowest observed adverse effect level) sollte vermieden werden, denn sie lassen keine Aussagen über wichtige Charakteristiken wie Steilheit der Dosis-Wirkungs-Kurve, Toxikokinetik oder -dynamik zu. Wenn die Datenbasis zu gering ist, sollte vorläufig auf die Angabe von Werten verzichtet werden. Auch sollten nach Meinung des Umweltrates einheitliche Kriterien zur Durchführung der toxikologischen Studien aufgestellt werden.

Bei der Ableitung von nutzungsbezogenen, toxikologisch begründeten Orientierungswerten muß festgestellt werden, wieviel der duldbaren resorbierten Aufnahmemenge bereits durch Hintergrundbelastungen ausgeschöpft ist. Die Exposition durch die Altlast darf die Differenz aus duldbarer Aufnahmemenge und Hintergrundbelastung nicht überschreiten.

438. Zur Überwindung des Konfliktes zwischen der Forderung nach möglichst gesicherter Gefährdungsabschätzung und der Forderung nach einfacher, zeit- und kostensparender Bewertung fordert der Umweltrat die Berücksichtigung der folgenden Mindestanforderungen bei der Ableitung von toxikologisch begründeten Orientierungswerten:

- Transparenz bei der Ableitung der Werte,
- Erarbeitung von Expositionsszenarien zur Expositionsabschätzung,
- Ermittlung von Bodenwerten auf der Grundlage von duldbaren resorbierten Schadstoffmengen,
- Berücksichtigung der Hintergrundbelastung,
- Ableitung von Orientierungswerten für Kanzerogene auf der Grundlage von maximal duldbarem Zuwachs der Tumorinzidenz, wobei die unterschiedliche gesundheitspolitische Bedeutung der einzelnen Tumorarten berücksichtigt werden sollte,
- Angabe adäquater Analysemethoden zu den Bodenwerten.

Bei den bestehenden Ansätzen zur toxikologischen Gefährdungsabschätzung werden aus unterschiedlichen Gründen bisher nicht alle vorgenannten Anforderungen erfüllt.

439. Im Rahmen der Verfahren zur Gefährdungsabschätzung werden mittlerweile zahlreiche *Wertelisten* zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen verwendet, die unterschiedliche Kategorien von Werten (Prüf-, Maßnahmen-, Sanierungsziel- und/oder Einbauwerte) mehr oder weniger differenziert nach Schutzziel und Nutzungsart angeben. Dies hat zu Unsicherheiten bei den Bearbeitern und bei den von den Maßnahmen Betroffenen geführt.

440. Die früher schon vorhandenen formalisierten *Bewertungsverfahren* wurden weiterentwickelt sowie weitere Verfahren neu konzipiert. Bei diesen Entwicklungen wurden unterschiedliche Vorgaben für den jeweiligen Einsatzzweck berücksichtigt. Bei etwa gleicher Grobstruktur divergieren die Verfahren in ihrer Feinstruktur und können deshalb nicht – oder zumindest nicht unverändert – in ein bundeseinheitliches Bewertungsverfahren umgewandelt werden.

441. Der Umweltrat sieht im Grundsatz keine Notwendigkeit, besondere Bewertungsverfahren für militärische Altlasten zu entwickeln. Allerdings muß den besonderen Stoffeigenschaften und den toxischen Wirkungen militärchemischer Stoffe Rechnung getragen werden. Militärkampfstoffe besitzen Eigenschaften, die nach speziellen taktischen Erfordernissen zur gezielten, akuten Schädigung oder Vernichtung entwickelt wurden. Hinzu kommen chronische Wirkungen der Kampfstoff-Wirkstoffe sowie deren Vor-, Neben-, Abfall- und Umwandlungsprodukte, so daß das gesamte Schädigungspotential sich in Bewertungsmodellen keineswegs hinreichend beschreiben läßt.

Der Vorteil bisher entwickelter Verfahren für militärische Altlasten besteht in der einheitlichen und schnellen einzelfallbezogenen Bewertung. Diese – parallel zu den von Bund und Ländern für „zivile" Altlasten entwickelten – Verfahren sollten daraufhin geprüft werden, inwieweit sie kombinierbar sind beziehungsweise ob und wo sie mit anderen Verfahren konkurrieren sollten.

442. Sowohl bei der Detailuntersuchung altlastverdächtiger Flächen als auch bei der Kategorisierung der Altlasten spielen die pfadspezifische Persistenz und das pfadspezifische Transferverhalten (Mobilität) der Schadstoffe im Hinblick auf die *Grundwassergefährdung* eine entscheidende Rolle. Bewertungsmodelle, die Persistenz- und Transferpotentiale berücksichtigen, erscheinen dem Umweltrat für eine rasche, kostengünstige und standardisierte Bewertung von altlastverdächtigen Altablagerungen gut

geeignet und sollten auch für Altstandorte Anwendung finden. Die Grundlagenforschung über Boden- und Grundwasserlebensgemeinschaften ist ebenso voranzutreiben wie die interdisziplinäre Zusammenarbeit bei der Prognose von Schadstoffausbreitung und -abbau. Hierdurch könnten Erfahrungen gesammelt werden, um die mit einer zeitlichen Streckung der Sanierung von Altlasten verbundenen Risiken besser beurteilen zu können. Die Sammlung dieser Erfahrungen sollte in einer Bundesbehörde erfolgen.

443. Der Umweltrat hält es für dringlich, daß die vorgesehenen Arbeiten und Vereinbarungen zur toxikologischen Gefährdungsabschätzung im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes mit seinem untergesetzlichen Regelwerk gemeinsam von Bund und Ländern zügig vorangetrieben werden. Auf der Grundlage des gegenwärtigen Kenntnisstandes kommt der Umweltrat zu folgenden *Schlußfolgerungen und Empfehlungen:*

- Prüf- und Maßnahmenwerte können im strengen wissenschaftlichen Sinne nicht begründet werden; sie können lediglich von wissenschaftlichen Grunddaten abgeleitet werden.
- Nicht für alle Stoffe werden toxikologische Hilfsgrößen verfügbar sein; hier sind Forschungsarbeiten erforderlich.
- Die vorgeschlagenen Vorgehensweisen zur toxikologischen Gefährdungsabschätzung sollten nicht festgeschrieben werden. Vielmehr sollte die Verpflichtung aufgenommen werden, dem Fortschritt wissenschaftlicher Erkenntnis in den Gefährdungsabschätzungsstrategien einerseits und der Verbesserung der Datenlage andererseits in der Einzelfallbewertung Rechnung zu tragen.
- In Fällen ganz unzureichender Datenlage sollten bei Einzelstoffbewertungen statt einer Endbewertung die Erfordernisse weiterer Untersuchungen klar definiert und als Forderung formuliert werden.
- Die Gefährdungsabschätzung ist als iterativer Prozeß aufzufassen und umzusetzen. Das bedeutet, die Gefährdungsstufen nach Maßgabe des Vorliegens oder Nichtvorliegens erforderlicher Daten zu charakterisieren und ihre Wertigkeit und Verbindlichkeit abzustufen. Die Gefährdungsabschätzung ist nach Verfügbarwerden weiterer, zuvor eingeforderter Daten fortzuschreiben. Damit würde man zu neuesten Bestrebungen der Environmental Protection Agency der Vereinigten Staaten auf dem Gebiet der Risikoabschätzung aufschließen.

Für die Ableitung von Werten zum Vergleich von expositionsbedingten Körperdosisraten mit toxikologisch begründeten tolerablen Dosisraten muß eine transparente und einvernehmliche Methode vorliegen. Hier besteht noch Bedarf an fachlicher Konsensfindung. Analog der Vorgehensweise bei der Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK-Kommission) und im Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe (BUA) sollte ein ständiger Expertenkreis eingerichtet werden, der die Validierung der verwendeten wissenschaftlichen Erkenntnisse vornehmen, einvernehmlich die Konventionen und die tolerable Dosisrate vorschlagen sowie den Fortschritt wissenschaftlicher Erkenntnis und die Verbesserung der Datenlage ständig verfolgen sollte. Nur durch ein in der Wissenschaft anerkanntes Gremium werden Voraussetzungen geschaffen, die immer wieder auftretenden Auseinandersetzungen zwischen Gutachter und Gegengutachter an der „Front" der Beurteilung der Gefährdungsabschätzung zu objektivieren. Die Mitglieder des Expertengremiums müssen Einzelpersönlichkeiten aus den für die Fragestellung zuständigen Fachdisziplinen sein.

444. Der Wunsch nach Berücksichtigung *ökotoxikologischer Gefährdungspotentiale* und das tatsächlich vorhandene Wissen gehen im Bereich der Gefährdungsabschätzung für Altlasten noch weit auseinander. Um diese Positionen einander anzunähern, wird ein zweigleisiges Vorgehen vorgeschlagen: Einerseits sind die Grundlagen möglicher ökotoxischer Wirkungen von Einzelstoffen aufzuarbeiten und bereitzustellen; Testverfahren sollten das Verhalten von Stoffen unter natürlichen Bedingungen sowie ökologische Zusammenhänge berücksichtigen und müßten deutlich über die vom Chemikaliengesetz vorgeschriebenen Untersuchungen hinausgehen. Andererseits sollte zumindest an „Modell-Altlasten" das ökotoxikologische Gefährdungspotential von Stoffgemischen in der Umwelt mit speziell angepaßten Verfahren des aktiven und passiven Biomonitoring untersucht werden, um in absehbarer Zeit standardisierte Verfahren allgemein anwendbar machen zu können.

Erst in einem weiteren Schritt ist die Einbeziehung der Ergebnisse in das Verfahren der Gefährdungsabschätzung in Erwägung zu ziehen. Dabei ist zu klären, welche Bedeutung ökologischen Erkenntnissen im Rahmen einer ökotoxikologischen Risikoanalyse zugemessen werden sollte. Für den Fall, die Wiederherstellung der Multifunktionalität würde angestrebt, müßte den ökotoxikologischen Risiken ein den gesundheitlichen Risiken entsprechendes Gewicht eingeräumt werden.

Zu den Sanierungszielen

445. Die im Sondergutachen 1989 vom Umweltrat entwickelten Zielvorstellungen zur Altlastensanierung bleiben im Grundsatz bestehen: Oberstes Sanierungsziel ist die Abwehr von Gefahren für Leben und Gesundheit des Menschen. Weiteres Sanierungsziel ist das Abwenden von Gefährdungen für die natürliche Umwelt, insbesondere für das Grundwasser, unter Berücksichtigung der vorhandenen und geplanten Nutzung. Der konkrete Sanierungsgrad ist nach bundeseinheitlichen Rahmenvorschriften einzelfallspezifisch, schutzgut- und nutzungsbezogen festzulegen.

Auch nicht konkret bewirtschaftetes Grundwasser bedarf des altlastenrechtlichen Schutzes, wobei allerdings eine Differenzierung bei den Sanierungszielen möglich ist. Gleiches gilt grundsätzlich für Natur und Landschaft; eine schwerwiegende, nachhaltige Beeinträchtigung des Naturhaushaltes stellt eine Gefahrenlage dar.

Die bisherige Sanierungspraxis bei Grundwasserschäden erscheint im ganzen unbefriedigend. Daher fordert der Umweltrat die Einhaltung von Mindestzielen für die Grundwassersanierung und die Anwendung von Maßnahmenwerten als Entscheidungshilfe für die Ableitung von Sanierungszielwerten. Mindestziele einer Sanierung von Grundwasserschäden müssen die Vermeidung von Gesundheitsgefahren, die Abwehr stark ökotoxischer Wirkungen und sonstiger massiver Umweltbeeinträchtigungen, die Wiedernutzung und die Sicherung des Bestandes sowie die Wiederherstellung der Funktionen von Schutzgütern sein. Erhöhte Sanierungsanforderungen gelten innerhalb eines Einzugsgebietes einer Wassergewinnungsanlage für die öffentliche Wasserversorgung. Bei Nichterreichbarkeit von Trinkwasserqualität kann durch Änderung der Bewirtschaftung die Nutzung als Brauchwasser vorgesehen werden.

Die besondere Gefährdungssituation des Grundwassers in den neuen Bundesländern verlangt an grundwassernahen Standorten eine vorrangige Orientierung am Schutzgut (Trink-)Wasser und in Grundwasserabsenkungsgebieten eine integrierte Betrachtung von Boden und Wasser. Damit sind im Einzelfall höhere Anforderungen an den Grad der Altlastensanierung zu stellen als bei alleiniger Orientierung am Schutzgut Boden.

446. Der Vorrang der Gefahrenabwehr schließt nicht aus, daß ehrgeizigere Sanierungsziele verfolgt werden sollten, wenn sie freiwillig und mit angemessenem Aufwand finanziert werden können. Aus umweltpolitischen und auch aus entwicklungs- und strukturpolitischen Gründen sollte die Altlastensanierung einen Beitrag zum „Flächenrecycling" leisten. Dies setzt eine bessere Koordination von Sanierungsplanung, Raumplanung und raumbezogenen Fachplanungen voraus. Hierzu liegen einige methodische Ansätze vor, die es weiterzuentwikkeln gilt.

In den neuen Bundesländern ist die raumplanerische Integration und die Wiederherstellung der Nutzbarkeit von Altlastenflächen besonders dringlich, weil auf der einen Seite zahlreiche Produktionsstätten stillgelegt werden und auf der anderen Seite eine rege Nachfrage nach Bauland besteht. Die Chancen für ein simultanes Vorgehen von Sanierungsplanung und Bauleitplanung stehen insofern gut, als die Planungen noch nicht auf allen räumlichen Ebenen vorhanden oder abgeschlossen sind.

Wenn die Auswirkungen einer oder mehrerer Altlasten die Grenzen mehrerer Bundesländer, Kreise oder Gemeinden überschreiten – wie zum Beispiel im Bereich des Braunkohletagebaus –, sollte von vornherein eine gebietsübergreifende Ziel- und Planungskonzeption für die Sanierung entwickelt werden. Diesbezüglich begrüßt der Umweltrat die Initiativen der Bundesregierung zur Einrichtung von länder- und regionsübergreifenden Koordinationsprojekten und empfiehlt, auch auf Kreis- oder Gemeindeebene gebietsübergreifende Sanierungskonzepte für gemeinsame oder vergleichbare Sanierungsprobleme zu initiieren.

Ehemals militärisch genutzte Flächen, insbesondere Truppenübungsplätze, sollten bei vorhandener Eignung und insbesondere bei fehlendem Verwertungsinteresse als Vorrangflächen für den Naturschutz gesichert werden. In diesem Zusammenhang muß allerdings betont werden, daß bisher in Deutschland verwendete Wertelisten zur Beurteilung von Bodenkontaminationen bis auf wenige Ausnahmen eine Berücksichtigung des Naturschutzes als Nutzungsszenario vermissen lassen. Standortbezogenes Biomonitoring bietet einen geeigneten Ansatz zur Ableitung von Sanierungszielen bei nicht genutzten Ökosystemen. Der Umweltrat empfiehlt, Naturschutz grundsätzlich als Nutzungsszenario bei der Ableitung von Sanierungszielen aufzunehmen.

447. Eine positive Umweltbilanz sollte das Ziel aller Sanierungsmaßnahmen sein. In Anbetracht des erreichten technologischen Entwicklungsstandes und der in vielen Fällen vorhandenen Sanierungsalternativen wird dieses allgemeine Ziel noch zu wenig beachtet. In die Umweltbilanz sind außer den anlagenbezogenen Auswirkungen auch die vor- und nachbereitenden Maßnahmen einzubeziehen. In den Fachverbänden muß eine Diskussion über die Möglichkeiten der Festlegung von Kriterien für verfahrensbedingte Emissionen und ihre Bewertung stattfinden. Bevor ordnungsrechtliche Festlegungen erfolgen, sollten die Fachverbände der Öffentlichkeit baldmöglichst eine Richtlinie hierzu vorlegen.

Zu den Sanierungsmaßnahmen

448. Das in früheren Jahren oft angemahnte Informationsdefizit zu Fragen und Lösungen auf dem Gebiet der Sanierungsstrategie und -technik ist durch zahlreiche nationale und internationale Fachveranstaltungen verringert worden.

Die Frage nach der besten und erfolgversprechendsten Sanierungsstrategie kann nur durch auf den Einzelfall bezogene *Durchführbarkeitsstudien* beantwortet werden. Hilfestellungen können hierbei Checklisten zur Eignungsprüfung und Altlastenmanagementsysteme bieten. Auch sollte der Gedanke der Typisierung gleichartiger Altlasten verstärkt verfolgt werden. Inzwischen hat sich das Erfahrungspotential hierzu erweitert.

In den letzten Jahren sind die Grundlagenforschung und die sich anschließenden Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Sanierungstechnik intensiv betrieben worden. Die vom Umweltrat geforderten Pilotverfahren und -anlagen sind inzwischen vorhanden. Neben den von BMU und BMFT geförderten Projekten konnten auch mit der Entwicklung des Sonderforschungsbereichs „Reinigung kontaminierter Böden" der Deutschen Forschungsgemeinschaft wissenschaftliche Grundlagen für die Verfahren zur Sanierung erarbeitet werden.

449. Die *Entwicklung der Sanierungstechnik* in den letzten Jahren ist nicht nur durch verfahrenstechnische, sondern auch durch wirtschaftliche und finanzielle Faktoren geprägt. Die verfahrensbezogenen Entwicklungen zeigen eine Verfeinerung der Grund-

verfahren in zahlreiche Verfahrensvarianten. Bei qualifizierten Sicherungsmaßnahmen bezweckt die Verfeinerung eine Verbesserung der temporären Abschottungswirkung; über die Langzeitwirksamkeit können nach wie vor keine konkreten Aussagen gemacht werden. Bei der Dekontamination zielt die Entwicklung auf einen verbesserten Stoffübergang ab, damit niedrigere Restkonzentrationen und gegebenenfalls geringere Rückstandsmengen erreicht werden können. Darüber hinaus befinden sich einige neue Ansätze in Entwicklung, die in bestimmten speziellen Bereichen der Dekontamination deutliche Fortschritte erwarten lassen. In jüngster Zeit hat der Einsatz flexibler kombinierter Maßnahmen, bei denen Sicherungs- wie Dekontaminationsverfahren in vielfacher Weise verknüpft werden, an Bedeutung gewonnen. Die Weiterentwicklung und der Einsatz dieser Verfahrenskombinationen werden vom Umweltrat als zukunftsweisend betrachtet.

Die nach wie vor zu niedrigen Preise der Deponierung haben die Umlagerung unbehandelten Materials gegenüber der Entwicklung und Anwendung anspruchsvoller Reinigungsverfahren begünstigt. Die Knappheit an Finanzmitteln kann dazu führen, daß in verstärktem Maße lediglich Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen zur Anwendung kommen und bei Sanierungen statt mit Aushub „in situ" gearbeitet wird, die Verfahren vereinfacht oder weniger anspruchsvolle Verfahren gewählt werden. Die Knappheit der Finanzmittel sollte jedoch als Chance zur Entwicklung kostengünstiger Sanierungen genutzt werden, ohne an den im Einzelfall erforderlichen Maßnahmen zur Abwehr und Beherrschung der Gefahren Abstriche zu machen.

450. Die *Überwachung* während der Sanierung muß die sicherheitsrelevanten und die direkt sanierungsrelevanten Parameter einbeziehen. In der Nachsorgephase sind die dauerhafte Einhaltung der festgesetzten Sanierungsziele und der wirksame Schutz der betroffenen Schutzgüter zu überwachen. Die Überwachung von Sicherungsmaßnahmen muß die Wirksamkeit der Sicherungselemente und der hydraulischen Begleitmaßnahmen einschließen. Bei durch Dekontamination sanierten Flächen sollten die Mobilität und Mobilisierbarkeit der restlichen Schadstoffe, die Einhaltung der Einbauwerte, die bodenkundlichen Kennwerte der gereinigten Substrate, Inhomogenitäten sowie Endpunkt der Sanierung verstärkt in die Überwachung einbezogen werden. Darüber hinaus sollten die Überwachungstätigkeiten eine Kostenkontrolle mit einschließen. Auch geeignete Verfahren des aktiven und passiven Biomonitoring sollten für die Überwachung von Sanierungsmaßnahmen, aber auch für Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen, eingesetzt werden.

451. Zur Lösung der *Sanierungsaufgaben in den neuen Bundesländern* stehen im Prinzip alle bekannten und beschriebenen Maßnahmen und Verfahren zur Verfügung. Eine Reihe von Sanierungserschwernissen, wie Flächengröße, Tiefe, Lage sowie Intensität der Kontamination können die Einsetzbarkeit und Leistungsfähigkeit der Verfahren erheblich beeinflussen. Insbesondere der Einsatz von Dekontaminations- sowie Dichtwandverfahren könnte mit höheren Verfahrensrisiken verbunden sein.

Bislang stehen in vielen Fällen lediglich einfache Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen, Umlagerung sowie Bodenvermörtelung im Vordergrund der Sanierungspraxis. Derartige befristete Maßnahmen und Zwischenlösungen zur Abwehr unmittelbar drohender Gefahren sollten jedoch auf keinen Fall allgemeine Praxis werden. Den Erfordernissen einer auf Dauerhaftigkeit angelegten Sanierung werden derartige Zwischenlösungen nicht gerecht.

452. Aus dem besonderen und breit gefächerten Wirkungsspektrum *militärchemischer Schadstoffe* leitet der Umweltrat die Forderung ab, daß nur speziell und in hohem Maße wirksame, eignungsgeprüfte Sanierungstechniken, die vorzugsweise der Dekontamination dienen, eingesetzt werden sollten. In situ-Verfahren sind in der Regel nur als Übergangs- oder Teillösung denkbar, bei sehr großen Flächen jedoch als einzige realistische Sanierungsalternative vertretbar, wobei die Nutzung dem Sanierungserfolg anzupassen ist.

Wegen der Bestimmungen des Sprengstoff- beziehungsweise Kampfmittelrechts sowie des Arbeitsrechts ist im gesamten Sanierungsablauf ein erhöhter Aufwand für die Arbeits- und Anwohnersicherheit zwingend erforderlich. Alle Möglichkeiten der chemischen Vorbehandlung, die den Kampfstoffen ihren militärchemischen, insbesondere Explosionscharakter nehmen, sind auszuschöpfen. Biologische und thermische Behandlungsanlagen bedürfen Sonderbauformen mit besonderer Abgasreinigung. Die Kapazitätsengpässe bei der Bodenreinigung sollten baldmöglichst beseitigt werden.

Zu den rechtlichen Aspekten

453. Der Umweltrat befürwortet die Initiative des Bundes, in einem Bundes-Bodenschutzgesetz die Erfassung und Sanierung von Altlasten zu regeln. Er betont die Notwendigkeit der Vorgabe einheitlicher Prüf- und Maßnahmenwerte sowie von Anforderungen an Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen und schließlich von Vorschriften zur Überwachung der Sanierung und ihres Erfolges. Diese Regelungen sollten sich auf eine Rahmensetzung und die Vorgabe von Mindestkriterien für eine bundesweit einheitliche Praxis auf den Gebieten beschränken, wo sich dies als zwingend erforderlich erwiesen hat. Sie sollten keinen Automatismus der Sanierung einführen und die Dispositionsfreiheit des Grundstückseigentümers beachten.

Aus rechtlichen und praktischen Gründen ist an einer nutzungsbezogenen Bewertung festzuhalten, aber auch die Unterschiede zwischen den Bodentypen sollten berücksichtigt werden. Eine notwendige Geringfügigkeitsklausel darf sich nicht auf die Untersuchung und Bewertung beziehen, sondern nur auf gegebenenfalls zu ergreifende Maßnahmen. Das untergesetzliche Regelwerk des Bundes-Bodenschutzgesetzes sollte auch Kriterien für die Prioritätensetzung hinsichtlich der Sanierung angeben.

454. Zur Anlastung der Sanierungskosten empfiehlt der Umweltrat, den Behörden die Möglichkeit zu eröffnen, die Kostenverteilung selbst vorzunehmen. Wenn von der Gemeinde eine empfindlichere als die bisherige Nutzung angestrebt und deswegen ein Niveau der Sanierungsmaßnahmen gewünscht wird, das über das von der Gefahrenabwehr Gebotene hinausgeht, sollte das Bundes-Bodenschutzgesetz eine Begrenzung der anlastbaren Sanierungskosten beziehungsweise eine Kostenteilung zwischen dem Sanierungsverpflichteten und der Gemeinde vorsehen.

455. Der in den letzten Jahren betriebene Abbau von Genehmigungserfordernissen hat den Einsatz von Bodenreinigungsanlagen zwar erleichtert und beschleunigt, nicht aber deren umweltbezogene Leistungsfähigkeit gesichert. Der Umweltrat spricht sich deshalb dafür aus, diese Anlagen wieder ausnahmslos nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz genehmigungsbedürftig zu machen, zumal die Zwischenlagerung ausgehobener kontaminierter Böden ohnehin diesem Gesetz unterliegt. Für die Zukunft empfiehlt der Umweltrat, zu prüfen, ob ein dem Kooperationsprinzip entsprechendes Modell der Selbstkontrolle der Betreiber von Bodenreinigungsanlagen die Einhaltung der umweltbezogenen Anforderungen an den Anlagenbetrieb zu gewährleisten vermag.

456. Für die sachgerechte Wahl von Sicherungsmaßnahmen anstelle von Dekontaminationsmaßnahmen müssen die Anforderungen an die Gleichwertigkeit möglichst präzise fixiert werden. Dies gilt insbesondere für die notwendige Dauerhaftigkeit und Wirksamkeit der Maßnahmen im Hinblick auf die Unterbrechung der Schadstoffausbreitung, die Kontrollierbarkeit der Wirkung und nicht zuletzt die Reparatur- oder Nachbesserungsmöglichkeiten der eingesetzten Technik. Hierzu bietet sich eine Verweisung auf die Regelungen von Normungsorganisationen an.

457. Im Interesse der Rechtssicherheit für neue Nutzungen nach einer Sanierung sollten verbleibende Restbelastungen in einem Bodeninformationssystem dokumentiert werden. Einer eindeutigen Regelung bedarf auch das Problem der Nachhaftung. Hierbei sollte differenziert werden: Wurde das Grundstück dekontaminiert, so ist es angemessen, die umweltrechtliche Verantwortung des Eigentümers für die Folgezeit auf etwaige neue Kontaminationen zu beschränken. Erfolgte hingegen die Sanierung durch eine Sicherungsmaßnahme, so erscheint dies nicht angemessen, weil der dauerhafte Einschluß der Schadstoffe der Überwachung bedarf, für die der Grundstückseigentümer verantwortlich bleiben muß. Bestimmungen über die Dokumentation des Sanierungsergebnisses sollten in das Regelwerk des Bundes-Bodenschutzgesetzes aufgenommen werden.

458. Die bei Regelungen zur Sanierungsplanung erforderliche Unterscheidung zwischen der gesetzlichen Festlegung von Sanierungszielen und den nachgeordneten Anforderungen an die Sanierungsplanung sollte sich auch in den entsprechenden Vorschriften wiederfinden. Der Umweltrat befürwortet die Nutzung des Instruments des städtebaulichen Vertrages als eine Chance, im mehrseitigen Interesse liegende Sanierungsziele in Kooperation von Planungs- und Vorhabenträger zu verwirklichen, die auf ordnungsrechtlichem Wege nur teilweise oder mit sehr viel größerem Aufwand zu erreichen wären; dies gilt vor allem für die Neubebauung innerstädtischer Industriebrachen.

Auch wenn die schnelle Überplanung von Altlasten und Überbauung sanierter Flächen im Interesse eines sparsamen Umgangs mit Bauland grundsätzlich wünschenswert ist, sollten die Möglichkeiten der Planungsbeschleunigung mit Vorsicht und Bedacht genutzt werden, um eine Vernachlässigung von Gesundheits- und Umweltbelangen zu vermeiden. Dazu muß die flächendeckende Altlastenerfassung und -bewertung besonders bei den Altstandorten, wo noch erheblicher Nachholbedarf besteht, rascher durchgeführt werden. Diese Informationsbasis ist unerläßlich, damit die Instrumente der Planungsbeschleunigung wirken können und der unnötige Landschaftsverbrauch durch das Ausweichen auf die „grüne Wiese" jedenfalls zukünftig durch ein „Flächenrecycling" wesentlich vermindert werden kann.

459. Der Umweltrat bekräftigt seine Forderung nach Maßnahmen, die die Risiken für das Entstehen zukünftiger Altlasten möglichst weitgehend vermindern. Die notwendige konsequente Vorsorgepolitik muß vor allem bei den Stoffströmen ansetzen und damit auf den Produktionssektor einwirken. Die Entwicklung eines integrierten Vorsorgekonzeptes, das auch die Probleme der Allmählichkeitsschäden berücksichtigt, ist weiterhin dringend notwendig.

460. In den neuen Ländern muß wegen der gebotenen Rücksichtnahme auf die frühere Rechtslage ermittelt werden, welche Verantwortung früheren DDR-Betrieben trotz der Bindung an staatliche Planvorgaben zukam und ob ein Verhalten, das zur Entstehung von Altlasten geführt hat, durch Genehmigungen legalisiert war. Ungenehmigte Ablagerungen und die Nichtbeachtung von Auflagen waren trotz der eklatanten Vollzugsdefizite rechtswidrig. Wegen der weitgehenden Kontinuität des Polizeirechts können Verursacher oder deren Rechtsnachfolger grundsätzlich neben den Grundstückseigentümern ohne Verstoß gegen das Rückwirkungsverbot zur Sanierung von Altlasten herangezogen werden.

461. Der Problemdruck in den neuen Ländern verlangt nach einer integrierten Sanierungsplanung, die die Bedürfnisse der wirtschaftlichen Entwicklung mit den Erfordernissen des vorsorgenden Gesundheits- und Umweltschutzes verbindet. Zur Beschleunigung notwendiger Sanierungsmaßnahmen sollte vor allem das Instrumentarium des Baugesetzbuches und dessen Möglichkeiten der Kooperation zwischen Verwaltung und Investor genutzt werden, während die Planungsbeschleunigungsgesetze, dort wo sie Spielräume lassen, nur mit der gebotenen Vorsicht angewendet werden sollten.

462. Die Freistellungsregelung soll neben der Wirtschaftsförderung auch Zielen des Umweltschutzes und der Sanierung von Umweltschäden dienen. Dazu ist es notwendig, daß Behörden Ziele des Umweltschutzes auch tatsächlich in ihre Ermessensentschei-

dungen einbeziehen und die Möglichkeit der Erteilung von Sanierungsauflagen nutzen, besonders bei Antragstellern, die selbst Verursacher von Umweltschäden oder deren Rechtsnachfolger sind. Die Neufassung der Freistellungsregelung ermöglicht den Behörden, Prioritäten einzelfallbezogen zu setzen, flexibel zu reagieren und so in dem Zielkonflikt zwischen Wirtschaftsförderung, Wiederherstellung ökologischer Funktionen und Entschädigung zu angemessenen Lösungen zu gelangen. Die wirtschaftliche Überlebensfähigkeit von Betrieben kann nicht einziger Entscheidungsgesichtspunkt sein.

463. Für den Bereich der militärischen Altlasten erwartet der Umweltrat, daß die von ihm begrüßten umweltbezogenen Neuregelungen im Zusatzabkommen zum NATO-Truppenstatut eine nützliche Zusammenarbeit zwischen den deutschen Umweltbehörden und den Truppendienststellen fördern wird. Neben der Vermeidung neuer Kontaminationen sollte dies auch dazu führen, daß bei der Rückgabe von Liegenschaften Klarheit über vorhandene Belastungen besteht und die Behörden die nötigen Maßnahmen ohne weitere Untersuchungen einleiten können.

464. Bei ehemaligen Betrieben der Militärproduktion bestehen in rechtlicher Hinsicht keine grundsätzlichen Unterschiede gegenüber anderen industriellen Altstandorten. An der Verhaltensverantwortlichkeit früherer Anlagenbetreiber ist auch angesichts der Besonderheiten der Kriegswirtschaft festzuhalten; diese können im Einzelfall im Rahmen von Verhältnismäßigkeitserwägungen bei der Anlastung von Untersuchungs- und Sanierungspflichten beziehungsweise -kosten berücksichtigt werden und rechtfertigen nur dann einen Ausschluß der Verantwortlichkeit, wenn ausnahmsweise ein staatlicher Zwang zu umweltschädigendem Verhalten nachgewiesen werden kann. Davon ist auch für Firmen keine Ausnahme zu machen, die beziehungsweise deren (Gesamt-)Rechtsnachfolger im unmittelbaren oder mittelbaren Staatsbesitz stehen oder standen.

465. Die Weitergabe der Altlastenrisiken auf Altstandorten des Militärbetriebs vom Bund an das jeweilige Bundesland ist im Hinblick auf das Verursacherprinzip auch dann bedenklich, wenn Kontaminationen nicht von deutschen, sondern von ausländischen Streitkräften verursacht worden waren. Für die gesamtstaatliche Aufgabe der Verteidigung trägt der Bund auch insoweit die Verantwortung, als sie von ausländischen Streitkräften wahrgenommen worden ist. Bund und Länder sollten trotz der bestehenden Interessengegensätze eine aufgabengerechte Lösung der Finanzierungsprobleme suchen; dies gilt auch und vor allem für die Beseitigung der militärchemischen Altlasten.

Zu Kosten- und Finanzierungsproblemen

466. Kostenschätzungen und Überlegungen zu den Finanzierungsmöglichkeiten stehen angesichts der Dimension des Altlastenproblems einerseits und der begrenzten finanziellen Mittel andererseits weiter im Mittelpunkt der Diskussion. Die Voraussetzungen für eine solidere Abschätzung des Finanzierungsbedarfs müssen noch verbessert werden. Hierzu gehören vor allem systematische Kostenermittlungen, um bessere Vergleichsmöglichkeiten hinsichtlich der Variation des prozentualen Anteils der Einzelkosten an den Gesamtkosten an die Hand zu bekommen und damit vorhandene Kostensenkungspotentiale besser erschließen zu können. Der Umweltrat hat den Eindruck, daß noch nicht alle Möglichkeiten zur Kostensenkung ausgeschöpft sind. Weiterhin sollte geprüft werden, ob durch Standardisierung von Sanierungsteilschritten Einsparungen möglich sind. Auf jeden Fall ist zu erwarten, daß der Wettbewerb, insbesondere durch den technischen Fortschritt, zur Kostensenkung beitragen wird.

Die zum Teil sehr hohen Schätzungen des Finanzbedarfs sollten nicht zum Anlaß genommen werden, vor dem Problem der Erstellung eines flächendeckenden Gesamtsanierungskonzepts zu kapitulieren. Mit der Verfeinerung der Analyse besonders durch die Ergebnisse der Detailuntersuchung im Rahmen der Gefährdungsabschätzung werden die Unsicherheiten kleiner, Einsparpotentiale deutlicher und vor allem Möglichkeiten der zeitlichen Streckung von Sanierungsmaßnahmen erkennbar. Damit vermindert sich der unmittelbare Finanzierungsbedarf auf besser realisierbare Größenordnungen. Insofern sollte der Prozeß der Sanierungsplanung möglichst konsequent vorangetrieben werden.

467. Der Umweltrat begrüßt die Finanzierungsvereinbarung zwischen Bund und neuen Ländern einschließlich Berlin, da hierdurch die Länder deutlich entlastet und Anreize geschaffen wurden, die Freistellungspraxis großzügig zu handhaben, damit Sanierungsmaßnahmen und Investitionen beschleunigt werden. Ein möglichst großer Teil der als Freistellungskosten verausgabten Mittel sollte so eingesetzt werden, daß möglichst viele der Altlasten durch Maßnahmen saniert werden, die insgesamt eine positive Umweltbilanz aufweisen. Für die Zeit nach dem Auslaufen der Finanzierungsregelung sieht der Umweltrat die Perspektive nur in einer aufgabengerechten Finanzausstattung der Länder durch die herkömmlichen Instrumente der Verteilung des Steueraufkommens und des Finanzausgleichs.

468. Die bestehenden Förderprogramme und Finanzierungshilfen des Bundes und der Europäischen Union mit ihren unterschiedlichen Bedingungen sollten in einer Informationsbroschüre zusammengefaßt dargestellt werden. Im Rahmen weiterer Finanzierungsmöglichkeiten wird neben den schon bestehenden Grundstücksfondsmodellen der Landesentwicklungsgesellschaften (LEG) ein Ausschreibungsmodell vorgeschlagen, das sich zwecks Direktvermarktung von Altlasten an private Projektentwickler wendet. Mit Hilfe von Pilotprojekten sollten die Realisierungschancen geprüft werden.

Anhänge zu den Texten

Stand der Altlastensanierungstechnik

Nachfolgend werden die wichtigsten Trends der letzten Jahre für die einzelnen Maßnahmen und Verfahrenstechniken zur Sanierung von Altlasten aufgezeigt. Die Zuordnung der verschiedenen Verfahrensgruppen zeigt Abbildung A 1.1.

1 Stoffentnahme

469. Bei der Stoffentnahme handelt es sich um eine notwendige Maßnahme bei der Durchführung von verschiedenen Sicherungs- und Dekontaminationsverfahren. Der Umweltrat hat im Sondergutachten 1989 auf die Sicherheits-, Gesundheits- und Umweltrelevanz von Stoffentnahmeverfahren als Vorstufe und Voraussetzung für den Einsatz von „ex situ"-Maßnahmen hingewiesen (SRU, 1989, Tz. 544–565). Dem dort wiedergegebenen Anforderungskatalog (Tab. 4.4) und den mittlerweile verabschiedeten „Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen" (ZH 1/183 v. April 1992) ist hinzuzufügen, daß für eine Reihe von Altlastentypen (s. u.) keine adäquaten Stoffentnahme- und Fördertechniken vorhanden sind. Aus der Kostenintensität bisher erprobter oder vorgeschlagener Maßnahmen für den Arbeitsschutz im Rahmen von „ex situ"-Verfahren ergibt sich ein übermäßig hoher Kostenaufwand, was oft zum Scheitern solcher Sanierungsfälle führt. Des weiteren ist die Entsorgung des auszuhebenden Materials wegen technischer Probleme und zeitweise auftretender Kapazitätsengpässe oft nicht möglich (Tz. 472).

470. Auch Baumaßnahmen, die eigentlich nicht die Ausräumung des Kontaminationsherdes zum Ziel haben, können zum Aushub kontaminierten Materials führen (Schlitzwand-Abteufung, Untertunnelung, hydraulische Sicherung; Tz. 474f., 479ff., 492). Die Kontamination stört den Bauablauf beziehungsweise verschlechtert die Qualität der eingebrachten Baustoffe.

Es fehlen insbesondere sichere und leistungsfähige Techniken für folgende Anwendungsfälle der direkten Stoffentnahme am Kontaminationsherd:

- Industrieabfall-Ablagerungen mit hohem toxischem Potential (z. B. Teere, Schlämme)
- Gemischtabfall-Ablagerungen
- Flüssigkeits- und Schlammentnahme aus bestimmten Lagen (z. B. Öllinsen, Chlorkohlenwasserstoff-Fahnen)
- Sprengstoff-, Munitionsablagerung
- Quecksilberkontaminationen
- Chemische Kampfstoffe (in Munitionsverfüllungen sowie seeverklappte auf dem Meeresboden).

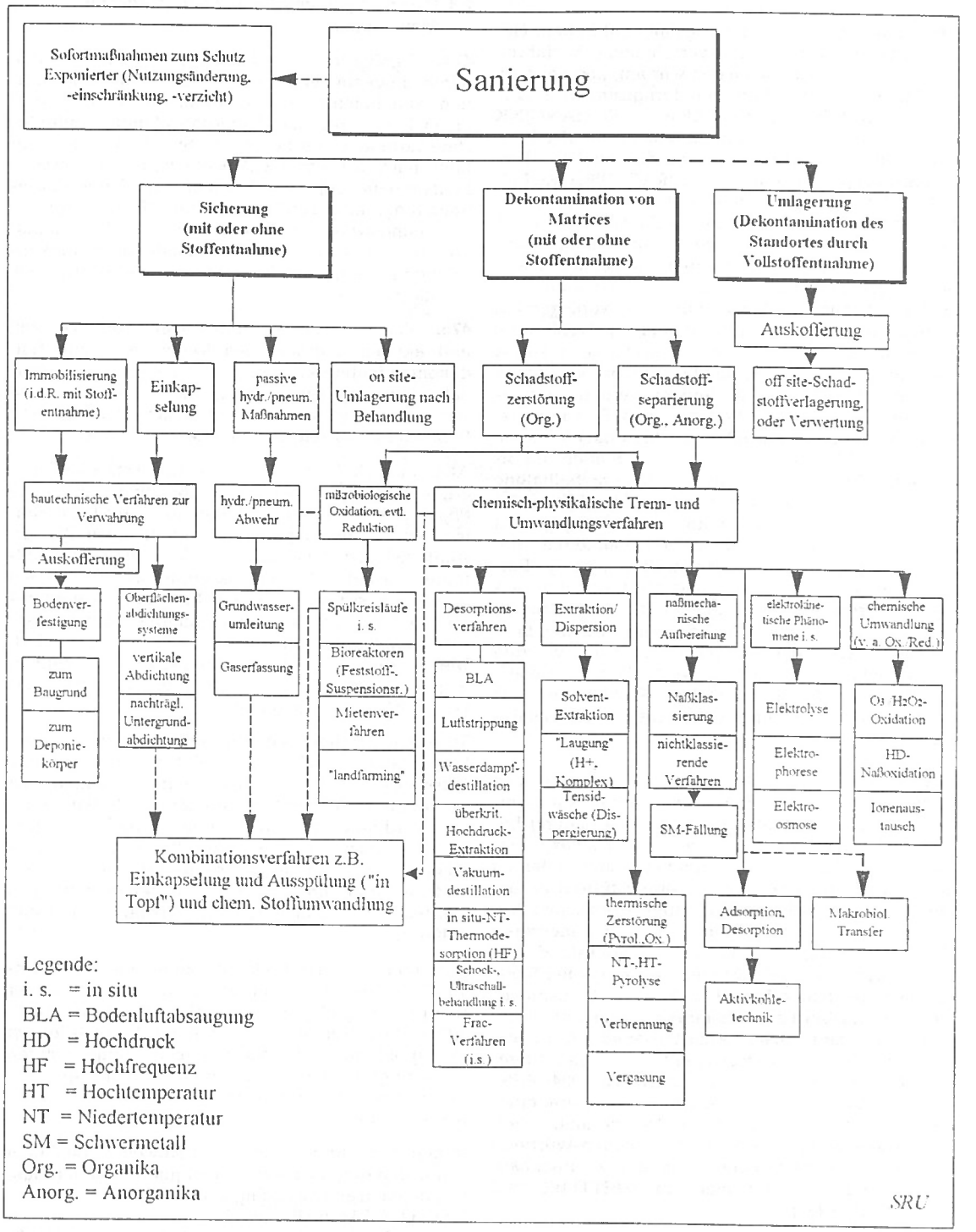
471. Das vom BMFT, BMU und der Stadt Dortmund geförderte Forschungs- und Entwicklungs-Verbundvorhaben Dortmund (1989–1994) beinhaltet das Arbeitsfeld „Emissionsarme Entnahmetechniken" (vgl. SRU, 1989, Tz. 545) mit mehreren einschlägigen Teilvorhaben. Das Vorhaben befindet sich derzeit in der Schlußphase; die Endergebnisse werden voraussichtlich Ende 1994 verfügbar sein. Aus den Teilprojekt-Statusberichten (Oktober 1992) geht hervor, daß Vorstudien zur „Entwicklung eines gekapselten Entnahmegeräts" sowie „Entnahmetechnologien unter beengten Raumverhältnissen" erstellt worden sind und nach einer Vorauswahl der Systemkomponenten erste Konstruktionszeichnungen zur Verfügung stehen. Das Projekt-Teilziel, einen gekapselten, hydraulisch absenkbaren Entnahmekasten („Sinkkasten") als Prototyp herzustellen und im praktischen Einsatz zu testen, wurde bisher jedoch nicht erreicht. Diese Konstruktion wäre eine besonders geeignete Lösung für die ferngesteuerte Entnahme von festen bis fließfähigen Stoffen vorzugsweise in stark kontaminierten Altstandorten. Mit dieser komplexen Technik sind allerdings im Vergleich zum einfacheren, aber auch risikoreicheren, Baggereinsatz deutlich höhere Betriebskosten bis zu 300 DM/t verbunden.

Anwendungsreifer dürften die Ansätze sein, die eine temporäre Abschottung von kontaminierten Bereichen bezwecken. Im „Verbundvorhaben Dortmund" wurden schnell einsetzbare Spundwandkästen sowie Abdeck- und Versiegelungsmaterialien entwickelt und getestet. Sie sollen dazu dienen, das Risiko bei der Entnahme kontaminierten Untergrundmaterials – besonders beim Antreffen von Schadstofflinsen mit hohem Dampfdruck (Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole, Phenol, leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe usw.) – auf ein vertretbares Mindestmaß zu reduzieren. Einen weiteren Ansatz stellt das Konzept einer modularen und mobilen, teleskopverschiebbaren Emissionsschutzhalle, das vergleichsweise weit gediehen ist, dar. Auch diesen Ansätzen fehlt jedoch noch die praktische Erprobung an konkreten Sanierungsstandorten.

Erste Ergebnisse aus dem „Verbundvorhaben Dortmund", zum Beispiel zur Einhausungstechnik oder zu gekapselten Baggerfahrerkabinen mit Fremdluftversorgung, sind zwar schon in die Praxis übertragen worden, bedürfen jedoch der Weiterentwicklung. Beispielsweise erschwert das Vorliegen von pastösen Stoffen, die hohe Gas- und Dampfmengen absorbieren können, eine sicherheitstechnisch und immissionsmäßig befriedigende Stoffentnahme. Hier kann die Anwendung kombinierter, gestufter Verfahren Abhilfe bringen (BEINE et al., 1993). Durch Abschöpfung organischer Phasen mittels Spundwand, Ponton-, Pump-, Gefriertechnik (BARTELS-LANGWEIGE, 1990) und durch Bodenluftabsaugung kann die

Abbildung A 1.1

Zuordnung der wichtigsten Sanierungsverfahren zu den Maßnahmentypen



Freilegung der Kontamination vorbereitet und auch begleitet werden. Das Sanierungskonzept muß diese Kombinationen einplanen.

472. Für komplexe Sanierungsfälle mit hohem Gefährdungspotential wurden verschiedene Verfahren projektiert, die es ermöglichen würden, kontaminiertes Material segmentiert und ferngesteuert aufzunehmen (BARTELS-LANGWEIGE, 1990; HANNINK et al., 1989). Für die Munitionsablagerung „Dethlinger Teich" in Niedersachsen wurden ähnliche Bergungskonzepte entworfen (PAURAT, 1992; KOEHLER, 1989). All diese Projekte blieben bisher in der Konzeptphase, weil einerseits technisches Neuland betreten werden müßte und dadurch lange Bauzeiten sowie Kostensteigerungen – bei ohnehin sehr hohen kalkulierten Kosten – zu erwarten wären. Hinzu kommt, daß die Ausräumung der vorliegenden extrem toxischen Kontaminationen (polychlorierte Dibenzodioxine und -furane, chemische Kampfstoffe, Munition u. ä.) mit verschiedenen unvorhersehbaren Risiken verbunden ist. Außerdem werden Stoffentnahmen dadurch zum Problem, daß Entsorgungskapazitäten für das ausgehobene Material oft fehlen. Im Regelfall handelt es sich bei den Stoffen um organische Sonderabfälle sowie schwermetallhaltige Schlämme; für die organischen Sonderabfälle müßte eine aufwendige Sonderabfallverbrennung mit Nachbehandlung und Untertage-Deponierung der Rückstände vorgesehen werden. Eine günstige Entwicklung ist von der Errichtung von Reststoffentsorgungszentren in ehemaligen DDR-Großbetrieben (Hydrierwerke Zeitz, ESPAG Schwarze Pumpe, Leuna-Werke AG und Buna AG) zu erwarten, wo zum Teil bereits heute moderne Techniken in großem Maßstab zur Verfügung stehen. Problematisch ist nach wie vor der Langstreckentransport des Gefahrguts.

473. In den neuen Bundesländern befinden sich vermehrt großflächige und großvolumige Altlastverdachts- und Altlastfälle, mit deren Bearbeitung begonnen wurde. Bereits in dieser Anfangsphase zeigt sich jedoch, daß die Stoffentnahme dann vielerorts zu einem Engpaß bei der Sanierung führen dürfte, wenn die erforderlichen sanierungstechnischen Anlagen zur Verfügung stehen werden. Auf mehreren Forschungs- und Entwicklungs-Modellstandorten der Großchemie- und Hüttenindustrie werden Stoffentnahmemethoden beim Rückbau von Industrieanlagen, beim Abbruch kontaminierter Bausubstanz sowie bei der eigentlichen Altlastensanierung (Boden, Untergrund, Schadstoffseen) entwickelt und eingesetzt (Kupferhütte Ilsenburg: LAUBAG, 1994; PENNING, 1994; Mitteilung der BMFT-Projektträgergesellschaft Altlasten im Umweltbundesamt, 1993; BURMEIER et al., 1992). Auch in Baden-Württemberg laufen entsprechende kombinierte Rückbau- und Sanierungsmaßnahmen an (HETTLER und VERSPOHL, 1994).

Aus den angeführten Gründen dürften solche aufwendigen Projekte für die Stoffentnahme auch mittelfristig kaum Chancen auf Realisierung haben, obwohl sie fallweise die langfristig bessere Lösung darstellen würden.

2 Sicherungsmaßnahmen

2.1 Passive hydraulische und pneumatische Maßnahmen

474. Passive hydraulische und pneumatische Maßnahmen bekommen, wenn sie allein angewandt werden, zunehmend die Bedeutung befristeter Sofortmaßnahmen, bis die Sanierungsplanung mittelfristige Lösungen erarbeitet hat. Sie werden in erster Linie nach wie vor zur Abwehr von Grundwasserkontaminationen, zum Beispiel zur Grundwasserumleitung, eingesetzt. Auch die „Trockenlegung" beziehungsweise Trockenhaltung von Kontaminationskörpern – vor allem in Verbindung mit Einkapselungen – gehört zu diesen Maßnahmen (SRU, 1989, Tz. 500ff.).

475. Verschiedene Kombinationen von passiven und aktiven hydraulischen Maßnahmen zur Teildekontamination können zweckmäßigerweise innerhalb eines eingekapselten oder zumindest umschlossenen Bereichs realisiert werden, um die Pump- und Behandlungskosten einzugrenzen.

Abbildung A 1.2 zeigt die Prinzipskizze einer derartigen „In Topf"-Sanierungsmaßnahme, deren erste Phase eine weitgehende Ausspülung des Chlorkohlenwasserstoff(CKW)-Gehaltes durch einen Wasserspülkreislauf mit mehrstufiger Reinigung und Infiltration vorsieht. Die Absenk-Förderbrunnen dienen dabei als passive hydraulische Maßnahme zur Erzeugung eines Trichters; kontaminiertes Grundwasser wird abgepumpt und seine Ausbreitung verhindert. Die eigentlichen Dekontaminations-Förderbrunnen liegen dagegen im Schadenszentrum; dieses Förderwasser ist stärker kontaminiert.

Trotz relativ hoher CKW-Konzentrationen ist die Austragsleistung durch die absolut gesehen geringe Wasserlöslichkeit aller CKW begrenzt. Durch den Spülbetrieb wird die CKW-kontaminierte Fahne gezielt verdünnt, um den Austrag zu beschleunigen. Diese Intensivierung erfolgt auf Kosten hohen Energieeinsatzes durch die elektrische Arbeit der Förder- und Reinigungsanlage. In dem gegebenen Beispiel werden jährlich 1 bis 2 Tonnen CKW aus dem „Topf" entfernt.

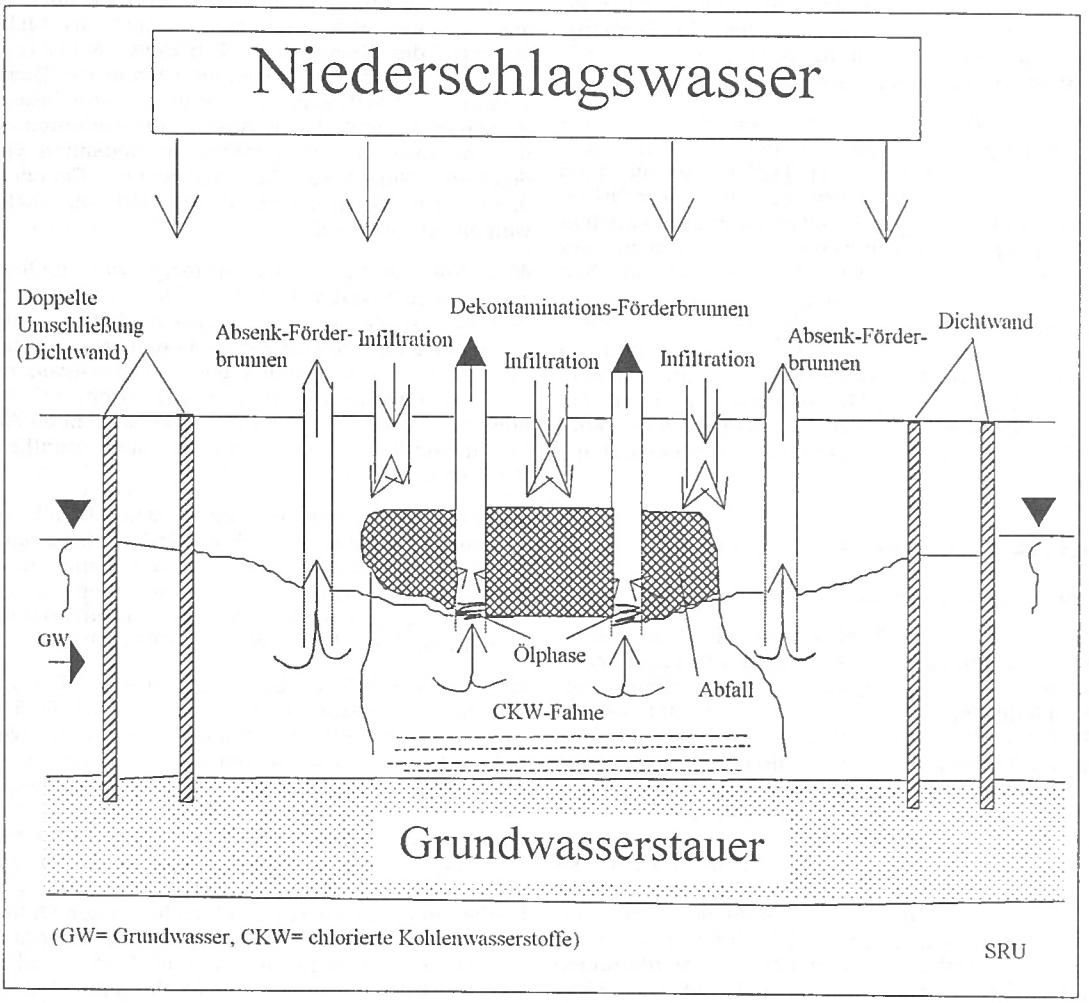
Der „pump-and-treat"-Ansatz, zu dem auch die „In-Topf"-Maßnahmen gehören, wurde wegen seiner Energieintensität generell kritisiert (JÖRISSEN et al., 1993). Da dieser Ansatz im zitierten Beispiel jedoch stoffstromkontrolliert, als Teil einer längerfristigen Sanierungsmaßnahme mit der Option einer späteren Voll-Dekontamination verwirklicht wurde, trifft diese Kritik hier nur bedingt zu.

In dem Umfang, wie die reinen Abwehrmaßnahmen zugunsten durchgeführter, kombinierter Sanierungsmaßnahmen an Bedeutung verlieren, wird sich in Zukunft verstärkt die Frage erheben, wie lange sie noch weitergeführt werden müssen. Auf diesen Langzeitaspekt sollte in der Sanierungsplanung gesondert eingegangen werden (s. NORDAC, 1993).

476. Pneumatische Abwehrmaßnahmen haben auch den Charakter von Schutzmaßnahmen, weil mit

Abbildung A 1.2

Prinzipskizze einer kombinierten hydraulischen Sanierung („In-Topf-Ausspülung")



ihrer Hilfe der Erstickungs-, Explosions- (CO_2, Methan) beziehungsweise Verstrahlungsgefahr (Radon) vorgebeugt wird. Die Dauer ihrer Laufzeiten kann nicht nach Modellen für die Deponiegasbildung bestimmt werden. In begründeten Fällen, zum Beispiel bei Deponieüberbauungen durch Wohnsiedlungen, kann ein Nutzungsverzicht („Absiedlung") und der anschließende Ausbau einer nach der TA Abfall zu realisierenden Gaserfassung notwendig werden.

2.2 Einkapselung

Oberflächenabdichtungssysteme

477. Oberflächenabdeckung und -abdichtung bilden als Sicherungselemente, die das Eindringen von Niederschlagswasser in den Altlast-Körper sowie gas- und staubförmige Emissionen aus diesem verhindern sollen, in der Regel Bestandteile integrierter Sanierungskonzepte. Nur zur Unterbindung von Staubverwehungen bei wenig gefährdenden Staubbestandteilen reichen einfache Deckschichten aus Lehm, Asphalt oder Kultursubstrat – je nach Bedarf mit Begrünung und Befeuchtung – aus (Oberflächenabdeckung).

Im Regelfall ist jedoch von der Notwendigkeit komplexer Oberflächenabdichtungssysteme, die aus Deckschicht, Gas- und Wasserdrainage, Dichtungsschicht, Ausgleichs- sowie Schutzschicht bestehen, auszugehen (vgl. TA Abfall für Neudeponien). Solche Kombinationsabdichtungssysteme in Anlehnung an Nr. 9.4.1.4 der TA Abfall 1991 (RETTENBERGER, 1992) sind vorerst nur für Altdeponien entwickelt beziehungsweise auf diesen eingesetzt worden (SRU, 1989, Tz. 509f.), können jedoch bei Bedarf den Anforderungen einer Altstandortsicherung angepaßt werden (DANNEMANN et al., 1991). Dieses Prinzip des „lebenden Oberbodens" ermöglicht minimale Nutzungseinschränkungen und sichert auch den wirtschaftlichen Fortbestand einer bebauten Fläche.

Es ist darauf hinzuweisen, daß die Sperrwirkung mehrerer Meter starker mineralischer Dichtstoff-

schichten klimatischen Einflüssen unterliegt. Solche Einflüsse sind im Deponiebau bekannt (Verschlämmung, Schrumpfung, Austrocknung, Setzung). Die positiven Erfahrungen mit den Oberflächenabdichtungs-Testsystemen auf der Deponie Hamburg-Georgswerder sollten konsequent genutzt und der Testfeld-Ansatz weiter ausgebaut werden.

478. Besonders auf Altstandorten in den neuen Bundesländern wird die vorhandene Oberflächenversiegelung – in Form von Hallen und sonstigen Überbauten sowie Betriebswegenetzen – vor Ort oft als ausreichend gegen Schadstoffeinträge betrachtet (WICHERT, 1994). Der Umweltrat kann sich einer solchen Auffassung anschließen, wenn die örtlichen Gegebenheiten die Abdichtung erkennen lassen; insgesamt sollten aber die Maßstäbe der TA Abfall auch auf derartigen, indirekten Stoffablagerungsflächen als richtungsweisend anerkannt werden. MAUBEUGE et al. (1993) beschreiben in diesem Zusammenhang ein der TA Abfall entsprechendes, kontrollierbares Zweiphasen-Oberflächenabdichtungssystem.

Vertikale Abdichtung (Dichtwandsysteme)

Entwicklungstendenzen und Anforderungen

479. Mit Hilfe der Dichtwandtechnik können Kontaminationskörper von dem umgebenden Erdreich in unterschiedlicher Bauqualität beziehungsweise unterschiedlicher Dichtwirkung abgeschottet werden (SRU, 1989, Tz. 513ff.). Die Entwicklung bei der vertikalen Seitenabdichtung ist durch weiter steigende Anforderungen an Materialien, Planung und Bauausführung gekennzeichnet. Im wesentlichen handelt es sich dabei um Material- und Verfahrensoptimierung, wobei zwischen diesen beiden Elementen eine positive Rückkopplung besteht. Solche Wände müssen dauerhaft wasserdicht, schadstoffdicht, schadstoffkorrosionsbeständig und verformbar ausgebildet sein. Im einzelnen können höhere Anforderungen notwendig werden (DÜLLMANN et al., 1993, FINSTERWALDER, 1993; KRUBASIK, 1993; STROH und DORGARTEN, 1993; URBAN, 1993; MEGGYES und MÜLLER, 1991). Aus Kostengründen ist die Dichtwand ohne Qualitätseinbußen möglichst schmal zu bauen, weil die eingebaute Gesamt-Dichtmassenmenge – besonders bei hochwertigen Materialien – einen wesentlichen Kostenfaktor darstellt.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, müssen hochwertige Bauleistungen erbracht werden, die sich höherwertiger Bauverfahren, feststoffreicher und zum Teil organisch modifizierter, zementfreier Massen sowie kombinierter Wandsysteme bedienen. Der Einsatz solcher Systeme erfordert eine entsprechende Bauausführungsqualität, die nur mit Hilfe eingeplanter umfassender Qualitätssicherungsprogramme zu realisieren ist.

480. Das Verbundvorhaben „Deponieabdichtungssysteme" hat das Ziel, die in Frage kommenden Systeme zu optimieren und den Schadstofftransport in neuen Baustoffsystemen zu beschreiben (HOLZLÖHNER et al., 1994; BAM, 1991). Dadurch wird auch eine bessere Abschätzung des Langzeitverhaltens im Hinblick auf Belastbarkeit, Beständigkeit und Biozerstörbarkeit dieser Baustoffe möglich. Einige in jüngster Zeit durchgeführte Projekte zeigen Weiterentwicklungen sowohl bei den Baustoffen als auch bei den Verfahren, zum Beispiel als Mehrschicht- oder Kombinationsdichtwand. MEGGYES (1994) beschreibt den derzeitigen Stand der Dichtwandtechnik. Inzwischen existieren mehrere Einbauprinzipien in zahlreichen Ausführungsvarianten, so daß von etwa zwanzig Verfahren ausgegangen werden kann. Nimmt man die verschiedenen Fugenabdichtungsverfahren hinzu, fächern sich die Dichtwandarten weiter auf.

481. Mit der Wahl des Bauprinzips wird zugleich die Vorentscheidung über die Güte der Dichtwand getroffen. Weiterhin wird mitentschieden, ob möglicherweise oder tatsächlich kontaminierte Aushubmassen, Stützsuspensionen oder Sickerwässer, die als Sonderabfall entsorgt werden müssen, anfallen oder nicht. Menge und Art der zu entsorgenden Abfälle gehen in die Kostenkalkulation als wesentliche Posten ein.

Vertikale Dichtwände werden in Deutschland vorzugsweise nach dem Aushubprinzip im Schlitzwandverfahren gebaut (SRU, 1989, Tz. 514). Daneben hat das Verdrängungsprinzip im Rüttelbohlen-Schmalwandverfahren und im Stahlspundwandverfahren Bedeutung (WIENERS, 1993; JESSBERGER, 1990).

482. Hinsichtlich der Beschreibung der Schlitzverfüllung im Schlitzwandverfahren (SRU, 1989, Tz. 514) ist eine Neubewertung erforderlich. Die Schlitzverfüllung kann heute nach dem Ein-, Zwei- oder Dreiphasenverfahren (früher nur nach Ein-, Zweimassenverfahren) vorgenommen werden, wobei jede Verfahrensvariante unterschiedliche mechanische und strömungstechnische Anforderungen an die Baustoffe stellt (DÜLLMANN et al., 1993). Diese verfahrensbedingten Optima decken sich nicht mit den Optima der Dichtungseigenschaften. Dies gilt in erster Linie für „gegreiferte" Schlitze, während Schlitzwandfräsen wesentlich günstiger zu beurteilen sind (URBAN, 1993).

Daher stellt das Einmassenverfahren keine Weiterentwicklung, sondern eine Vereinfachung des Zweiphasenverfahrens unter Wirtschaftlichkeits- und Entsorgungsaspekten als „kleine Lösung" dar. Um die Beständigkeit der Einmassenwände zu verbessern, können sie in der Bauphase vor dem Erstarren mit dem Einhängen von Sperrschichten (Kunststoff, Glas, Stahlspundbohlen) zur Kombinationsdichtwand ausgebaut oder nach dem „Wand-in-Wand-Verfahren" (s. u.) nachträglich aufgewertet werden.

Die Weiterentwicklung des Zweimassenverfahrens führte zum Dreiphasenverfahren, das unter sehr schwierigen Boden- und Sickerwasserverhältnissen den Einbau hochwertiger Dichtmassen ermöglicht (DÜLLMANN et al., 1993).

483. Die Erkenntnis, daß die Wirksamkeit der Barriere „Dichtwand" für die Umschließung von kontaminierten Boden- und Abfallmassen mit einem mehrschichtigen Aufbau (Kombinationsdichtwand) entscheidend verbessert werden kann (SRU, 1989,

Tz. 517), findet mittlerweile allgemein fachliche Akzeptanz. Bei der Kombinationstechnik übernimmt die Sperrschicht die eigentliche Dichtwirkung. Im Idealfall dient sie auch als Diffusionssperre, zum Beispiel wenn sie aus Glas besteht, während die Dichtmasse selbst als Stütze fungiert, um die Sperrschicht in den Boden einzuziehen und um vor zu großen Setzungen zu schützen. Damit kann im Rückgriff auf billigere Stützmassen eine Aufwertung in der Dichtwirkung bis zum Durchlässigkeitswert $k_f = 1 \times 10^{-10}$ m/s erreicht werden. Dagegen lassen sich aus der Kombination von schon in sich dichtwirksamen Materialien und wirksamen Sperrschichten k_f-Werte von 10^{-11} bis 3×10^{-15} m/s realisieren (letzterer Wert bei verschweißten HDPE-Bahnen bzw. Dränelementen). Ab ca. 10^{-11} m/s wird von Wasserundurchlässigkeit gesprochen. Solche Dichtwirkungen können zum Beispiel von den Glasprofil-Kombinationswänden erwartet werden.

Die Kombinationswände werden ständig an Bedeutung gewinnen, weil sie die Anforderungen der TA Abfall 1991 und der TA Siedlungsabfall 1993 hinsichtlich der Durchlässigkeit sicherer erfüllen können als einfache Einschicht-Dichtwandarten. Auch die Erneuerung von Dichtwänden älterer Bauart wird durch den nachträglichen Ausbau zur Kombinationsdichtwand möglich („Wand-in-Wand-Verfahren" nach FISCHER, 1993).

Eine Weiterentwicklung des Mehrschichtprinzips stellen die Mehrwand-Systeme dar. Sie bestehen aus zwei oder mehreren parallel angeordneten Dichtwänden (KRUBASIK, 1993), die bei Bedarf in sich mehrschichtig aufgebaut sein könnten.

Trends bei den Bau- und Dichtstoffen

484. Die Entwicklung der Dichtmaterialien zeigt einen Trend zur größeren Auswahl fall- und verfahrensspezifisch anwendbarer, hochbelastbarer, angepaßter Mischungen für die Wandbaustoffe sowie zu besseren Fugenstoffen. In diesen Vielkomponentenmischungen kommen aufbereitete Mineralstoffe sowie organisch modifizierte anorganische Bindemittel vermehrt zum Einsatz. Für höchste Ansprüche hinsichtlich Durchlässigkeit, Korrosions- und Erosionsbeständigkeit sowie Verformbarkeit wurden die sogenannten gelgebundenen Baustoffe entwickelt, in denen durch Organosilane oder quaternäre Ammoniumverbindungen modifizierte Hydrosilikatgele die Bindewirkung des Zements übernehmen (ORLIA, 1993; STROH und DORGARTEN, 1993). Da die mikrobiologische Zerstörbarkeit dieser Stoffkombinationen noch nicht geklärt ist, sind auch keine Aussagen über ihre Dauerbeständigkeit möglich (Tz. 480).

Die neuentwickelten Dichtstoffe können nur in Zwei- oder Dreiphasenverfahren angewendet werden.

Weitere bautechnische Merkmale dieser Dichtstoffe sind die engen Toleranzgrenzen für Einbauzeit, Temperatur und Zusammensetzung sowie eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Beimengungen aus dem Untergrund (Erdreich, Sickerwasser, Öl, Abfall). Diese Faktoren machen ständige Kontrollen der Massenzusammensetzung im Schlitz sowie der Stützsuspension erforderlich und stellen hohe Anforderungen an die Einbringungstechnik.

Bei den Sperrschichten für Kombinationsdichtwände zeichnet sich neben dem bewährten Polyethylen hoher Dichte (HDPE) zukünftig die Anwendung von Glas als absolute Diffusionssperre ab (Tiefe bis 15 m). In Dichtwandmassen eingehängte Stahlspundwände können nachträglich nicht mehr verschweißt werden; Glasprofile sind weder vor noch nach der Verlegung schweißbar. Daher ist die Güte solcher Wandsysteme in besonders starkem Maße von den Schloßkonstruktionen abhängig.

Bewertung der Dichtwandsysteme

485. Die Verfahrensabläufe können für die verschiedenen Abschirmungsaufgaben, die sich aus den Sanierungszielen des Einzelfalles ergeben, geplant und optimiert werden. Zur Problemlösung tragen materialwissenschaftliche Kenntnisse, vor allem Kunststoffchemie und -technik sowie Tonmineralogie, zunehmend bei, während die Fortschritte in der Bautechnik präzisere Bauausführungen und größere Bautiefen ermöglichen.

Dichtewirkungen mit k_f-Werten von ca. 10^{-10} bis 10^{-12} m/s sind Stand der Technik. Spund- und Schmalwände erreichen Dichtwirkungen von $k_f \geq 1 \times 10^{-9}$ m/s. Mit Kombinationsdichtwänden sind k_f-Werte für die Wasserdurchlässigkeit bis $k_f = 10^{-15}$ m/s verfahrensabhängig möglich, sollten jedoch auch unter Langzeit- und Kostenwirksamkeitsaspekten für den vorliegenden Einzelfall überprüft werden. In der Größenordnung um $k_f \sim 10^{-15}$ m/s verliert der Begriff Durchlässigkeit an Sinn, weil der Durchfluß-Massenstrom bei 1 Liter pro Jahr liegt ($F = 30\,000$ m²). Bei diesen extrem niedrigen k_f-Wert-Angaben ist Vorsicht geboten, weil der k_f-Wert mangels meßbaren Durchflusses nicht bestimmt, sondern nur rein rechnerisch ermittelt werden kann. Neben der praktischen Wasserundurchlässigkeit muß auch die niedrige Adsorptions-, Diffusions- beziehungsweise Permeationsrate für organische Schadstoffe gewährleistet sein. Im Ergebnis der Einkapselungsmaßnahme sollten die Begleitmaßnahmen, das heißt das Pumpen und Reinigen von Sickerwasser, minimiert, im günstigen Fall ganz abgestellt werden können.

486. Das Schlitzwandverfahren, als das gängigste Bauverfahren, wurde vorerst überwiegend in der einfacheren Ausführungsform als Einphasenverfahren praktiziert. Mit diesem System lassen sich jedoch nur weniger anspruchsvolle Sanierungsziele erreichen.

Günstige Dichtwandeigenschaften hinsichtlich Undurchlässigkeit, Erosionsstabilität, Chemikalienbeständigkeit und plastischer Verformbarkeit können nur mit Stoffsystemen erreicht werden, die im Einphasenverfahren nicht verarbeitbar sind. Dazu müssen Zwei- oder sogar Dreiphasenverfahren zum Einsatz kommen. Die erforderlichen Stoffe sowie Bauleistungen sind kostenaufwendig. Als Alternative kann fallweise ein kontrollierbares Mehrwand-Kammersystem aus einfacheren Baustoffen verwendet werden. Den niedrigeren Baukosten stehen jedoch bei längerer Betriebszeit höhere Pumpkosten entgegen. Eine andere Kombinationslösung stellen die Mehrschicht-

dichtwände dar, bei denen meist einfachere Baustoffe beziehungsweise Wandausführungen durch Einbau von Sperrschichten aufgewertet werden.

487. Bautiefen zwischen 30 bis 60 m sind Stand der Technik. Je nach Verfahren werden Maximalwerte von 35 m, ca. 60 m, >100 m oder 125 m, in einem Einzelfall sogar 200 m genannt (URBAN, 1993). In diesem Zusammenhang weist der Umweltrat daraufhin, daß ein mehr als 100 m tiefer Schlitz zwar noch herstellbar, aber nicht ohne weiteres mit anspruchsvollen Dichtstoffsystemen in guter Qualität zu verfüllen ist. Dies gilt ganz besonders für den Wandfuß, für hochwertige, organisch modifizierte, zementfreie Dichtmassen mit hohem Feststoffanteil und kurzer Verarbeitungszeit sowie für Kombinationsdichtwände. Deren maximale Ausführungstiefen liegen derzeit bei ca. 60 m (Zweiphasenwand) beziehungsweise 35 m (Kombinationswand). Eine weitere Steigerung der Bautiefe ist bei heutigem Stand der Technik mit der Verschlechterung der Ausführungsqualität und somit der Sperrwirkung verbunden.

Die Errichtung sehr tiefer Dichtwände könnte bei Einkapselungsaufgaben, für die eine – sehr teure – nachträgliche Untergrundabdichtung erwogen wird, auch in Frage kommen, da eine Seitenabdichtung ohnehin zu installieren wäre und für die Untergrundabdichtung auf keine ausreichenden Erfahrungen aus der Praxis zurückgegriffen werden kann.

488. Dem vom Umweltrat geforderten Kriterium der Kontrollierbarkeit und der Reparierbarkeit (SRU, 1989, Tz. 513) entsprechen die meisten Systeme nicht. In dieser Hinsicht zeigt die Kassettenwand deutliche Vorzüge, weist aber bei anderen Bewertungskriterien, wie etwa Abdichtungsverhalten und Verformbarkeit, Nachteile auf.

Eine allgemeine Empfehlung, daß eine bestimmte Altlast beispielsweise mit hochwertigem Homogendichtstoff, einer Kombinationsdichtwand (mit ein- oder mehrlagiger Sperrschicht) oder mit einem Schmalwandkammersystem zu umschließen ist, kann nicht ausgesprochen werden. Die Entscheidung für ein bestimmtes Dichtungssystem muß, wie allgemein üblich, aufgrund standortbezogener Machbarkeitsuntersuchungen im Rahmen der Durchführbarkeitsstudie erfolgen. Ein Ergebnis des vom Bundesministerium für Forschung und Technologie finanzierten Verbundvorhabens „Deponieabdichtungssysteme", bezogen auf neu zu errichtende Deponien, ist, daß Kombinationsdichtungen mit mehrlagiger Sperrschicht den effektivsten Schutz gewährleisten (AUGUST et al., 1994; BMU, 1993). Extreme Randbedingungen, wie zum Beispiel sehr große Tiefen oder eine freie Ölphase, engen die Zahl der für diese Verhältnisse geeigneten Verfahren stark ein. Großversuche im Maßstab 1:1 als vergleichende Untersuchungen mit mehreren Systemen an einer Altlast sollten jedoch vermehrt durchgeführt werden, um die Einsatzgebiete einzelner Verfahren besser eingrenzen und deren Kosten genauer ermitteln zu können.

Kostenauswirkungen

489. Aus der Fülle der Bauverfahrensvarianten sowie der Bau- und Dichtstoffe, auch in ihren Kombinationen, ergibt sich eine breite Preisspanne für die fallspezifischen Dichtwandlösungen. Die einzelnen Wandsysteme unterscheiden sich im Preis (gerechnet in DM/m² Wandfläche) in etwa um den Faktor 2 bis >15 (KRUBASIK, 1993). Daraus wird ersichtlich, daß hochbelastbare Wandsysteme Kosten verursachen können, die zu der Frage führen, ob unter günstigen Umständen bei nur vergleichsweise wenig höherem Kostenaufwand nicht eine Dekontaminationsmaßnahme realisiert werden sollte.

Anzustreben ist weiterhin die Optimierung der Dichtwandstärke und dadurch die Begrenzung der Gesamtmenge der einzubauenden Dichtwandmasse sowie des Aushubs an kontaminiertem Material. Kombinationsdichtwände können dazu einen Beitrag leisten, wenn die Dichtwandmasse geringeren, vor allem mechanischen Qualitätsanforderungen genügen muß, während die Bewehrung die Rolle der Sperrschicht übernimmt. In diesen Kombinationen kommt der Schloßtechnik beziehungsweise der langzeitstabilen Ausfugung der Lamellen besondere Bedeutung zu. Die Glasprofil-Bewehrung von kostengünstigen Schmalwänden und die Ausfugung mit besonderen Dichtstoffen könnten eine solche leistungsgerechte, wirtschaftliche Kombinationstechnik ergeben. Eine entscheidende Rolle spielen dabei der Preis der Dichtstoffe sowie die Kosten für den Einbau.

Nachträgliche Untergrundabdichtung (Basisabdichtung)

490. Die zwei wesentlichen Verfahren zur nachträglichen Errichtung einer Basisabdichtung unter der Altlast sind das Poreninjektionsverfahren und das bergmännische Verfahren; sie wurden schon im Sondergutachten 1989 (Tz. 520–524) dargestellt. Weitere Ansätze, wie Injektionen durch Aufbrechen (Crakking, Soil Fracturing) oder das horizontale Düsenstrahlverfahren (Jet Grouting), sind zwar beschrieben, aber nicht weiterverfolgt worden (EICHMEYER et al., 1993).

In der Zwischenzeit wurde das Poreninjektionsverfahren in einem großtechnischen Projekt als Weichgelinjektion erprobt, während die bergmännische Unterfahrung das Stadium der Projektstudien noch nicht verlassen konnte und auch mittelfristig kaum breiter realisiert werden dürfte. Insbesondere ist noch nicht nachgewiesen, inwieweit solche aufwendigen Bauten zur signifikanten Erhöhung der Sicherheit des Stoffeinschlusses beitragen (STEGMANN, 1992).

Weichgelinjektion

491. Als einziges bekanntes Beispiel der Weichgelinjektion wurde bei der Sanierung einer durch Überbauung versiegelten Industrieabfalldeponie am Neusser Hafen ein Sicherungskonzept realisiert, bei dem eine vertikale Abdichtung aus Spundbohlen und – innerhalb dieses Spundwandkastens – eine Silikatgelinjektion zur Untergrundabdichtung eingesetzt wurden (GEIL, 1991). Der Nachweis der Imprägnierungs- und Dichtwirkung solcher Injektionen ist schwierig, weil eine Probenahme nach der

Maßnahme Störungen herbeiführen kann. Dies betrifft sowohl die Güte der Sohle als auch die der Probenqualität. Begleitende Modelluntersuchungen im 1:1-Maßstab sowie Modellrechnungen müssen jedoch plausibel belegen können, daß ein abdichtender Horizont geschaffen worden ist.

Die Erfahrungen im genannten Projekt zeigen, daß eine solche Nachweisführung möglich ist. Die Untersuchungen ergaben aber auch, daß schluffige Horizonte nicht von der Injektionslösung durchdrungen werden und daß die aufgrund des Porenraums im voraus bestimmten Injektionsmittelmengen stark unterschätzt wurden. Daraufhin mußte die Mittelmenge bei der Durchführung wesentlich erhöht werden, um eine Dichtwirkung zu erreichen.

Bergmännische Unterfahrung

492. Bergmännische Verfahren werden von mehreren Arbeitsgemeinschaften der Industrie intensiv ausgearbeitet, wobei sowohl Stollensysteme als auch das Schwerteinbauverfahren (SRU, 1989, Tz. 522) weiterverfolgt werden. Ihre Eignung wird derzeit im Rahmen des BMFT-Verbundvorhabens „Deponieabdichtungssysteme" geprüft (EICHMEYER et al., 1993).

Das Verfahrens- beziehungsweise Kostenrisiko der bergmännischen Basisabdichtung ist hoch; die Kostenkalkulation hängt noch stärker als bei anderen Verfahren von Einzelfallcharakteristika ab. Aus diesem Grund kann derzeit noch keine Größenordnung für die Kosten pro m^2 Basisabdichtung angegeben werden. Im obengenannten BMFT-Verbundvorhaben werden jedoch Modellfälle generiert und ihre Kosten abgeschätzt; die Ergebnisse könnten unter strengen Ähnlichkeitskriterien auf Praxisbeispiele übertragen werden. Es zeichnet sich aber bereits ab, daß die Untergrenze von 1 000 DM/m^2 auch unter günstigsten Rahmenbedingungen nicht unterschritten werden dürfte.

493. Insgesamt stellt der Umweltrat fest, daß die nachträgliche Basisabdichtung mit Hilfe der Weichgelinjektion unter ganz bestimmten Bedingungen ein realisierbares, aber nicht ganz unproblematisches Sicherungsverfahren ist, dessen Wirkung grundwasserbedingten zeitlichen Schwankungen unterliegt. Die bergmännischen Methoden der Untergrundabdichtung sind aufwendig und von einer Realisierung weit entfernt. Deshalb sind heute alternative Lösungen, insbesondere die Abteufung tiefreichender Dichtwände (bis ca. 100 m) sowie die Ertüchtigung des Deponiestandortes (STEGMANN, 1992), vorzuziehen.

2.3 Immobilisierung

494. An der Grundproblematik der Immobilisierung, wie der Umweltrat sie im einzelnen dargestellt hat (SRU, 1989, Tz. 526–538), hat sich wenig geändert (WIEDEMANN, 1994 und 1993; GERSCHLER, 1990). WIEDEMANN (1994) spricht der Schadstoffeinbindung durch Verfestigung den Charakter einer der Dekontamination gleichwertigen Sicherungsmaßnahme ab; sie gehört danach zu den Beschränkungsmaßnahmen mit lediglich aufschiebender Wirkung. Um diese Auffassung zu bewerten, wären vergleichende Risikoabschätzungen erforderlich. Des weiteren muß auf die – allen Sonderabfall-Verfestigungsverfahren gemeinsame – Massenmehrung durch Zuschlagstoffe hingewiesen werden (WERNING, 1994 pers. Mitt.; SRU, 1990, Tz. 1299ff.).

495. Bei den relativ großen Altlastflächen in den neuen Bundesländern ist der Handlungsdruck zur Baureifmachung alter Industriegelände sehr groß, so daß kostengünstigeren Lösungen vermehrt der Vorzug gegeben wird. Da die Kosten einer aufwendigen Dekontamination den Grundstückswert bei weitem übersteigen würden, werden Verfestigungsmaßnahmen als „Methode der Wahl" betrachtet; es fehlen jedoch verbindliche Gütekriterien.

In dieser Situation betont der Umweltrat, daß die weitere Anwendung der Immobilisierungstechnik von einer Differenzierung und von entsprechenden Prüfverfahren abhängen muß. Für die Bindungsmechanismen müssen Mindestanforderungen aufgestellt werden. Anwendbare Verfahren sollten das Kriterium „chemisch-physikalische Schadstoffeinbindung durch Verfestigung" erfüllen (BECKEFELD, 1993). Des weiteren müssen die Prüfverfahren die verschiedenen Bindungs- beziehungsweise Freisetzungsmechanismen berücksichtigen. In der Prüfpraxis begnügt man sich derzeit oft mit der Prüfung der mechanischen Festigkeit, was bei weniger reaktiven Stäuben vielleicht ausreichen mag, nicht jedoch bei reaktionsfähigen, toxikologisch bedenklichen Kontaminationen. Ferner müßten der Beurteilung die Schadstofffrachten, nicht die Konzentrationen zugrunde gelegt werden.

Zu den aussagekräftigen Prüfverfahren zählt das Druckzylinder-Perkolationsverfahren (BECKEFELD, 1991). Verfahrensvorschläge zur gestuften chemischen Elution („sequentielle Laugung") existieren nur für Schwermetalle. Sie sind zur Bestimmung der Bindungsformen zwar ungeeignet (CALMANO, 1990a und b), ermöglichen jedoch eine grobe Einschätzung der Bindungsstärke an verschiedenen Feststoffphasen.

496. Der Umweltrat ist der Auffassung, daß der Zusammenhang zwischen Infiltration, Elution und Emission im Gesamtverhalten von Bodenverfestigungsprodukten wissenschaftlich nachprüfbar ausgearbeitet werden sollte. In einigen wenigen Sanierungsprojekten werden solche Fragen systematisch bearbeitet (z. B. BECKEFELD, 1993). Betont werden muß, daß die matrix- und schadstoffspezifischen Eigenheiten nur schwerlich verallgemeinert werden können. Dennoch scheint die Anwendung einer Methodik, die sich naturwissenschaftlicher Grundlagen bedient, erfolgversprechend zu sein (Sorptionskinetik, WIENBERG, 1993).

497. Immobilisierungsverfahren können in der Regel dann eingesetzt werden, wenn Dekontaminationsverfahren nicht zur Verfügung stehen oder aus wirtschaftlichen und technischen Gründen nicht eingesetzt werden können. Die Immobilisierung kann in solchen Fällen befürwortet werden, wenn Güteanforderungen aufgestellt und kontrolliert werden. In Vor-

bereitung befindliche Handbücher und Leitfäden einiger Bundesländer (Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen) werden den Stand der Technik definieren. Die Arbeitshilfe des Ingenieurtechnischen Verbandes Altlasten (ITVA, 1993a) bleibt hinter den Erwartungen zurück, weil sie auf die Einbindemechanismen nicht eingeht und sich auf mechanische Festigkeitskriterien beschränkt. Der Verbleib der Immobilisate beziehungsweise deren Verwendungsmöglichkeiten als Deponie-, Baugrund, Trag-, Dichtungsschicht und ähnliche bleibt nach wie vor die zentrale ungelöste Frage bei der Beurteilung des Sanierungserfolgs.

3 Dekontaminationsverfahren

Allgemeine Trends bei der Bodenreinigung

498. Die Grundlagen und Zielsetzungen der Dekontaminationsverfahren sind im Sondergutachten 1989 beschrieben (SRU, 1989, Tz. 339ff.). Abbildung A 1.1 (s. o.) zeigt die Zuordnung der Verfahrensgruppen. Der Stand der ex situ-Bodenreinigungsverfahren wurde von FRANZIUS (1993a und b) referiert; der Sachstand der Grundwassersanierung ist dem einschlägigen Bericht des Büros für Technikfolgen-Abschätzung (JÖRISSEN et al., 1993) zu entnehmen.

Die Entwicklung der letzten Jahre ist einerseits durch die Intensivierung des Stoffüberganges bei den Verfahren der Separierung und der Zerstörung gekennzeichnet. Andererseits werden laufend neuartige Verfahrenskombinationen entwickelt, die bedarfsgerechte und kostengünstige Lösungen vor allem für Mehrkomponentensanierungen darstellen. Es zeigt sich dabei häufig, daß schon bekannte Verfahren – allein angewendet – die Sanierungsaufgabe entweder nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Kostenaufwand lösen würden, während ihre Kombinationen kostengünstig zu verwirklichen wären. Solche innovativen Lösungen sollten gezielt entwickelt werden.

Zahlreiche andere Kombinationen, auch innerhalb einer Verfahrensgruppe, sind denkbar und werden ausprobiert, zum Beispiel konsekutiver anaerober Chlorkohlenwasserstoff-Abbau und aerober Mineralölkohlenwasserstoff-Abbau im Modellprojekt Eppelheim des Landes Baden-Württemberg (REIS, 1993; MEYER, O. 1993).

Sowohl für die einzelnen Verfahren als auch für ihre Kombinationen gilt, daß sie nur im Großversuch mit relativ hohen Durchsätzen (Versuchsanlagen) optimiert werden können. Einige Firmen bieten solche Dienstleistungen mit zum Beispiel 30 t bis 50 t Material an (MEYER, Th., 1993); bei größeren Vorhaben sind auch schon 5 000 t im Großversuch gereinigt worden. Erst die Praxis wird zeigen, ob die sich in der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung im Probebetrieb befindliche Versuchsanlage für die Bodenwäsche mit einem Durchsatz von 1 m^3/h Bodenmaterial sowie 10 m^3/h Wasser ohne weitere Maßstabsübertragungen ausreicht (BAM, 1994; FRIEDRICH et al., 1994).

Mobile Anlagen versus stationäre Anlagen und Bodenbehandlungszentren

499. Der Umweltrat hat die beweglichen Dekontaminationsanlagen präferiert (SRU, 1989, Tz. 648). Die heutige Entwicklung zeigt jedoch, daß die mobilen Anlagen nur zu höheren spezifischen Preisen arbeiten können; für Boden-Kleinchargen bleiben sie wahrscheinlich zu aufwendig.

Gesetzliche Regelungen zur Genehmigung mobiler Anlagen haben deren Einsatz zwischen 1991 und 1993 erschwert. Durch die Novellierung der Regelungen im Jahre 1993 ist die Genehmigung erleichtert worden (Tz. 206). Es ist noch nicht abzusehen, ob und inwieweit sich diese Entwicklung auf den zukünftigen Einsatz der mobilen Anlagen auswirken wird. Nach neuesten Einschätzungen gibt es derzeit kaum einen Markt für die Bodendekontamination (KMOCH, 1994). Dieser Situation dürfen sich die mobilen Anlagen besser anpassen können als die stationären (NORDAC, 1994).

500. Stationäre Bodenbehandlungsanlagen dienen in erster Linie der Dekontamination. Sie werden in der Regel als zentrale Anlagen mit räumlich konzentrierter Kapazität, das heißt mit höheren Durchsätzen und in günstiger Lage, für verschiedene Böden sowie für ein oder mehrere Behandlungsverfahren konzipiert. Mitte 1994 waren 51 Anlagen in Betrieb, davon 45 mit je einem Verfahrensstrang und 6 mit mehreren Verfahrenssträngen. Hinsichtlich des genehmigten räumlichen Einzugsbereichs der Anlagen kann festgestellt werden, daß etwa die Hälfte der in Betrieb befindlichen Anlagen bundesweit akquiriert (24 Anlagen); 20 Betriebe sind regional tätig und von 7 Anlagen liegen keine Angaben vor (KIELBURGER und SCHMITZ, 1993). Wegen des Dienstleistungscharakters und der räumlichen Konzentration werden solche Betriebe auch „Bodenbehandlungs-, Sanierungs- oder Bodenreinigungszentren" genannt, wenn sie über eine Betriebsgenehmigung zur Behandlung ortsfremder Böden (sogenannter Fremdböden) verfügen.

Seit einiger Zeit wird diskutiert, ob unter Bodenbehandlungszentren im engeren Sinne nur solche verstanden werden sollten, die als Dienstleistungszentrum nicht nur Fremdboden verarbeiten, sondern darüber hinaus mindestens verschiedene Behandlungsverfahren einsetzen können. FRANZIUS (1994) nennt folgende Kriterien für Bodenbehandlungszentren im eigentlichen Sinne:

- Verfahrenskombinationen
- räumlich konzentriert (komplexe Behandlungsanlage)
- optimale Behandlungsmöglichkeit (sich ergänzende Techniken)
- Reststoffminimierung
- Einzugsbereich (Bedarfsanalyse, Mengenaufkommen)
- Vermarktungsmöglichkeit für das behandelte Material.

Zur Zeit sind keine Bodenbehandlungszentren in diesem engen Sinne in Betrieb, es werden aber zahlreiche Planungen sowohl für Zentren im eigentlichen Sinne als auch für stationäre Anlagen einfacher Art betrieben.

Deshalb wird in absehbarer Zeit mit einem deutlichen Überangebot, zumindest bei den nichtthermischen sowie einsträngigen Verfahrensweisen, zu rechnen sein. Die Anlagenbetreiber müssen außerdem mit preiswerteren ausländischen Anbietern in Wettbewerb treten. Diese Dienstleistungsbetriebe können für Kleinchargen eine preiswerte Alternative darstellen (FRANZIUS, 1993b). Abbildung A 1.3 gibt einen Überblick über die Standorte betriebener, genehmigter, in Bau befindlicher oder geplanter stationärer Bodenreinigungsanlagen.

501. Für den Erfolg oder Mißerfolg einer Sanierungsmaßnahme sind generell die festgelegten Sanierungszielwerte sowie ihre Endgültigkeit entscheidend. Dabei spielen die Probenahme- und Analyseverfahren zur Kontrolle des Sanierungserfolgs eine zentrale Rolle (Tz. 143, 148f.).

Für den Fall eines Scheiterns der Sanierung sollte Vorsorge getroffen werden. Wird das Sanierungsziel nicht erreicht, wird das ausgehobene Material zu nicht verwertbarem Abfall. In solchen Fällen ist wenigstens eine Rückstufung der Deponieklasse anzustreben (vgl. TA Abfall/Siedlungsabfall); dies dürfte bei geringfügigen Überschreitungen zu realisieren sein. Im Falle iterativ festgelegter Sanierungszielwerte wird es leichter möglich, Ziele und anlagentechnische Leistungen in Einklang zu bringen (Tz. 122).

502. Hinsichtlich der Stoffströme aus der Dekontamination kann eine Tendenz zur Verschiebung des Schwerpunkts zur Reststoffminimierung beobachtet werden, die allerdings selten über stoffliche Verwertung gehen kann. Werden Schadstoffe durch Verfahren aufkonzentriert, ist die Schließung von Stoffkreisläufen mittels Recycling meist kontraproduktiv und daher unerwünscht (s. z. B. bei Cadmium: SRU, 1990,

Abbildung A 1.3

In Betrieb befindliche, genehmigte, in Bau und in Planung befindliche Bodenbehandlungszentren (stationäre Anlagen)

Die Punkte geben die Anzahl der Standorte, nicht die Zahl der jeweiligen Anlagen wieder



Quelle: KIELBURGER und SCHMITZ, 1993

Tz. 798). Damit solche Fehlentwicklungen vermieden werden, sollten die Reststoffe weiter in deponiefähige Rückstände (Schadstoffkonzentrate z. B. für die Untertagedeponie) sowie in schwachkontaminierte, verwertbare Fraktionen aufgetrennt werden. Dabei sollten, wenn möglich, physikalische Trennverfahren gegenüber chemischen Schlammbildungsreaktionen, die zu Massenmehrung und Abwasserversalzung führen, bevorzugt werden.

3.1 Chemisch-physikalische Trenn- und Umwandlungsverfahren

503. In den letzten Jahren wurden viele Verfahren, die bereits im Sondergutachten Altlasten (SRU, 1989, Abschn. 4.3.2.2.5) beschrieben wurden, weiterverfolgt und einige neu entwickelt. Eine Übersicht der Verfahren ist in der Tabelle A 1.1 zusammengestellt.

Extraktions- und Waschverfahren

504. Im Bereich der primären Trennverfahren haben sich in den letzten Jahren vor allem die Extraktions- und Waschverfahren, insbesondere die naßmechanische Bodenaufbereitung (Naßklassierung/Läuterung/Bodenwäsche) mit dem Prozeßfluid Wasser zur Aufschlämmung durchgesetzt. Vereinfacht bestehen all diese Verfahren aus den drei Grundoperationen:

1. Aufschließen der Bodenaggregate (mit oder ohne Klassierung),
2. Schlammentwässerung,
3. Prozeßwasserreinigung.

Es gibt sehr viele Ausführungsvarianten, die sich im wesentlichen in der Form des Energieeintrags, der Korntrennstufen, der Wahl des Prozeßfluids und in der nachträglichen Aufbereitung des Substrats unterscheiden. Die theoretischen Grundlagen wurden erst in letzter Zeit erarbeitet (BRAUN et al., 1994; LfU Baden-Württemberg, 1993; WERTHER und WILICHOWSKI, 1993; GOSSOW und ZARBOK, 1991; NEESSE und GROHS, 1990/91).

Die Stufe der großtechnischen Anwendbarkeit wurde zuerst bei der Naßklassierung erreicht (SRU, 1989, Tz. 588ff.), während reine Extraktionsverfahren erst derzeit in diese Größenordnung vorstoßen und überwiegend mit wäßrigen Systemen arbeiten (SCHMIDT und FRISTAD, 1994; ISA, 1992).

505. Die verschiedenen Vorgänge der mechanischen Beanspruchung, der Erosion/Abrasion, der Dispergierung, des Ablösens und des Lösens greifen in der Praxis ineinander über, so daß es sinnvoll erscheint, die Gruppenbildung „Extraktions- und Waschverfahren" aufrechtzuerhalten (JESSBERGER und NETELER, 1992). Das Prozeßfluid Wasser ist jedoch für viele Schadstoffe kein geeignetes Extraktionsmittel, weil sie sehr begrenzt wasserlöslich sind; es überwiegt die granulometrisch und energetisch gesteuerte physikalische Umverteilung der Schadstoffe im Rahmen des Waschvorgangs vom Grobkorn

Tabelle A 1.1

Chemisch-physikalische Trenn- und Umwandlungsverfahren der Bodenreinigung

Extraktions- und Wasserverfahren	Desorptionsverfahren	Elektrokinetische Verfahren	Chemische Umwandlung
– naßmechanische Bodenaufbereitung (Naßklassierung = Läuterung, Dispergierung, Bodenwäsche, mit/ohne Tensid-, Kaltreiniger-, Lösungsvermittlerzusatz) – Laugung, „Leaching" (chemisches Lösen; Komplexieren) *) – Extraktion mit organischen Lösungsmitteln (Solvent-Extraktion) – Gasextraktion *) (Abtreiben mit Gasen in überkritischem Zustand, z. B. mit CO_2-, H_2O- oder N_2O-Gas) – Kombinationen	– Gasaustausch (Bodenluftabsaugung, Stripping) – Abtreiben im Vakuum (Vakuumdestillation) **) – Wasserdampfdestillation **) (Abtreiben mit Sattdampf) [thermische Desorption/Pyrolyse: s. thermische Verfahren/Entgasung] – Ultraschalldruck-Verfahren (Geoschock; Ultraschallenergie-Eintrag (in situ) *)	– Elektroosmose *) – Elektrophorese *) – Elektrolyse *)	– Oxidation mit O_3(Ozon), H_2O_2 – Hydrothermische Oxidation (Hochdruck-Naßoxidation) – Ionenaustausch SRU

*) = Forschungs-, Entwicklungsstadium
**) = Piloteneinsatz

zum Feinkorn mit der Möglichkeit der Re-Kontamination (FUISTING und LEONHARD, 1994).

Naßklassierungsverfahren können nur die Grobfraktion befriedigend reinigen. Die Abtrennung der Schadstoffe gelingt nämlich vorwiegend durch die Eliminierung einer wesentlichen Bodenfraktion (<63 µm Korngröße) aus dem Korngerüst, die schon ursprünglich schadstoffbeladen war und auch die vom Grobkorn abgetrennten Schadstoffe aus der Bodensuspension sofort adsorptiv bindet, was eine Umverteilung bedeutet. In den nachgeschalteten Trennstufen nach Korngröße („Klassieren") sowie Dichte („Sortieren") wird versucht, aus dem Aufgabegut unterschiedlich kontaminierte Fraktionen beziehungsweise verwertbare Substrate zu erzeugen. Der Erfolg dieser Trennoperationen hängt wesentlich von der intelligenten Kombination an sich bekannter Apparate und der Wahl günstiger Prozeßparameter ab. Als Hilfsmittel der Verfahrensoptimierung kann die Erstellung einer „Dekontaminationscharakteristik", eine Bilanzierung der Ausbringung, dienen (FEIL et al., 1994). Insgesamt ist die Naßklassierung als Bodenscheidung einzuordnen, wobei die Feinfraktion als Schadstoffträger auszuschleusen und gegebenenfalls nachzubehandeln ist. Damit bleibt die naßmechanische Aufbereitung überwiegend feinkörniger Böden mit hohem Schluff- und Tonanteil ein durch diese allein nicht zu lösendes Problem.

506. Um den hohen Energieaufwand der zahlreichen Klassier- und Sortierstufen der naßmechanischen Bodenaufbereitung zu umgehen, werden auch nichtklassierende Verfahren entwickelt. Hier muß jedoch chemische Energie in Form von Tensid- oder sonstigen Zusätzen eingeführt werden, um möglichst den ganzen Kornbereich zu reinigen (RÖTGERS, 1993). Der Wirkungsgrad dieser Dispergierung ist aber ähnlich korngrößenabhängig wie die Naßklassierung; letztlich wird das Schadstoffproblem bewußt auf die Prozeßwasserreinigung, in der es besser beherrschbar ist, verlagert.

507. Die einzelnen Lösungen der zahlreichen Verfahrensanbieter variieren sehr stark in ihrem Aufbau und Aufwand. Die „Verfahrensdokumente für physikalisch-chemische Bodenbehandlungen" (DOETSCH und DRESCHMANN, 1992/94) können eine Entscheidungshilfe leisten, wobei diese noch durch bilanzierende Stoffstromangaben zu ergänzen wären. Die Arbeitshilfe des Ingenieurtechnischen Verbandes Altlasten ITVA „Bodenwaschverfahren" (Entwurf, ITVA, 1993b) kann als Versuch eines Leitfadens betrachtet werden, der noch ergänzungs- und korrekturbedürftig ist. Ob die dort dargestellten Verfahren für bestimmte Bodenart-Schadstoff-Kombinationen geeignet sind oder nicht, sollte mit Hilfe nachprüfbarer Referenzlisten in der endgültigen Fassung transparent gemacht werden, wobei Absolutwerte der Konzentrationen in jeder Fraktion anzugeben wären.

508. Die Erfahrungen mit drei stationären, elf semimobilen und ca. 20 mobilen Anlagen haben die grundsätzliche Anwendbarkeit für grobkörnige oder körnig-sandige Böden für einige Schadstoffgruppen bestätigt (LfU Baden-Württemberg, 1993, S. 215 bis 217). In Ausnahmefällen können Böden sogar mit sehr hohen Ton- und Schlufffraktion-Anteilen und bis zu 15 µm Korngröße gereinigt werden. Grundsätzlich gilt jedoch, je höher der Anteil der Ton- und Schluffkomponenten, desto geringere Reinigungswirkungen sind bei gleichzeitig höheren Kosten erreichbar. Aus diesem Grund werden Feinschlämme aus der Bodenscheidung – zumindest bei Mineralölkontaminationen – verstärkt mikrobiologisch nachbehandelt (SCHUSTER und BLANK-HUBER, 1994; ELIAS und WIESMANN, 1993). Auch desorptive und thermische Nachbehandlungsstufen befinden sich in der Erprobung (Vakuumdestillation für Quecksilberkontamination: Wasserdampf-Destillation für 2,4,6-Trinitrotoluol-Kontamination PETZOLDT und BECKER, 1994; PLEQ, 1994; WEILANDT, 1994).

Das Grundproblem der Bodenscheidung bleibt jedoch, daß das gesamte Bodengefüge als Inertmaterial behandelt und „durchgeschleppt" werden muß, obwohl nur selten mehr als 1 % Kontamination zu entfernen ist.

509. Künftig sollten die bodenkundlichen Eigenschaften des gereinigten Endprodukts verstärkt beachtet werden. Während die Grobfraktion meist problemlos als Baugrund oder Bausand verwertet werden kann, gilt die landwirtschaftliche Nutzung des Produkts als problematisch (GOETZ, 1988). Das Substrat kann durch Beimischung von Zuschlagsstoffen verbessert werden, wobei die Kompostzugabe neben dem günstigen Animpfungseffekt eine zeitlich begrenzte Verdünnungs- und Adsorptionswirkung hat. Bodenreinigungsfirmen bieten solche Dienstleistungen zur „Bodenbelebung" an; wünschenswert wäre die Prüfung der Substrate nach standardisierten Biotests (SELLNER, 1994).

Bei der Bewertung des Reinigungserfolgs der in Betrieb befindlichen Anlagen muß darauf geachtet werden, daß die Wirkungsgrade (in %) auf die verwertbaren Fraktionen und nicht auf die ursprünglich aufgegebene Gesamtmenge bezogen werden. Trotz dieser günstigen Art der Berechnung kommen Überschreitungen je nach Zielkriterium vor. Im Durchschnitt werden ca. 80 % des Boden-Inputs „vor der Deponierung bewahrt" (LORENZ, 1993). Auch sind Fälle bekannt, bei denen die Eluierbarkeit der restlichen Schadstoffe im gereinigten Kultursubstrat (ohne Feinkorn) höher lag als im ursprünglichen Boden. Dies ist möglich, der hohe Energieeintrag die Schadstoffmobilität erhöhen kann und weil die adsorptionsstarke Feinkornfraktion entfernt wurde.

510. Mit dieser Erkenntnis wächst auch die Bedeutung der Flotation als ergänzender Maßnahme der Stofftrennung (WILICHOWSKI und WERTHER, 1994). Es gibt Anlagen, in denen gleich mehrere Flotationstechniken wie Schlamm-, Druckentspannungs- und Elektroflotation eingesetzt werden können, um verschiedene Schadstoffe mit möglichst hohem Wirkungsgrad auszubringen. Diese Reinigungsleistung ist nur durch Chemikalienzugabe (Flotationshilfsmittel) zu erreichen; bei guter Verfahrensauslegung können andere Verfahrensschritte eingespart werden (SINDER et al., 1994).

511. Diese Erfahrungen veranlassen den Umweltrat, die abgegebene, überaus positive Bewertung der Extraktions- und Waschtechnik (SRU, 1989, Tz. 594) dahingehend zu erweitern, daß durch weitere Optimierungsarbeiten noch günstigere Ergebnisse zur stärkeren Erfassung der Feinkornfraktion zu erreichen sind. Weiterentwicklungen der Waschverfahren für mineralölkontaminierte Böden haben restproduktfreie Böden als Ziel (SCHUSTER und BLANKHUBER, 1994; PÖCKL, 1993). In diesem Zusammenhang ist es wichtig, den Energieaufwand zu reduzieren. Dazu wird es notwendig sein, die bisher eher vernachlässigte Extraktionstechnik („Laugung") sowie die Emulgierungs- und Dispergierungstechnik, das heißt Waschen mit niedrig dosierten, leicht bioabbaubaren Tensidzusätzen, weiterzuentwickeln.

512. Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprogramms „SITE" der US-EPA wurde das Solvent-Extraktionsverfahren „B.E.S.T.-Process" entwickelt und großtechnisch erprobt. Es nützt verschiedene günstige physikochemische Eigenschaften des begrenzt wasserlöslichen, polaren organischen Extraktionsmittels Triethylamin, so daß Mineralöle, polychlorierte Biphenyle, verschiedene Organochlorpestizide und einige Schwermetalle extrahierbar sind (WEIMER, 1994). Es sollen sehr niedrige Restkonzentrationen des Lösungsmittels im gereinigten Boden erreichbar sein. Es wäre wünschenswert, dieses Verfahren im Rahmen der deutsch-amerikanischen Zusammenarbeit (Modellstandort-Programm) auch auf Standorten in Deutschland einzusetzen.

Eine aussichtsreiche Neuentwicklung in Technikumsstufe ist die Hochdruckextraktion mit überkritischen Gasen, das heißt mit gasförmigem CO_2, Distickstoffoxid oder Wasser, die nur auf Schadensfälle mit organischen Kontaminanten anwendbar ist (SIELSCHOTT et al., 1993; SCHULZ, 1992). Das Verfahren könnte beispielsweise zur Entfernung von polychlorierten Biphenyl- und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoff-Kontaminationen wirksam eingesetzt werden, wenn noch offene Fragen des Scale-up und der Kosten gelöst sind.

Für Mineralölkontaminationen wurde der Ansatz entwickelt, dem Boden eine nitratfreie Nährlösung mit Emulgatorwirkung zuzuführen; dadurch sollen Mikroorganismen zur Produktion ölemulgierender Biotenside angeregt werden (KOPP-HOLTWIESCHE, 1993; SPEI, 1991). Es handelt sich um eine Kombination von chemisch-physikalischer Emulgierung und mikrobiologischem Abbau.

Bei der Laugung von Schwermetallen mit Komplexbildern sind vielversprechende Versuchsergebnisse erzielt worden (FISCHER, 1994; ROOS et al., 1993). Die Komplexierung erfolgt – je nach Agens – nur dann, wenn die Schwermetalle in ionogener Form vorliegen.

Desorptionsverfahren

513. Desorptionsverfahren sind in den Varianten der Bodenluftabsaugung sowie in situ- und on site-Strippen seit längerem Stand der Technik (SRU, 1989, Tz. 561ff.; VDI-Richtlinie 3865).

Eine ideenreiche Variante der Bodenluftabsaugung ist das UVB-Verfahren (Unterdruck-Verdampfungs-Brunnen, HERRLING, 1990), das eine beträchtliche Intensivierung des in situ-Stoffaustausches erlaubt. Dadurch verbessert sich die ansonsten schlechte Energiebilanz (bezogen auf die gewonnene Schadstoffmenge) ganz erheblich. Verfahren zur Bodenluftabsaugung sind in den letzten Jahren vermehrt eingesetzt worden; hierdurch lassen sich die zu erwartenden Betriebskosten besser vorausberechnen (BÖCKLE et al., 1994).

514. Abbildung A 1.4 zeigt das Fließbild einer mobilen Bodenscheidungs- und – für das Feinkorn – -Desorptionsanlage, die sich der Schlamm-Strip-Technik bedient. Das für grobkörnige Sedimente erfolgreich angewendete Prinzip der in situ-Bodenluftabsaugung wird in einen Reaktor übertragen, intensiviert und für die sonst nicht behandelbare Feinfraktion eingesetzt. Mit der Methode werden Schadensfälle mit leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen oder Benzol, Toluol und Xylolen in bindigen Böden behandelt (GOSSOW, 1993).

Weitere Entwicklungen auf dem Gebiet der Desorption, zum Teil im Piloteinsatz, wie

- Hochvakuumdestillation für Quecksilber- oder mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen kontaminierte Böden (PLEQ, 1994; GRONHOLZ, 1992) und
- Wasserdampfdestillation (PETZOLDT und BEKKER, 1994; WEILANDT, 1994; DERA/ISA, 1993; HUDEL et al., 1993; ISA, 1992)

sollten aufmerksam verfolgt werden, weil sie bessere Gesamtreinigungsgrade und weniger Abfallaufkommen erwarten lassen.

Eine neue thermische in situ-Methode wurde kürzlich von JÜTTERSCHENKE (1994) und SRESTY et al. (1994) vorgestellt. Dabei wird der mit leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen (LCKW), Mineralölkohlenwasserstoffen oder Benzol, Toluol und Xylolen kontaminierte Boden mit Hochfrequenzenergie, das heißt dielektrisch, in kurzer Zeit erwärmt; die flüchtigen Stoffe werden abgesaugt und nachverbrannt.

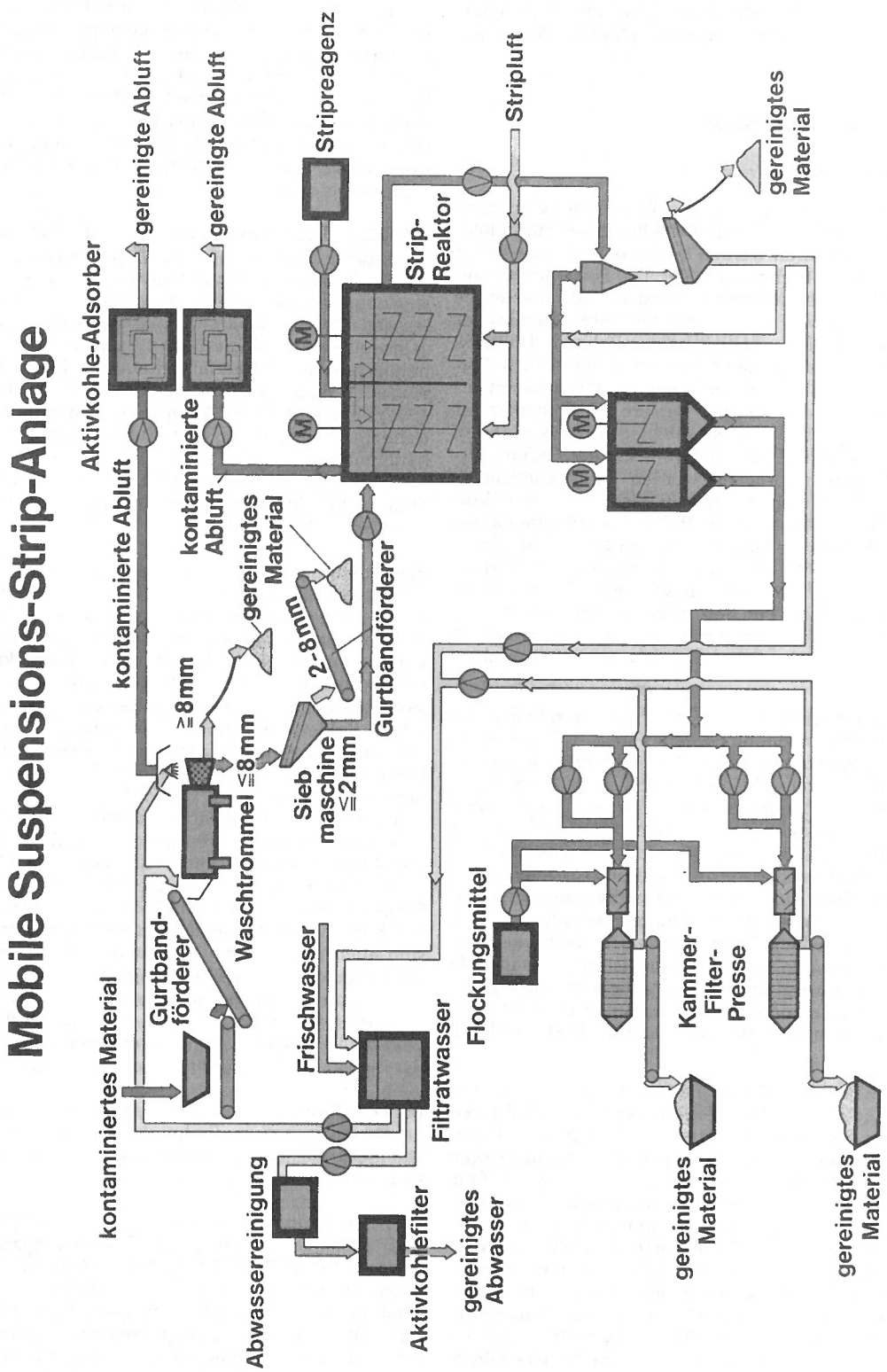
515. Die in situ-Beschallungsmethode zur Mobilisierung von LCKW-Kontaminationen wurde von HENNING et al., (1993) beschrieben. Die Methode kann günstigerweise im Aquifer eingesetzt mit Bodenluftabsaugung als Stoffentnahme kombiniert werden.

Elektrokinetische Verfahren

516. Die Grundlagen der elektrokinetischen Verfahren sind ab ca. 1990 publiziert worden (ACAR und ALSHAWABKEH, 1993; LAGEMAN et al., 1990; RENAUD, 1990). Es handelt sich um in situ-Versuche, elektrokinetisch bewegliche Kontaminationen mit Hilfe angelegter Potentialfelder räumlich aufzukonzentrieren. Naturgemäß kommen hierbei in erster Linie ionische Verbindungen (v. a. von Metallen) als erfaßbare Schadstoffe in Frage. In Deutschland liegen noch keine Erfahrungen vor. Für Teeröl-Kon-

Abbildung A 1.4

Mobile Suspensions-Strip-Anlage



Quelle: GOSSOW, 1994, schriftl. Mitt.

taminationen auf ostdeutschen Standorten der Braunkohleveredelung soll ein elektrokinetisches Verfahren entwickelt werden (DÖRING, 1994). Die elektrokinetischen Verfahren sind als stark energieintensiv eingestuft worden (JÖRISSEN et al., 1993).

3.2 Biologische Verfahren

Mikrobiologische Verfahren

517. Die Ausführungen des Umweltrates im Sondergutachten 1989 zur Entwicklung der mikrobiologischen Verfahren werden im wesentlichen bestätigt (SRU, 1989, Abschn. 4.3.2.2.6). Die Forschungs- und Entwicklungsergebnisse bewegen sich bezüglich stofflicher sowie meß- und verfahrenstechnischer Probleme in dem vorgezeichneten Rahmen. Die Ausfüllung dieses Rahmens mit Erfahrungen aus Forschungs- beziehungsweise Sanierungsvorhaben erlaubt jetzt eine wesentlich bessere Einschätzung der Einsatzmöglichkeiten mikrobiologischer Verfahren, ohne daß dabei von bahnbrechenden neuen Erkenntnissen gesprochen werden kann. Die vorliegenden Erfahrungen verdeutlichen, daß der mikrobiologische Abbau von Boden- beziehungsweise Grundwasserschadstoffen zwar im Labor fast immer möglich ist. Eine Praxisanwendung solcher Verfahren führt jedoch nur unter besonderen Voraussetzungen zum Erfolg: Für den mikrobiologischen Abbau günstige Molekülstrukturen können bei günstigen Bodenverhältnissen zerstört, zum Teil sogar mineralisiert werden.

Bisherige Vorhaben haben sich im wesentlichen der bakteriellen Oxidation bedient. Für schwer abbaubare Komponenten, vor allem Chlorkohlenwasserstoffe, wird neuerdings die co-metabolitische Transformation in verschiedenen Ausführungen (oxidativ/reduktiv) entwickelt und in mehrstufigen Verfahren (anaerob-reduktive Dehydrochlorierung, aerobe Oxidation des Rests, jeweils mit anderen Co-Substraten) erprobt. Hier sind verfahrenstechnische Pionierleistungen zu verzeichnen. Dadurch könnten an sich bekannte, jedoch bisher technisch nicht nutzbare Abbauwege für einfachere persistente Schadstoffe erschlossen werden. Auch verschiedene Pilzorganismen werden verstärkt in die Sanierungsverfahren eingebunden (BARR und AUST, 1994; ZARTH, 1993).

518. Bestehende Unsicherheiten hinsichtlich der Übertragung der Laborergebnisse in die Feldpraxis können wahrscheinlich nur zum Teil abgebaut werden. Der Hauptmangel, die begrenzte Steuerbarkeit der Feststoff-Flüssigkeits-Reaktionen im Biofilm, konnte bisher nicht behoben werden. Die daraus resultierenden Engpaßfaktoren sind in der Regel nichtbiologischer Art, weil die beteiligten Mikroorganismen mit den benötigten Hilfsstoffen nur unzureichend versorgt werden können. Versuche, diese Abbauhemmnisse mit Hilfe standortfremder Mikroorganismen auf biologischem Wege lösen zu wollen, erbringen keine nachweisbaren Vorteile. Die Förderung der standorteigenen Mikroflora erweist sich unverändert als bester Ansatz.

Die technischen Engpaßfaktoren, vor allem die Bioverfügbarkeit der Schadstoffe und die Nährstoff- und Sauerstoffversorgung in aeroben oder quasiaeroben Prozessen begrenzen die Leistungsfähigkeit von in situ-Sanierungen nach wie vor. Hier ist die Bezeichnung „black box" für den Bodenkörper-Bioreaktor angebracht. Obwohl die Auswertung laufender Projekte wertvolle Erkenntnisse liefern wird, bleibt ihre Übertragbarkeit auf andere Standortverhältnisse problematisch. Rückschläge werden sich immer wieder ergeben, weil der Untergrund nicht optimierbar ist.

519. Die Begleituntersuchungen im Rahmen der Durchführbarkeitsstudie sind in vielen Fällen durch das Fehlen allgemein anerkannter Analyse- und Bewertungsverfahren wesentlich erschwert. Die Arbeiten des interdisziplinären DECHEMA-Arbeitskreises „Umweltbiotechnologie-Boden" tragen zur Vereinheitlichung der Prüfverfahren und der Beurteilungsmaßstäbe maßgeblich bei (DECHEMA, 1993, 1992, 1991). Zu begrüßen ist, daß die vom Umweltrat geforderte Stoffbilanzierung der Abbauvorgänge immer häufiger aufgegriffen wird (VIJGEN et al., 1993; ZARTH, 1993; LUND und GUDEHUS, 1990). Dabei muß für Voruntersuchungen ein ausreichender Zeitraum eingeplant werden.

520. In diesem Zusammenhang muß auch die Frage der Metabolitenbildung beantwortet werden. Die Mineralisierung läuft normalerweise über polare, mobilere und oft toxischere Zwischenprodukte und wird zunehmend mit Hilfe der Isotopenmarkierung ($^{14}CO_2$-Bildung; ZARTH, 1993) verfolgt. Dabei zeigt sich, daß zum Beispiel bei polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen ein beträchtlicher Teil der Ausgangsaktivität nicht mehr extrahierbar an Huminstoffe gebunden vorliegt (50–70 %). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, daß der überwiegende Teil bestimmter Schadstoffmetaboliten über stabile Bindungen im Humus festgelegt ist und nur schwer remobilisiert werden kann; in anderen Fällen ist jedoch eine Freisetzung der gleichen ursprünglichen Kontamination möglich (MAHRO et al., 1993; RICHNOW et al., 1993). Humuszugaben bei Sanierungen sind auch unter diesen Aspekten zu bewerten. Die hiermit aufgeworfene Grundfrage, inwieweit Huminstoffkomplexe als Schadstoffsenke zu betrachten sind, ist derzeit noch offen (Tz. 522, Pkt. 7); die Antwort muß sich an der chemischen Bindungsform und der Bioverfügbarkeit orientieren.

Biologische Sanierungsverfahren dauern erfahrungsgemäß lange, und der Endpunkt bleibt im Feld unbestimmbar, weil der Schadstoffabbau langsam zum Erliegen kommt.

521. Insgesamt kann von einer großen Anzahl an mikrobiologischen Verfahrensvarianten gesprochen werden (FRANZIUS, 1993b; SRU, 1989, Tz. 609ff.). Vermehrt werden angepaßte Mischformen – auch in Kombination mit chemisch-physikalischen, vor allem mit emulgierenden-dispergierenden Waschverfahren – entwickelt, wobei Wirksamkeit und leichte Bioabbaubarkeit der Tensidzusätze (vgl. Tz. 506) als Leitkriterien erfüllt werden müssen. In günstigen

Fällen haben die Abbauprodukte Nährstoffeigenschaften für die Mikroflora.

Diese Entwicklungen sind zusätzlich von einer starken Spezialisierung notwendiger Maschinen-, Steuerungs- und Überwachungstechniken begleitet, die immer aufwendiger werden. Kombinierte Techniken sind ohne solche Entwicklungen nicht denkbar.

522. Die Vielfalt mikrobiologischer Verfahrensvarianten erschwert eine vergleichende Bewertung. Insgesamt kann jedoch festgestellt werden, daß noch nicht alle Einschränkungen, die der Umweltrat im Sondergutachten 1989 gemacht hat, ausgeräumt werden konnten, obwohl der industrielle Maßstab (pro Schadensfall 20 000 t bis ca. 100 000 t Boden im on site-Betrieb) schon erreicht ist und viele Verbesserungen im Detail zu verzeichnen sind. Im einzelnen können folgende Entwicklungen festgestellt werden:

1. Die Einsatzmöglichkeiten der mikrobiologischen Umsetzung sind auf ein enges Stoffspektrum von Kontaminationen beschränkt. Gute praktische Erfahrungen liegen derzeit für Mineralölkohlenwasserstoffe und für Benzol, Toluol sowie Xylole unter ca. 1 % vor. Allerdings stellen gerade diese Schadstoffe gebietsweise bis 80 % der Schadensfälle, so daß die Methode häufig angewandt werden kann.

2. Selbst bei diesen Stoffgruppen müssen kinetische sowie bakteriotoxisch bedingte Hemmungen überwunden werden; das Band der optimalen Schadstoffkonzentration ist relativ schmal und muß gefunden werden. Die Sanierung erfordert Feinabstimmungen der Parameter und hohen meßtechnischen Aufwand.

3. Mit Hilfe der co-metabolischen Transformationen (MAHRO und KÄSTNER, 1993) scheinen bisher unzugängliche Abbauwege praktizierbar zu werden, jedoch nicht bei hohen Werten und in situ. Als Co-Substrate dürfen nur einfache Naturstoffe, wie zum Beispiel Methan, Isopren, Saccharose, in niedrigen Konzentrationen (<0,1 Gew.-% des Bodens), Xenobiotika in keinem Fall zur Anwendung kommen.

4. An die biologische Bodensanierung können im allgemeinen keine allzu hohen Anforderungen gestellt werden, zumal die Ergebnisse nur grob stichprobenartig kontrolliert werden können. Es sollen zufriedenstellende Leistungen mit großzügig bemessenen, gestuften Fristen (3/5/10 Jahre) gefordert werden. Sanierungsziele unter 500 mg Mineralölkohlenwasserstoffe/kg Boden (Trockensubstanz) sind zwar realisierbar (DECHEMA, 1993); oft stellt sich jedoch der Endpunkt zwischen 1 000 und 2 000 mg/kg Trockensubstanz ein.

5. Die Abbauraten nehmen mit sinkender Substratkonzentration ab; der Schadstoffumsetzungsprozeß kommt nach einiger Zeit zum Erliegen. Dieser Zeitpunkt ist nicht planbar; über die Remobilisierbarkeit der bis dahin metabolisierten oder festgelegten Schadstoffe herrscht noch Unklarheit.

6. In situ-Anwendungen sind nur auf der Grundlage umfangreicher hydrogeologischer Erkundungen und tracergeführter Pumpversuche zu empfehlen, wenn die Durchlässigkeitsbeiwerte über 10^{-4} m/s liegen (Sand-, Kiesböden). Es ist immer davon auszugehen, daß nicht der gesamte kontaminierte Untergrund gleichmäßig durchflossen wird und somit Schadstofflinsen zurückbleiben. Ihre Bewertung hinsichtlich des Sanierungserfolgs ist nur schwer abzuschätzen.

7. On site- und off site-Verfahren haben allein durch die höhere Kontroll- und Steuerbarkeit vielfältigere Anwendungsmöglichkeiten. Besonders bei on site-Sanierungen sind die Grundstücksfläche sowie die Verfügbarkeit der Geräte oft limitierende Faktoren. Diese Beschränkungen gelten deutlich weniger in off site-Sanierungszentren. Hier können auch Bioreaktoren leichter eingesetzt werden. Der Trend läuft in diese Richtung (BIEHLER und HÄGELE, 1994; IRVINE, 1994; SCHUSTER und BLANK-HUBER, 1994). In allen Varianten können jedoch Mißerfolge auftreten (s. Kokereistandort, „on site": LEHMANN, 1992). GOTTSCHALK und KNACKMUSS (1993) berichten, daß die reduktiven Initialreaktionen für den biologischen Gesamtprozeß des Abbaus von synthetischen Verbindungen, die sich durch hohe biologische Persistenz auszeichnen, entscheidend sind. So findet bei Trinitrotoluol ein Aufschluß statt, der derartige Nitroaromaten über die Bildung von Aminkomplexen im Humus bindet. Eine solche Dekontamination über eine Humifizierung verringert die Gefahr des Eindringens von TNT in das Grundwasser (Abschn. 3.4.2, Tz. 395 und Anhang 3).

8. Kompakte, hydrophobe Schadstoffkörper wie Teer, gealtertes Öl oder Chlorkohlenwasserstoff-Linsen können nur vom Rand aus dünn besiedelt werden. Ihre Umsetzung erfordert geologische Zeiträume. Solche Kontaminationsschwerpunkte müssen anderweitig angegangen werden.

9. Die vielversprechenden, innovativen Verfahrenskombinationen unter Beteiligung mikrobiologischer Verfahrensschritte, die in der Regel in Reaktoren ablaufen, sollten als Teil umfassender Entsorgungskonzepte betrachtet und weiterentwikkelt werden. Dabei sollte das Ziel der Wiedereinbaubarkeit biologisch behandelter Böden angestrebt werden; wenn dies nicht gelingt, sind letztlich nur noch thermische Verfahren zur Zerstörung oder Festlegung der Schadstoffe denkbar. Anzustreben ist jedoch die Erzeugung von Wirtschaftsgut anstelle von Deponiegut.

Makrobiologische Verfahren

523. Von Zeit zu Zeit wird auch immer wieder die Frage nach den Möglichkeiten einer Bodendekontamination durch Anbau von Pflanzen gestellt („heavy metal harvesting"). Makrobiologische Transfermethoden für Schwermetalle mit Hilfe nicht oder wenig akkumulierender Pflanzen sind aussichtslos (KUNTZE et al., 1984). Der Einsatz sogenannter hyperakkumulierender Metallophyten zur Metallabreicherung von Böden wird jedoch derzeit in Großbritannien im Kleinversuch erfolgreich erprobt (McGRATH, 1994;

BAKER et al., 1992). Das Erntegut soll verhüttet werden.

Im Rahmen der BMFT-Verbundvorhaben „Auswirkungen von Siedlungsabfällen auf Böden, Bodenorganismen und Pflanzen" wurde eine elfjährige Fruchtfolge simuliert und die durchschnittlichen Schwermetallentzüge der Gras-, Getreide- und Gemüsekulturen aufsummiert. Eine nennenswerte Absenkung von 10 bis 15 % ist nur bei den relativ gering kontaminierten Böden und dort auch nur für die mobileren Elemente Cadmium und Zink zu erreichen; für Kupfer und Nickel liegen die Werte niedriger und für Blei und Chrom unter 1 % (SCHALLER und DIEZ, 1991; Abb. A 1.5). Es müßte geprüft werden, inwieweit diese Bedingungen auf Verhältnisse bei Altlasten und auf andere Pflanzen übertragbar sind.

3.3 Thermische Verfahren

524. Thermische Bodenreinigungsverfahren (SRU, 1989, Abschn. 4.3.2.2.4) befinden sich in einer Phase der relativen Stagnation. Es mangelt an Akzeptanz für die entsprechenden Anlagen. Die Genehmigungs- und Planfeststellungsverfahren dauern sehr lange, ihr Ausgang ist unkalkulierbar für die Investoren. Derzeit gibt es in Deutschland nur einen kleinen Markt für die thermische Bodenbehandlung. Oft werden in den Sanierungskonzepten keine thermischen Methoden berücksichtigt, das heißt, die Ausschreibungen schließen sie definitiv aus.

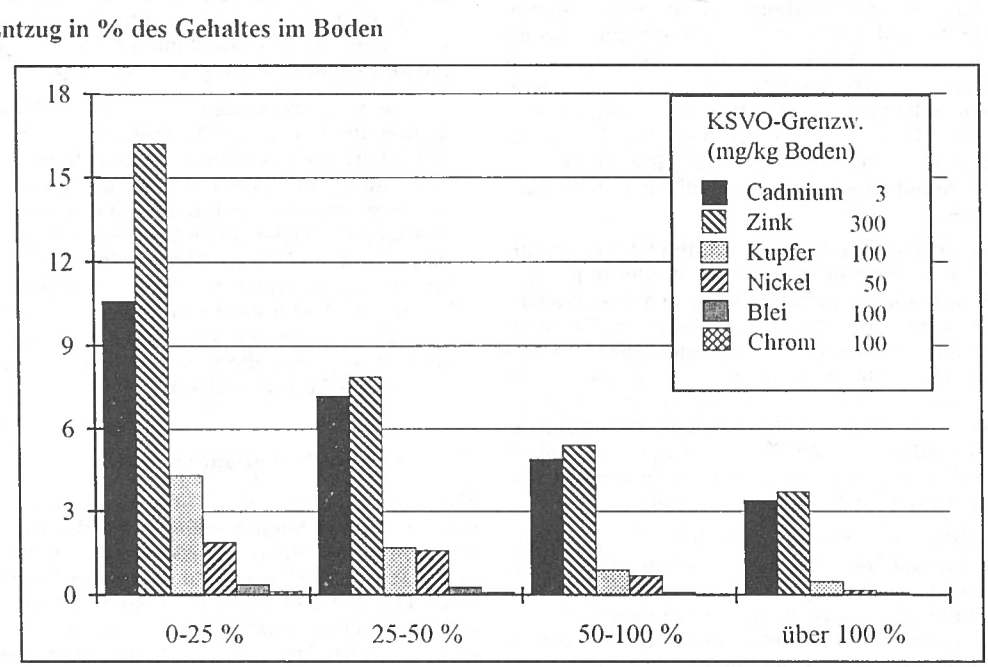
Unter diesen Bedingungen können weder Großversuche zur Optimierung der Anlagenkomponenten stattfinden, noch kann eine Kostendegression aus größeren Tonnagen erwartet werden. Von diesem Optimierungsbedarf im Einzelfall abgesehen, kann die thermische Behandlung heute als Stand der Technik angesehen werden; die Grenzwerte der 17. BImSchV können eingehalten werden.

Zur thermischen Behandlung organisch kontaminierter Böden gibt es in vielen Fällen keine gleichwertige Alternative. Notwendig wäre eine Strategie ähnlich der bei der thermischen Abfallbehandlung. „So viel wie nötig, so wenig wie möglich", um vorgegebene Reinigungsziele ganz und in kurzer Zeit zu erreichen. Deshalb wären klare Entscheidungen für oder gegen die Option „Thermische Bodenbehandlung" – mit all den Folgen – notwendig. Der Umweltrat spricht sich unter den genannten Einschränkungen für die Anwendung thermischer Verfahren aus.

525. Thermische Behandlungsverfahren im Sinne der Definition des Umweltrates (SRU, 1989, Tz. 576) sind die Entgasungs-, Vergasungs- und Verbrennungsverfahren.

Abbildung A 1.5

Entzüge einer elfjährigen Fruchtfolge bei steigender Schwermetallbelastung des Bodens



KSVO: Klärschlammverordnung (1982) Gehalt im Boden (% des KSVO-Grenzwertes)

Quelle: SCHALLER und DIEZ, 1991

Die Entwicklung geht zu mäßigen Temperaturen bei der Bodenbehandlung (FRANZIUS, 1993b); die Hochtemperaturbehandlung sollte für reine Schadstoffphasen vorbehalten bleiben. Favorisiert werden die Entgasungsverfahren mit mittleren Temperaturen zwecks Desorption/Pyrolyse, während die Desorbate einer Hochtemperatur-Nachverbrennung zuzuführen sind. Aussichtsreich könnte die direkte Verbrennung von Waschrückständen aus der Bodenwäsche sowie von Böden selbst in der zirkulierenden Wirbelschicht sein. In der Bodenreinigungsanlage „BORAN" (Berlin) wird das Aufgabegut bei 900 °C nach diesem Prinzip behandelt (Inbetriebnahme: 1994). Die Anlage wurde mit einem Gasreinigungssystem zur Erfüllung der 17. BImSchV ausgestattet.

Für die verfahrenstechnische wie kostenmäßige Optimierung, bezogen auf das Sanierungsziel, muß ein relativ langer Probebetrieb gewährt werden. Temperaturgang, Verweilzeit, Durchsatz und Gasreinigung sind nur im 1:1-Maßstab aufeinander abzustimmen.

Die bodenkundlichen Parameter thermisch schonend, das heißt, bei 450 bis 600 °C und mit 10 bis 20 Minuten Verweilzeit, behandelter Böden zeigen noch wenig Veränderung; ein Teil des organischen Kohlenstoffs bleibt sogar erhalten und kann von zugesetzten Mikroorganismen verwertet werden (WILKE, 1990). Erst bei höheren Temperaturen sollen Sinterungen auftreten.

Der Umweltrat empfiehlt, daß bodenkundliche Kenngrößen in die Prüfkriterien von aufbereiteten kontaminierten Böden aufgenommen werden (z. B. RAL-Richtlinien und -Gütezeichen; RAL-RG 501/2, 1991). Dadurch könnten die thermischen Verfahren hinsichtlich ihrer Produkte besser eingeschätzt werden (bezogen auf den gleichen Input).

526. Die elektrothermische in situ-Verglasung (SRU, 1989, Tab. 4.2 und 4.5) kann als gescheitert und ohne Aussicht auf Realisierung bezeichnet werden. Diverse Plasma-Schmelzverfahren sind jedoch in der Lage, mit vertretbarem Stoffdurchsatz (1 t/h) Filterstäube von Verbrennungs- und Bodenreinigungsanlagen zu behandeln und diese Stoffe zu dekontaminieren (SRU, 1990, Tz. 1419). Die Behandlung großer Massen von vollständigen Bodenmatrizes auf so hohem Temperaturniveau ist weder zweckmäßig noch unter energetischen Aspekten vertretbar.

527. Für die Sanierung von Altablagerungen, die mit großen Mengen von organischen Stoffen verfüllt sind, bietet sich die thermische Umwandlung zur Verwertung oder Inertisierung bei folgenden Ablagerungen an:

1. Ölige, teerige Ablagerungen (zum Beispiel Teerseen an einigen Standorten in den neuen Bundesländern), möglichst homogen und ohne Chlorverbindungen
2. Siedlungsabfälle aus „reinen" kommunalen Altablagerungen.

Die erstgenannten Abfälle haben noch ausreichenden Heizwert, so daß ihre Vergasung vorgesehen werden kann (z. B. im ehemaligen Gaskombinat „Schwarze Pumpe", heute ESPAG).

Die Verbrennung von Siedlungsabfällen aus Altablagerungen in Müllverbrennungsanlagen wird als Option in Baden-Württemberg untersucht (KOHLER, 1993). Sie ist unproblematisch und kann, solange der laufend angelieferte Siedlungsabfall einen ausreichend hohen Heizwert hat, ohne Stützfeuerung eingesetzt werden.

4 Umlagerung

Off site-Umlagerung unbehandelten Materials

528. In der Sanierungspraxis besteht häufig der Bedarf, kontaminiertes Boden- oder Abfallmaterial abzutragen und es mangels Behandlungskapazitäten und Zeit oder aus wirtschaftlichen Gründen auf schnelle und billige Weise zu beseitigen. Es kann sich um Gesamt- oder Teilaushubmengen handeln; letztere fallen auch im Rahmen komplexer Sanierungsmaßnahmen mit Reinigungsschritten für andere Teilmengen an.

529. Der Umweltrat hat 1989 die Umlagerung unbehandelten Materials wegen der Problemverlagerung in Raum und Zeit abgelehnt und deren Einsatz auf besondere Ausnahmefälle beschränkt (SRU, 1989, Tz. 639). Er begrüßt, daß in solchen Ausnahmefällen inzwischen die Mindestanforderungen für die off site-Verbringung von der TA Abfall/TA Siedlungsabfall vorgegeben werden. Dadurch könnte die off site-Umlagerung, unter starken Restriktionen eine Art Sicherungsmaßnahme werden. Dennoch müßte die Unumgänglichkeit der Umlagerung (KMOCH, 1994) zwingend belegt werden. Lediglich die Verbringung stark kontaminierter Bodenmassen (Konzentrationen im Prozent-Bereich bis hin zu 50 %; HIM-ASG, 1993) wird als unumgänglich angesehen, obwohl auch derartige Kontaminationen verwertet werden könnten. Interessant sind Bemühungen, Altablagerungen von Produktionsrückständen so aufzubereiten, daß sie für andere Verfahrenszwecke verwendet werden können, zum Beispiel zink- und bariumhaltige Produktionsabfälle im Lithoponewerk Wünschendorf bei Gera für Sanierungsaufgaben der Wismut GmbH (VDI-Nachrichten v. 29. 1. 1994).

Bei höheren Konzentrationen an bestimmten Inhaltsstoffen kann somit zum Beispiel eine thermische Vorbehandlung erforderlich werden, um die Ablagerungswerte zu erreichen. Dadurch werden sich die angestrebten billigen Lösungen nicht mehr auf einfachem Wege realisieren lassen. Es sollte darauf geachtet werden, daß die Vorschrift nicht durch Zumischung oder Export umgangen wird.

On site-Umlagerung

530. In letzter Zeit wird die „Ertüchtigung" von Altdeponien (auch als abfallwirtschaftliche Rekonstruktion, Deponierückbau oder Totalsanierung bezeichnet) immer häufiger erwogen (HECKENKAMP und SAURE, 1994a und b; THOMÉ-KOZMIENSKY und PAHL, 1994; STEGMANN, 1992). Auch größere Altstandorte könnten mit versiegelten Teilflächen zur Zwischen- oder Endlagerung betriebseigener Abfall-

stoffe, hauptsächlich kontaminierter Bauschutt oder Boden, hergerichtet werden.

In beiden Fällen sollen die Abfälle aufgenommen und aufbereitet, das heißt sortiert, verwertet beziehungsweise thermisch behandelt werden, während auf der freiwerdenden Fläche sukzessive eine Deponie oder eine Lagerhalle nach dem neuen Stand der Technik (TA Abfall/TA Siedlungsabfall) errichtet werden kann. Hierbei sind neben der geologischen Eignung des Standorts, die Größe der Anlage und die Inhaltsstoffe zu berücksichtigen. Vorab sind Fragen der Sicherheitstechnik und der Genehmigungsfähigkeit zu klären. Ziel des Rückbaus ist demnach die Auftrennung des Altmülls in eine verwertbare Baustoff-Fraktion, eine erneut abzulagernde Feinfraktion und eine durch thermische Behandlung erzeugte, abzulagernde Reststoff-Fraktion. Dadurch wird eine Volumenreduktion erreicht und es werden die Kriterien der TA Siedlungsabfall erfüllt.

531. Eine „Totalsanierung" ist vorerst nur bei Anlagen ohne Sonderabfalleinlagerung wirklich erwägenswert, weil schon die potentielle Anwesenheit von gefährlichen Abfällen einen hohen Aufwand für den Arbeitsschutz erfordern würde und die Stoffsegmente mit Sonderabfallcharakter gemäß der TA Abfall nachbehandelt werden müßten (KOHLER, 1993; Tz. 527).

Neuerdings werden im Rahmen des Vorhabens „Abfallwirtschaftliche Rekonstruktion von Altdeponien" des Bundesministeriums für Forschung und Technologie auch größere sanierungsbedürftige Altdeponien, zum Beispiel Schöneiche/Schöneicher Plan im Lande Brandenburg, untersucht (HECKENKAMP und SAURE, 1994 a). Hierbei soll ein exakter Vergleich mit Einkapselungsmaßnahmen die Sanierungsentscheidung vorbereiten.

Die Fragen der Aufbereitung und des Wiedereinbaus der aufgenommenen Abfallstoffe sollten näher untersucht werden. Dadurch können Möglichkeiten und Grenzen, Aufwand und Risiken des Ansatzes besser eingegrenzt werden (JAGER und WENGENROTH, 1991).

Kurzanalysen ausgewählter Branchen in der ehemaligen DDR nach Verfahren und Stoffen

1 Produktionslinien der Chemieindustrie

532. Im Gegensatz zu westeuropäischen Produktionsstätten wurde die Umstellung der DDR-Chemieindustrie auf die petrochemischen Rohstoffe Erdöl/Naphtha, Flüssiggas und Erdgas/Methan nur in sehr begrenztem Umfang vollzogen. Auch die in den westlichen Industrieländern intensiv betriebene Erforschung und Anwendung neuer, abfallarmer Synthesewege – häufig unter Anwendung neuentwickelter selektiver Katalysatoren für die heterogene Katalyse – fand in Ostdeutschland keine Entsprechung. Statt dessen wurden die „kohlechemischen" Produktionslinien beziehungsweise -anlagen der I.G. Farbenindustrie – sofern von den Alliierten nicht demontiert oder gesprengt – übernommen, repariert und teilweise weiter ausgebaut, wie etwa die Druckvergasung von Braunkohle im Gaskombinat Schwarze Pumpe.

533. Diese – aus dem angestrebten Autarkieziel resultierende – Entwicklung verursachte schwerwiegende Belastungen der Umwelt, die direkt oder indirekt auch altlastenrelevant sind. Auf folgende Zusammenhänge sei beispielhaft verwiesen:

- Die verwendeten Einsatzstoffe (hauptsächlich Braunkohle, z. T. Erdöl, Kalk, Apatit) führten wegen
  - ihres hohen Ballaststoffanteils (Wasser, Asche, taubes Gestein),
  - zu niedrigen Heizwertes der Kohle infolge des niedrigen Inkohlungsgrades,
  - ungünstigen (zu niedrigen) Kohlenstoff: Wasserstoff-Verhältnisses in der Kohle für Chemieprodukte und wegen
  - potentiell toxischer Begleitelemente (Schwermetalle, Metalloide, Schwefel)

  zu großen Abfallmengen und hohen Austrägen boden- und wassergefährdender Stoffe.
- Die Notwendigkeit, komplizierte organische Verbindungen aus den einfachsten Bausteinen, vor allem aus Kohlenstoff (C), Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO_2), Wasserstoff (H_2) und Stickstoff (N_2), in vielstufigen Synthesewegen aufbauen zu müssen, führte wegen
  - komplexer Anlagen mit hohem Flächen- und Stapelbedarf für wassergefährdende Stoffe (z. B. Teeröle, Zwischenprodukte aller Art),
  - geringer Produktausbeuten und
  - hohen Primär- sowie Elektroenergiebedarfs der umfangreichen Stoffumwandlungen

  zu großen Mengen von Neben- und Abprodukten (hohe Abfallintensität), zu erschwerter oder fehlender Verwertung der Reststoffe und zu besonders umweltgefährdenden Formen der Reststoffbeseitigung (Halde, Restloch, Abbrand).
- Die Anlagen wurden nur notdürftig instandgehalten (Fahren auf Verschleiß), was zu hohen Stoffverlustraten (Leckagen) und damit unter anderem zu Gefährdungen von Boden und Grundwasser führte.

Die auf dieser Rohstoffwirtschaft aufbauenden wesentlichen Produktionslinien der

- Carbochemie (Veredelung von Braunkohle),
- organischen Basis-Synthesechemie und
- anorganischen Grundstoffchemie

werden nachfolgend mit Blick auf ihre Altlastenrelevanz beschrieben.[1])

1.1 Carbochemie

534. Zu den Verfahrenssträngen der Carbochemie gehören die

- Verkokung,
- Verschwelung,
- Hydrierung und Reformierung sowie
- Vergasung.

Aus einer mengenmäßigen Analyse der Stoffflüsse der Carbochemie aus dem Jahre 1976 geht hervor, daß von den eingesetzten 15 Mio. t Braunkohlenbriketts lediglich 1,4 Mio. t Chemieerzeugnisse, je 1 Mio. t Synthese- und Generatorgas sowie 2,2 Mio. t Stadtgas als Endprodukt angegeben sind (insgesamt 5,6 Mio. t = ca. 40 %; EBNER et al., 1993). Der verbleibende Anteil von ca. 60 % läßt sich durch die schlechten Wirkungsgrade der Stoffumwandlungen, einschließlich Abfälle, und durch den hohen Eigenenergiebedarf (Kohlenstoff-Verlust als CO_2-Emission) nur teilweise erklären; hier müssen auch die altlastenrelevanten Stoffverlagerungen in Boden, Gewässer und Deponien vermutet werden.

Verkokung

535. Getrocknete und brikettierte Braunkohle wurde einer Hochtemperaturentgasung in geschlossenen Kokskammern bei ca. 950–1 200 °C unterworfen, wobei Kokereigas und der Braunkohlen-Hochtemperatur-Koks (BHT-Koks) als Hauptprodukte (je ca. 40 %) gewonnen wurden. Als Nebenprodukte fielen Braunkohlen-Kokereiteer und Mittelöl, Gaswasser sowie (vom Ablöschen des glühenden Kokses mit

[1]) Die Beschreibung greift auf ein externes Gutachten „Branchentypische Inventarisierung von umweltgefährdenden Stoffen auf Altstandorten der ehemaligen DDR" des Protekum Umweltinstituts, Oranienburg, zurück (EBNER et al., 1993).

Wasser) Kokstrübe an. Das Gaswasser enthält Phenole (ca. 0,1 Gew.-% der eingesetzten Braunkohle).

536. Das kokereitypische Stoffinventar und Kontaminationspotential ist gekennzeichnet durch

- Mineralöl-Kohlenwasserstoff-Kontaminationen von Böden und Grundwasser,
- Schwelwässer, -teere und -öle mit hohem Gehalt an Benzol, Toluol, Xylolen, Phenolverbindungen und Heterozyklen,
- polyzyklische Aromaten und Heterozyklen, besonders in deponierten Rußen.

Die Kontaminationen treten nur zum kleineren Teil an den Kokereistandorten (Lauchhammer, Industriekomplex Schwarze Pumpe, Zwickau, Böhlen und Magdeburg) selbst auf. Der größere Anteil ist den zahlreichen Standorten der Weiterverarbeitung (Benzol-, Ammoniak-, Phenolgewinnung, Teerscheidung usw.) zuzuordnen.

Verschwelung

537. Für die Zwecke der chemischen Industrie, vor allem aber für die Kraftstoffproduktion, wurde die Braunkohle vorwiegend verschwelt, das heißt unter Luftabschluß bei niedrigerer Temperatur (ca. 600 °C) entgast, um die Öl-/Teerausbeute zu Lasten der Gas- und Koksentstehung zu steigern. Der verfahrensbedingt niedrige Wirkungsgrad des Prozesses führte zu hohen Umweltbelastungen. Der Betrieb war zusätzlich aufgrund der überalterten Anlagen mit starken Belastungen der Umwelt durch Öle, Teer-Aerosole, Ruß (der den Hauptteil der Heterozyklen und polyzyklischen Aromaten enthält) und phenolische Abwässer verbunden.

Aus dem in Abbildung A 2.1 dargestellten Produktspektrum der Braunkohleschwelung ist ersichtlich, wie gering die Teeröl-/Teer-Ausbeute (mit 10 % wie ein „Nebenprodukt") ausfällt. Die erzeugten Teere und Öle enthalten im Vergleich zum Steinkohlenteer relativ wenig aromatische Kohlenwasserstoffe, dafür viele gesättigte Kohlenwasserstoffe mit bis zu 35 Kohlenstoffatomen und ungesättigte Kohlenwasserstoffe mit bis zu 10 Kohlenstoffatomen, daneben einen beträchtlichen Anteil von phenolischen Stoffen, die allerdings vor allem im Schwelwasser gelöst vorliegen, und Schwefelverbindungen. Durch die Schwelereien bestand in der ehemaligen DDR insgesamt ein Überschuß an Phenolverbindungen; deshalb wurden sie teilweise in den Schwelwässern belassen, auf „Spüldeponien" verbracht oder über „Schluckbrunnen" in den Untergrund verpreßt.

Aus dem Schwelgas wurde ein geringfügiger Teil des Schwefelgehaltes der Braunkohle durch Schwefelwasserstoff-Konversion als Elementarschwefel gewonnen. Die Ausbeute entspricht ca. 1/10 des Schwefelgehaltes. Bei der Umwandlung der organischen Schwefelverbindungen der Braunkohle entstehen unter den reduzierenden Bedingungen der Schwelung zahlreiche zyklische schwefel- und auch stickstofforganische Verbindungen, die sich jedoch in erster Linie nicht im Schwelgas, sondern im Schwelwasserkondensat befinden (BÜRGER et al., 1993). Außerdem ist mit der Entstehung und damit der Anreicherung aliphatischer Mercaptane und Sulfide zu rechnen.

Die Standorte und Kapazitäten der Schwelanlagen sind in Tabelle A 2.1 wiedergegeben.

Tabelle A 2.1

Standorte und Kapazitäten der Braunkohleschwelanlagen in der ehemaligen DDR

Stand 1969

Standort	Anzahl der Öfen	Tagesdurchsatz pro Ofen
Espenhain	30	460–510 t/d
Böhlen	24	450 t/d
Deuben	6	nicht bekannt
Hirschfelde	6	nicht bekannt
Nachterstedt	4	nicht bekannt
Profen	3	nicht bekannt
Gölzau	1	80 t/d

Quelle: KEIL, 1987, verändert

Die Schwelteere und -öle wurden destillativ in eigens dafür errichteten Werken (Standorte in Rositz, Magdeburg, Webau, Dahlen, Zwickau und Erkner) sowie hydrierend-spaltend in Hydrier- und Reformierwerken zu Kraftstoffen aufgearbeitet. Höhersiedende Fraktionen wurden als Diesel- oder Heizöl abgegeben. Außerdem fielen bei der Teerverarbeitung verschiedene Paraffine, Bitumen sowie Koks an.

Hydrierung und Reformierung

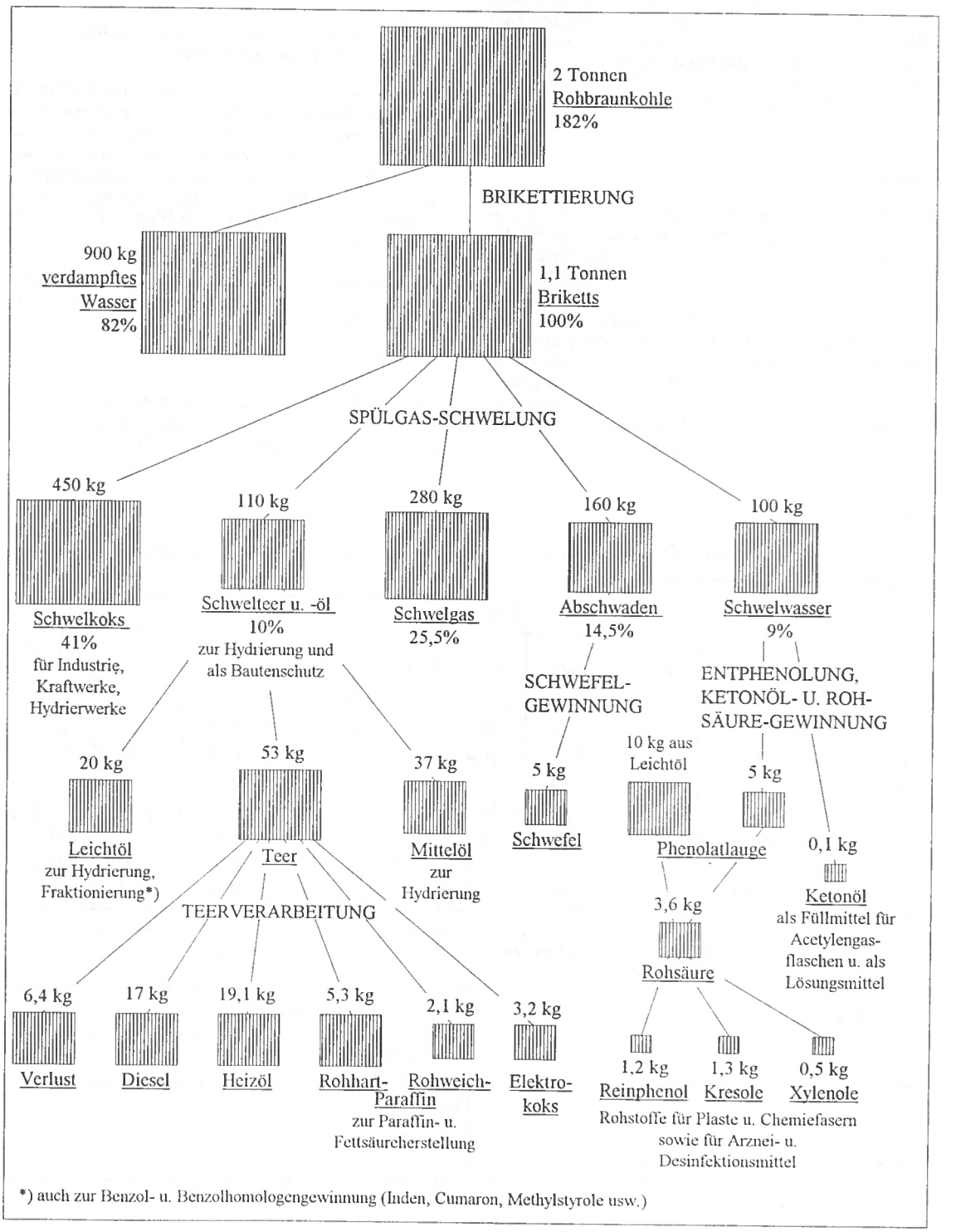
538. Hydrierwerke bestehen aus den Teilanlagen Wasserstofferzeugung (aus Braunkohle durch Vergasung, vgl. Tz. 540), Hydrierung und Verarbeitung. Die Aufarbeitung der Schwelteere und -öle zu Kraftstoffen erfolgte durch weitere Destillation sowie Reforming- und Hydrocrack-Verfahren. Die erhaltenen Produkte wurden in den Hydrierwerken nach dem Schwefelsäure-Bleicherde-Verfahren von verharzenden Komponenten gereinigt und zum Teil auch verbleit. Die Rückstände der Säurebehandlung – „Säureharz" und ölhaltige Bleicherde – wurden abgekippt, das Säureharz teilweise offen verbrannt.

539. Das potentielle Schadstoffinventar der Hydrier- und Reformierwerke an den Standorten Leuna, Zeitz, Lützendorf, Espenhain, Böhlen, Rositz, Deuben (Teer-, Erdöle) und Rodleben (in erster Linie Verarbeitung von Fetten und Ölen tierischer und pflanzlicher Herkunft) umfaßt ein breites Spektrum:

Mineralöle, Schweröle, Benzol und homologe Aromaten, Vinylaromaten und Bicyclopentadien (Böhlen), Asphalt, Bitumen, Säureteere und -harze sowie verbrauchte Bleicherden der Raffination; Koksschlacken der Wasserstofferzeugung; nickelhaltige Katalysatorrückstände (v. a. in Rodleben).

Abbildung A 2.1

Das Produktspektrum der Braunkohleschwelung
Bezugsgröße für Prozentangaben: Briketteinsatz



Quelle: SRU, nach EBNER et al., 1993

Besonders hervorzuheben ist, daß es sich um große, weiträumige Anlagen mit akkumulierten Kontaminationen aus 70 Jahren Betriebszeit handelt. Die Standorte Borna und Zeitz gelten als besonders stark teerölkontaminiert. Das Absetzbecken des DHW Rodleben wurde bis 1990 mit ca. 750 000 m³ Schlämmen gefüllt, die zu 99 % aus organischen Abprodukten bestehen. Säureharze fielen vor allem in Lützendorf an und wurden in den nahegelegenen Tagebaurestlöchern des Braunkohlebergbaus deponiert.

Vergasung

540. Kohlevergasungsverfahren bezwecken allgemein die – möglichst vollständige – Umwandlung des organischen Kohlenstoffs in Brenn- oder Synthesegase verschiedener Zusammensetzung. Da die Umsetzung endotherm ist, müssen mindestens 20 bis 30 % der eingesetzten Kohle den Wärmebedarf der Prozesse decken, indem sie partiell oxidiert wird. Die Ausbeute an erwünschten Komponenten ist daher sehr stark abhängig von den Stoff- und Wärmeübergangsbedingungen, geht man von festgelegten Prozeßparametern aus. Dabei sollen nur zwei Produkte entstehen: Gasgemisch und Asche/Schlacken.

Von den zahlreichen alten und neueren Verfahrensvarianten zur Kohlevergasung wurden in der ehemaligen DDR zwei zur Erzeugung von Brenn- beziehungsweise Synthesegas eingesetzt:

- Lurgi-Druckvergasung in Festbett-Reaktoren (Gaskombinat Schwarze Pumpe; Stadtgaserzeugung, Beimengung zum Kokereigas),
- Winkler-Verfahren in Wirbelschicht-Reaktoren, den sogenannten Gasgeneratoren (vor allem in der chemischen Industrie zur Gaserzeugung für Hydrier- und Synthesezwecke, z. B. für die Ammoniaksynthese). Die nicht benötigten Komponenten (z. B. CO_2 bei der Ammoniakerzeugung) müssen in weiteren Umwandlungsschritten entfernt werden (Kohlenstoffverlust).

Man findet die entsprechenden Anlagen zur Kohlevergasung deshalb in allen Hydrierwerken und Ammoniakfabriken.

Schadstoffe finden sich in:

- Aschen, die in WINKLER-Generatoren staubfein anfallen. Das Schadstoffpotential ist für Braunkohlenaschen typisch (siehe Tab. A 2.2).

Tabelle A 2.2

Zusammensetzung von Braunkohlenaschen ost- und westelbischer Provenienz

Probe-Nr.	Aschegehalt in Gew.-% (bezogen auf TS)	Gehalte der Hauptkomponenten (in Gew.-%, bezogen auf die Gesamtasche; Proben geordnet nach steigendem Aschegehalt)							
		SiO_2	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	MgO	MnO_2	TiO_2	Σ Hauptkomponenten
1	6,39 ± 0,17	13,9	28,3	29,7	3,1	10,0	0,37	0,20	85,6
2	9,63 ± 0,11	10,6	20,8	10,4	8,2	2,7	0,19	0,40	53,3
3	10,25 ± 0,06	13,3	31,0	7,7	11,5	2,4	0,20	0,40	66,5
4	13,53 ± 0,33	13,2	25,5	12,1	5,4	2,5	0,15	0,50	59,4
5	19,36 ± 0,34	52,7	14,1	2,4	2,9	1,6	0,06	0,20	74,0
6	29,00 ± 0,61	61,2	11,1	2,8	13,8	1,3	0,02	1,90	92,1
7	49,93 ± 6,88	71,1	5,4	0,3	0,9	0,7	0,13	0,20	78,7

Ermittelte Konzentrationsbereiche der Spurenelemente (Angaben bezogen auf die Gesamtasche)	Element
1 bis 0,01 Gew.-%	Ba, P, Sr, Zn, Zr, Halogene (F, Cl, I, [Br])
100 bis 10 ppm	Ag, As, Ce, Co, Cr, Cu, Hf, <Hg>, La, Nb, Ni, Pb, Sc, Th, Y
10 bis 1 ppm	Br, <Cd>, Cs, Eu, Ga, Ge, Mo, Rb, Sm, Sn, Ta, Tb, U, W, Yb
1 ppm bis 100 ppb	Lu, Sb
<100 ppb	Se, Au

1 Gew.-% = 10 000 ppm
1 ppm = 1 000 ppb
<Hg>, <Cd>: aus anderen Quellen
TS = Trockensubstanz

Quelle: WISCHNEWSKI et al., 1988, verändert

- Abwässern und Schlämmen aus der Gasreinigung (anorganische und organische Schwefel- und Stickstoffverbindungen; Verbringung auf Aschespülhalden und in Aschespülgruben).

1.2 Organische Basis-Synthesechemie

Carbid-Acetylen-Chemie

541. Mit Hilfe dieses Syntheseweges, dessen Entwicklung auf die 20er Jahre zurückgeht, wurde eine ganze Reihe von Basischemikalien aus einheimischen Kohlenstoffquellen (zuerst Steinkohle, später Braunkohle) zugänglich gemacht und bis zuletzt in Größenordnungen von 100 000 Tonnen pro Jahr produziert. Diese Synthesewege gingen zuerst von der elektrothermischen Synthese von Calciumacetylid (Calciumcarbid, CaC_2, kurz „Carbid") im Lichtbogenofen aus, das im ersten Schritt zu Acetylen (C_2H_2) umgesetzt wurde. Auf diese Weise wurde ein sehr energiereicher Grundstoff in einer stark endothermen Reaktion äußerst energieaufwendig erzeugt, ohne diese hohe latente Energie später konsequent nutzen zu können. Dies wird beispielhaft mit dem Produktionsspektrum der Carbid-Acetylen-Chemie („Acetylenbaum") der ehemaligen Buna-Werke in Schkopau in Abbildung A 2.2 verdeutlicht.

Das Beibehalten der veralteten Rohstoffbasis und des nicht mehr zeitgemäßen Syntheseweges (einschl. Anlagenstruktur und -bestand) bedeutete, daß kein Wandel zu energie-, rohstoff- und flächensparenden, abfallärmeren Produktionsweisen stattfinden konnte. Die Folgen waren akkumulierte Abfallmengen in Halden, Restlöchern und Altstandorten in Größenordnungen von 20 bis 100 Mio. m^3. Eine Verschlechterung der ohnehin niedrigen Umsatzraten trat dadurch ein, daß Braunkohlenkoks (BHT-Koks) anstelle von (importierten) Steinkohlenkoks in der Carbidherstellung eingesetzt wurde. Mit dem BHT-Koks wurden weniger Kohlenstoff und viele, letztlich altlastrelevante Störstoffe in das System eingebracht.

542. Unter Altlastaspekten ist die Acetaldehyd-Essigsäure-Linie (s. Abb. A 2.2) wegen der Verwendung von gelösten Quecksilbersalzen als homogene Katalysatoren der Acetylen-Hydratation besonders umweltproblematisch. Das Verfahren führte zu extrem hohem Quecksilberverbrauch. Ein Großteil des Quecksilbers ging als Phosphidschlamm verloren; 1989 lag der tatsächliche Verbrauch im Bereich von 0,5 kg Quecksilber pro Tonne Acetaldehyd bei einem Auslegungswert von 0,15 kg Quecksilber pro Tonne. Dies ist vor allem auf die Verwendung des BHT-Kokses mit seinem hohen Störstoffgehalt zurückzuführen. Neben dem Quecksilber-Phosphid entstanden auch organische Nebenprodukte, die als Abfallstoffe auf Halden verbracht wurden. Der hohe Quecksilber-Umsatz in der überalterten Anlage bedingte außerdem hohe Leckageraten, so daß das ganze Bauwerk sowie die Abwasserabflußstrecke als hochgradig quecksilberkontaminiert betrachtet werden muß. Die Quecksilber-Speziationen reichen von metallischem Quecksilber über schwer- bis leichtlösliche Salze bis zu den leichtflüchtigen, stark toxischen Quecksilber-organischen Verbindungen.

Der ausgefallene Quecksilberschlamm wurde auf eine Sonderdeponie verbracht. Im Jahr 1989 müssen für die Produktion von ca. 300 000 t Acetaldehyd bei einem rechnerischen Verbrauch von ca. 170 t Quecksilber mindestens 150 t Quecksilber auf die Werksdeponie verbracht worden sein. Ein nicht unwesentlicher Anteil des Quecksilbers wurde in Gewässer eingeleitet und hat sich als Sediment abgesetzt. Neben den Quecksilberverlusten der Chloralkali-Elektrolyse war dies einer der Gründe dafür, daß vor 1990 die Quecksilberfracht der Elbe ca. 22,5 t pro Jahr betrug, wovon 7,8 t/a nachweislich von den Buna-Werken stammten.

Jährlich wurden große Mengen des typischen Nebenprodukts Carbid-Kalk („Bunakalk") in einer Größenordnung von 120 000 t bis 600 000 t mangels Trocknungs- und Transportkapazität deponiert. Außer diesem Nebenprodukt sind Bariumcyanid-Katalysatoren, Acrylnitril, Halogenkohlenwasserstoffe (Ethylchlorid, Trichlorethylen, 1,1-Dichlorethen) und Acetatester-Lösemittel als potentielle boden- und wassergefährdende Stoffe zu nennen.

Carbid-Cyanamid-Chemie

543. Mit der Produktionslinie der Carbid-Cyanamid-Chemie wird zuerst Kalkstickstoff (Calcium-Cyanamid) in großem Umfang hergestellt. Hierzu wird das elektrothermisch gewonnene Calciumcarbid (s. o.) diskontinuierlich in sogenannten Satzöfen bei ca. 1 000 °C in Stickstoffatmosphäre azotiert. Durch saure Hydrolyse des Kalkstickstoffs wird Cyanamid anschließend mit Kohlendioxid freigesetzt, wobei das Abfallprodukt Kalkschlamm alle Verunreinigungen enthält. Cyanamid liefert beim Erhitzen mit Wasser unter Druck Melamin (2,4,6-Triamino-1,3,5-triazin), das mit Formaldehyd zu Melaminharzen kondensiert wird.

Als altlastrelevante Stoffe des Produktionsstandortes Agrochemisches Kombinat Piesteritz kommen Formaldehyd und -derivate, Melamin und weitere Derivate des symmetrischen Triazins, Abfälle der Herbizid-Produktion sowie die Kalkschlämme in Betracht. Auf der Piesteritzer Schlammspülhalde wurden täglich bis zu 160 t Calciumcarbonat-Calciumsulfat-Gemisch verbracht.

Produktion von Pflanzenschutzmitteln

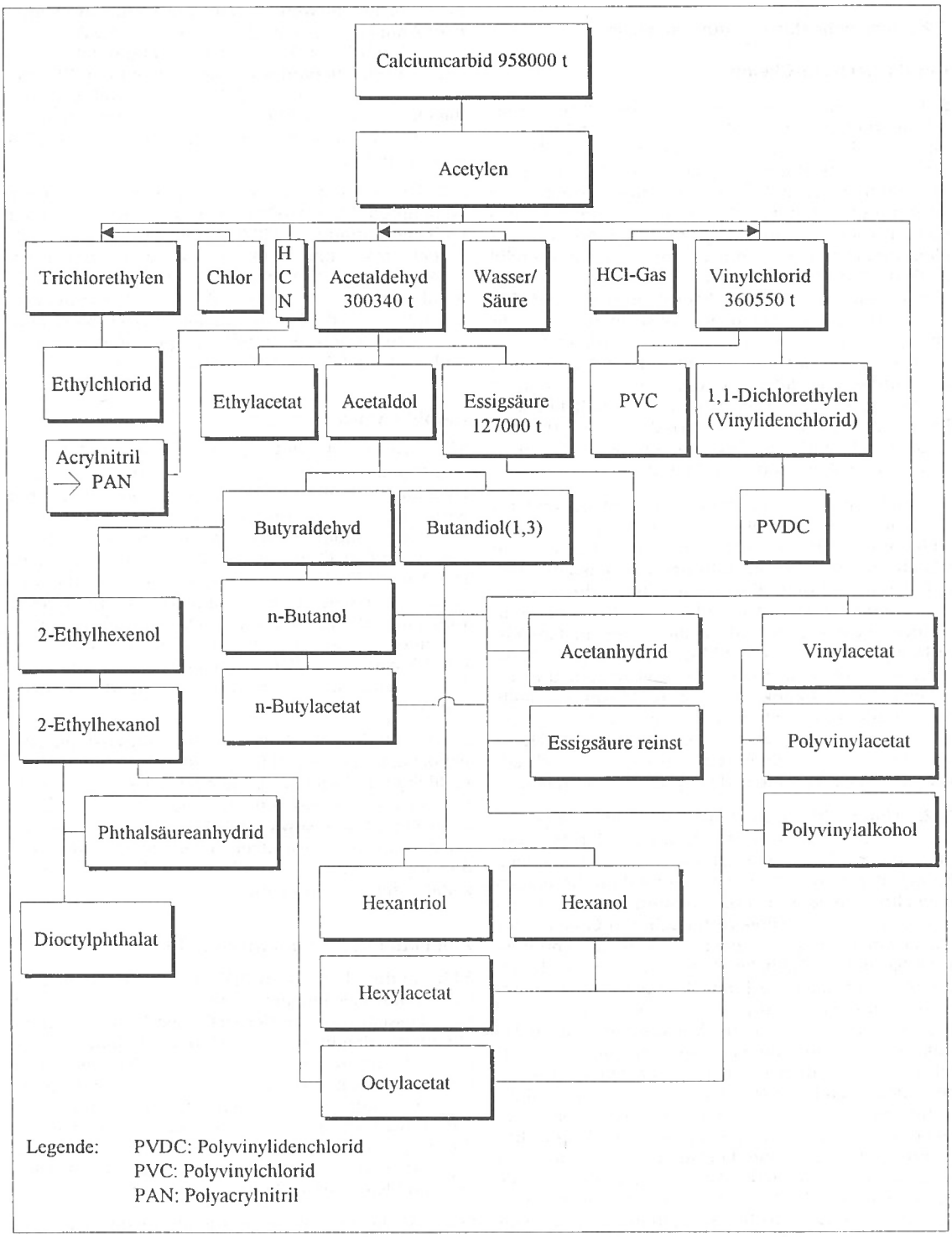
544. In der ehemaligen DDR wurde eine große Anzahl Pflanzenschutzmittel produziert, von denen viele ausschließlich in der DDR zum Einsatz kamen. Quantiativ dominierten die Herbizidpräparate. Aufgrund der Stoffeigenschaften biozid wirksamer Substanzen müssen alle Produktionsstandorte für Pflanzenschutzmittel als altlastverdächtig betrachtet werden. Etwa 90 % der Pflanzenschutzmittel wurden in den fünf Werken Berlin-Chemie, Delicia Delitzsch, Chemiekombinat Bitterfeld, Fahlberg-List Magdeburg und Nickelhütte Aue produziert.

545. Als boden- und wassergefährdende Stoffe aus der Herbizidproduktion mit den Standorten Bitterfeld, Magdeburg (Fahlberg-List) und Schwarzheide sind zu nennen:

Abbildung A 2.2

Das Produktspektrum der Carbid-Acetylen-Chemie der ehemaligen Buna-Werke in Schkopau

(„Acetylenbaum"; die angegebenen Mengen beziehen sich auf 1989)



Quelle: SRU, nach EBNER et al., 1993

- Chlorate (Standort Bitterfeld); Kaliumchlorat kann wegen seiner relativen Schwerlöslichkeit (bei 20 °C nur 7,3 g in 100 cm^3 Wasser) nur langsam ausgewaschen werden;
- Phenoxyalkansäurederivate, vor allem nitrierte, und ihre Zwischenprodukte; herstellungsbedingt enthalten sie beträchtliche Mengen von chlorierten Dibenzofuranen mit 0,15–8,8 µg Toxizitätsäquivalent TCDD pro kg;
- Triazin- und Harnstoffderivate; sie werden im allgemeinen verhältnismäßig rasch hydrolytisch gespalten, wenn die Temperatur ausreichend hoch ist (nicht in tieferen Grundwasserstockwerken). Nach ihrer Hydrolyse ist vor allem mit der Schadstoffwirkung der Zwischenprodukte, die zum Teil zurückgebildet werden, zu rechnen.

546. Im Zusammenhang mit der Herstellung chlororganischer Insektizide (γ-Hexachlorcyclohexan, DDT, Methoxychlor, Camphechlor, Toxaphen, Dicofol) gilt die HCH-(Hexachlorcyclohexan-)Produktion als besonders umweltproblematisch. Die abgetrennten Nicht-γ-Konformeren (84 %) mußten als unverwendbar auf Deponien verbracht werden. Sollten sie in Brand geraten, ist mit Dioxinbildung größten Ausmaßes zu rechnen. Hinzu kommt, daß viele dieser Deponien (z. B. im Raum Bitterfeld) als nicht grundwasserdicht angesehen werden müssen, so daß bei einem (Wieder-)Anstieg des Grundwasserspiegels das Abfall-HCH ausgewaschen werden kann. Die DDT-Produktion ging von dem toxischen Chlorbenzol aus, das sich in den Produktionsrückständen befindet und ein ausgesprochen wassergefährdender Stoff ist.

Die Produktion phosphororganischer Insektizide in Bitterfeld und Piesteritz umfaßte Dimethoat, Methamidophos, Parathionmethyl und Dichlorvos. Altlastrelevant sind hier vor allem die Hilfsstoffe, in erster Linie Lösungsmittel (Xylole).

547. Als altlastrelevante Stoffe bei der Fungizidproduktion (Standorte: Magdeburg, Piesteritz, Bitterfeld, Wolfen) sind Kupfer- und Quecksilberverbindungen sowie Phthalimid-Derivate zu nennen. Kupferverbindungen sind wegen ihres nicht abbaubaren Schwermetallgehaltes boden- und grundwassergefährdend. Quecksilberverbindungen sind toxisch; sie werden nur langsam mit dem Grundwasser verfrachtet und im Falle der Quecksilberorganica biologisch zu grundwassergefährdenden Methylquecksilberverbindungen umgewandelt.

Kunststoff-Chemie

548. Weil die Chemieindustrie der DDR auf Braunkohlen- und Carbid-Basis aufgebaut war, gab es auch in der Kunststoff-Chemie zahlreiche Besonderheiten (Produktlinien s. Abb. A 2.3). Die Produktion auf petrochemischer Basis wurde erst in den 80er Jahren und nur für einige Kunststoffe (Polyethylen, Polyacrylnitril) aufgenommen. Auch die Produktionslinien der Kunststoffchemie zeigen, daß Braunkohle und daraus über Braunkohlenkoks gewonnenes Acetylen die Ausgangsstoffe der meisten Kunststoffe lieferten. Auf einige Stoff-, Verfahrens- und Produktspezifika wird nachfolgend hingewiesen.

Phenol-Formaldehyd-, Harnstoff-Formaldehyd- und Melamin-Formaldehyd-Harze (Duroplaste)

549. In großem Umfang wurden Phenolharze (Phenoplaste) produziert, deren Anteil, nicht jedoch ihr Volumen, erst in den späten 80er Jahren zurückging. Zu ihrer Herstellung wurde Phenol mit Formaldehyd unter saurer oder basischer Katalyse zur Reaktion gebracht; es entstand ein braun bis schwarz gefärbter Duroplast, der mit verschiedenen Füllstoffen zu Preßmassen, Hartpapier, Hartgewebe, Vulkanfiber und diversen Formteilen verarbeitet wurde. Die Kondensation unter sauren Bedingungen ergibt sogenannte Novolake, die als nicht-selbsthärtende Oligomere zum Tränken sowie als Photolacke (sogenannte Photoresists) für die Halbleiterindustrie verwendet wurden. Zur Härtung diente Hexamethylentetramin als Formaldehyd-Spender. Des weiteren wurden Aminoplaste aus Harnstoff-/Formaldehyd oder Melamin-/Formaldehyd-Kombinationen hergestellt.

Als mögliche umweltgefährdende Stoffe sind die Ausgangsstoffe sowie ihre Oligomere zu benennen; die ausgehärteten Duromerharze sind stabil.

Polyamid-Herstellung

550. Die Produktion des 6-Typ-Polyamid Poly(ε-caprolactam) [„Perlon"] wurde praktisch unverändert seit 1939 an den Standorten Leuna/Merseburg und Bitterfeld-Wolfen weitergeführt. Ausgangsstoff ist das Phenol aus der Braunkohleschwelung, das aus dem Schwelwasser extrahiert und über viele Stufen zum Poly(ε-caprolactam) umgewandelt wird. In diesen Schritten fallen bei allen Verfahrensvarianten Rückstände an; die sogenannten Beckmann-Umlagerung und somit der Anfall von großen Nebenproduktmengen, wie Ammoniumsulfat, ist unumgänglich. Ammoniumsulfat wurde als Stickstoffdünger ausgebracht; es bewirkte aber eine Bodenversauerung.

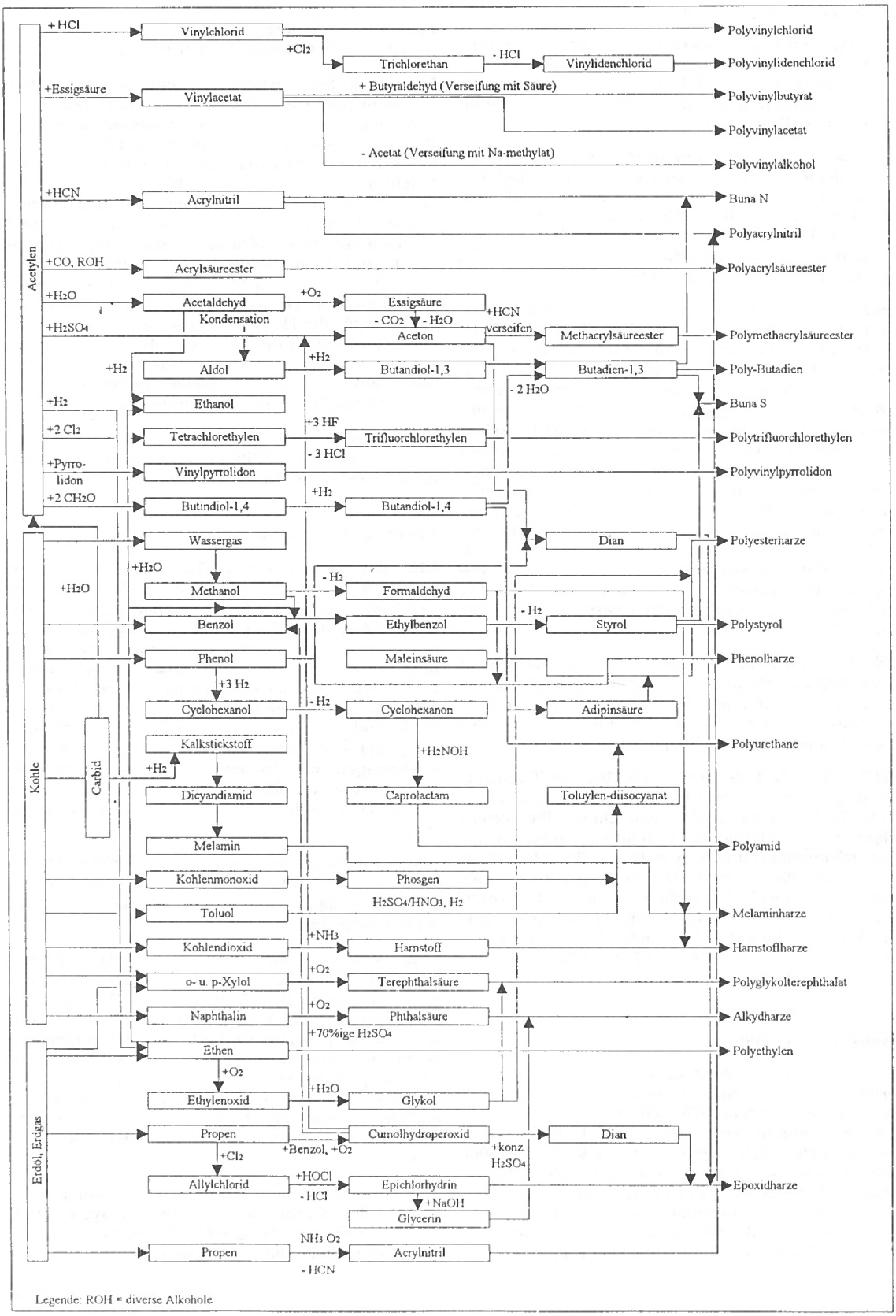
Als umweltgefährdende Stoffe treten Phenol, Cyclohexanonoxim, Cyclohexanon und Cyclohexanol auf, daneben ε-Aminocaprolactam, Schwefelsäure und Ammoniumsulfat.

551. Polyamide vom Typ PA 66 („Nylon") wurden auf carbidchemischer Grundlage über die Zwischenstufen Acetaldehyd → Acetaldol → 1,4-Butandiol im Buna-Werk Schkopau erzeugt. Das Butandiol wurde teils zur Adipinsäure oxidiert, teils mit Ammoniak zum Hexamethylendiamin umgesetzt; auch wurde ε-Aminocaprolactam mit Ammoniak zu Hexamethylendiamin gespalten. Aus Adipinsäure und Hexamethylendiamin wurde das sogenannte AH-Salz hergestellt, das beim Erhitzen zu Polyamiden polykondensiert.

Als umweltgefährdender Stoff ist neben allen Schadstoffen der Carbid-Acetylen-Acetaldehyd-Chemie (Tz. 541 f.) und der Caprolactam-Produktion (Tz. 550) das Hexamethylendiamin zu nennen.

Abbildung A 2.3

Die Kunststoffproduktionslinien der DDR



Quelle: SRU, nach EBNER et al., 1993

Polyester

552. Die Polyester-Produktion in Bitterfeld und Schkopau, vor allem für Synthesefasern, erfolgte auf der Grundlage von Terephthalsäureestern. Terephthalsäure ist durch Oxidation von para-Xylol zugänglich, wobei Cobalt-Naphthenate katalytisch wirken. Der Dimethylester der Terephthalsäure wurde mit Ethylenglycol umgesetzt, wobei eine Polykondensation unter Umesterung unter Austritt von Methanol erfolgte.

Für die Produktion ungesättigter Polyesterharze charakteristisch war der Ausgangsstoff Naphthalin, der an Vanadium(V)-oxid-Katalysatoren (V_2O_5) zum Phthalsäureanhydrid oxidiert wurde. Phthalsäureanhydrid wurde mit zweiwertigen Alkoholen (vorzugsweise mit Ethylenglycol) unter Polykondensation zu Polyestern umgesetzt. Der Polyester wurde in Vinylbenzol (Styrol) gelöst und – mit Peroxiden initiiert – zu den Endprodukten (Laminate, Formkörper usw.) copolymerisiert.

Umweltgefährdende Stoffe sind Xylole, Vanadium(V)-oxid, Naphthalin, Cobaltnaphthenat, Ethylenglycol, Styrol, Peroxide und Weichmacher.

Polyacrylsäure-Derivate

553. Polyacrylnitril wurde durch Polymerisation von Acrylnitril hergestellt (s. Abb. A 2.3). Erst in den letzten Jahren kam das petrochemische SOHIO-Verfahren (die gemeinsame katalytische Oxidation von Propylen und Ammoniak) in größerem Umfang zum Einsatz. Bei diesem Verfahren entstand als Nebenprodukt Cyanwasserstoff (HCN, Blausäuregas). 1988 wurden nach dem SOHIO-Verfahren 60 000 t Acrylnitril erzeugt; damit war ein Zwangsanfall von 7 800 t HCN verbunden. Dieses HCN wurde zu 46 % (ca. 3 200 t) zu Natriumcyanid (Jahresproduktion 5 750 t) verarbeitet; der Rest wurde verbrannt. Umweltgefährdende Stoffe sind Cyanide, Acrylnitril; als Standorte sind Schkopau und Schwedt zu nennen.

Polyacrylate (Polyacrylsäureester) wurden durch Polymerisation der durch Umsetzung von Acetylen mit Kohlenmonoxid und Alkoholen (Methanol, Ethanol, iso-Propanol) gewonnenen Acrylsäureester im Buna-Werk Schkopau erzeugt. Die umweltgefährdenden Stoffe entsprechen denen der Carbid-Acetylen-Chemie (Tz. 541 f.).

Polyethylen (PE)

554. Das zur PE-Herstellung benötigte Ethylen wurde größtenteils aus der Petrochemie (Leuna), zu einem kleineren Teil aber aus der Carbid-Acetylen-Linie durch partielle Hydrierung des Acetylens (Buna), gewonnen. Sofern Acetylen zu Ethylen hydriert wurde, ist mit den Schadstoffen der Carbid-Acetylen-Chemie (Tz. 541 f.) zu rechnen.

Bei der Niederdruckpolymerisation (Schkopau; Produkt: HDPE, Polyethylen hoher Dichte) treten als Schadstoffe Titan(IV)-Verbindungen, hauptsächlich das Chlorid, Aluminiumpulver und Kohlenwasserstoffe hinzu.

Cellulose- und Viskoseproduktion

555. Die DDR verarbeitete große Mengen Buchenholz nach dem Sulfitverfahren zu Zellstoff. Dazu wurde das zerkleinerte Holz unter Druck mit Natriumhydrogensulfitlösung („Bisulfitlauge") gekocht, wobei das Lignin des Holzes an seinen Phenylkernen sulfoniert und dadurch wasserlöslich gemacht wurde. Die zurückbleibende Cellulose wurde von der Papier-, Kunstseiden- und Filmindustrie weiterverarbeitet.

Bedeutendster Schadstoff der Celluloseproduktion sind die Ligninsulfonsäuren. Sie wurden größtenteils deponiert, z. B. im „Wolfener Silbersee", einem alten Tagebaurestloch (BARKOWSKI und WATZKE, 1992), oder in Flüsse und Seen eingeleitet, wo sie durch starke Schaumbildung, Sauerstoffverbrauch und Mobilisierung von abgelagerten Schadstoffen das biologische Gleichgewicht störten. In Deponien werden Ligninsulfonsäuren von Bodenbakterien zu Schwefelwasserstoff reduziert, der mit dem Deponiegas austritt. Die Sulfite der Sulfitablaugen können verhältnismäßig schnell zu Sulfaten oxidiert werden und wirken folglich nur vorübergehend auf Böden und Gewässer schädigend.

556. Zur Herstellung von Viskosefasern wurde der Zellstoff mit Natronlauge und Schwefelkohlenstoff behandelt; die Cellulose ging dabei unter Bildung von Xanthogenaten (Halbestern der Dithiokohlensäure) in Lösung und wurde beim Verspinnen in zinksulfathaltigen Bädern wieder ausgefällt. Diese Zinksulfatbäder wurden abgelagert. Gefährlicher jedoch ist der toxische Schwefelkohlenstoff, der schwerer als Wasser ist und sich am Grunde des Grundwasserleiters anreichert; er kann im Erdreich kaum abgebaut werden. Bodenschädlich sind auch die Natronlauge, durch die der Boden-pH-Wert weit ins Alkalische (nach Messungen in Premnitz bis ca. pH 9) verschoben wird, und Zinksalze (Sulfat und Chlorid).

Standorte der Cellulose- und Viskosefaserproduktion waren Schwedt, Wolfen, Heidenau, Schwarzheide, Schwarza, Premnitz, Guben, Wittenberge, Rosenthal und Pirna.

1.3 Anorganische Grundstoff-Chemie

Schwefelsäureherstellung aus Sulfaten, Zementherstellung

557. In der ehemaligen DDR wurde zur Schwefelsäureherstellung das MÜLLER-KÜHNE-Verfahren betrieben, das statt von Elementar-Schwefel oder Sulfiden von Sulfaten ausgeht. Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine Art Zementherstellung mit gleichzeitiger Erzeugung eines SO_2-Starkgases. Das Calciumsulfat wird mit Koks unter Sand- und Tonzusatz bei ca. 1 400 °C in Drehrohröfen reduziert, wobei das Schwefeldioxid bei dieser Temperatur zum großen Teil ausgetrieben beziehungsweise das Calciumoxid mit dem Ton zum Zementklinker gesintert wird. Ein Teil des SO_2 wird in die basische Zementmatrix wieder eingebunden.

Neben Koks und Ton wurden den Öfen auch andere Stoffe, vor allem Braunkohle-Filteraschen, sonstige Abbrände und Schlacken aus der Buntmetallurgie

(z. B. Kupferschlacken) sowie Altreifen zugeführt, so daß an den Standorten Coswig und Bitterfeld neben der üblichen, extrem hohen Staubbelastung durch dortige Zementwerke (Emissionsverlust: ca. 3 bis 5 % der Produktionsmenge) auch mit Schwermetall- und PCDD/F-Belastungen zu rechnen ist. Als potentielle altlastrelevante Stoffe sind Vanadium(V)-oxid der Katalysatoren, Braunkohlenfilteraschen, Kupfer- und Hochofenschlacken und PCDD/F zu nennen, wobei die größte Gefährdung von den Braunkohlenfilteraschen beziehungsweise Buntmetallschlacken mit ihrem hohen Schwermetallgehalt ausgeht. Für die Standorte Rüdersdorf, Karsdorf, Bernburg, Deuna, Bitterfeld und Coswig sind außerdem Carbid- und diverse andere Kalkschlämme, Kohlenstäube und Thallium zu nennen.

Chlorerzeugung, anorganische Chlorchemie

558. Die Chlorerzeugung in der ehemaligen DDR erfolgte nach den weltweit eingesetzten Grundverfahren der Chloralkali-Elektrolyse in den Ausführungen Asbestdiaphragma- und Quecksilberkathodenverfahren. Von daher ergeben sich keine verfahrenstechnisch bedingten Besonderheiten. Allerdings führte die Art der Handhabung der Betriebsstoffe Quecksilber und Asbest zu erheblichen Belastungen an den Produktionsstandorten in Bitterfeld, Wolfen, Leuna/Merseburg, Buna/Schkopau, Osternienburg und Magdeburg-Westeregeln. In der westdeutschen Chloralkali-Elektrolyse-Industrie wurde in den 70er Jahren eine intensive Erforschung der Quecksilber-Emissionen veranlaßt („Entquickung" der Stoffströme), die zu Minderungsmaßnahmen führte. Gleiches fand in den DDR-Kombinaten nicht statt. Aus diesem Grunde wurde bei der BUNA AG in Schkopau ein Sanierungs-Verbundvorhaben bereits in Angriff genommen (Tz. 151; Tab. 1.15).

Als umweltgefährdende Stoffe sind neben Quecksilber (Verluste 1989 in Bitterfeld aus der Chloralkalielektrolyse: 4,9 t Hg), Natronlauge und daraus Natriumcarbonat, Salzsäure, leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe, Chlorbenzol und Polychlorbenzole sowie Asbest zu nennen. Ferner ist die Entstehung von polychlorierten Dibenzofuranen aus Kohle- oder Graphitanoden zu prüfen, weil die Anodenmasse früher teerpechgebunden war (extrem hohe PCDF-Gehalte in Elektrodenschlamm-Ablagerungen, evtl. auch an anderen Standorten; LUTZ et al., 1991).

Zusätzliche Standorte sind Berlin (Berlin-Chemie) für organische und Piesteritz für anorganische Chlorverbindungen.

Phosphor-, Fluor-, Stickstoffchemie

559. Die Phosphor-, Fluor- und Stickstoffchemie war rohstoff- oder produktseitig zum Teil miteinander verbunden (Düngemittelproduktion). Aus diesem Grund lagen die Werke zum Teil am gleichen Standort eines Kombinats. Bezüglich der Altlastenproblematik sind diese Branchen eher nachrangig, weil die produzierten Stoffe entweder leicht löslich, flüchtig oder so reaktiv waren, daß am Standort wenig relevante Verbindungen verbleiben konnten. Diese sind Begleitstoffreste aus dem Phosphatrohstoff Apatit (Schwermetalle, Metalloide, Fluoride) oder Schlakken aus der Kohlevergasung zur Synthesegaserzeugung.

Standorte der Phosphorchemie waren in Piesteritz, Magdeburg (Fahlberg-List) und Rüdersdorf für die Phosphatdüngemittelerzeugung (Apatitaufschluß); die Phosphorproduktion hatte ihren Standort in Piesteritz.

Umweltgefährdende Stoffe aus dem Apatitaufschluß sind Fluoride (aus der Fluorokieselsäure), Strontiumsalze und Salze der Seltenen Erden sowie Schwermetalle. Bei der Phosphorproduktion fällt vor allem Phosphorofenschlacke, die ca. 0,9 % Selenoxid (Se_2O_3) sowie Seltene-Erden-Metallverbindungen enthält, an. Von diesen Schlacken wurden 20 000 t als „Staatsreserve" auf der Deponie Griebo gelagert, um daraus später die Seltenen Erden zu gewinnen. Ein besonderes Problem stellen die Phosphatstäube dar.

Aus der Fluorchemie mit den Prozessen Flußspataufschluß, Abfluorverwertung aus Apatitaufschluß, Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW)-Herstellung (auf Chloroform-Basis) ist mit den Schadstoffen Natrium-, Kalium-, Ammoniumfluorid, Hexafluorosilikate, Monofluorphosphate, Flußsäure, Calciumfluoridschlämme (gegebenenfalls im Gemisch mit Schwefelsäure), FCKW an den Standorten Dohna, Nünchritz, Glauchau, Rüdersdorf, Salzwedel, Coswig und Piesteritz zu rechnen. Flußspat-Schlamm wurde auf eine Deponie bei Salzwedel verbracht.

Fluorverbindungen wurden in der DDR zum Bautenschutz (komplexe Fluoride), zur Holzkonservierung (Monofluorphosphate), zur Fluorierung organischer Verbindungen (Chloroform für FCKW) und für das Flußmittel der Aluminiumelektrolyse (synthetisches Kryolith) verwendet.

Mit der Stickstoffchemie, also die Ammoniak-, Harnstoff-Synthese, Salpetersäureerzeugung, Ammonsalpeter-Düngemittel-Produktion und -Konditionierung, sind als umweltgefährdende Stoffe schwermetallhaltige Schlacken/Aschen, nickelhaltige Katalysatorrückstände, Ammonium-Verbindungen, Bitumen und Harnstoff verbunden. Standorte sind Bitterfeld, Schwedt, Rostock und Piesteritz.

2 Energiewirtschaft auf Braunkohlebasis

560. Die Energiewirtschaft auf Braunkohlebasis der ehemaligen DDR umfaßt die Braunkohlegewinnung in Tagebauen, die Braunkohleverbrennung in Großkraftwerken, Heizwerken, Heizkraftwerken und in Industriekraftwerken sowie die Brikettierung (Bereitstellung stückiger Braunkohle für industrielle Weiterverarbeitung und für den Hausbrand). Die Branche wird durch folgende Merkmale charakterisiert:

- Der Braunkohle-Abbau erfolgte in einem Ausmaß, mit dem auch die großen Abbaustätten in den alten Bundesländern nicht vergleichbar sind. Die Braunkohle hatte 70 % Anteil am Primärenergieverbrauch, 80 % Anteil an der Stromerzeugung

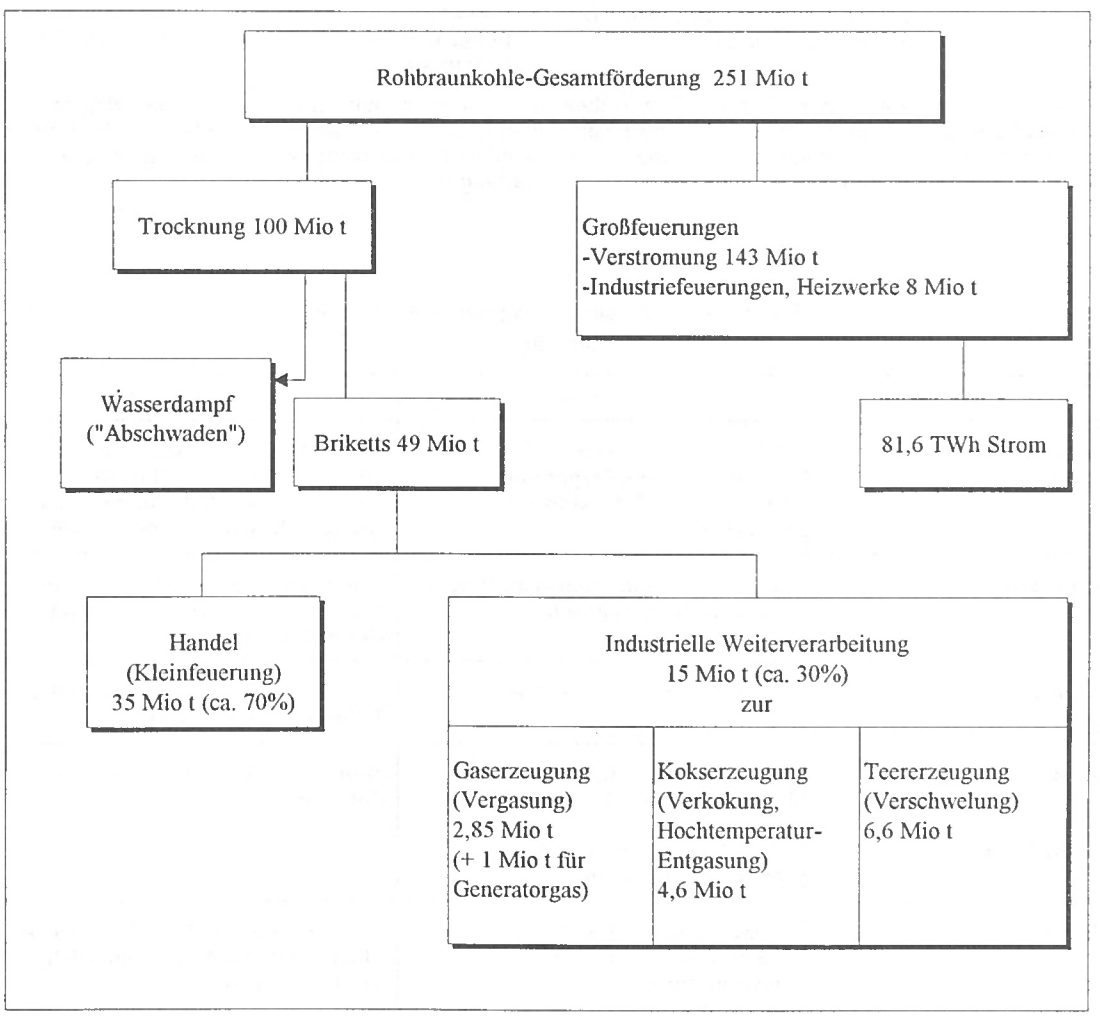
und nahezu 100 % Anteil am Grundstoffeinsatz der chemischen Industrie.

- Die Altlastenprobleme im Braunkohletagebau entstanden durch Eintrag von Schadstoffen in den Boden und das Grundwasser, indem die ausgekohlten Tagebaurestlöcher als Schlammspülhalden oder Deponien für Industrieabfälle verwendet wurden (ohne wasserdichten Abschluß der Deponiesohle). Bei Wiederanstieg des Grundwassers muß mit massivem Auswaschen der Schadstoffe gerechnet werden. Stellenweise liegen die unteren Deponiebereiche trotz aktueller Grundwasserabsenkungsmaßnahmen bereits im Grundwasser (BMU, 1994; Ministerium für Umwelt und Naturschutz des Landes Sachsen-Anhalt, 1992).
- Die Zusammensetzung der Kohle ist generell gekennzeichnet durch einen hohen Asche- und Wassergehalt. Die westelbische Kohle (Raum Halle/Leipzig/Bitterfeld) weist einen hohen Gehalt an (niederschmelzenden) Salzen auf, durch die die Asche zusammensintert, während die ostelbische Kohle (Lausitz) stark schwefel- sowie quecksilber- und uranhaltig ist.
- Die Kraftwerke hatten einen niedrigen Wirkungsgrad (ca. 15 % bis 25 % im Vergleich zu ca. 38 % bis 43 % in modernen Kraftwerken). Dadurch war die Förderung und Verbrennung von zwei- bis dreimal höheren Kohlemengen erforderlich, was wiederum zur ständigen Vergrößerung des Restlochvolumens und zu staub- und gasförmigen Emissionen führte.
- Die Brikettierung gemahlener Braunkohle für industrielle Zwecke und für den Hausbrand erfolgte unter Verwendung von Braunkohlenschwelteer als Klebstoff. Die produzierte Menge betrug zwischen 1972 und 1989 relativ konstant ca. 50 Mio. t/a (Abb. A 2.4). Da auch die Anlagen der Endverbraucher mit niedrigen Wirkungsgraden arbeite-

Abbildung A 2.4

Bilanz der Braunkohleverarbeitung in der DDR für das Jahr 1976

Zahlen gerundet



Quelle: SRÜ, nach EBNER et al., 1993

ten, entstanden insgesamt erhöhte Stoffumsätze an Kohle und Teeren.

- Die stark salz- und phenolhaltigen Abwässer aus den Kohleumwandlungsanlagen wurden in die Aschedeponien eingeleitet oder in den Boden gepreßt, wenn sie nicht über den Vorfluter abgeleitet wurden.

3 Erzverarbeitung

561. In der ehemaligen DDR wurden Buntmetallerze sowie Uranerz gewonnen und verarbeitet (FÖRSTER und KOCH, 1991). Bei den abgebauten Lagerstätten, aus denen sowohl im Tagebau als auch im Schachtbau gefördert wurde, handelt es sich durchweg um gemischte Schwermetallvorkommen, die auf einen Hauptbestandteil verarbeitet wurden. Viele dieser Vorkommen sind nach den Maßstäben der Welt-Rohstoffmärkte als „niederhöffig" und „nicht abbauwürdig" einzuordnen.

Als Folge wurde eine energie- und abfallintensive Abbau- und Aufbereitungswirtschaft betrieben. Es entstanden Bergbaufolgelandschaften mit ihren spezifischen Problemen, die besonders bodenschutz-, aber stellenweise auch altlastrelevant sind.

Im einzelnen handelt es sich um die Gewinnung und Verarbeitung von Uran, Kupfer, Nickel, Zinn, früher auch Blei und Zink. Darüber hinaus wurden Eisenerze bis 1964 aus Eigenvorkommen, danach als Fremderz verhüttet (s. Tab. A 2.3).

4 Standorte der industriellen Landwirtschaft

562. Im Zusammenhang mit der Altlastenproblematik sind diejenigen Standortteilflächen relevant, auf denen unsachgemäß und damit umweltbelastend mit landwirtschaftsspezifischen Hilfs-, Betriebs- und Abfallstoffen umgegangen wurde. Folgende Tätigkeiten sind hervorzuheben:

- Lagerung und Umschlag von Betriebsstoffen (Mineral- und Wirtschaftsdünger, Silage, Mineralöle und -fette, Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Anstrichfarben, Lösungsmittel, Schlacken/Aschen),
- Großtierhaltung (Güllelagerungen in sogenannten Lagunen),
- Saatgutbeizen (quecksilberhaltige Mittel),
- Befüllen und Entleeren von Geräten (Fahr-, Flugzeuge, Pflanzenschutzmittel-Ausbringungsgeräte, Güllewagen) einschließlich Restbrühebehandlung,
- Reparatur und Instandhaltung von Geräten sowie
- Beseitigung von Reststoffen (Ablagerung, Verkippung, Verregnung von Gülle, Schlämmen, Abwässern usw.).

Die Landwirtschaft in der ehemaligen DDR war gekennzeichnet von der großbetrieblichen Struktur, sowohl in der Pflanzenproduktion wie auch in der Tierhaltung.

Tabelle A 2.3

Standorte der Erzgewinnung und -verarbeitung

Metallurgie

Zielelement/-metall	Standorte	Potentielle Schadstoffe
Uran bzw. $(NH_4)_2U_2O_7$ („yellow cake")	20 Verdachtsregionen [Großraum Gera; Erzgebirge; Thüringen (s. BMU-Umwelt, Nr. 12/1991)]	Arsen; Blei; Nickel; Wolfram; Thorium; Radium (in Halden/ Tailings); organ. Extraktionsmittel (Tributylphosphat, Trietanolamin)
Kupfer, Arsen	Mansfelder Land (Mansfeld, Helbra, Eisleben, Sangerhausen)	Arsen (hohe geogene Hintergrundkonzentration); Vanadium; Tellur; Germanium; Bitumen
Nickel	St. Egidien, Callmberg, Aue	Nickel; Arsen; Blei; Antimon; Selen; Tellur (meist sulfidisch)
Zinn (Blei, Zink)	Altenberg, Ehrenfriedersdorf, Freiberg (Muldenhütten) (Fremderzverhüttung, Akkuschrottverarbeitung)	Zinn; Arsen; Antimon; Blei; Zink; Cadmium
Eisen	Harzvorland (bis 1964), Eisenhüttenstadt (Fremderzverhüttung)	Arsen, Cadmium, Blei, Zink, Quecksilber, Cyanid in Schlacken, Gichtgasstäuben und Schlämmen

SRU

Prinzipiell muß an allen Produktions- und Dienstleistungsstandorten der Betriebstypen

- Landwirtschaftliche Produktions-Genossenschaft (LPG),
- Agrochemisches Zentrum (ACZ),
- Zwischenbetriebliche Einrichtung (ZBE) mehrerer LPG,
- Volkseigene Güter (VEG) und Kombinate industrielle Mast (KIM),
- VEB Saatgut und
- Agroflugdienst

vom Umgang mit boden- und wassergefährdenden Stoffen ausgegangen werden.

Aus den spärlich zur Verfügung stehenden betriebsbezogenen Daten (die ohnehin oft geschätzt sind) kann nur grob gefolgert werden, daß in den insgesamt ca. 260 bis 420 Agrochemischen Zentren (nach verschiedenen Quellen) durchschnittlich von einigen Tonnen bis 30–40 Tonnen reichende Jahresverbräuche an Pflanzenschutzmitteln vorlagen.

Im Frühjahr 1991 betrug der Lagerbestand an Pflanzenschutzmitteln in den Agrochemischen Zentren noch ca. 2 500 t (BMU, 1992). Die Reste dieser Mengen dürfen nach einem Bundestagsbeschluß vom Frühjahr 1993 noch bis Frühjahr 1995 „vorschriftsmäßig" angewendet werden.

Für die Spritzbrüherest-Entsorgung vor Ort wurde stellenweise ein einfaches Verfahren aus Strippung (Austreibung mittels Belüftung) sowie Verdünnung durch Mitfällung der Reste in Kalk- und Ascheschlamm praktiziert. Es sollen ca. 2 bis 5 t Kalkschlamm und im Durchschnitt 20 t Asche pro Agrochemisches Zentrum in einem Jahr auf (Sonder-)Deponien verbracht worden sein; bei der Gesamtzahl von 264 Agrochemische Zentren ergäbe sich ein Anfall von maximal 6 600 t/a.

In einer Untersuchung von SCHMIDT und WINKLER (1992) werden die Belastungen des Bodens durch den Umgang mit boden- und wassergefährdenden Stoffen in den Agrochemischen Zentren als besonders kritisch betrachtet. Ca. 30 % dieser Zentren liegen in Trinkwasserschutzzonen. Mangelhafte bauliche Vorkehrungen und technische Einrichtungen sowie unsachgemäßer Umgang mit Pflanzenschutzmitteln dürften ernsthafte Belastungen hervorgerufen haben.

Für Düngemittel lagen die Umschlagsmengen naturgemäß wesentlich höher; für alle Mineraldünger betrugen sie durchschnittlich ca. 35 000 t/a pro Agrochemisches Zentrum.

Für Kraftstoffe waren in jedem größeren Betrieb Lagerkapazitäten von 10 000 bis 25 000 Liter (stationär) sowie provisorische Faßlager vorhanden.

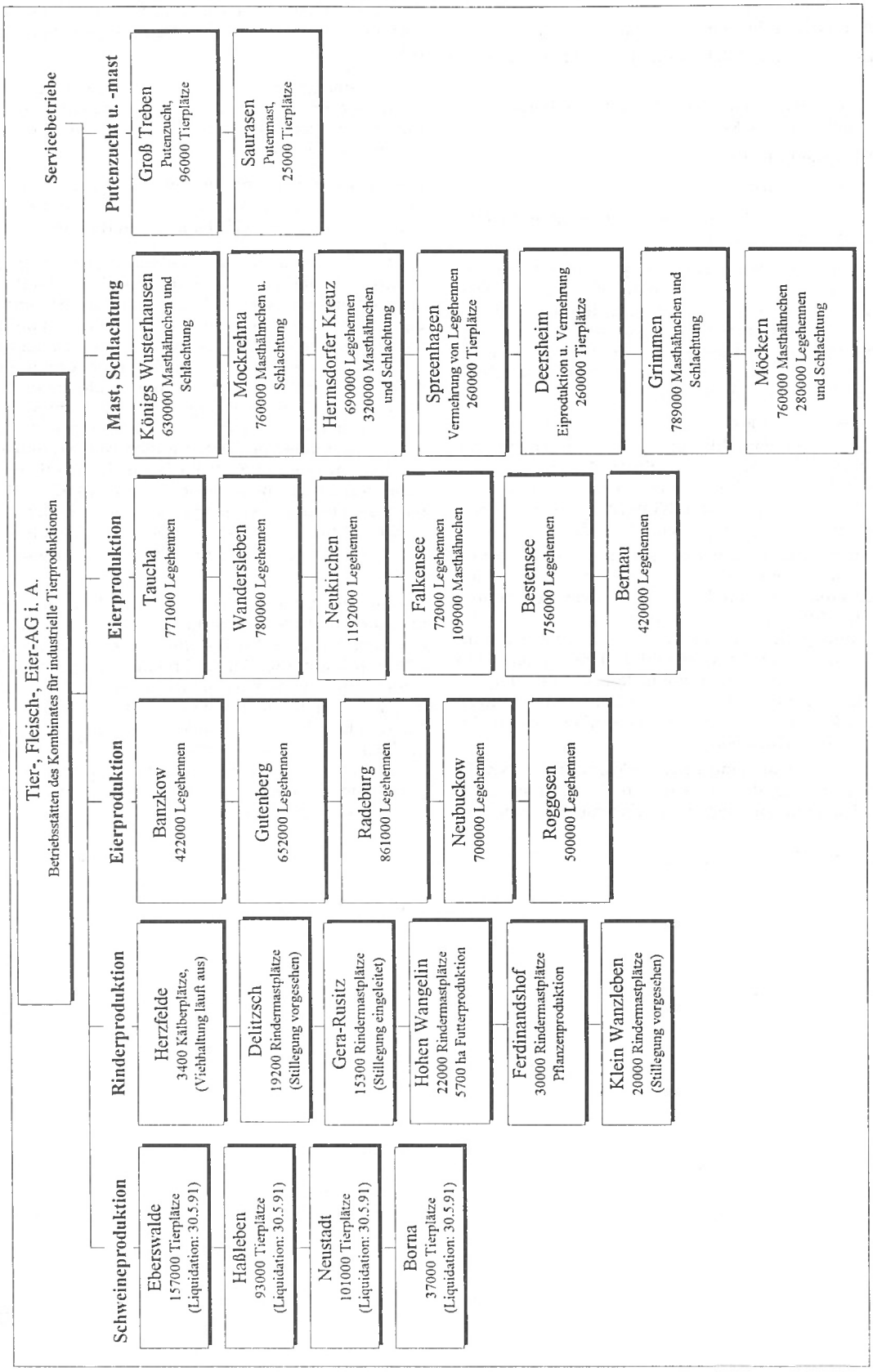
Bei Großtierhaltungen sind neben der extremen Bestandsgröße die starke Trennung von Tier- und Pflanzenproduktion sowie die Abschaffung der Stalldung-Entmistung zugunsten der Flüssigentmistung als primäre Ursachen der Schadstoffemissionen zu nennen. Aus der Kombination dieser Faktoren ergab sich, daß einer jährlich entstehenden Güllemenge von ca. 48 Mio. m^3 nur Güllelagerraum von ca. 9 Mio. m^3 gegenüberstand. In den zur Beseitigung des Flüssigabfalls „Gülle" benutzten Böden (sog. Güllehochlastflächen) wurden Stoff-Pools für Stickstoff, Phosphor, Kalium, Kupfer sowie Masthilfsstoffe aufgebaut, die die Grundwasserqualität auf absehbare Zeit beeinträchtigen werden. Dieses Flächenproblem stellt ein Übergangsgebiet zwischen Altlasten und Bodenschutz dar.

Abbildung A 2.5 gibt einen Überblick über die Standorte und Masttierbestände beim „Kombinat Industrielle Mast" (KIM), das die größten Einheiten der DDR repräsentierte. Bei der Privatisierung der „KIM" zeigen Investoren vorzugsweise an Großbetrieben für Geflügelhaltung Interesse (z. B. 400 000 bis ca. 1,2 Mio. Legehennen; ca. 800 000 Masthähnchen mit Schlachtung). Ohne Sofortinvestitionen in der Abwasser-(Blut-) und Güllebehandlung wird der Altlastverdachtscharakter dieser Betriebe für die Zukunft weiter bestehen bleiben.

Abbildung A 2.5

Die Struktur des ehemaligen „Kombinat industrielle Mast" (KIM)

Angaben über Tierplätze; Stand: 31. Oktober 1990



Quelle: top Agrar Spezial, 23. 12. 1991, verändert

Dekontaminationsverfahren für militärchemische Altlasten

Vorbemerkung

563. Der für die Sanierung militärchemischer Altlasten wichtigste Einsatzbereich ist die Behandlung kampfstoffkontaminierten Materials, wobei hinsichtlich der Eignung der Verfahren nach Matrizes (Erdreich, Mauerreste usw.) sowie Kampfstoffart (Explosivstoff-Familien, chemische Kampfstoffe; ohne/mit Beteiligung von Schwermetallen und Metalloiden) unterschieden werden muß. Wesentliche Grundvoraussetzung für die Dekontaminationsstrategie sind Kenntnisse über Bindungsform, Bindungsart und Bindungsort der Schadstoffe (vgl. SRU, 1989, Tz. 486 und Tab. 4.1).

Lange Kontaminationszeiträume (weniger als 40 bis über 100 Jahre) und die Adsorptionseigenschaften der militärchemischen Schadstoffe an feinerem Bodenmaterial (GÖBEL, 1994; WEILANDT, 1994) führen häufig dazu, daß sich wesentliche Schadstoffmengen in den Mikroporen oder in den Tonmineralen befinden. Mit herkömmlichen Sanierungsmethoden lassen sich diese Anteile nicht entfernen.

564. Die einzelnen Verfahrensansätze müssen, wie im Sondergutachten 1989 beschrieben, in Verfahrensketten zusammengeschaltet werden (SRU, 1989, Tz. 541 ff.). Es werden Schadstoffkonzentrate und sekundär kontaminierte Prozeßstoff-Ströme erzeugt, die bei Kampfstoffbelastungen in der Regel weiterhin toxisch bleiben und der weiteren Behandlung bedürfen, bis endlagerfähige Schadstoffe, ableitungsfähige Prozeßstoffe (Abluft, Abwasser) sowie einbaufähige beziehungsweise verwertbare Matrizes (Boden, Metallschrott) entstanden sind. Die Stoffumwandlungen müssen sicherstellen, daß den Stoffen ihr militärchemischer Charakter endgültig genommen wird und auch die Umwandlungsprodukte toxikologisch unbedenklich und endlagerfähig sind.

An die in diesem Zusammenhang entscheidenden Qualitätskriterien Endlagerfähigkeit, Ableitungsfähigkeit, Einbaubarkeit und Verwertbarkeit sind besondere Gütekriterien zu stellen, die bei Bedarf über die geltenden rechtlichen Regelungen für „zivile" Altlasten (TA Luft, AbwasserVwV, 17. BImSchV) hinausgehen können.

565. Folgende Grundverfahrenstypen können in den Verfahrensketten eingesetzt werden:

- Erzeugung von Schadstoffkonzentraten durch physikalisch-chemische Behandlungsschritte (Separierungsstrategie) durch naßmechanischen Aufschluß, Extraktion mit flüssigen oder gasförmigen Extraktionsmitteln oder thermische Desorption durch Heißluft und Wasserdampf,
- Umwandlung/Zersetzung organischer und metallorganischer Stoffe (Zerstörungsstrategie) durch chemische Umwandlung, thermisch-oxidative Zersetzung oder makrobiologische Umwandlung,
- Transfer von Metallen und Metalloiden in verwertbare oder endlagerfähige Bindungsformen und Strukturen durch chemische und elektrochemische Umwandlung, thermochemische/plasmachemische Behandlung zur Verglasung oder makrobiologische Umwandlung und Akkumulation.

Naßmechanische Aufschlußverfahren

566. Die naßmechanischen Aufschlußverfahren (Anhang 1, Tz. 504 ff.) finden in den Sanierungskonzepten häufig als Vorstufe Anwendung, um durch die Umverteilung der Schadstoffe die Masse des endgültig zu behandelnden Bodenmaterials zu reduzieren. Ihre Einsatzgrenzen liegen dort, wo wegen der hohen Adsorptionskräfte fallweise vorhandener Kohlepartikel (bzw. organischen Materials und Huminsäuren) oder aufweitbarer Tonminerale keine merkliche Umlagerung der Schadstoffe vom Grob- auf das Feinkorn erfolgt. Eine Abtrennung der Feinstfraktion allein ist nicht ausreichend, um die geforderten Sanierungsziele zu erreichen (BECKER et al., 1993). Eine Nachbehandlung der Grobfraktion mittels thermischer Desorption (Bedampfung) kann Abhilfe leisten (WEILANDT, 1994; s. u.). Auch in Fällen hoher Feinkornanteile (mehr als 60 %, siehe z. B. Altlast Hallschlag in Rheinland-Pfalz, GÖBEL, 1994) ist der Ansatz nicht praktikabel, weil keine „Aufkonzentrierung", sondern nur eine Bodenscheidung stattfinden kann.

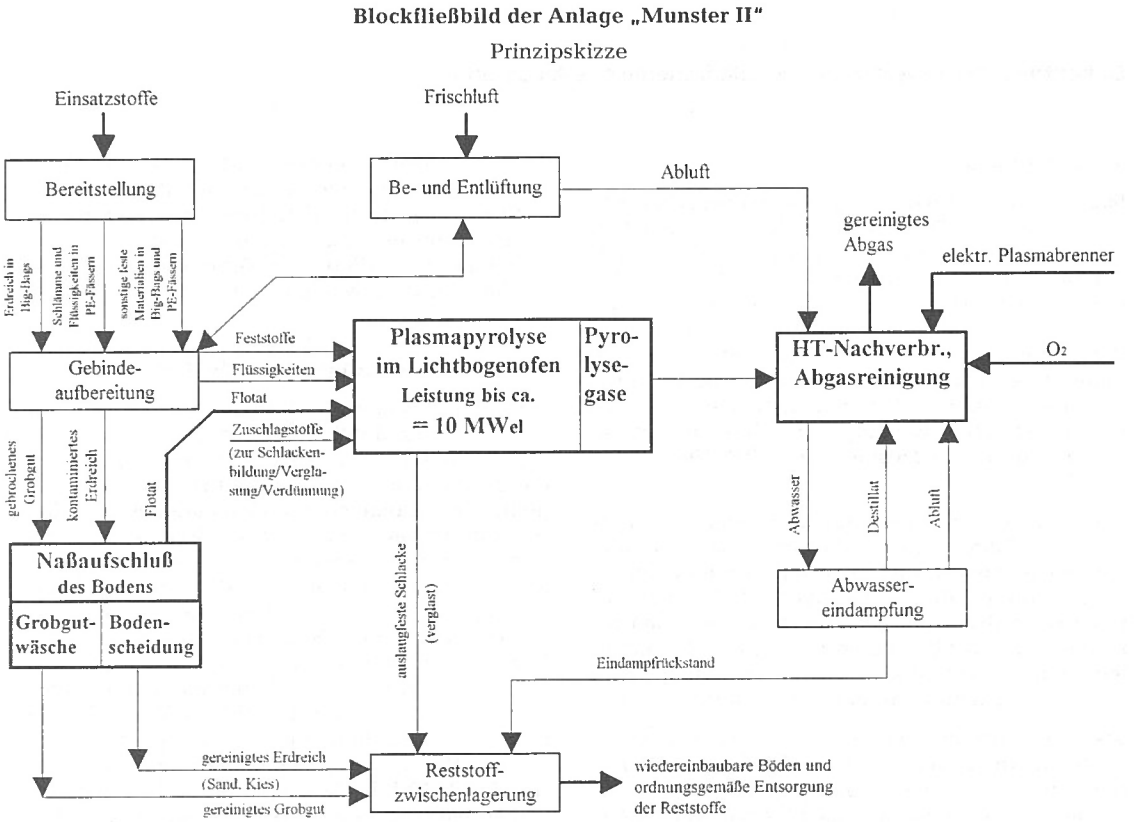
Von solchen ungünstigen Fallkonstellationen abgesehen, dürfte der Naßaufschluß ein wichtiger Bestandteil von Sanierungskonzepten bleiben. Für die Dekontamination der mit chemischen Kampfstoffen stark verunreinigten Böden in Munster (Niedersachsen) wird eine kombinierte Anlage aus Naßaufschluß, Flotation und plasmachemischer Behandlung geplant (MGC, 1994; BACKOF et al., 1992; MARTENS und GROTE, 1992). Abbildung A 3.1 zeigt das Blockfließbild der geplanten Anlage.

Die vom Umweltrat geforderten Wirksamkeitsnachweise sollen sicherstellen, daß die nur naßmechanisch behandelten Bodenmengen unbedenklich wiedereinbaufähig sind. Weiterhin sind in einer Bilanzierung beziehungsweise Stoffstromanalyse Verteilung und Verbleib der toxischen Metalle und Metalloide nachzuweisen.

Extraktion

567. Die Extraktion in strengem Sinne, als Laugung mit gut wirksamen Lösungsmitteln, wird in der Altlastensanierung noch zu wenig eingesetzt. Folgende Konzepte sind bei militärchemischen Substanzen einsetzbar; sie zeichnen sich durch wirksame physikalische oder chemisch-physikalische Abreinigung

Abbildung A 3.1



Quelle: MGC, 1994, verändert

des Bodens sowie günstige Regenerierung des Extraktionsmittels aus:

- Hochdruck-Extraktion (HDE) von Kampfstoffen mit überkritischen Gasen (super-critical fluid (SCF)-CO_2, -H_2O),
- Laugung von Schwermetallen mit Säuren und Komplexbildnern.

An der Hochdruckextraktion wird unter anderem in einem Forschungsprojekt des Landes Nordrhein-Westfalen gearbeitet (s. Abschn. 1.4.3; LÜTGE et al., 1993; SCHULZ, 1992). Mit der Methode ist es möglich, die Matrizes von Kampfstoff-Kontaminationen mit Abreicherungsgraden von ca. 80 bis 98 % zu reinigen und reine Schadstoffkonzentrate zu erzeugen, die dann zum Beispiel in Sonderabfallverbrennungsanlagen zu entsorgen wären (FERNHOLZ et al., 1994). Problematisch ist, daß der Ausbringungsgrad durch die Löslichkeitsphänomene stoffspezifisch gesteuert wird und über den Reinigungserfolg bei den praxisüblichen Vielstoffgemischen noch wenig bekannt ist.

Die Laugungsmethode hat sich dagegen in Praxisfällen, vor allem für den bleikontaminierten Boden von Schießplätzen, bereits bewährt (SCHMIDT und FRISTAD, 1994). Der wesentliche Vorteil des Verfahrens besteht in der guten Wiederverwendbarkeit des Säure-Komplexbildner-Gemisches als Extraktionsmittel (Membrantrennung) sowie der Verwertbarkeit des erzeugten Bleikonzentrats (Elektroblei-Erzeugung durch Elektrolyse).

Ein weiterer Ansatz zur Extraktion von chemischen Kampfstoffen aus Böden wurde von AUST und DIERICHEN (1992) kurz beschrieben (System HAFEMEISTER, Naßaufschluß + Extraktion). Weitere Entwicklungsarbeiten sollen in den letzten zwei Jahren durchgeführt worden sein.

Die Schwermetall-Laugungsmethoden haben den Nachteil, daß Quecksilber nur ungenügend erfaßt wird. Das speziell für diesen Schadstoff ausgearbeitete Verfahren der Landesgewerbeanstalt Bayern (BEYER und SCHÄTZLEIN-MAIERL, 1990), das auch Blei erfaßt, wird an Versuchsstandorten erprobt. Quecksilber-kontaminierte Schießplätze sollten in diese Versuche mit aufgenommen werden.

Thermische Desorption

568. Die schonende thermische Beanspruchung zivil kontaminierter Böden bezweckt die Desorption flüchtiger organischer oder metallorganischer Schadstoffe. Sie wird normalerweise zwischen 400 und 600 °C unter Sauerstoffausschluß durchgeführt (SRU, 1989, Tz. 566ff.; Anhang 1, Tz. 525). Dieses Prinzip

läßt sich für militärchemische Kontaminationen nur bedingt anwenden. Bei den im allgemeinen sehr hohen adsorptiven Kräften zwischen kampfstoffbürtigen Schadstoffen und der Feinstkornfraktion sind höhere Temperaturen erforderlich. Die thermische Behandlung detonationsfähiger Stoffe weist jedoch Sicherheitsprobleme auf, die auch bei sehr hohen Investitionskosten keineswegs zufriedenstellend gelöst werden können. Das Sanierungskonzept für trinitrotoluol-kontaminierte Böden in Stadtallendorf sieht deswegen die naßmechanische Reinigung mit anschließender direkter Wasserdampfbehandlung sowie thermisch-oxidativer Zersetzung bei höheren Temperaturen vor. Darüber hinaus werden schwermetall- oder metalloidhaltige Kontaminanten in die Gasphase – mit erschwerter Rückholbarkeit – verlagert. Aus diesem Grund wird für arsenorganische Kampfstoffe die Verglasung durch plasmachemische Behandlung favorisiert (s. u.).

Die hier aufgeführten Probleme konnten inzwischen weitgehend gelöst werden, indem der Stoffübergang mit Hilfe von Heißluft oder Wasserdampf als Prozeßstoff-Zufuhr deutlich intensiviert wurde.

Heißluft-Strippung

569. Das australische Sprengstoffunternehmen „Australian Defense Industries (ADI)" hat für seine sprengstoffkontaminierten Standorte eine semimobile großtechnische Anlage realisiert, die Nitroaromaten (v. a. Trinitrotoluol-Gruppe) mit Heißluft-Einblasung im Drehrohrofen bei Temperaturen über 350 °C sogar aus Böden mit 60%igem Feinkornanteil und bei mehr als 14 Gewichtsprozent Nitroaromaten (Summe) effektiv entfernen kann (weniger als 1 mg Nitroaromaten (Summe) pro kg Boden, s. FAIRWEATHER, 1994). Die eigentliche Schadstoffzerstörung findet dann in der Stufe der Abgasreinigung (Entstaubung, thermische Nachverbrennung, Abscheidung der Stickstoffoxide) statt. Eine Pilotanlage mit dieser Technologie soll in Deutschland auf ähnlichen sprengstoffkontaminierten Standorten erprobt werden. Diese Entwicklung sollte aufmerksam verfolgt werden.

Bedampfung mit Wasserdampf

570. Die Notwendigkeit der Weiterbehandlung von Bodenfraktionen aus dem naßmechanischen Aufschluß führte zur Dampfbehandlung, die hilft, die starken Adsorptionskräfte in Engporen zu überwinden. Voraussetzung ist die Wasserdampfflüchtigkeit der Schadstoffe.

Die Behandlung mit Sattdampf (120 bis ca. 160 °C, 3 bis 6 bar) bedient sich des Prinzips der Wasserdampfdestillation. Das mit Nitrostoffen gesättigte Poren- und Haftwasser wird zuerst verdrängt, der Dampf kondensiert in den Poren und die abgegebene Kondensationswäre läßt die Nitrostoffe ausschmelzen. Anschließend kann ein Mikro-Sieden (bei höheren Temperaturen und längeren Verweilzeiten) die Schadstoffe rasch verflüchtigen und austragen; bei etwas niedrigeren Temperaturen erfolgt der Austrag weniger intensiv mit dem Kondensat beziehungsweise über das Filtrat. Diese wässrigen Phasen als Schadstoffträger müssen einer oxidativen Nachbehandlung unterzogen werden (Eindüsung in eine Brennkammer; Ozon-Wasserstoffperoxid-Oxidation, s. u.). Die Bedampfung eröffnet auch die Möglichkeit, den als Vorstufe eingesetzten naßmechanischen Aufschluß zu vereinfachen (WEILANDT, 1994).

Diese im Pilotmaßstab erprobte Technologie ist für die Reinigung sprengstoffbelasteter Böden in Stadtallendorf vorgesehen. Die Erprobung in großtechnischem Maßstab wäre wünschenswert, um die Machbarkeit der Sanierung zu demonstrieren und Rückschläge zu vermeiden.

571. Bei der Behandlung mit überhitztem Dampf (550 bis 600 °C) werden die Schadstoffe in die Gasphase ausgetrieben. Die dampfhydrolysierbaren und thermolabilen Komponenten zersetzen sich dabei zum Teil (PETZOLDT und BECKER, 1994). Unklassierte, stark kontaminierte Böden (mehr als 3 Gewichtsprozent Nitroaromaten [Summe]) konnten in Versuchen auf ca. 1 mg/kg abgereinigt werden. Auf diese Weise sollen auch die hochkontaminierten Gipsschlämme in den Rückstandshalden (Tri-Halden) der früheren Sprengstoffwerke dekontaminiert werden, was bisher nicht möglich erschien.

572. Es zeigt sich, daß die Desorptionstechnik in der Lage ist, stark mit Nitroaromaten kontaminierte Matrizes, wie feinkörnige Böden und pastöse Gipsschlämme, effektiv zu reinigen. Der Umweltrat empfiehlt, ihre Entwicklung intensiv fortzuführen, um die Verfahren in großtechnischem Maßstab zum Einsatz bringen zu können.

Plasmapyrolyse

573. Einen Sonderfall der thermischen Desorption stellt die Anwendung der plasmachemischen Behandlung dar. Im Plasmabrenner sind auf verschiedenen, sehr energieintensiven Wegen (Flamme/Plasmagas, Lichtbogen) hohe Temperaturen von ca. 1 800 bis 2 000 °C im Einsatzgut und bis 20 000 °C im Flammenbereich erreichbar, die mit direkt oder indirekt befeuerten Drehrohröfen nicht realisierbar sind. Unter diesen Bedingungen werden organische Stoffe unter Sauerstoffmangel pyrolytisch zersetzt; die Pyrolysegase enthalten die Molekülbruchstücke und müssen in einer Nachverbrennungsstufe oxidiert werden. Flüchtige Metalle, Metalloide sowie ihre flüchtigen Verbindungen treten ebenfalls in die Gasphase über und werden erst mit der Abgasreinigung erfaßt. Da die Temperatur im Einsatzgut über dem Sinterungs- und Schmelzpunkt der Bodenmineralien sowie dem Schmelzpunkt gängiger Metalle liegt, entsteht aus diesen eine Schmelze, die zu einer glasartigen, auslaugfesten Schlacke erstarrt. Dieses Konzept liegt der geplanten Anlage der Bundeswehr „Munster II" zugrunde (s. Abb. A 3.1). Allerdings ist es noch offen, ob die angestrebte Arseneinbindung in die Schlacke ausreichend sein wird. Erfahrungen mit der Verglasung von Filterstäuben aus Müllverbrennungsanlagen stützen die vorstehende Vermutung nicht (FAULSTICH, 1989).

574. Die Plasmapyrolyse eignet sich zwar für alle Feststoffe sowie flüssige oder pastöse Abfälle (Faßaufgabe). Wegen des hohen Energiebedarfs bei der Erzeugung und Aufrechterhaltung des Plasmas ist

die Einengung der Einsatzgutmenge zwingend erforderlich. Beim Einsatz von Verfahrensketten wird eine Verringerung durch Naßaufschluß und Flotation von 10:1 erwartet (MARTENS und GROTE, 1992).

Ein Vorteil der Erzeugung des Plasmazustandes mittels Elektrizität besteht darin, daß keine Verbrennungsprodukte sowie Luftstickstoff durch die Gasreinigung durchgeschleppt werden müssen. Diese Anlagenteile können klein gehalten werden.

575. Für den Betrieb des in Bau befindlichen Plasmaofens (Tz. 566, 573), der auch die in einer physikalisch-chemischen Reinigungsanlage aufkonzentrierten Kampfstoffe eines kontaminierten Bodens unschädlich machen kann, war versucht worden, die Betriebskosten durch eine Privatisierung der Anlage zu senken. Der vorgelegte Plan, der vom Bundesverteidigungsministerium als erfolgversprechend bewertet worden war, wurde von der niedersächsischen Landesregierung zurückgewiesen (FAZ Nr. 153 v. 20. Juli 1994). Der Umweltrat bedauert diese Entscheidung.

Chemische Umwandlung und Zersetzung

576. Über die verschiedenen chemischen Methoden, die zur Umwandlung und Zersetzung von reinen Kampfstoffen angewandt wurden, haben MARTINETZ (1993a und b) und SPYRA (1993) berichtet. Der Einsatz der chemischen Bodenbehandlung ist dort erwägenswert, wo durch chemische Eigenschaften, zum Beispiel funktionelle Gruppen bei organischen Stoffen, die Möglichkeiten einer Umsetzung gegeben sind und durch die Stoffumwandlung der militärchemische Charakter zerstört wird (Entgiftung). Militärchemische Schadstoffe weisen vielfach Strukturen auf, die sich für eine chemische Umwandlung eignen. Solche Bindungen sind zum Beispiel:

- hydrolysierbare (günstigerweise katalytisch spaltbare) Estergruppen, wie zum Beispiel Cellulose-, Glykol-, Glycerin-Nitrate (Treibladungspulver) oder Phosphorsäureester (Nervenkampfstoffe),
- hydrolysier- oder reduzierbare Nitrogruppen, wie zum Beispiel 2,4,6-Trinitrotoluol (Denitrifikation),
- unter UV-Katalyse oxidativ spaltbare Ringsysteme, zum Beispiel 2,4,6-Trinitrotoluol,
- abspaltbare Halogenatome (F, Cl, Br, I), zum Beispiel bei dem Augenreizstoff Chloracetophenon (Dehalogenierung).

In der Sprengstoffindustrie werden diese Möglichkeiten zur „Vorbehandlung" von Explosivstoffresten benutzt (MACKOWIAK, 1992).

Nach MARTINETZ (1992) können zur Entgiftung chemischer Kampfstoffe die Reaktionstypen

- Spaltung durch Hydrolyse (meist katalysiert),
- Spaltung durch chlorierende Oxidation mit aktivchlorlieferndem Agens,
- diverse katalytische Reaktionen,
- spezielle Entgiftungsreaktionen (darunter Oxidation mit Sauerstoff/Ozon/Wasserstoffperoxid)

in zahlreichen kampfstoffspezifischen Verfahrensvarianten eingesetzt werden. Für eine hinreichende Umsetzung muß häufig mit hohem Überschuß an Chemikalien gearbeitet werden; eine Mineralisation der Schadstoffe findet trotzdem selten statt. Ziel dieser Entgiftungsreaktionen ist vor allem die Ausschaltung der militärchemischen Primärwirkung; die Entgiftungsprodukte sowie die Überschußchemikalien bedürfen der weiteren Behandlung.

577. Für die Planung und Investition entsprechender Bodenreinigungsanlagen, die verschiedene Kampfstoffe umzusetzen haben, sind die oben angegebenen Charakteristika der chemischen Behandlung zur Entgiftung eher von Nachteil. Bei der Verfahrensauswahl für die Kampfstoffbeseitigungsanlage der Bundeswehr „Munster II" kamen sie auch nicht in Betracht, weil die universelle Einsetzbarkeit und die hohe Konversion als Leitgrößen dienten (MARTENS und GROTE, 1992).

Es gibt jedoch militärchemische Stoffe, die als bodenkontaminierendes Inputmaterial in ausreichender Menge zur Umwandlung anstehen, für die sich die Installation einer eigenen chemischen Umwandlungsanlage lohnen könnte. Dies gilt insbesondere für die nitrobasischen Explosivstoffe Nitroester und Nitroaromaten sowie ihre Vor- und Folgeprodukte, die in sprengstoffkontaminierten Böden vorkommen und hydrolytisch oder UV-katalytisch-oxidativ umgesetzt werden können (BC, 1993; MASSHOLDER, 1993; BUNTE et al., 1992b; DAHN, 1992). Chemische Umwandlungsanlagen könnten auch als Vorstufe für eine biologische Nachbehandlung eingesetzt werden.

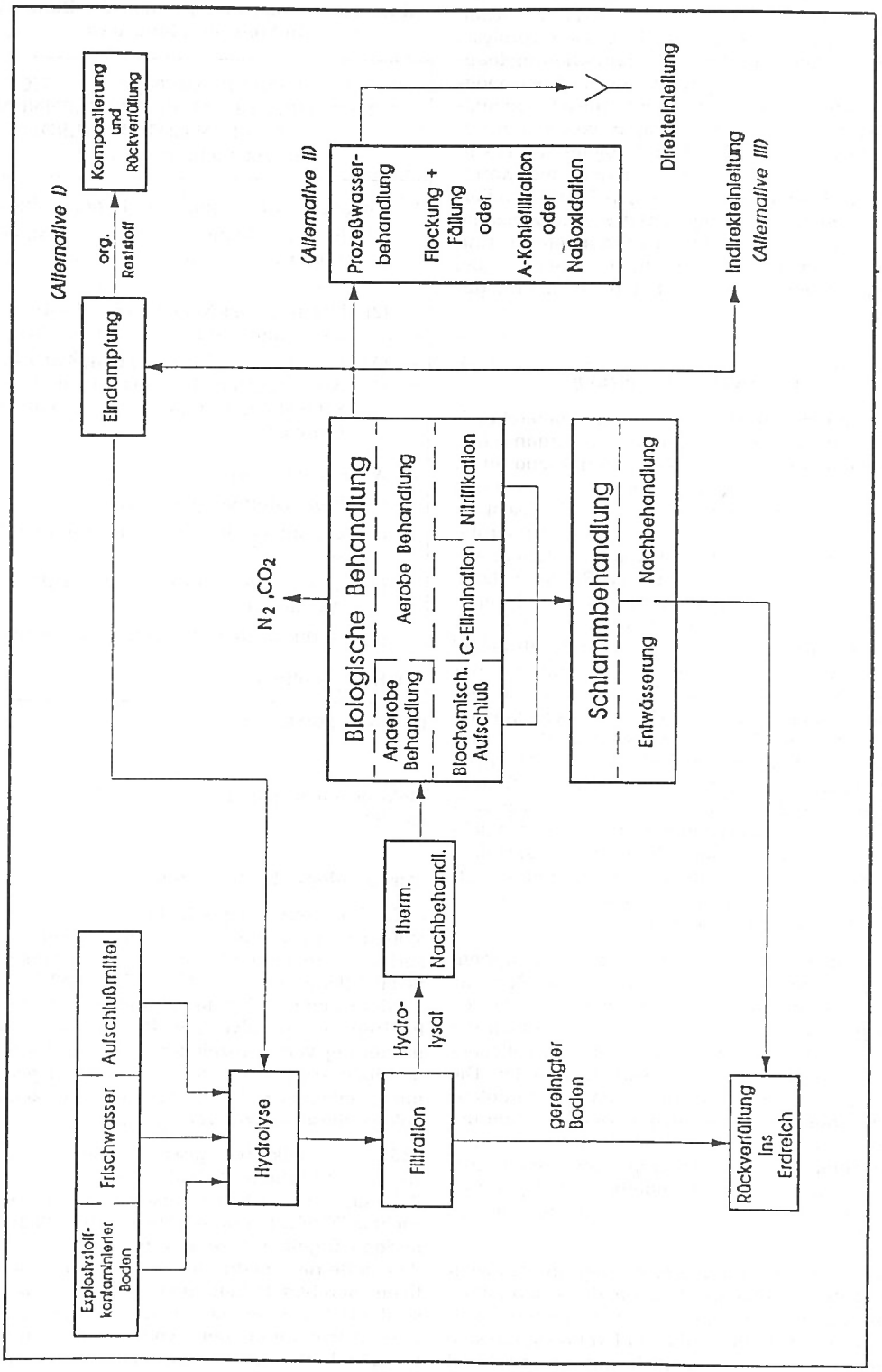
578. Abbildung A 3.2 zeigt die kombinierte chemisch-biologische Entsorgung explosivstoffkontaminierter Böden nach einem Forschungsvorhaben (DAHN, 1994). Das Verfahren wurde ursprünglich für reine Explosivstoffe ausgearbeitet; das Ziel war die Vermeidung der offenen Verbrennung der Explosivstoffe. Von entscheidender Bedeutung ist die geeignete mechanische Vorbehandlung (Zerkleinerung, Desaggregierung), von der der Wirkungsgrad der chemischen Umwandlung in hohem Maße abhängt. Die alkalische Hydrolyse bewirkt, daß der Explosivcharakter verlorengeht und – insbesondere nach einer Wärmenachbehandlung – das Hydrolysat bioabbaubar und denitrifizierbar ist (s. auch Tz. 585f.). Zu den Verfahrenszielen gehört auch die Verhinderung der adsorptiven Bindung der Zwischenprodukte an die Humussubstanz (BC, 1993; DAHN, 1993).

579. Weitere Varianten der Hydrolyse befinden sich im Versuchsstadium, vor allem die alkalische Druckhydrolyse (DAHN, 1993; BUNTE et al., 1992a), die auch für Hexachlorcyclohexan-Abfälle anwendbar wäre, jedoch ebenfalls nur als ein Element gekoppelter Verfahren.

580. Ein Spezialfall der oxidativen Schadstoffzerstörung ist die Hochdruck-Naßoxidation, die in der chemischen Industrie zur Behandlung wäßriger Abfallösungen mit hoher Fracht an chemisch oxidierbaren Verbindungen (hoher Bedarf an Sauerstoff [CSB]) gelegentlich eingesetzt wird (SRU, 1990, Tz. 1263). Das

Abbildung A 3.2

Chemisch-biologische Entsorgung am Beispiel von kontaminierten Böden



Quelle: DAHN, 1994

Verfahren wird derzeit auf Treibstoffreste in wäßriger Lösung adaptiert (ICT, 1992, s. bei militärchemischen Sonderabfällen). Im überkritischen Bereich des Wassers (Temperaturen über 400°C, 250 bar) findet schon Druckhydrolyse statt, so daß die Prozesse Hydrolyse, Naßoxidation und überkritische Extraktion ineinander übergehen. Mit dieser Breite der Reaktionsmöglichkeiten könnte eine weitgehende Umsetzung militärchemischer Schadstoffe gelingen. Wegen der bekannten verfahrenstechnischen Probleme der Hochdruck-Naßoxidation mit Anbackungen und Korrosion ist jedoch davon auszugehen, daß der hohe Forschungs- und Entwicklungsbedarf die kurzfristigen Realisierung des Vorhabens des Fraunhofer-Institutes für chemische Technologie (ICT) – besonders bei Böden und Bodenaufschlämmungen – nicht ermöglichen wird.

Direkte thermisch-oxidative Zersetzung

581. Die überwiegende Mehrzahl der militärchemischen Schadstoffe ist der Gruppe der organischen oder metallorganischen Verbindungen zuzuordnen. Sowohl die eigentlichen militärischen Zielprodukte als auch ihre Vor-, Umwandlungs- und Mischprodukte lassen sich daher thermisch zersetzen. Explosionsfähige Stoffe können jedoch nur in offenem Abbrand (wie Treibmittel) oder auf Sprengplätzen, eventuell in Sprengkesseln, im Sinne des Sprengstoffgesetzes vernichtet werden. Kontaminierte Matrizes ab ca. 5 bis 15 Gewichtsprozent Trinitrotoluol sind als detonationsfähig einzustufen. Sie sind der thermischen Bodenreinigung fernzuhalten. Die planerische Aufgabe der Durchführbarkeitsuntersuchung liegt in der Erstellung des Gesamtkonzeptes und bei der Bestimmung der technischen Betriebsparameter hinsichtlich zugelassener Stoffe, der Temperaturverteilung, der Verweilzeit und der Ausgestaltung der Endreinigungsstufen. Dabei muß der Stickstoffoxidabscheidung besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die offene Verbrennung kampfbeziehungsweise explosivstoffkontaminierter Materialien sollte generell verboten werden.

582. Auf dem Gelände der Bundeswehr (Truppenübungsplatz Munster bei Lüneburg) wurde 1980 eine kleine Verbrennungsanlage mit einer Leistung von 200 kg pro Tag errichtet, die nach dem Prinzip der Inert-Spülgasdesorption/-pyrolyse mit anschließender Nachverbrennung der Desorbate arbeitet. Die Anlage mußte nach einer Detonation des Herdofens durch Sprengstoffe im Einsatzgut (1989) langjähriger Reparatur unterzogen werden. Auch nach der Neuinbetriebnahme ist kein Sprengkessel vorgesehen. Entsprechend wird das behandelbare Stoffspektrum durch die Funktionsweise der Anlage limitiert (Tab. A 3.1).

583. Der oben genannte Störfall zeigt die Notwendigkeit, daß sprengfähiges Material durch sorgfältige „Störstoffauslese" dem Einsatzgut sicher fernzuhalten ist. Dies ist bei Böden, die mit Explosivstoffresten durchsetzt sind, oft nicht möglich. Aus diesem Grund sollten geeignete Sprengstoffsensoren für die Eingangskontrolle eingesetzt werden. Das Fraunhofer-Institut für chemische Technologie (ICT) hat einen elektrochemischen Trinitrotoluol-Sensor entwickelt (Tz. 370).

Tabelle A 3.1

Behandelbare Materialien in der Kampfstoffverbrennungsanlage der Bundeswehr in Munster („Munster I")

CHEMISCHE KAMPFSTOFFHALTIGE MATERIALIEN, DIE IN DER VERBRENNUNGSANLAGE „VERNICHTET" WERDEN (ca. 60 t/a bzw. 200 kg/d)
I. Chemische Kampfstoffe aus Fundmunition
(1) Flüssiges Material (S-Lost, N-Lost, Lewisit, Tabun als Füllung aus Granaten u. Bomben
(2) Hochviskoses Material (Zäh-Lost) als Füllung aus Sprühdosen / 2. Weltkrieg
(3) Festes Material (Clark I u. II, Adamsit) Arsenkampfstoffe aus Granaten und Schweltöpfen und damit kontaminiertes Erdreich.
II. Abfallmaterialien
(1) Kampfstoffhaltiger Schrott
(2) Getragene Schutzanzüge, Stiefel u. Handschuhe
(3) Erschöpfte Aktivkohlefilter (Abluft bzw. Abwasser)
(4) Verbrauchte Dekontaminationsmittel
III. Kampfstoffhaltige Laborabfälle

Quelle: MARTENS, 1987

Mikrobiologische Behandlung

584. Die mikrobiologische Behandlung von Sprengstoffen und sprengstoffhaltigem Material wurde ursprünglich in den USA durchgeführt (Übersicht s. bei SCHNEIDER und THOMÉ-KOZMIENSKY, 1992). Im Vordergrund standen aerobe Behandlungsmethoden für Treibladungspulver, zum Beispiel die Mietenkompostierung von nitrozellulosehaltigem Boden. Diese Methode ist über den Stand der Versuchsphase nicht hinausgekommen; in Deutschland steht keine Technologie dieser Art zur Verfügung.

585. Die mikrobiologische Abbaubarkeit von sprengstoffbürtigen Schadstoffen wird derzeit im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben untersucht (STOFFERS und WINTERBERG, 1993). Die bisherigen Ergebnisse weisen zunehmend darauf hin, daß im Betriebsmodus der bisher bevorzugten oxidativen, aeroben Behandlung diese Xenobiotika nur strukturell unwesentlich umgebaut und nicht mineralisiert werden können, wobei in der Regel stärker toxische Verbindungen entstehen als im Ausgangszustand. Diese sogenannten dead-end-Metaboliten können nicht weiter umgesetzt werden (GOTTSCHALK und KNACKMUSS, 1993). Dagegen ver-

spricht die anaerob-co-metabolische Transformation unter reduktiven, das heißt anaeroben Bedingungen, zum Beispiel durch ein sulfatreduzierendes Bakterium beim Trinitrotoluol, den Abbauweg hin zur Mineralisation zu finden. Die Reduktion aller Nitrogruppen führt zu Zwischenprodukten, die sich unter aeroben Bedingungen metabolisieren und mineralisieren lassen sollen (DAUN et al., 1994; LENKE et al., 1993; PREUSS et al., 1993). Als Co-Substrat muß den anaeroben Biozönosen Glucose als leicht vergärbare Kohlenstoffquelle zugeführt werden. Ohne weitere Eingriffe werden die Zwischenprodukte vom Boden aufgenommen; deren Persistenz ist noch eine offene Frage.

586. Das Verfahren der anaerob-co-metabolischen Transformation müßte mit den Verfahren der hydrolytischen Spaltung gekoppelt werden. Ein solches kombiniertes chemisch-biologisches Verfahren müßte in der Lage sein, die sprengstoffbürtigen Schadstoffe von der Bodenmatrix zu desorbieren, umzuwandeln und die Resorption der Metaboliten an Humus beziehungsweise Silikate zu verhindern.

Weitere Forschungen beschäftigen sich mit den Abbaumechanismen für Trinitrotoluol durch Weißfäulepilze (BARR und AUST, 1994; MAJCHERCZYK et al., 1993). Das derzeitige Entwicklungsstadium erlaubt noch keine Aussage über eine baldige Anwendbarkeit für die Sanierungstechnik. Des weiteren werden Grundlagenforschungen zur biologischen Arseneliminierung aus Böden und Wasser betrieben (FELLER, 1992a und b). Arsen-Akkumulierungen durch Algen, Pilze und höhere Pflanzen bis zu 80 g/kg Trockensubstanz wurden gefunden (ZIMMERMANN und MARTENS, 1994). Die kontaminierte Biomasse müßte der Arsenkampfstoff-Verbrennungsanlage zugeführt werden. Das Stadium der Arbeiten läßt derzeit noch keine Schlußfolgerungen zu.

Anhang

Erlaß über die Einrichtung eines Rates von Sachverständigen für Umweltfragen bei dem Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Vom 10. August 1990

§ 1

Zur periodischen Begutachtung der Umweltsituation und Umweltbedingungen der Bundesrepublik Deutschland und zur Erleichterung der Urteilsbildung bei allen umweltpolitisch verantwortlichen Instanzen sowie in der Öffentlichkeit wird ein Rat von Sachverständigen für Umweltfragen gebildet.

§ 2

(1) Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen besteht aus sieben Mitgliedern, die über besondere wissenschaftliche Kenntnisse und Erfahrungen im Umweltschutz verfügen müssen.

(2) Die Mitglieder des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen dürfen weder der Regierung oder einer gesetzgebenden Körperschaft des Bundes oder eines Landes noch dem öffentlichen Dienst des Bundes, eines Landes oder einer sonstigen juristischen Person des öffentlichen Rechts, es sei denn als Hochschullehrer oder als Mitarbeiter eines wissenschaftlichen Instituts, angehören. Sie dürfen ferner nicht Repräsentanten eines Wirtschaftsverbandes oder einer Organisation der Arbeitgeber oder Arbeitnehmer sein, oder zu diesen in einem ständigen Dienst- oder Geschäftsbesorgungsverhältnis stehen, sie dürfen auch nicht während des letzten Jahres vor der Berufung zum Mitglied des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen eine derartige Stellung innegehabt haben.

§ 3

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen soll die jeweilige Situation der Umwelt und deren Entwicklungstendenzen darstellen. Er soll Fehlentwicklungen und Möglichkeiten zu deren Vermeidung oder zu deren Beseitigung aufzeigen.

§ 4

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen ist nur an den durch diesen Erlaß begründeten Auftrag gebunden und in seiner Tätigkeit unabhängig.

§ 5

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen gibt während der Abfassung seiner Gutachten den jeweils fachlich betroffenen Bundesministern oder ihren Beauftragten Gelegenheit, zu wesentlichen sich aus seinem Auftrag ergebenden Fragen Stellung zu nehmen.

§ 6

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen kann zu einzelnen Beratungsthemen Behörden des Bundes und der Länder hören, sowie Sachverständigen, insbesondere Vertretern von Organisationen der Wirtschaft und der Umweltverbände, Gelegenheit zur Äußerung geben.

§ 7

(1) Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen erstattet alle zwei Jahre ein Gutachten und leitet es der Bundesregierung jeweils bis zum 1. Februar zu. Das Gutachten wird vom Rat von Sachverständigen für Umweltfragen veröffentlicht.

(2) Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen kann zu Einzelfragen zusätzliche Gutachten erstatten oder Stellungnahmen abgeben. Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit kann den Rat von Sachverständigen für Umweltfragen mit der Erstattung weiterer Gutachten oder Stellungnahmen beauftragen. Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen leitet Gutachten oder Stellungnahmen nach Satz 1 und 2 dem Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zu.

§ 8

(1) Die Mitglieder des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen werden vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit nach Zustimmung des Bundeskabinetts für die Dauer von vier Jahren berufen. Wiederberufung ist möglich.

(2) Die Mitglieder können jederzeit schriftlich dem Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gegenüber ihr Ausscheiden aus dem Rat erklären.

(3) Scheidet ein Mitglied vorzeitig aus, so wird ein neues Mitglied für die Dauer der Amtszeit des ausgeschiedenen Mitglieds berufen; Wiederberufung ist möglich.

§ 9

(1) Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen wählt in geheimer Wahl aus seiner Mitte einen

Vorsitzenden für die Dauer von vier Jahren. Wiederwahl ist möglich.

(2) Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen gibt sich eine Geschäftsordnung. Sie bedarf der Genehmigung des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

(3) Vertritt eine Minderheit bei der Abfassung der Gutachten zu einzelnen Fragen eine abweichende Auffassung, so hat sie die Möglichkeit, diese in den Gutachten zum Ausdruck zu bringen.

§ 10

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen wird bei der Durchführung seiner Arbeit von einer Geschäftsstelle unterstützt.

§ 11

Die Mitglieder des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen und die Angehörigen der Geschäftsstelle sind zur Verschwiegenheit über die Beratung und die vom Sachverständigenrat als vertraulich bezeichneten Beratungsunterlagen verpflichtet. Die Pflicht zur Verschwiegenheit bezieht sich auch auf Informationen, die dem Sachverständigenrat gegeben und als vertraulich bezeichnet werden.

§ 12

(1) Die Mitglieder des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen erhalten eine pauschale Entschädigung sowie Ersatz ihrer Reisekosten. Diese werden vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Einvernehmen mit dem Bundesminister des Innern und dem Bundesminister der Finanzen festgesetzt.

(2) Die Kosten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen trägt der Bund.

§ 13

Der Erlaß über die Einrichtung eines Rates von Sachverständigen für Umweltfragen bei dem Bundesminister des Innern vom 28. Dezember 1971 (GMBl 1972, Nr. 3, S. 27) wird hiermit aufgehoben.

Bonn, den 10. August 1990

Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Dr. Klaus Töpfer

Literaturverzeichnis

Kapitel 1

ALBERT, R. E. (1994): Carcinogen risk assessment in the U.S. environmental protection agency. – Critical Reviews in Toxicology, 24 (1), 75–85.

ARGE Bauartzulassungen (1993): Möglichkeiten und Grenzen einer umweltrechtlichen Zulassung von Bodenbehandlungsanlagen (Sanierungsanlagen) bzw. deren Teilen beim Mehrfacheinsatz ein und derselben Anlage an verschiedenen Standorten in verschiedenen Ländern der BRD. Vorläufiger Schlußbericht – Forschungs- und Entwicklungs-Vorhaben Nr. 103 60 501 im Auftrag des Umweltbundesamtes.

ARGEBAU (1991): Fachkommission Städtebau der Arbeitsgemeinschaft der für das Wohnungs- und Siedlungswesen zuständigen Minister der Länder Mustererlaß: „Berücksichtigung von Flächen mit Altlasten bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren" – unveröffentl.

BARSCH, H., SCHWARZKOPF, U., SÖLLNER, R. (1993): Altlastenverdachtsflächen neben naturnahen Biotopen. – Geographische Rundschau 45 (6), 353–359.

BERG, R. van den (1991): Blootstelling van de mens aan bodemverontreiniging. Een kwalitatieve en kwantitatieve analyse, leidend tot voorstellen voor humaantoxicologische C-toetsingswaarden. – RIVM-rapportnr. 725201006. – RIVM, Bilthoven.

BERG, R. van den, ROELS, J. M. (1991): Beurteilung der Gefährdung des Menschen und der Umwelt durch Exposition gegenüber Bodenverunreinigungen. – Integration der Teilaspekte. – RIVM-Bericht Nr. 725201007. – RIVM, Bilthoven.

BICKEL, Ch. (1991): Hessisches Abfall- und Altlastengesetz. Kommentar. – Wiesbaden: Selbstverl.

BMFT (1994): Forschung für die Umwelt. – Bonn. – S. 119 f.

BMU (1994a): Bewertungsmodell für Altlasten in der Erprobung. Gefährdungsabschätzung von Altlastenverdachtsflächen mit dem UMS-Modell. – Umwelt (BMU) – (7–8), 278.

BMU (1994b): Ökologischer Aufbau – Altlastensanierung. – Eine Information des Bundesumweltministeriums (Hrsg.). – Bonn. – S. 34.

BÖHM, M. (1994): Rechtliche Probleme der Grenzwertfindung im Umweltrecht. – Umwelt- und Planungsrecht 14 (4), 132–138.

BRACKE, R., BENSON, L., DOETSCH, P., KÖTTER, L. (1994): Systematik zur Prioritätenermittlung bei der Sanierung von Altlasten – PRISAL. – In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1994. – Berlin: FGU. – S. 185–203.

BRACKE, R., DRESCHMANN, P., NEUENHOFER, B., KÖTTER, L. (1992): Entwicklung einer Systematik zur Kostenermittlung bei der Altlastensanierung – KOSAL – Abschlußbericht, erstellt von Arbeitsgemeinschaft focon Ingenieursgesellschaft mbH und TÜV Rheinland. – Aachen. – 150 S.

BRÜGGEMANN, T. (1992): Altlastenproblematik in Hessen. – Manuskript des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten. – Wiesbaden.

BÜCKMANN, W. (1992): Bodenschutzrecht. – Köln u. a.: C. Heymanns.

BUNDT, J., STEINHART, H. (1993): Analytische Verfahren zur Bestimmung der Gehalte an Kohlenwasserstoffen und PAK in kontaminierten Böden. – In: STEGMANN, R. (Hrsg.): Bodenreinigung. Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung . . . – Bonn: Economica. – Hamburger Berichte, Bd. 6. – S. 39–49.

CALMANO, W. (1990a): Schwermetalle in kontaminierten Feststoffen: An der Quelle ansetzen. – Teil I. – Entsorga-Magazin 9 (5), 18–26.

CALMANO, W. (1990b): Schwermetalle in kontaminierten Feststoffen: An der Quelle ansetzen. – Teil II. – Entsorga-Magazin 9 (6), 22–27.

CALMANO, W., FÖRSTNER, U. (1993): Grundlagen der Erfassung, Bewertung und Sanierung schwermetallbelasteter Standorte. – In: STEGMANN, R. (Hrsg.): Bodenreinigung. Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung . . . – Bonn: Economica. – Hamburger Berichte, Bd. 6. – S. 187–224.

CARLISLE, J. C., WADE, M. J. (1992): Predicting blood lead concentrations from environmental concentrations. – Regulatory Toxicology and Pharmacology, 16, 280–289.

CLAUS, F., BLOSER, M., HAMM, Ch., HELLMICH, A. (1993): Vorgehensweise bei der Bewältigung des Altlastenproblems in der Bundesrepublik Deutschland. Ausweitung und synoptische Darstellung existierender Altlastenregelungen im Hinblick auf Defizite und Vorzüge. – Im Auftrag von BMU/UBA. – Dortmund: Institut Kommunikation & Umweltplanung (iku). – Manuskript, Februar 1993.

CROCOLL, R. (1993): Die Sanierungsvorplanung am Beispiel des Modellstandortes Mühlacker. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Das Modellstandortprogramm des Landes Baden-Württemberg. – Karlsruhe: LfU. – Materialien zur Altlastenbearbeitung, Bd. 12. – S. 223–254.

DEBUS, R., HERRCHEN, M. (1993): Ökotoxikologische Wirkungsschwellen für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten: Bestimmung von bodenbiologischen Orientierungswerten und aquatischen Ableitungswerten. – Teil A und B. – Abschlußbericht, UFO-Plan Nr. 103 40 110. – Schmallenberg: Fraunhofer-Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie.

Deutscher Rat für Landespflege (1993): Truppenübungsplätze und Naturschutz. – Bonn: Selbstverlag. – Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege, H. 62, S. 5–12.

DIHT (Deutscher Industrie- und Handelstag) (1993): Altlastensanierung und ihre Finanzierung in den Bundesländern – Eine Zwischenbilanz. – Bonn: Mai 1993.

DOETSCH, P., SIMMLEIT, N., HEMPFLING, R., MATHEWS, T., STUBENRAUCH, S., KOSCHMIEDER, H.-J. (1994): Expositionsabschätzung und -beurteilung von Altlast-Verdachtsflächen mit dem UMS-Verfahren. – In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1994. – Berlin: FGU. – S. 161–177.

DÖRHÖFER, G. (1992): Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung von Altlasten. – Terra Tech, 1 (1), 20–23.

DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) (1991): Sanierungsverfahren für Grundwasserschadensfälle und Altlasten – Anwendbarkeit und Beurteilung. – Hamburg: Parey. – Schriftenreihe des DVWK, H. 98, 228 S.

EBERLE, I. (1989): Der Begriff Altlasten: Genese, Eingrenzung und Anwendungspraxis in den Bundesländern. – Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 2 (1), 15–24.

EIKMANN, Th. (1993): Umweltmedizinisch-humantoxikologische Beurteilung der neuen, vorgeschlagenen C-Prüfwerte für Boden der „Hollandliste". – Altlastenspektrum, 1993 (1), 31–38.

EIKMANN, Th., KLOKE, A. (1993): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-)Stoffe in Böden – Eikmann-Kloke-Werte. – In: ROSENKRANZ, D. et al. (Hrsg.): Bodenschutz. S. 1–26. – Losebl.-Ausg. – Berlin: E. Schmidt 1988.

EMBERGER, J. (1994): Siedlungsabfallwirtschaft in den neuen Bundesländern. – Umwelt 24 (1/2), 30–31.

EPA (Environmetal Protection Agency) (1989): Exposure Factors Handbook. – Office of Health and Environmental Assessment. – EPA/600/8-89/043.

EWERS, U., FREIER, I., KRÄMER, U., JERMANN, E., BROCKHAUS, A. (1988): Schwermetalle im Staubniederschlag und Boden und ihre Bedeutung für die Schwermetallbelastung von Kindern. – Staub, Reinhaltung der Luft, 48, 27–33.

EWERS, U., KRAMER, M., KRÖTING, H. (1993a): Diagnostik der inneren Exposition (Human-Biomonitoring). – In: WICHMANN, H.-E., SCHLIPKÖTER, H.-W., FÜLGRAFF, G. (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin. – Landsberg: ecomed – III-2.1, 1–19.

EWERS, U., VIERECK, L., HERGET, J. (1993b): Bestandsaufnahme der vorliegenden Richtwerte zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen und synoptische Darstellung der diesen Werten zugrundeliegenden Ableitungskriterien und -modelle. – Bericht erstellt im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin. – Gelsenkirchen, September 1993. – Berlin.

FEHLAU, K.-P. (1993): Altlasten – Ansprüche und Wirklichkeit. In: DOHMANN (Hrsg.): Wasser- und Bodenschutz – Anspruch und Wirklichkeit. 25. Essener Tagung vom 1.4.–3.4.1992 in Essen. – Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der Rheinisch-Westfälischen-Technischen Hochschule. – Aachen, 1993, – S. 633–645.

FICHTNER, Beratende Ingenieure GmbH (1993): Ermittlung von verunreinigtem Boden und Abfall aus der Altlastensanierung nach Art, Menge und Anfallraum für den Zeitraum 1987–1991. – Hrsg. von Abfallentsorgungs- und Altlastensanierungsverband Nordrhein-Westfalen. – Bochum: Fichtner. – 92 S.

FISCHER, J., LUDESCHER, S., STOLZENBURG, M., WIGGERING, H. (1993): Folgenutzung einer teilsanierten Altlast. – Die Geowissenschaften, 11 (1), 17–30.

FOHRMANN, G. (1992): Die fachübergreifende Verbundbegleitung. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Erkundung und Sanierung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. 69–77.

FRÄNZLE, O., JENSEN-HUSS, K., DASCHKEIT, A. et al. (1993): Grundlagen zur Bewertung der Belastung und Belastbarkeit von Böden als Teilen von Ökosystemen. – Berlin: Selbstverl.- UBA-Texte 59/93.

FRANZIUS, V. (1991): Altlasten – Einführung und Überblick über Begriffsbestimmungen, Erfassung, Sanierungstechniken und Kosten. – In: Norddeutsches Altlastensanierungszentrum – NORDAC (Hrsg.): Errichtung und Betrieb eines Bodenrecyclingzentrums. – Bonn: Economica – Praxis der Altlastensanierung, Bd. 2, S. 1–21.

FRANZIUS, V., FREIER, K. (1994): Podiumsdiskussion Sanierungsziele. – In: FRANZIUS, V. (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1994. – Berlin: E. Schmidt. – Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Bd. 71–238 S. (in Vorbereitung).

FRANZIUS, V., REPPE, S., STARKE, W. (1993): Vorgehensweise bei der Einleitung von Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr. – In: BMU (Hrsg.): Internationaler Workshop „Militärische Altlasten", 20.–22. September 1993 in Berlin. – Bonn: BMU – S. 47–49.

FÜRST, D. (1986): Ökologisch orientierte Raumplanung – Schlagwort oder Konzept? – Landschaft und Stadt 18 (4), 145–152.

GEHRKE, D. (1994): Ökonomische und ökologische Bewertungsverfahren für Sanierungsvarianten. – In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1994. – Berlin: FGU – S. 227–266.

GIESECKE, P., WIEDEMANN, W., CZYCHOWSKI, M. (1992): Wasserhaushaltsgesetz. – 6. Aufl. – München: C. H. Beck.

GÖTZ, V. (1985): Allgemeines Polizei- und Ordnungsrecht. – 8. Aufl. – Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

GÖTZ, V. (1994): Die Entwicklung des allgemeinen Polizei- und Ordnungsrechts (1990–1993). – Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht 13 (7), 652–661.

GÜTTLER, U., SCHMID, H.-P. (1994): Sanierung stillgelegter Zechen. – Umwelt/VDI 24 (4), 162–165.

GUNKEL, J., AHLF, W. (1990): Einsatz von Biotests zur Untersuchung von Ölkontaminationen im Boden. – Hamburg.

HAHN, Th. (1993): Bodenschutz – Erforderlichkeit, Möglichkeiten und Grenzen rechtsnormativer Regelungen zur Bodensanierung. – Lorenz-von-Stein-Institut für Verwaltungswissenschaften an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (Hrsg.). – Arbeitspapiere Nr. 34.

HANSMEYER, K.-H., EWRINGMANN, D., GAWEL. E. (1994): Finanzierungsfragen unter Einbeziehung der Abfallabgabe. – Zeitschrift für angewandte Umweltforschung – Sonderheft 5: Altlastensanierung. – Berlin: Analytica. – S. 37–49.

HASSAUER, M., KALBERLAH, F., OLTMANNS, J., SCHNEIDER, K. (1993): Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten. – Berlin: E. Schmidt. – UBA-Berichte 8/93.

HEIERMANN, R. (1992): Der Schutz des Bodens vor Schadstoffeintrag. – Berlin: Duncker & Humblot.

HETTLER, A., NOE, K. (1993): Konzeptionelle Vorgehensweise bei der Sanierungsplanung oder: Wie kommt man zu einer fundierten Sanierungsentscheidung? – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Das Modellstandortprogramm des Landes Baden-Württemberg. – Karlsruhe: LfU. – Materialien zur Altlastenbearbeitung, Bd. 12. – S. 199–222.

HIM-ASG (Hessische Industriemüll GmbH, Bereich Altlastensanierung) (1993): Jahresbericht 1992. – Wiesbaden: HIM. – S. 14 f.

HOAI (1991): Honorarordnung für Architekten und Ingenieure in der ab 1. Januar 1991 gültigen Fassung. – Architektenkammer Hessen (Hrsg.). – Wiesbaden. – 108 S.

HOFFMANN, B. (1992): Praktische Ansätze zur Bewertung kontaminationsverdächtiger Standorte. – In: SELKE, W., HOFFMANN, B. (Hrsg.): Kommunales Altlastenmanagement. – Bonn: Economica. – S. 107.

HOFMANN-HOEPPEL, J. (1994): Zulassungsverfahren und Anforderungen an Abfallentsorgungsanlagen nach dem Investitionserleichterungs- und Wohnbaulandgesetz. – Abfallwirtschaftsjournal 6 (3), 148-149.

HOLLERBACH, A., RIPPER, P., RIPPEN, G., FRIEDRICH, L. (1993): Kritische Anmerkungen zur Beurteilung des Kohlenwasserstoffgehalts in Böden mittels DIN 38409 H17 und H18. – In: KREYSA, G., WIESNER, J. (Hrsg.): Bewertung und Sanierung mineralöl-kontaminierter Böden: Resumée und Beiträge des 10. DECHEMA-Fachgesprächs. – Frankfurt a. M.: DECHEMA. – S. 566–573.

HOLTMEIER, E.L. (1988): Nordrhein-Westfalen – Modell Sonderabfallentsorgung und Altlastensanierung. – Vortrag in der Sitzung des Wasserbeirats am 04.03.1988 in Hattingen. – Manuskript.

HOPPE, C., HEINRICH, B. (1995): Modell zur Abschätzung der Gefährdung durch militärische und Rüstungsaltlastflächen (MAGMA). – Altlastenspektrum, Heft 1. – S. 24–30.

HÖSEL, G., v. LERSNER, H. (1993): Recht der Abfallbeseitigung. – Stand September 1993 – Berlin: E. Schmidt.-Losebl.-Ausg.- Bd. 1.

HÜBLER, K.-H., SCHABLITZKI, G. (1991): Volkswirtschaftliche Verluste durch Bodenbelastung in der Bundesrepublik Deutschland. – Berlin: E. Schmidt. – UBA-Berichte 10/91, S. 154–160.

Institut für Umweltschutz (1991): Institut für Umweltschutz der Universität Dortmund: Verzögerungsfaktoren bei Planfeststellungs- und Genehmigungsverfahren von Bodenbehandlungsanlagen. Ergebnisse einer Untersuchung und Entwicklung von Handlungsvorschlägen, 3. Zwischenbericht (unveröffentl.).

IABG (Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH) (1992): Modell zur Erstbewertung von militärischen und Rüstungs-Altlastenverdachtsflächen: MEMURA. – 2. Ausgabe v. April 1992.

JARASS, H. D. (1987): Der rechtliche Stellenwert technischer und wissenschaftlicher Standards. – Neue Juristische Wochenschrift 40 (21), 1225–1231.

JESSBERGER, H. L. (Hrsg.) (1993): Sicherung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. IXXII.

JESSBERGER, H. L., NETELER, Th. (1992a): Eine Bewertungsmethodik als Entscheidungsgrundlage zur Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren. – In: GOSSOW, V. (Hrsg.): Altlastensanierung. – Wiesbaden: Bauverlag. – S. 39–56.

JESSBERGER, H. L., NETELER, Th. (1992b): Entwicklung und Beurteilung von Sanierungskonzepten für Altstandorte und Altablagerungen. – Abschlußbericht (Entwurf) zum Forschungsvorhaben des Landesamtes für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen. – Bochum: Ruhr-Universität. – Band 2: Leitfaden zur Bewertung und Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren (BAGS). (In Vorbereitung als Leitfaden zur Bewertung und Auswahl von Sanierungsverfahren für Altlasten (BESAL) für die Sanierungspraxis in Nordrhein-Westfalen).

JÖRISSEN, J., SOCHER, M., MEYER, R. (1993): TA-Projekt „Grundwasserschutz und Wasserversorgung". Teilbericht „Grundwassersanierung". – Bonn: Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag – TAB-Arbeitsbericht Nr. 17, Teilbericht IV. – 121 S.

KERNDORFF, H., SCHLEYER, R., DIETER, H. (1993): Bewertung der Grundwassergefährdung von Altablagerungen: Standardisierte Methoden und Maßstäbe. – Berlin: Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes. – WaBoLu-Hefte 1/1993.

KIEPE, F. (1993): Bodenbelastung und Flächennutzung – Erfahrungsbericht über die Auswirkungen der Rechtsprechung des BGH auf die Bauleitplanung. – In: KOMPA, R., FEHLAU, K.P. (Hrsg.): Altlasten und kontaminierte Böden '92. – Köln: Verlag TÜV Rheinland. – S. 135–151.

KINNER, U. H., KÖTTER, L., NICLAUSS, M. (1986): Branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen – ein erster Schritt zur Gefährdungsabschätzung für ehemalige Betriebsgelände. – Berlin: Selbstverl. – UBA-Texte 31/86.

KINZELBACH, W. (1991): Einsatz von Grundwassermodellen bei der Planung und Überwachung von Sanierungsmaßnahmen. – In: ROUVÉ, G. (Hrsg.): „Schadstofftransport in Grund- und Oberflächengewässern". – Aachen: (RWTH) – Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft. – S. 105–131.

KINZELBACH, W. (1992): Probleme und Konsequenzen von Grundwassersanierungsverfahren hinsichtlich der Trinkwasserversorgung. – Eine kritische Stellungnahme. – Im Auftrag des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag – Bonn. – unveröffentl.

KINZELBACH, W., SCHAEFER, W., HERZER, J. (1992a): Modellierung des großräumigen Schadstofftransports unter Berücksichtigung von Adsorption und chemischen Reaktionen. – DFG-Forschungsbericht: Schadstoffe im Grundwasser (1), S. 135–184.

KINZELBACH, W., van der PLOEG, R., ROHMANN, U., ROEDELSPERGER, M. (1992b): Modellierung des regionalen Transports von Nitrat: Fallbeispiel Bruchsal-Karlsdorf. – DFG-Forschungsbericht: Schadstoffe im Grundwasser (1), S. 413–470.

KOHLER-GEHRIG, E. (1992): Der gesamtschuldnerische Innenausgleich zwischen Zustands- und Verhaltensstörer im Polizei- und Ordnungsrecht. – Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht 11 (11), 1049–1052.

KRACHT, H. (1993): Die immissionsschutzrechtliche Genehmigungsbedürftigkeit ortsfester Abfallentsorgungsanlagen. – Umwelt- und Planungsrecht 13 (10), 369–378.

KRAUTZBERGER, M. (1990): Altlasten – Rechts- und Finanzierungsfragen. – Wirtschaft und Verwaltung 1990 (3), 180–199.

KÜHNEL, G. (1992): Rahmenbedingungen und Strategien der Altlastensanierung in Deutschland. – Altlastenspektrum, H. 1, 5–12.

KÜHNEL, G., HOLZWARTH, F., DELMHORST, B. (1992): Altlasten – Aktivitäten und Akzente des Bundes. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Erkundung und Sanierung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema, S. 145–155.

LABO (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz), LAGA (Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall), LAWA (Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) (1993): Gemeinsame Bewertungsgrundsätze zu vorhandenen Bodenverunreinigungen/Altlasten. – Arbeitspapier, Mai 1993.

LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) (1990): LAGA-Informationsschrift Altablagerungen und Altlasten. – In: HÖSEL, G. et al. (Hrsg.): Müll-Handbuch. – Bd. 3, Kennz. 4470. – 176 S.

LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) (1994): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen: Technische Regeln (Stand: 7. September 1994). – Manuskript (im Druck). – 90 S.

LAI (Länderausschuß für Immissionsschutz) (1992): Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen. Entwicklung von „Beurteilungsmaßstäben für kanzerogene Luftverunreinigungen" im Auftrag der Umweltministerkonferenz. – Düsseldorf: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen.

LASSL, M. (1992): Grundsätzliche Entwicklung von Sanierungskonzepten. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Erkundung und Sanierung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. 167–180.

LASSL, M., BEINE R. A., HOFFMANN, B., EGENOLF, B., GRIESELER, G., KRAKAU, U., OVERMANN, L. (1993): Bewertung und Auswahl von Sanierungsverfahren unter Berücksichtigung kommunaler Rahmenbedingungen. – Altlastenspektrum 2 (4), 199–206.

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1994): Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden – Stuttgart: Umweltministerium.

LILIE, R. H. (1993): Nutzungsorientierte Eingreif- und Sanierungszielwerte bei mineralölkontaminierten Böden. – In: KREYSA, G., WIESNER, J. (Hrsg.): Bewertung und Sanierung mineralöl-kontaminierter Böden. – Frankfurt a.M.: DECHEMA. – 10. DECHEMA-Fachgespräch Umweltschutz. – S. 218–222.

LINDEMANN, M. (1991): Darstellung der Gesamtsituation der Altlastenproblematik für das Gebiet der ehemaligen DDR. – Müll und Abfall 23 (3), 148–154.

LÖLF NRW (1988): Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Mindestuntersuchungsprogramm Kulturboden zur Gefährdungsabschätzung von Altablagerungen und Altstandorten im

Hinblick auf eine landwirtschaftliche und gärtnerische Nutzung. – Recklinghausen.

MAHRO, B., KÄSTNER, M., BREUER-JAMMALI, M., SCHAEFER, G., KASCHE, V. (1993): Untersuchungen zum Verbleib von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in kontaminierten Böden nach Zugabe von Abbau-aktiven Mikroorganismen. – In: STEGMANN, R. (Hrsg.): Bodenreinigung. Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung . . . – Bonn: Economica. – Hamburger Berichte, Bd. 6. – S. 75–95.

MATZ, G. (1993): Erfahrungen, Grenzen und Ausblicke der schnellen Vor-Ort-Analytik von organischen Schadstoffen. – In: STEGMANN, R. (Hrsg.): Bodenreinigung. Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung . . . – Bonn: Economica. – Hamburger Berichte, Bd. 6 – S. 27–37.

McCLELLAN, R. O. (1994): An annotated review of the NAS/NRC report: Science and judgement in risk assessment. – CIIT (Chemical Industry Institute of Toxicology) Activities 14 (4), 1–12.

Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (1993): Rechenschaftsbericht Grundstücksfonds – Ausgabe 1993.

MÜLLER, G., zu HOHENLOHE, A: (1992): Zur Situation der Altlastenerfassung und -behandlung in den neuen Bundesländern. – Korrespondenz Abwasser 39 (10), 1484–1490.

Niedersächsisches Umweltministerium (Hrsg.) (1993): Altlastenprogramm des Landes Niedersachsen – Altablagerungen. – Altlastenhandbuch, Teil I, Kapitel 1.1, Anlage 1.

NRC (National Research Council) (1994): Science and Judgement in Risk Assessment. – Washington, DC: Nat. Acad. Pr.

OBERMANN, P., CREMER, S. (1992): Mobilisierung von Schwermetallen in Porenwässern von belasteten Böden und Deponien: Entwicklung eines aussagekräftigen Elutionsverfahrens. – In: Landesamt für Wasser und Abfall (Hrsg.): Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten, Bd. 6 – Düsseldorf.

ODENSASS, M. (1994): Grundlegende Aspekte zur Sanierungsuntersuchung/Sanierung. – Vortrag auf der „Planübung Altlasten" im Zentrum für Aus- und Weiterbildung in der Wasser- und Abfallwirtschaft (Essen), Mai 1994. – Manuskript. – 23 S.

OTT, W. (1994): Der Entwurf der Bundesregierung für ein Bodenschutzgesetz. – Zeitschrift für Umweltrecht 5 (2), 53–62.

PAPIER, H.-J. (1994): Empfehlen sich ergänzende gesetzliche oder untergesetzliche Regelungen der Altlasten, und welchen Inhalt sollten sie haben? – Juristenzeitung, H. 17, 810–822.

PENNERSTORFER, Ch., SLAVICA, B., BAUER, E., BRAUN, R. (1992): Extraction with Supercritical CO2 – A Useful Help in Extraction of „Old" Organic Contaminations out of Soil. – In: Soil Decontamination Using Biological Processes (Preprints). – Frankfurt a. M.: DECHEMA. – S. 827–834.

PIETSCH, J., SCHWARZ, J. (1992): Ein hohes Maß an Kooperation ist notwendig. – Entsorga-Magazin, 11 (11), 22–26.

POLISSAR, L., LOWRY-COBLE, K., KALMAN, D. A. et al. (1990): Pathways of human exposure to arsenic in a communitiy surrounding a copper smelter. – Environmental Research, 53 (1), 29–47.

RAHNER, Th. (1993): Investitionserleichterung durch Deregulierung des Abfall- und Immissionsschutzrechts? Von der schleichenden Unterminierung des Umweltrechts durch den Gesetzgeber. – Zeitschrift für Umweltrecht 4 (5), 200–203.

REIDT, O. (1993): Nochmals: Rechtsfragen der Genehmigung mobiler Bodenreinigungsanlagen. – Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht 12 (9), 861–862.

REISS-SCHMIDT, S. (1988): Altlastenprobleme aus der Sicht des Stadtplaners. – In: KOMPA, R., FEHLAU, K.-P. (Hrsg.): Altlasten und kontaminierte Standorte. – Köln: Verlag TÜV Rheinland. – S. 305–328.

RICHNOW, H. H., SEIFERT, R., MICHAELIS, W. (1993): Der Einfluß der Huminstoffe auf die biologische Bodenreinigung – Assoziation organischer Schadstoffe aus Mineralölkontaminationen. – In: STEGMANN, R. (Hrsg.): Bodenreinigung. Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung . . . – Bonn: Economica. – Hamburger Berichte, Bd. 6. – S. 51–61.

ROSENKRANZ, D. et al. (Hrsg.) (1994): Bodenschutz. – Stand Januar 1994 – Berlin: E. Schmidt.- Losebl.-Ausg., Bd. 2.

RUCK, Ch. (1994): Gesetze auf dem Vormarsch. Rechtliche Rahmenbedingungen für die Altlastensanierung ändern sich. – Umweltmagazin 23 (3), 110–113.

SALADIN, P. (1989): Probleme des langfristigen Umweltschutzes. – Kritische Vierteljahresschrift für Gesetzgebung und Rechtswissenschaft, H. 1, 27–55.

SALZWEDEL, J. (1991): Betreiberpflichten im Zusammenhang mit einer Anlagenstillegung. – In: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Neuere Entwicklungen im Immissionsschutzrecht, Tagungsband [der] Umweltrechtstage 1991 am 7. und 8. März 1991 in Düsseldorf. – Düsseldorf: Selbstverlag. – S. 55–71.

SCHAAR, H. (1992): Systematische Auswahl und Kostenabschätzung von Sanierungsverfahren (SAS). – EP Entsorgungs-Praxis 10 (12), 843-845.

Schleswig-Holsteinischer Landtag (1991): „Altlastenbericht 1991 für Schleswig Holstein". Drucksache 12/1341. – Kiel: Schmidt und Klannig. – S. 102, Anhang Ac und Ag.

SCHMIDT, A., DELSCHEN, T. (1993): Übertragbare Erfahrungen bei der Lösung von Altlastenproblemen, insbesondere unter Berücksichtigung plane-

rischer Gesichtspunkte in Nordrhein-Westfalen. – In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Aspekte einer raum- und umweltverträglichen Abfallentsorgung. Teil 1. – Hannover: Selbstverlag – Forschungs- und Sitzungsberichte Nr. 195 – S. 241–304.

SCHMIDT-JORTZIG, E. (1991): Aktuelle Aspekte der kommunalen Haftung für Altlasten – Unter besonderer Berücksichtigung der Lage in den neuen Bundesländern –. – Die öffentliche Verwaltung 44 (18), 753–762.

SCHRADER, C. (1989): Altlasten und Grenzwerte. – Natur und Recht 11 (7), 288–295.

SCHRÖTER, F. (1991): Altlastenproblematik im Rahmen der Bauleitplanung. Kennzeichnung von Altlasten in Bauleitplänen. – Raumforschung und Raumordnung 1991 (4), 218–225.

SCHÜRMANN, G., SCHÄDLICH, G., KÜHNE, R. (1994): Ökotoxikologische Risikoanalyse der Cadmium-Belastung im Ackerboden der Industrieregion Leipzig-Halle. – Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung 6 (1), 3–4.

SCHULZ-TERFLOTH, G., LÜHR, H.-P. (1994): Bewertungsmodell zur Gefährdungsabschätzung von Rüstungsaltlastenverdachtsflächen. – Altlastenspektrum 3 (1), 16–25.

SEEGER, K.-J. (1994): Den Teufel mit dem Belzebub austreiben? – UVP-report, H. 2, 110–112.

SIMMLEIT, N., ERNST, S. (Hrsg.) (1994): Handbuch Kommunales Altlastenmanagement – Ein praktischer Leitfaden. – Forschungsbericht 10302122. – Berlin: E. Schmidt. – UBA-Berichte 3/94. – 686 S.

SONDERMANN, W. D., STEINER, N. (1993): Neue gesetzliche Regelung für die Genehmigung von Bodenbehandlungsanlagen. – Altlastenspektrum 2 (3), 1–4.

SORGE, H., GÖTZELMANN, P., NALLINGER, M. (1994): Passives Adsorptionsverfahren zur Erkundung organischer Kontaminationen. – Terra-Tech 3 (4), 26–28.

SRU (1985): Umweltprobleme der Landwirtschaft 1985. – Stuttgart: Kohlhammer. – 423 S.

SRU (1987): Umweltgutachten 1987. – Stuttgart: Kohlhammer. – 674 S.

SRU (1989): Altlasten. – Stuttgart: Metzler-Poeschel. – 304 S.

SRU (1990): Abfallwirtschaft. – Stuttgart: Metzler-Poeschel. – 718 S.

SRU (1993): Stellungnahme zum Entwurf des Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG). – Wiesbaden.

SRU (1994): Umweltgutachten 1994 – Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. – Stuttgart: Metzler-Poeschel. – 380 S.

STANGL, J. (1993): Amtshaftung bei der Bauleitplanung auf Altlasten – BGHZ 106, 323; 108, 224; 109, 380 – Juristische Schulung 1993 (4), 280–283.

STICH, R. (1990): Wiedernutzung brachliegender Gewerbe-, Industrie- und Verkehrsflächen. – Wirtschaft und Verwaltung 1990 (3), 163-179.

STRAALEN, N. M. van (1993): Offene Probleme bei der Ableitung von Bodenqualitätskriterien aus Experimenten zur Ökotoxizität. – In: ARENDT, G. et al.: Altlastensanierung '93. – Dordrecht: Kluwer Acad. Publ. – S. 305–317.

STRAATEN, L. van (1992): Qualitätssicherung bei der Beprobung von Grundwassermeßstellen: meßtechnische und logistische Maßnahmen. – bbr (Brunnenbau, Bau von Wasserwerken, Rohrleitungsbau) 43 (8), 325–328.

TETTINGER, P. J., MANN, Th. (1994): Industrieflächenrecycling und Altlastensanierung. – Zeitschrift für angewandte Umweltforschung. Sonderheft 5: Altlastensanierung. – Berlin: Analytica. – S. 63–70.

UBA (Hrsg.) (1994): Daten zur Umwelt 1992/93. – Berlin: E. Schmidt, S. 210.

Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (1992): Umweltdaten 91/92. – S. A II 24–30.

VOB (Verdingungsordnung für Bauleistungen) (1992): – DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) – Ausg. 1992. – Berlin: Beuth. – 736 S.

VROM (The Netherlands Ministry of Public Housing, Physical Planning and the Environment) (1994): Interventiewaarden bodemsanering. – Staatscourant 95 vom Dienstag, dem 24. Mai 1994, S. 6–8.

WARRELMANN, V. (1993): Anwendung der HOAI bei der Abwicklung von Planungsleistungen der Altlastensanierung. – Vortrag im Rahmen der Fachveranstaltung „Bau- und Ingenieurverträge im Zusammenhang der Vorerkundung, Sicherung und Sanierung von Altlasten" im Haus der Technik, Essen, am 02.12.1993. – Manuskript.

WEIDEN, S. von der (1994): Eine Illusion wird saniert – VDI nachrichten Nr. 25 v. 24. Juni 1994, S. 17.

WICHERT, H.-W. (1993): Sanierungsverfahren bei mineralölverunreinigten Böden. – In: KREYSA, G., WIESNER, J. (Hrsg.): Bewertung und Sanierung mineralöl-kontaminierter Böden: Resumée und Beiträge des 10. DECHEMA-Fachgesprächs. – Frankfurt a.M.: DECHEMA. – S. 258–272.

WICHMANN, H.-E., IHME, W. (1992): Quantitative Abschätzung von Risiken durch chemische Noxen. – In: WICHMANN, H.-E., SCHLIPKÖTER, H.-W., FÜLGRAFF, G. (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin. – Landsberg: ecomed – III-1.5.1, S. 1–9.

WIEGANDT, C.-C. (1989): Altlasten und Stadtentwicklung. – Basel u. a.: Birkhäuser Verlag. – Stadtforschung aktuell, Bd. 25. – 312 S.

WIGGERING, H. (1994): Flächenrecycling – quo vadis? – In: GENSKE, D., NOLL, H.-P. (Hrsg.):

Brachflächenrecycling. – Berlin: Ernst und Sohn (im Druck).

WITTMANN, L. (1994): Umweltschutz im Tiefbau – VOB-gerecht ausschreiben. – bbr (Brunnenbau, Bau von Wasserwerken, Rohrleitungsbau) G 5 (5). 24–31.

ZEIEN, H., BRÜMMER, G. W. (1991): Chemische Extraktionen zur Bestimmung der Bindungsformen von Schwermetallen in Böden. – In: Auswirkungen von Siedlungsabfällen auf Böden, Bodenorganismen und Pflanzen (FKZ 0339059). – Jülich: Forschungszentrum. – Berichte aus der Ökologischen Forschung, Bd. 6, S. 62–91.

ZIEGELER, H.-J., KÖTTER, L. (1984): Kontaminierte Standorte als ein Problem der Raumplanung im Ruhrgebiet. – In: THOMÉ-KOZMIENSKY, K.-J. (Hrsg.): Recycling International. – Berlin: EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik. – S. 1081–1086.

Kapitel 2

Arbeitsgemeinschaft TÜV Bayern – L.U.B. Lurgi-Umwelt-Beteiligungsgesellschaft (1991): Umweltsanierung des Großraumes Mansfeld. – Abschlußbericht: Textband Teil 1–3, Anlagenband Teil 1–3. – Kurzfassung, S. 6. – Bonn: BMU.

Arbeitsgemeinschaft TÜV Bayern – L.U.B. Lurgi-Umwelt-Beteiligungsgesellschaft (1991): Umweltsanierung des Großraumes Mansfeld. – Abschlußbericht: Textband Teil 3, S. 1336. – Bonn: BMU.

BMU (1990): Eckwerte der ökologischen Sanierung und Entwicklung in den neuen Ländern. – Bonn.

BMU (1991): Hinweise zur Auslegung der sog. „Freistellungsklausel für Altlasten" im Einigungsvertrag. – Umwelt, H. 10, 430–433.

BMU (1993): Verwaltungsabkommen zur Finanzierung der ökologischen Altlasten in den neuen Bundesländern. – Umwelt, H. 5, 179–180.

BMU (Hrsg.) (1994): Ökologischer Aufbau. – Altlastensanierung. – Bonn. – S. 26.

BONNENBERG, H. (1992a): Unstimmigkeiten über Altlastenfinanzierung. – Interview – Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 15. 7. 1992, S. 12.

BONNENBERG, H. (1992b): Hindernisse überwunden. Interview mit Dr. Heiner Bonnenberg, Leiter des Direktorats Umweltschutz und Altlasten bei der Treuhandanstalt Berlin. – Entsorga-Magazin, H. 7/8, 31–38.

Bundesregierung (1992): Antwort auf die Kleine Anfrage der Fraktion Bündnis 90/DIE GRÜNEN, BTDrs 12/3279.

DOMBERT, M., REICHERT, R. (1991): Altlasten in den neuen Bundesländern: Die Freistellungsklausel des Einigungsvertrages. – Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht 9 (8), 744–748.

EBNER, L., JUNGE, S., PEHL, W. J. (1993): Branchentypische Inventarisierung von umweltgefährdenden Stoffen und die wesentlichen Produktionslinien auf Altlaststandorten der ehemaligen DDR. – Gutachten der PROTEKUM Umweltinstitut GmbH Oranienburg für den Rat von Sachverständigen für Umweltfragen. – unveröffentlicht.

ENDERS, R. (1991): Einigkeit und Recht. Die Besonderheiten des Abfallrechts in den neuen Bundesländern. – Müllmagazin 4 (3), 42–45.

ENDERS, R. (1993): Rechtsprobleme der Behandlung von Abfallaltanlagen und Altlasten in den neuen Bundesländern, Deutsches Verwaltungsblatt 108 (2), 82–93.

FRANZIUS, V. (1989): Ausmaß der Altlastenproblematik und Situation in der Bundesrepublik Deutschland. – In: FRANZIUS, V. et al. (Hrsg.): Handbuch der Altlastensanierung, 4. Lieferung 11/89. – Heidelberg: R. v. Decker's 1.4.1, S. 1–10.

FRANZIUS, V. (1994): Kosten und Finanzierungsbedarf der Altlastensanierung in den neuen Bundesländern. – Zeitschrift für angewandte Umweltforschung. – Sonderheft 5, Altlastensanierung. – Berlin: Analytica. – S. 21–35.

FRIES H. J. (1992): Sicherung und Sanierung belasteter Liegenschaften im Bereich der Bundeswehr. – In: KOMPA, R., FEHLAU, K.P. (Hrsg.): Altlasten und kontaminierte Böden '91. – Köln: Verlag TÜV Rheinland. – S. 267–272.

GIESE, G. (1994): Entwurf des Berliner Bodenschutzgesetzes: Nur die halbe Miete. – Grünstift Heft 6, 25.

GÖTZ, V. (1985): Allgemeines Polizei- und Ordnungsrecht. – 8. Aufl. – Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

HANKE, H., KLETSCHKE, T., RAUSCHELBACH, B., SCHREIBER, W. (1994): Ökologischer Sanierungs- und Entwicklungsplan Niederlausitz. Bd. 1. – Berlin: Selbstverlag. – UBA-Texte 1/94. – 420 S.

HASSAUER, M., KALBERLAH, F., OLTMANNS, J., SCHNEIDER, K. (1993): Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten. – Berlin: E. Schmidt. – UBA-Berichte 8/93.

HECKENKAMP, G., SAURE, T. (1994a): BMFT-Vorhaben „Abfallwirtschaftliche Rekonstruktion von Altdeponien". Ergebnisse der Untersuchung an Altmüll im Hinblick auf Deponieumlagerung und Altmüllbehandlung (1. Teil). – Müll und Abfall 26 (3), 155–161.

HECKENKAMP, G., SAURE, T. (1994b): BMFT-Vorhaben „Abfallwirtschaftliche Rekonstruktion von Altdeponien". Ergebnisse der Untersuchung an Altmüll im Hinblick auf Deponieumlagerung und Altmüllbehandlung (2. Teil). – Müll und Abfall 26 (3), 227 f.

HEINE, G. (1991): Geltung und Anwendung des Strafrechts in den neuen Bundesländern am Beispiel der Umweltdelikte. – Deutsch-Deutsche Rechts-Zeitschrift 2 (12), 423–429.

JESSBERGER, H. L., NETELER, T. (1993): Leitfaden zur Bewertung und Auswahl von Sanierungsverfahren für Altlasten (BESAL). – Im Auftrag des Landesamtes für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen. – Manuskript, – 28 S.

JOHN, H. (1990): Altlastensanierung: Stand der Forschung in Ostdeutschland. – EntsorgungsPraxis 11, 650–652.

KLOEPFER, M., KRÖGER, H. (1991): Haftungsfreistellung für „Altlasten" in den neuen Bundesländern. – Die öffentliche Verwaltung 44 (23), 989–1002.

KNOPP, L. (1991): Zur Neufassung der „Altlastenfreistellungsklausel" in den neuen Bundesländern. – Betriebs-Berater 46 (20), 1356–1359.

KÖTTER, T., BRAßEL, T. (1993): Agrarstrukturelle Vorplanung. Vorschläge zur inhaltlichen und konzeptionellen Neugestaltung eines Instrumentes zur Entwicklung ländlicher Räume. Untersuchung im Auftrag des BMELF. – Bonn. – unveröffentlichtes Manuskript.

KOMAR, W. (1992): Umweltaltlasten und Investitionen. – Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH) (Hrsg.). – IWH-Kurzinformationen Nr. 7/8, S. 1–2.

KOMAR, W. (1993a): Kosten für Altlastensanierung höher als erwartet? – Institut für Wirtschaftsforschung Halle (Hrsg.). – IWH-Kurzinformationen Nr. 15.

KOMAR, W. (1993b): Kosten der Altlastensanierung in den neuen Bundesländern. – In: Institut für Wirtschaftsforschung Halle (Hrsg.). – Diskussionspapiere Nr. 3.

KOMAR, W. (1994): Altlastensanierung lohnt sich. – In: Institut für Wirtschaftsforschung Halle (Hrsg.). – IWH-Kurzinformationen Nr. 24.

KOMAR, W. (1994): Zur Altlastenproblematik in den neuen Bundesländern. – In: Arbeitsgruppe Ökologische Wirtschaftspolitik (Hrsg.): Umweltpolitik im vereinigten Deutschland, Rahmenbedingungen und Chancen. – Marburg: Metropolis.

KOMPA, R., MACZEY, P. (1992): Die Altlastenproblematik innerhalb des ökologischen Sanierungs- und Entwicklungskonzepts Leipzig / Bitterfeld / Halle / Merseburg. – In: KOMPA, R., FEHLAU, K.-P. (Hrsg.): Altlasten und kontaminierte Böden '91. – Verlag TÜV Rheinland. – Forum Umweltschutz. – S. 83–97.

KUNIG, Ph., SCHWERMER, G., VERSTEYL, L.-A. (1992): Abfallgesetz. Kommentar, – 2. Aufl. – München: C. H. Beck.

LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) (Hrsg.) (1990): LAGA-Informationsschrift Abfallarten – Stand 1990. – 4. neu bearbeitete Auflage. – Berlin: E. Schmidt.

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Hrsg.) (1992): Leitfaden zum Altlastenprogramm des Landes Sachsen-Anhalt, Teil 1: Erfassung und Erstbewertung der Altlastverdachtsflächen. – S. 8.

LINDEMANN, M. (1991): Darstellung der Gesamtsituation der Altlastenproblematik für das Gebiet der ehemaligen DDR. – Müll und Abfall 23 (3), 148–154.

LÜCKE, J. (1988): Das Umweltschutzrecht der DDR. – In: THIEME, W. (Hrsg.): Umweltschutz im Recht. – Berlin: Duncker & Humblot. – Schriften zum Umweltrecht, Bd. 8. – S. 165–196.

MESSERSCHMIDT, B. (1992): Altlastenklausel in Unternehmens- und Grundstückskaufverträgen. – Zeitschrift für Vermögens- und Investitionsrecht, H. 8, 311–314.

MICHAEL, G., THULL, R. (1990): Die Verantwortlichkeit für DDR-Altlasten beim Erwerb von Altanlagen. – Betriebsberater 45 (24), Beilage Nr. 30, S. 1–9.

MICHAEL, G., THULL, R. (1991): Die Verantwortlichkeit für Altlasten in den fünf neuen Bundesländern – Möglichkeiten der Haftungsfreistellung. – In: FRANZIUS, V. et al. (Hrsg.): Handbuch der Altlastensanierung, Ziff. 1.6.1.6 – Heidelberg: R. v. Decker – Losebl.-Ausg., 9. Lieferung 7/91.

Ministerium für Umweltschutz, Naturschutz und Raumordnung Brandenburg (Hrsg.) (1992): Umweltbericht 1991. – S. 60–67.

MÜGGENBORG, H.-J. (1991): Immissionsschutzrecht und -praxis in den neuen Bundesländern. – Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht 9 (8), 735–744.

MÜGGENBORG, H.-J. (1992): Rechtliche Aspekte der Altlastenproblematik und der Freistellungsklausel. – Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht 10 (9), 845–852.

MÜLLER, A. (1993): Die Altlastenfreistellungsklausel und ihre Finanzierung. – Zeitschrift für Umweltrecht 1993 (4), 170–172.

MÜLLER, G. (1993): Altlastenfreistellung, Probleme und Lösungswege im Freistaat Sachsen. – In: II. Euro-Forum Altlasten, 30. 11.–02. 12. 1993 in Saarbrücken, hrsg. v. der Ges. für Umweltkompatible Prozeßtechnik mbH, Bd. 1, Saarbrücken, S. 159–183.

MÜLLER, G., zu HOHEHLOHE, A. (1992): Zur Situation der Altlastenerfassung und -behandlung in den neuen Bundesländern. – Korrespondenz Abwasser 39 (10), 1484–1490.

MÜLLER, R., SÜß, B. (1993): Das Rechtsregime der Haftung bzw. Sanierungsverantwortlichkeit für ökologische Schäden, die vor dem 1.7.1990 auf dem Gebiet der neuen Bundesländer verursacht worden sind. – Versicherungsrecht 1993, H. 25 und 31, 1047–1059 und 1324–1328.

MÜLLER-MICHAELIS, W. (1993): Die Altlastensanierung im ostdeutschen Braunkohletagebau. – Wasser + Boden, Heft 2, 80–83.

NEBEL, J. (1991): Altlasten in Sachsen-Anhalt. – Wasser, Luft und Boden, Heft 78, 72–76.

PEINE, F.-J. (1990): Die Legalisierungswirkung. – Juristenzeitung 45 (5), 201–212.

RADTKE, H. (1994): Finanzierung ökologischer Altlasten in den neuen Bundesländern. – In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1994. – Berlin: FGU. – S. 57–65.

REHBINDER, E. (1991): Die Freistellung von Anlagenerwerbern von der Verantwortlichkeit für die Sanierung von Altlasten in den neuen Bundesländern. – Deutsches Verwaltungsblatt 106 (8), 421–427.

RUPPE, J. (1991): Altlasten auf dem Gebiet der ehemaligen DDR – Stand der Erfassung, Bewertung und Sanierung. – In: Umweltbundesamt (Hrsg.): Deutsches Altlasten-Seminar 18. – 19.10.1990 in Freiberg/Sachsen – Berlin: Selbstverl. – S. 7–43.

SALZWEDEL, J. (1994): Rechtsgutachten zur Umfänglichkeit der Behandlung des Grundwassers bei Anordnungen zur Sanierung von Altlasten, im Auftrag der Treuhandanstalt, Direktorat Umweltschutz/Altlasten. – 75 S. – unveröffentlicht.

SCHINK, A. (1991): Grenzen der Störerhaftung bei der Sanierung von Altlasten. – Verwaltungsarchiv 82 (3), 357–387.

SCHMIDT-JORTZIG, E. (1991): Aktuelle Aspekte der kommunalen Haftung für Altlasten – Unter besonderer Berücksichtigung der Lage in den neuen Bundesländern –. – Die öffentliche Verwaltung 44 (18), 753–762.

SCHRADER, C. (1990): Der Weg zur Umweltunion. Die DDR als Umwelt-Billigland? – Informationsdienst Umweltrecht 1 (1), 22–25.

SCHULZ, M. (1992): Sanierungsbedarf für großflächige Altstandorte im Land Brandenburg. – In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1992. – Berlin: FGU – S. 1–9.

SPANNOWSKY, W. (1994): Das Prinzip gerechter Lastenverteilung und die Kostentragungslast des Zustandsstörers. – Deutsches Verwaltungsblatt 109 (10), 560–567.

SRU (1989): Altlasten. – Stuttgart: Metzler-Poeschel. – 304 S.

SRU (1994): Umweltgutachten 1994. – Stuttgart: Metzler-Poeschel. – 384 S.

STEGMANN, T. (1992): Verfahren zur Sicherung und Erweiterung von Altdeponien. – Wasser + Boden 44 (5), 293–300.

STELKENS, P. (1991): Fragen zum Verwaltungsverfahrensgesetz nach dem Einigungsvertrag. – Deutsch-Deutsche Rechts-Zeitschrift 1 (8), 264–272.

SZABADOS, D. (1993): Altlastenproblematik in den neuen Bundesländern am Beispiel der Stadt Halle. – In: KREYSA, G., WIESNER, J. (Hrsg.): Bewertung und Sanierung mineralölkontaminierter Böden. – Frankfurt a. M.: DECHEMA. – 10. DECHEMA-Fachgespräch Umweltschutz. – S. 48–56.

TÖPFER, K. (1993): Beseitigung der ökologischen Altlasten in den jungen Bundesländern – Umwelt 1993 (5), 177–178.

UBA (Hrsg.) (1994): Daten zur Umwelt 1992/93. – Berlin: E. Schmidt. – S. 210.

UHLMANN, P. (1993): Statement. – In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte. – Berlin: FGU.

VCI (Verband der chemischen Industrie – Ost) (1992): Strukturwandel der ostdeutschen Chemie 1991. – Halle/Saale.

Verwaltungsabkommen (1993): Verwaltungsabkommen zwischen der Bundesrepublik Deutschland und den Ländern Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Thüringen sowie dem Freistaat Sachsen über die Regelung der Finanzierung der ökologischen Altlasten vom 1. Dezember 1992. – Bekanntmachung vom 10. 3. 1993, Bundesanzeiger Nr. 58 vom 25. 3. 1993, S. 2842.

VOSS, S. (1991): Instrumente des Abfallrechts der DDR – In: KLOEPFER, M. (Hrsg.): Instrumente des Umweltrechts der früheren DDR [Ladenburger Kolleg]. – Berlin u. a.: Springer. – S. 72–77.

WIECZOREK, B. (1993): Ziele der Bundesregierung zur Erfassung, Sicherung und Sanierung von Altlasten in den neuen Bundesländern. – Umwelt 1993 (4), 139–143.

WIEGANDT, C. C. (1994): Ökologische Regionalkonzepte. Eine mögliche Entwicklungsstrategie für die neuen Länder? – Informationen zur Raumentwicklung, Heft 4, 287–302.

WIESELER, T. (1992): Sanierung der Altlasten kostet Milliarden – Berliner Zeitung vom 24. Februar 1992, S. 5.

WOLF, K. (1992): Erfahrungen aus der Freistellung von der Altlastenhaftung. – In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1992 – Ökologischer Aufbau, Sicherung und Sanierung. – Berlin: FGU. – S. 141–165.

Zentrum für Umweltgestaltung (1990): Information zur Analyse der Umweltbedingungen in der DDR und zu weiteren Maßnahmen [Zentrum für Umweltgestaltung beim Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft]. – Februar 1990 (Umdruck). – Berlin.

Kapitel 3

ALBERS, H. (1992): Sanierungszielwertfindung für eine TNT-Rüstungsaltlast. – In: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten (Hrsg.): Expertengespräch „Rüstungsaltlasten aus der Produktion und Verarbeitung von Sprengstoff" am 1. und 2. Sept. 1992 in Marburg. – Tagungsband. – Wiesbaden: HMfUEB. – Referat C25, S. C25-01 bis -26.

ALBERS, H., BARKOWSKI, D., BROZIO, D. (1994): Erkundungsstrategie für Sanierungsuntersuchungen am Beispiel der ehemaligen TNT-Fabrik Allendorf. – Vortrag im Rahmen des CPM-Seminars „Bewertung von sprengstoffspezifischen Schadstoffen auf Rüstungs- und militärischen Standorten", 25./26. April 1994, Bonn-Bad Godesberg (Kurzfassung: 2 S.).

ANDING, K.H. (1993): Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr auf dem ehemaligen Flugplatz der WGT in Lärz. – In: BMU (Hrsg.): Internationaler Workshop „Militärische Altlasten", 20.–22. September 1993 in Berlin. – Bonn: BMU. – S. 55 f.

APPLER, B., LOHS, Kh. (1992): Chemische Kampfstoffe. – Eine Zusammenstellung der wichtigsten Eigenschaften. – WWD Nr. 140, Wehrwissenschaftliche Dienststelle der Bundeswehr für ABC-Schutz. – Munster.

BARKOWSKI, D., GÜNTHER, P. (1994): Gefährdungsabschätzung und Entwicklung von Handlungsszenarien am Beispiel des Rüstungsaltstandortes Stadtallendorf. – Vortrag im Rahmen des CPM-Seminars „Bewertung von sprengstoffspezifischen Schadstoffen auf Rüstungs- und militärischen Standorten". – CMP-Symposium 25. und 26. April 1994, Bonn-Bad Godesberg (Kurzfassung: 7 S.).

BMF (Hrsg.) (1994): Privatisierung in Deutschland. – Bonn: BMF, Ref. Öffentlichkeitsarbeit 1994.

BMVg (Hrsg.) (1993): Luft, Wasser, Boden. – Bonn: Selbstverlag. – Reihe Umweltschutz in Liegenschaften der Bundeswehr. – S. 40 ff.

BOTHE, M. (1992): Völkerrechtliche Situation bei militärischen Altlasten. – In: THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. et al. (Hrsg.), Management zur Sanierung von Rüstungsaltlasten. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 139–153.

BRAMBUSCH, D., LAUCKNER, G., SCHOLLES, H., WITT, C. (1992): Delaborierung und Verwertung von Rohrwaffenmunition. – In: Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (Hrsg.): Waste Management of Energetic Materials and Polymers. – Pfinztal: ICT. – S. 2–1 bis 2–13.

Brockhaus Enzyklopädie, 1992. – 19. Auflage. – Mannheim: Brockhaus. – S. 696 ff.

BURKHARDT, D. (1992): Militärische Altlasten am Beispiel der Westgruppe der ehemaligen sowjetischen Truppen (WGT). – In: KOMPA, R., FEHLAU, K.-P. (Hrsg.): Altlasten und kontaminierte Böden '92: – Köln: Verl. TÜV Rheinland 1993. – S. 209–226.

BURMEIER, H., HILLESHEIM, W. (1992): Leitfaden zur Sicherheitstechnik für Maßnahmen im Zuge der Gefährdungsabschätzung von Rüstungsaltlasten in Niedersachsen. – 2., überarb. Fass. vom September 1992. – Im Auftrage des niedersächsischen Umweltministeriums. – Wennigsen: WCI Umwelttechnik GmbH.

DAFFNER, Th. (1992): Militärische Altlast Zeithain – Erfahrungen zur Komplexerkundung, Erarbeitung von Sanierungsszenarien und erste Beurteilung, deren Wirksamkeit. – In: THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. et al. (Hrsg.): Management zur Sanierung von Rüstungsaltlasten. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 257–290.

DAFFNER, Th., HERLITZIUS, J. (1994): Ermittlung des Gefährdungspotentials am Beispiel der Rüstungsaltlast Zeithain. – Terra-Tech 3 (2), 34–39.

Deutscher Rat für Landespflege (1993): Truppenübungsplätze und Naturschutz. – Bonn: Selbstverlag. – Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege Heft 62. – S. 5–12.

DODT, J. (1987): Die Verwendung von Karten und Luftbildern bei der Ermittlung von Altlasten. Ein Leitfaden für die praktische Arbeit. – Im Auftrag des Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MURL). – 2 Bände. – Düsseldorf.

DODT, J. (1991): Verdachtsflächen rüstungs- und kriegsbedingter Altlasten in Nordrhein-Westfalen. – In: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MURL) (Hrsg.): Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten, Band 3. – Düsseldorf: MURL.

Duden, Deutsches Universalwörterbuch 1983. – Mannheim: Duden-Verlag. – S. 1056.

FLÜCKIGER, R., KÜSTER, U. (1992): Delaborierung und Entsorgung von Mittelkalibermunition. – In: THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. et al (Hrsg.): Management zur Sanierung von Rüstungsaltlasten. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 465–483.

FRANZIUS, V. (1994): Kosten und Finanzierungsbedarf der Altlastensanierung in den neuen Bundesländern. – Zeitschrift für angewandte Umweltforschung. – Sonderheft 5 Altlastensanierung. – Berlin: Analytica. – S. 21–35.

FRANZIUS, V., REPPE, S., STARKE, W. (1993): Vorgehensweise bei der Einleitung von Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr. – In: BMU (Hrsg.): Internationaler Workshop „Militärische Altlasten", 20.–22. September 1993 in Berlin. – Bonn: BMU. – S. 47–49.

FRIJUS-PLESSEN, N., HASSAUER, M., SCHNEIDER, K. (1993): Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Rüstungsaltlasten. Entwürfe für 15 Stoffe. – Freiburg: Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH (FoBiG). – Im Auftrag des Umweltbundesamtes (unveröffentlicht).

GAEBELL, H.-Ch. (1992): Rüstungsaltlast Hallschlag. – In: PFAFF-SCHLEY, H., SCHIMMELPFENG, L. (Hrsg): Rüstungsaltlasten '92: Erkundung und Untersuchung von ehemals und aktuell militärisch genutzten Flächen. – Berlin: E. Schmidt. – Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis; Bd. 49. – S. 69–87.

GÖRGE, E. (1992): Aufnahme von Trinitrotoluol durch Pflanzen. – In: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten (Hrsg.): Expertengespräch „Rüstungsaltlasten aus der Produktion und Verarbeitung von Sprengstoff" am 1. und 2. Sept. 1992 in Marburg. – Tagungsband. – Wiesbaden: HMfUEB – A051. (2 S.).

GÖRGE, E. (1994): Aufnahme sprengstoffspezifischer Schadstoffe durch Pflanzen. – Vortrag im Rahmen des CPM-Seminars „Bewertung von sprengstoffspezifischen Schadstoffen auf Rüstungs- und militärischen Standorten". – 25./ 26. April 1994, Bonn-Bad Godesberg (Kurzfassung: Tagungsband, C13).

GOOS, H. (1991): Sicherheitsmaßnahmen für Untersuchungen und Sanierung auf kontaminierten Flächen der Bundeswehr. – In: KIEFER, K.-W., PFAFF-SCHLEY, H., SCHIMMELPFENG, L. (Hrsg.): Rüstungsaltlasten '91: Untersuchungsmethoden – Sanierungsmöglichkeiten – Verhinderung militärischer „Neu"-Lasten. – Berlin: E. Schmidt. – Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis; Bd. 40. – S. 77–93.

HAAS, R. (1992): Konzepte zur Untersuchung von Rüstungsaltlasten. – Dissertation im Fachbereich Chemie der Philipps-Universität Marburg/L. – 160 S. (TNT-Schnelltest: S. 56). – Auch als Band 55 der Reihe „Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis" (Berlin: E. Schmidt) erschienen.

HAAS, R., MÖSCHWITZER, G. (1994): Rüstungsaltlasten – auch ein kommunales Problem. – In: HERMANN, K., WALCHA, H. (Hrsg.): Ökologische Altlasten in der kommunalen Praxis. – Köln: Deutscher Gemeindeverlag, – Aufgaben der Kommunalpolitik, Bd. 11. – S. 77–89.

HAAS, R., STEINBACH, K. (1992): Rolle der analytischen Chemie bei der Gefährdungsabschätzung von Rüstungsaltlasten. – In: THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. et al. (Hrsg.): Management zur Sanierung von Rüstungsaltlasten. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 301–314.

HEINRICH, B., FORSTHOFER, K. (1992): Nutzungsbezogenes Schadstoffinventar für die Gefährdungsabschätzung von militärischen Altlastenverdachtsflächen. – In: THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. et al. (Hrsg.): Management zur Sanierung von Rüstungsaltlasten. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 237–247.

HERMANN, H. (1992): Ein sicheres und umweltgerechtes Verfahren zur Entsorgung von Spreng- und Treibmitteln durch Verbrennen: Der Meissner-Brandplatz. – In: Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (Hrsg.): Waste Management of Energetic Materials and Polymers. – Pfinztal: ICT. – S. 44-1 bis 44–23.

HOLLAND, H. (1992): Analytik, Gefährdungsabschätzung, Sanierungswerte, Bewertungsmodelle. – In: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten (Hrsg.): Expertengespräch „Rüstungsaltlasten aus der Produktion und Verarbeitung von Sprengstoff" am 1. und 2. Sept. 1992 in Marburg. – Tagungsband. – Wiesbaden: HMfUEB. – Referat C21, S. C21-01 bis -08.

HOLLAND, H., HOLIGHAUS, U. (1992): Analyseverfahren zur Bestimmung von Nitro-, Aminonitro- und Aminoaromaten in kontaminierten Böden ehemaliger Trinitrotoluol-Fabrikationsstätten. – In: SPYRA, W. et al. (Hrsg.): Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 79–104.

HOPPE, C., HEINRICH, B. (1995): Modell zur Abschätzung der Gefährdung durch militärische und Rüstungsaltlastenflächen (MAGMA). – Altlastenspektrum, H. 1. – S. 24–30.

Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG) (1992): Modelle zur Erstbewertung von militärischen und Rüstungs-Altlastenverdachtsflächen: MEMURA. – 2. Ausgabe v. Apri 1992. – München.

Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft (IABG) (1994): Ermittlung von Altlast-Verdachtsflächen auf den Eigenschaften der Wertgruppe der Truppen (WGT). – Projektbericht I. Quartal 1994. – München. (unveröffentlicht).

KERNDORFF, H., SCHLEYER, R., DIETER, H. H. (1993): Bewertung der Grundwassergefährdung von Altablagerungen. Standardisierte Methoden und Maßstäbe. – Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes (Hrsg.). – Berlin: WaBoLu. – WaBoLu-Hefte 1/1993.

KLIMMEK, R., SZINICZ, L., WEGER, N. (1983): Chemische Gifte und Kampfstoffe. – Stuttgart: Hippokrates.

KOEHLER, P., MERCKEL, C., DAHN, A. (1992): Altstoffverwertung aus Rüstungsaltlasten. – In: THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. et al. (Hrsg.): Management zur Sanierung von Rüstungsaltlasten. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 601–619.

KRAMMER, R., FIEDLER, L., SPYRA, W. (1992): Erfassung von Rüstungsaltlasten in kontaminierten Böden. – In: SPYRA, W. et al. (Hrsg.): Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 105–116.

KURKA, M., THIEME, J., HAAS, R., KOPECZ, P. (1994): Verdachtsstandorte von Rüstungsaltlasten in Deutschland. – Altlastenspektrum 3 (2), 91–98.

LOBECK, M., PÄTZ, A., WIEGANDT, C.C. (1993): Konversion, Flächennutzung und Raumordnung. – Hrsg. v. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung. – Bonn: Selbstverlag. – Materialien zur Raumentwicklung Heft 59. – 87 S.

LOHS, Kh. (1992): Branchentypische Schadstoffe der Rüstungsindustrie. In: KOMPA, R., FEHLAU, K.-P. (Hrsg.): Altlasten und kontaminierte Böden. – Köln: Verlag TÜV Rheinland. – S. 225–237.

LOHS, Kh. (1974): Synthetische Gifte. – Berlin: Militärverlag der DDR.

LOHS, Kh. (1993): Schwefel-Lost (2,2'-Dichlordiethylsulfid) noch immer toxikologisch aktuell. – ärztl. Fortbild. 87, S. 659–664.

LOHS, Kh. (1994): Spätschäden durch chemische Kampfstoffe. – Z. ärztl. Fortbild. 88, S. 423–428.

MATZ, G. (1989): Mobile Analytikgruppe zur Erfassung von Rüstungsaltlasten im Feld mit Gaschromatograph-Massenspektrometer-System. – In: Der Niedersächsische Umweltminister (Hrsg.): Expertengespräch Rüstungsaltlasten am 25./26. April 1989 in Hannover. – Tagungsband, Referat Nr. 7. – 10 S.

MATZ, G. (1993): Erfahrungen, Grenzen und Ausblicke der schnellen Vor-Ort-Analytik von organischen Schadstoffen. – In: STEGMANN, R. (Hrsg.): Bodenreinigung. Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung. . . – Bonn: Economica. – Hamburger Berichte Bd. 6. – S. 27–37.

NEUMANN, H.-G. (1994): Humantoxikologische Bewertung von Nitroaromaten. – Vortrag im Rahmen des CPM-Seminars „Bewertung von sprengstoffspezifischen Schadstoffen auf Rüstungs- und militärischen Standorten". 25./26. April 1994, Bonn-Bad Godesberg (Kurzfassung: Tagungsband, C12).

Niedersächsisches Umweltministerium (Hrsg.) (1992): Gefährdungsabschätzung von Rüstungsaltlasten in Niedersachsen. – 3. Fortschreibung. – Hannover.

PREUSS, J. (1992): Rüstungsaltlasten aus der Produktion und Verarbeitung von Sprengstoff. – In: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten (Hrsg.): Expertengespräch „Rüstungsaltlasten aus der Produktion und Verarbeitung von Sprengstoff" am 1. und 2. Sept. 1992 in Marburg. – Tagungsband. – Wiesbaden: HMfUEB. – Referat B06-01 bis -10.

PREUSS, J., EITELBERG, F., FORM, W. (1992): Rüstungsaltstandorte und Verdachtsflächen in Hessen. – Geograph. Inst. Uni. Mainz. (unveröffentlicht).

PREUSS, J., HAAS, R. (1987): Die Standorte der Pulver, Sprengstoff, Kampf und Nebelstofferzeugung im ehemaligen Deutschen Reich. – Geographische Rundschau 37,578–584.

PREUSS, J., HAAS, R., KOSS, G. (1988): Altstandorte, Altablagerungen, Altlasten. Das Beispiel eines ehemaligen Standortes der chemischen Rüstungsindustrie. – Geographische Rundschau 38, 3138.

PREUSS, J., WIEGANDT, C.-Ch. (1992): Rüstungsstandorte des Deutschen Reiches auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. – Geographische Rundschau 44 (3), 175–178.

RAPSCH, H.-J., TIEDEMANN, M. (Hrsg.) (1994): Schutzmaßnahmen bei der Gefährdungsabschätzung von Rüstungsaltlasten. – Arbeits-, Personen- und Emissionsschutz. – Berlin: E. Schmidt, 304 S.

Raumordnungsbericht (1991): Raumordnungsbericht der Bundesregierung. Bundestagsdrucksache 12/1098. – Karte 11.6.

REPKEWITZ, U. (1991): Sowjetische Truppen und deutsches Verwaltungsrecht. – Verwaltungsarchiv 82 (3), 388–429.

RÖMPP Chemielexikon (1989): Stichwort „Chemische Waffen". – 9., erw. und neubearb. Aufl. – Stuttgart: G. Thieme – Bd. 1, S. 672.

SCHÄFER, H. (1992): Ableitung von Sanierungsrichtwerten für Böden mit spezifischen Belastungen aus der TNT-Produktion. – In: SPYRA, W. et al. (Hrsg.): Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 45–57.

SCHLÜTER, K. (1992): Die umweltfreundliche Entsorgung von TLP (Treibladungspulver; Anm. SRU) mittels geschlossenem Abbrand. – In: Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (Hrsg.): Waste Management of Energetic Materials and Polymers. – Pfinztal: ICT. – S. 14-1 bis 14-22.

SCHNEIDER, K., HASSAUER, M., KALBERLAH, F. (1994a): Toxikologische Bewertung von Rüstungsaltlasten – 1.: Expositionsanalyse als erster Schritt zur Bewertung von Gesundheitsgefährdungen und zur Ableitung von standortspezifischen Bodenbeurteilungskriterien. – Umweltwissenschaft und Schadstoff-Forschung, 6 (5), 271–276.

SCHNEIDER, K., HASSAUER, M., KALBERLAH, F. (1994b): Toxikologische Bewertung von Rüstungsaltlasten – 2.: Bewertung der toxischen Potenz nitroaromatischer Schadstoffe – Berücksichtigung von Kombinationswirkungen. – Umweltwissenschaft und Schadstoff-Forschung (im Druck).

SCHNEIDER, U. (1989): Erfahrungen aus systematischen Untersuchungen von Standorten ehemaliger Rüstungsbetriebe. – In: Der Niedersächsische Umweltminister (Hrsg.): Expertengespräch Rüstungsaltlasten am 25./26. April 1989 in Hannover. – Tagungsband, Referat Nr. 15. – 19 S.

SCHNIBBEN, V. (1994): Ausbreitungspfade von Explosiv- und Kampfstoff-Kontaminationen im Bereich der ehemaligen Luftwaffenversuchsstelle Ehra-Lessien in Niedersachsen. – Vortrag im Rahmen des CPM-Seminars „Bewertung von sprengstoffspezifischen Schadstoffen auf Rüstungs- und militärischen Standorten", 25./26. April 1994, Bonn-Bad Godesberg (Kurzfassung: 2 S.).

SCHOENKE, K., BRUCKERT, H.-J., KÖNIG, A., SCHÜRMANN, A., STEINHANSES, J. (1992): Chemische Analytik zur Erfassung und Charakterisierung von Rüstungsaltlasten. – In: SPYRA, W. et al. (Hrsg.): Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 71–78.

SCHOLLES, H. (1992): Verwertung von TNT. – In: THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. et al. (Hrsg.): Management zur Sanierung von Rüstungsaltlasten. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 453–463.

SCHRÖDER, M. (1992): Rechtsfragen militärischer Altlasten im Anwendungsbereich des NATO-Truppenstatuts. – Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht 11 (10), 921–926.

SCHÜTZ, H.-J. (1992): Verantwortlichkeit und Haftung für militärische Altlasten im deutschen öffentlichen Recht. – In: THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. et al. (Hrsg.): Management zur Sanierung von Rüstungsaltlasten. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 173–201.

SCHULZ-TERFLOTH, G., LÜHR, H.-P. (1994): Bewertungsmodell zur Gefährdungsabschätzung von Rüstungsaltlastverdachtsflächen. – Altlastenspektrum 3 (1), 16–25.

SOHR, H., STEINBACH, K. (1992): Untersuchungen zur Analytik von Nitroverbindungen aus Rüstungsaltlasten. – In: SPYRA, W. et al. (Hrsg.): Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 117–129.

SORGE, H., GÖTZELMANN, P., NALLINGER, M. (1994): Passives Adsorptionsverfahren zur Erkundung organischer Kontaminationen. – Terra-Tech 3 (4), 26–28.

SPYRA, W. (1992): Sicherheit bei der Sanierung von Rüstungsaltlasten am Beispiel der Zitadelle Spandau, Berlin (ehem. Heeresgasschutzlaboratorium der Deutschen Wehrmacht). – In: THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. et al. (Hrsg.): Management zur Sanierung von Rüstungsaltlasten. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 73–84.

SPYRA, W., FIEDLER, L., KRAMMER, R. (1992): Analytische Screening-Verfahren in der Vor-Ort-Analytik. – In: SPYRA, W. et al. (Hrsg.): Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 23–37.

SRU (1985): Umweltprobleme der Landwirtschaft – Stuttgart: Kohlhammer. – 423 S. – Tz. 831 ff.

SRU (1989): Altlasten. – Stuttgart: Metzler-Poeschel. – 304 S.

STAYNER, L. T., DANNENBERG, A. L., BLOOM, T., THUN, M. (1993): Excess hepatobiliary cancer mortality among munition workers exposed to dinitrotoluene. – Journal of Occupational Medicine, 35, 291–296.

STEINBACH, K. (1992): Erfahrungen aus der Boden- und Wasseranalytik von TNT-Stoffen. – In: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten (Hrsg.): Expertengespräche „Rüstungsaltlasten aus der Produktion und Verarbeitung von Sprengstoff" am 1. und 2. Sept. 1992 in Marburg. – Tagungsband. – Wiesbaden: HMfUEB. – Referat C22, S. C22-01 bis -10.

STOLPMANN, H. (1994): Das TERRANOX®-System zum biologischen Abbau von TNT. – Vortrag im Rahmen des CPM-Seminars „Bewertung von sprengstoffspezifischen Schadstoffen auf Rüstungs- und militärischen Standorten", 25./26. April 1994, Bonn-Bad-Godesberg (Kurzfassung: 4 S.).

THIEME, J., APPLER, B., BASSEK, H. et al. (1993b): Branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen auf Rüstungsaltsandorten. – Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsvorhaben Nr. 103 40 114. – Im Auftrag des Umweltbundesamtes. – Berlin: UBA – 2 Bände, – 813 S.

THIEME, J., HEINRICHSDORF, F., HAAS, R. et al. (1993a): Verdachtsstandorte von Rüstungsaltlasten in Deutschland. – Bd. 1-Bd. 5 – Berlin: Selbstverlag. – UBA-Texte 08/93.

WEILANDT, E. (1994): Die physikalische Nachbehandlung des gewaschenen Bodens im Sanierungskonzept der Rüstungsaltlast Stadtallendorf. – Vortrag im Rahmen des CPM-Seminars „Bewertung von sprengstoffspezifischen Schadstoffen auf Rüstungs- und militärischen Standorten, 25./26. April 1994, Bonn-Bad Godesberg (Kurzfassung: 2 S.).

WELZER, W. (1991): Verfahren zur Erfassung und Gefährdungsabschätzung von Altlastenverdachtsflächen und Rüstungsaltlasten. – In: Fachtagung Altlasten/Altstandorte am 2. und 3. Mai 1991 im BIG, Berliner Innovations- und Gründerzentrum. – Tagungsband I, Referat Nr. 5. – 17 S.

WENTRUP, G.-J. (1992): Besondere Anforderungen an die Analytik bei Rüstungsaltlasten. – Vortrag im Rahmen der Fachtagung „Umweltanalytik = Umsetzbarkeit in Technik und Produktion. Abfall, Altlasten, Klärschlamm. Grenzen, Einsatz, . . . , Perspektiven" der Fa. SOLUTIONS und des GIT-Verlages am 15. und 16. Oktober 1992 in Mühlheim a. M. – Manuskript. – 10 S. und 11 Folien.

WIECZOREK, B. (1992): Kurzprotokoll der Gemeinschaftssitzung der AGU-Fachausschüsse „Umweltpolitik und Umweltbewußtsein" und „Umweltinformation und Umweltbewußtsein" am 23. November 1992 in Bonn.

WIEGANDT, C.-C. (1992): Restriktionen bei der Wiedernutzung ehemals militärisch genutzter Liegenschaften. – Informationen zur Raumentwicklung (5), 389–402.

WINTER, W., DIETER, H. H., OTTENWÄLDER, H. (1993): Erstbewertung von Altlastverdachtsflächen der GUS-Truppen bezüglich Roh- und Trinkwassergefährdungen. Teil I: Freigezogene Flächen bis einschließlich 31. März 1992. – Bundesgesundhbl. 36 (10), 419–425.

WOLFF, H. J. (1991): Erkundungsprogramm Stadtallendorf. – In: KIEFER, K.-W., PFAFF-SCHLEY, H., SCHIMMELPFENG, L. (Hrsg.): Rüstungsaltlasten '91: Untersuchungsmethoden – Sanierungsmöglichkeiten – Verhinderung militärischer „Neu"-Lasten. – Berlin: E. Schmidt. – Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis; Bd. 40. – S. 121–128.

Literatur zu Anhang 1

ACAR, Y. B., ALSHAWABKEH, A. N. (1993): Principles of Electrokinetic Remediation. – Environ. Sci. Technol. 27 (13), 2638–2647.

AUGUST, H., HOLZLÖHNER, U., MEGGYES, T. (1994): Weiterentwicklung von Deponieabdichtungssystemen – ausgewählte Ergebnisse eines BMFT-Forschungsvorhabens. – Mitteilung der Projektleitung des Verbundvorhabens „Deponieabdichtungssysteme" in der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM). – Berlin (im Druck). – 23 S.

BAKER, A. J. M., McGRATH, S. P., SIDOLI, C., REEVES, R. D. (1992): The Potential for the Use of Metal Accumulating Plants for the in situ Decontamination of Metal-polluted Soils. – In: DECHEMA (Hrsg.): Soil Decontamination Using Biological Processes. – Preprints Tagungsband. – Frankfurt a. M.: DECHEMA. S. 205–209.

BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin) (1991): Verbundvorhaben Deponieabdichtungssysteme (BMFT-Förderkennzeichen: 1440569). – Mitteilungen der Projektleitung Nr. 1 v. März 1991.

BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin) (1994): Boden-Sanierungstechnik in der BAM. – Stand Juni 1994 –. – Broschüre über die Versuchsanlage zur Untersuchung der Bodenwäsche. – 9 S.

BARR, D. P., AUST, S. D. (1994): Mechanisms White Rot Fungi Use to Degrade Pollutants. – Environ. Sci. Technol. 28 (2), 78A–87A.

BARTELS-LANGWEIGE, J. (1990): Entnahme von kontaminierten Böden und Abfallstoffen aus den Flüssigkeitsmüllbecken V und VI auf der Deponie Georgswerder. – In: ARENDT, F. et al. (Hrsg.): Altlastensanierung '90: – Dordrecht: Kluwer Acad. Publ. – S. 1315–1316.

BECKEFELD, P. (1991): Schadstoffaustrag aus abgebundenen Reststoffen der Rauchgasreinigung von Kraftwerken. Entwicklung eines Testverfahrens. – Dissertation. – Mitteilung des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik der Technischen Universität Braunschweig Nr. 33. – Braunschweig: IGB-TUBS – 144 S., Anhang.

BECKEFELD, P. (1993): Grundlagen und Einsatzmöglichkeiten der Schadstoffeinbindung durch Verfestigung. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Sicherung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. 1–11.

BEINE, R. A., OVERMANN, L., DAHLMANN, K., GÜTTLER, U. (1993): Arbeits- und Immissionsschutzkonzept bei der Sanierung von Teerablagerungen. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Sicherung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. 13–28.

BIEHLER, M., HÄGELE, S. (1994): Sanierung KW-verunreinigter Böden im Bioreaktor mit Klärschlammzugabe. – Terra-Tech 3 (1), 55–57.

BMU (1993): Kombinationsdichtungen gewährleisten besten Grundwasserschutz bei Deponien. – Umwelt (BMU) (10), 413 f.

BÖCKLE, R., ERNST, D., KLOCKNER, D., LAU, J., MAHLAU, H., THOMAS, E., WILLMANN, D. (1994): Abluftreinigung durch katalytische Oxidation – ein wirtschaftlicher Verfahrensbaustein zur Altlastensanierung und Emissionsminderung. – Brennstoff Wärme Kraft/Technische Überwachung/Umwelt Spezial K29–K33.

BRAUN, Th., BECKMANN, R., KÜMMEL, R. (1994): Modellgeschützte Verfahrensentwicklung bei extraktiver Reinigung kontaminierter Böden. – Terra-Tech 3 (1), 52–54.

BURMEIER, H., DRESCHMANN, P., MÜLLER, H. (1992): Gesamtsanierungskonzept für die Sicherung/Sanierung der ehemaligen Kupferhütte Ilsenburg. – In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1992: Ökologischer Aufbau, Sicherung und Sanierung. – Vortragsband (Preprints). – Berlin: FGU. – S. 103–125.

CALMANO, W. (1990a): Schwermetalle in kontaminierten Feststoffen: An der Quelle ansetzen. – Teil I. – Entsorga-Magazin 9 (5), 18–26.

CALMANO, W. (1990b): Schwermetalle in kontaminierten Feststoffen: An der Quelle ansetzen. – Teil II. – Entsorga-Magazin 9 (6), 22–27.

DANNEMANN, H., LANGE, W., FRITZ, H-J. (1991): Technische Konzepte für die nutzungsbezogene Aufbereitung von Altstandorten und mögliche Vorgehensweise bei der Übertragung auf neue Nutzer. – In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1991: Bestandsaufnahme in Deutschland, Technologieumsetzung, Arbeitsschutz und Grundstücksverkehr. – (Preprints). – Berlin: FGU. – S. 233–248.

DECHEMA (Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen, Chemische Technik und Biotechnologie) (1993): Bewertung und Sanierung mineralöl-kontaminierter Böden. – 3. Bericht des Interdisziplinären Arbeitskreises „Umweltbiotechnologie – Boden". In: KREYSA, G., WIESNER, J. (Hrsg.): Bewertung und Sanierung mineralöl-kontaminierter Böden: Resumée und Beiträge des 10. DECHEMA-Fachgesprächs Umweltschutz. – Frankfurt a. M.: DECHEMA.

DECHEMA (1992): Labormethoden zur Beurteilung der biologischen Bodensanierung (Editor: KLEIN, J.). – 2. Bericht des Interdisziplinären Arbeitskreises „Umweltbiotechnologie – Boden." – Frankfurt a. M.: DECHEMA. – 42 S.

DECHEMA (1991): Einsatzmöglichkeiten und Grenzen mikrobiologischer Verfahren zur Bodensanierung (Editor: KLEIN, J.). – 1. Bericht des Interdisziplinären Arbeitskreises der DECHEMA „Umweltbiotechnologie – Boden". – Frankfurt a. M.: DECHEMA. – 34 S.

DERA GmbH/ISA (Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen) (1993): Aufbereitung organisch kontaminierter Böden und Rückstände mittels Wasserdampfdestillation. – Projektskizze, 10 S. (unveröffentlicht).

DÖRING, F. (1994): Untersuchungen zur elektrochemischen Bodensanierung am Beispiel der Sanierung eines Schwelereigeländes. – Terra-Tech 3 (2), 52–56.

DOETSCH, P., DRESCHMANN, P. (1992/1994): Verfahrungsdokumente für physikalisch-chemische Bodenbehandlungen. – In: FRANZIUS, V. (Hrsg.): Handbuch der Altlasten-Sanierung. – Heidelberg: R. v. Decker. – 13., 15., 16., 19. Erg.-Lfg. 12/92 bis 9/94. – Kap. 5.4.1.3.0.0. – 92 S.

DÜLLMANN, H., GEIL, M., ZIRFAS, J. (1993): Einkapselung von Sonderabfalldeponien. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Sicherung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. 39–52.

EICHMEYER, H., BOEHM, W., BREDEL, St. (1993): Untersuchung der Eignung bergmännischer Verfahren für die nachträgliche Sohlabdichtung von Deponien. – In: AUGUST, H. (Hrsg.): BMFT-Verbundvorhaben Deponieabdichtungssysteme: 2. Arbeitstagung 17.–19. März 1993 in Berlin. – Berlin: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM). – S. 261–270.

ELIAS, F., WIESMANN, U. (1993): Biologische Behandlung von Reststoffen der Bodenwäsche in einer 4-stufigen Rührreaktorkaskade im Labormaßstab. – In: Gesellschaft für Umweltkompatible Prozeßtechnik mbH (upt) (Hrsg.): II. Euroforum Altlasten am 30. 11.–02. 12. 1993 in Saarbrücken. – Saarbrücken: upt. – S. 211–222.

FEIL, A., WETZEL, H., NEEßE, Th. (1994): Charakterisierung der Sanierbarkeit kontaminierter Böden. – Terra-Tech 3 (3), 56–60.

FINSTERWALDER, K. (1993): Entwurf und Umsetzung von Einkapselungsmaßnahmen bei Altlasten. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Sicherung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. 53–60.

FISCHER, J. (1993): Kombinations-Dichtwände – Idee, Ausführung, Entwicklungstendenzen. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Sicherung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. 61–72.

FISCHER, K. (1994): Wechselwirkungen natürlicher Komplexbildner mit bodengebundenen Schwermetallen: geochemische und umwelttechnische Aspekte. – GIT Fachz. Lab. (3), 171–176.

FRANZIUS, V. (1993a): Bestandsaufnahme und Sachstand der Bodensanierung – In: NORDAC (Norddeutsches Altlastensanierungszentrum, Hamburg) (Hrsg.) (1994): Das Investitionserleicherungsgesetz in der Praxis: Auswirkungen auf die Bodensanierung in Deutschland. – Bonn: Economica. – S. 64–75.

FRANZIUS, V. (1993b): Stand der Bodenreinigungsverfahren bei der Altlastensanierung (on/off site-Verfahren). – UTA Umwelt – Technologie – Aktuell 4 (6), 463–473.

FRANZIUS, V. (1994): Altlastensituation und Perspektiven der Bodenreinigung in Deutschland. – Vortrag im Rahmen des „Forum Umweltschutz '94" der TÜV-Akademie Rheinland „Altlasten und kontaminierte Böden" am 12.–13. Oktober 1994 in Köln. – Kurzfassung. – 3 S.

FRIEDRICH, St., JANSKY, H.-J., NEUMANN, V., STEGLICH, H.-E. (1994): Versuchsanlage der BAM zur Untersuchung der Bodenwäsche. – Aufbereitungs-Technik 35 (6), 291–298.

FUISTING, J., LEONHARD, J. (1994): Die Bedeutung der Re-Kontamination bei naßmechanischen Bodenreinigungsverfahren. – Chem.-Ing.-Tech. 66 (9), 1248.

GEIL, M. (1991): Untergrundabdichtung des Neusser Hafens als Beispiel für die Durchführung einer nachträglichen Basisabdichtung. – In: KOMPA, R., FEHLAU, K.-P. (Hrsg.): Altlasten und kontaminierte Böden '91: Ökologisches Sanierungskonzept, Rüstungsaltlasten, Beurteilung von Altlasten, Sanierungsbeispiele. – Köln: Verl. TÜV Rheinland 1992. – S. 315–328.

GERSCHLER, L. J. (1990): Mit Einbindeverfahren Schadstoffe in Böden fixieren und Abfälle verfestigen. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Erkundung und Sanierung von Altlasten. – Berichte vom 6. Bochumer Altlastenseminar 1991. – Rotterdam: Balkema.

GOETZ, D. (1988): Wiederverwertbarkeit von gereinigten Böden. – In: FRANZIUS, V. (Hrsg.): Handbuch der Altlasten-Sanierung. – Heidelberg: R. v. Decker. – Grundwerk, Kap. 7.3. – 7 S.

GOSSOW, V. (1993): Bodenreinigung mittels Suspensions-Strip-Verfahren (Anlage in Modulbauweise). – In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1993: Rahmenbedingungen, Sanierungsgesellschaften, Sanierungstechniken. – Vortragsband (Preprints). – Berlin: FGU. – 5 S. (zugl. in: – Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Bd. 60).

GOSSOW, V., ZARBOK, P. (1991): Die Aufbereitung kontaminierter Böden – Anwendung von physikalischen Trenntechniken und chemischer Laugung. – Vortrag auf der Tagung „Abfallbehandlung und Altlastensanierung" am 9./10. Oktober 1991 in Aachen. – Sonderdruck aus Aufbereitungs-Technik. – 7 S. [siehe auch Aufbereitungs-Technik 33 (5) (1992), 248–256].

GOTTSCHALK, G., KNACKMUSS, H.-J. (1993): Bakterien und der Abbau von Chemikalien: Natürliches und durch Kombination oder Konstruktion Erreichbares. – Angewandte Chemie 105 (10), 1437–1448.

GRONHOLZ, C. (1992): Neu entwickelte Technologie zur Quecksilberentfernung aus Boden und Schlamm: Darstellung der Ergebnisse aus der Praxis. – In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1992: Ökologischer Aufbau, Sicherung

und Sanierung. – Vortragsband (Preprints). – Berlin: FGU. – S. 199–206.

HANNINK, G., MEER, J. P. van der, MISCHGOFSKY, F. H., KEULEN, R. W., VELDE, J. L. van de, WALLE, F.B. de (1989): Auskofferung der dioxinbelasteten Deponie Hyde-Park in Niagara Falls, New York, USA. – In: FRANZIUS, V. (Hrsg.): Handbuch der Altlastensanierung. – Heidelberg: R. v. Decker. – 4. Lieferung, 11/89. – Kap. 5.1.1.1. – 14 S.

HECKENKAMP, G., SAURE, Th. (1994a): BMFT-Vorhaben „Abfallwirtschaftliche Rekonstruktion von Altdeponien". Ergebnisse der Untersuchung an Altmüll im Hinblick auf Deponieumlagerung und Altmüllbehandlung (1. Teil). – Müll und Abfall 26 (3), 155–161.

HECKENKAMP, G., SAURE, Th. (1994b): BMFT-Vorhaben „Abfallwirtschaftliche Rekonstruktion von Altdeponien". Ergebnisse der Untersuchung an Altmüll im Hinblick auf Deponieumlagerung und Altmüllbehandlung (2. Teil). – Müll und Abfall 26 (4), 227–234.

HENNING, P., HARPERING, H., POLL, K. G., VOIGT, G. (1993): In-situ-Bodensanierung mit Schallenergie. – Terra-Tech 2 (4), 61–65.

HERRLING, B., BÜRMANN, W., STAMM, J. (1990): In-situ-Beseitigung leichtflüchtiger Schadstoffe aus dem Grundwasserbereich mit dem UVB-Verfahren. – In: Institut für wassergefährdende Stoffe (Hrsg.): Neuer Stand der Sanierungstechniken von Altlasten. – Berlin: E. Schmidt. – IWS-Schriftenreihe, Bd. 10. – S. 71–99.

HETTLER, A., VERSPOHL, J. (1994): Sanierung der dioxinbelasteten Metallhütte Carl Fahlbusch: Eine Übersicht. – WLB Wasser, Luft und Boden 38 (3), 74–78.

HIM-ASG (Hessische Industriemüll GmbH, Bereich Altlastensanierung) (1993): Jahresbericht 1992. – Wiesbaden: HIM. – S. 14 f.

HOLZLÖHNER, U., AUGUST, T., MEGGYES, T., BRUNE, M. (Hrsg.) (1994): Forschungsbericht 201: Deponieabdichtungssysteme. – Erstellt von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) im Rahmen des BMFT-Verbundvorhabens „Weiterentwicklung von Deponieabdichtungssystemen" (BMFT-Förderkennzeichen: 1440569-17). – Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW. – 210 S.

HUDEL, K., FORGE, F., KLEIN, R., SCHRÖDER, H. Fr., TRÄNKLER, J., DOHMANN, M. (1993): Reinigung organisch kontaminierter Böden durch Wasserdampfextraktion. Ergebnisse halbtechnischer Untersuchungen. – Projektskizze zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Altlastenentsorgung: On-site Aufbereitung und Verwertung organisch und schwermetallkontaminierter Böden mittels Wasserdampfextraktion bzw. Extraktion mit organischen Komplexbildnern" (BMFT-Förderkennzeichen: 1470 568/0) vom 30.11.1994, erstellt durch das Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (unter Mitarbeit von Bonnenberg + Drescher Ing.-GmbH, Aldenhoven) (unveröffentlicht). – 10 S.

IRVINE, R. L. (1994): Soil Bioreactors – Perspectives in the USA. – Vortrag im Rahmen des 418. DECHEMA-Kolloquiums am 3. März 1994 in Frankfurt a.M. (Kurzfassung: 1 S.).

ISA (Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen) (1992): Altlastenentsorgung: On-site Aufbereitung und Verwertung organisch und schwermetallkontaminierter Böden mittels Wasserdampfextraktion bzw. Extraktion mit organischen Komplexbildnern. – 1. Zwischenbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des BMFT (Förderkennzeichen: 1470 568/0), erstellt durch das ISA (unter Mitarbeit von Bonnenberg + Drescher Ing.-GmbH, Aldenhoven) (unveröffentlicht). – 67 S.

ITVA (Ingenieurtechnischer Verband Altlasten) (1993a): Entwurf der Arbeitshilfe „Schadstoffeinbindung durch Verfestigung als Möglichkeit der Immobilisierung" – Stand 5/93. – Altlastenspektrum 2 (3), 169–173.

ITVA (1993b): Entwurf der Arbeitshilfe Dekontamination durch Bodenwaschverfahren des ITVA-Fachausschusses H1 „Technologien und Verfahren". – Altlastenspektrum 2 (4), 229–233.

JAGER, J., WENGENROTH, K. (1991): Abfallwirtschaftliche Rekonstruktion von Altdeponien am Beispiel des Deponiestandortes Schöneiche. – Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1991: Bestandsaufnahme in Deutschland, Technologieumsetzung, Arbeitsschutz und Grundstücksverkehr. – Vortragsband (Preprints). – Berlin: FGU. – S. 181–212.

JESSBERGER, H. L. (1990): Bautechnische Sanierung von Altlasten. – In: ARENDT, F. et al. (Hrsg.): Altlastensanierung '90. – Dordrecht: Kluwer Acad. Publ. – S. 1299–1306.

JESSBERGER, H. L., NETELER, Th. (1992): Entwicklung und Beurteilung von Sanierungskonzepten für Altstandorte und Altablagerungen. – Abschlußbericht (Entwurf) zum Forschungsvorhaben des Landesamtes für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen. – Bochum: Ruhr-Universität. – Band 2: Leitfaden zur Bewertung und Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren (BAGS) [in Vorbereitung als „Leitfaden zur Bewertung und Auswahl von Sanierungsverfahren für Altlasten (BESAL)" für die Sanierungspraxis in Nordrhein-Westfalen].

JÖRISSEN, J., SOCHER, M., MEYER, R. (1993): TA-Projekt „Grundwasserschutz und Wasserversorgung", Teilbericht IV „Grundwassersanierung". – Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (Hrsg.). – Bonn: TAB. – TAB-Arbeitsbericht Nr. 17. – 121 S.

JÜTTERSCHENKE, P. (1994): Thermische In-situ-Bodensanierung mit Hochfrequenzenergie. – Terra-Tech 3 (2), 57–59.

KIELBURGER, G., SCHMITZ, H.J. (1993): Bodenbehandlungszentren: Die Jagd nach dem Boden hat begonnen. – Terra-Tech 2 (3), 46–57.

KMOCH, G. (1994): Ermittlung und Prognose des Aufkommens an verunreinigtem Boden und Abfall aus der Altlastensanierung als Grundlage für die Planung von Behandlungs- und Entsorgungsanlagen. – In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte 1994. – Vortragsband. – Berlin: FGU. – S. 111–130.

KOEHLER, K. F. (1989): Erfordernisse für ein Sanierungskonzept, aufgezeigt am Beispiel Dethlinger Teich; Verfahren zur gefahrlosen und emissionsfreien Bergung hochtoxischer Ablagerungen aus Sondermülldeponien, Rüstungsaltlasten, chemischen Kampfstoffen etc. – In: Der Niedersächsische Umweltminister (Hrsg.): Expertengespräch Rüstungsaltlasten am 25./26. April 1989 in Hannover. – Tagungsband, Referat Nr. 25. – 14 S.

KOHLER, W. (1993): Gemeinsame thermische Behandlung von Haus-/Gewerbemüll und Altmüll aus kommunalen Altablagerungen: Ergebnisse eines Verbrennungsversuches. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (1993): Das Modellstandortprogramm des Landes Baden-Württemberg. – Karlsruhe: LfU. – Materialien zur Altlastenbearbeitung, Bd. 12. – S. 343–368.

KOPP-HOLTWIESCHE, B. (1993): BIORACK: Ein leistungsstarkes Produkt zum biologischen Schadstoff-Abbau. – In: KREYSA, G., WIESNER, J. (Hrsg.): Bewertung und Sanierung mineralöl-kontaminierter Böden: Resumée und Beiträge des 10. DECHEMA-Fachgesprächs Umweltschutz. – Frankfurt a.M.: DECHEMA. – S. 430 f.

KRUBASIK, K. (1993): Neue Entwicklungen von seitlichen Altlasten-Umschließungen mit sickerwasserresistenten Dichtmassen. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Sicherung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. 127–136.

KUNTZE, H., HERMS, U., PLUQUET, E. (1984): Bodentechnologische Maßnahmen zur Sicherung schwermetallbelasteter Spülfelder. – In: Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Landwirtschaft, Strom- und Hafenbau (Hrsg.): Fachseminar Baggergut. – Veröffentlichung der Inhalte einer Vortragsveranstaltung vom 27. Februar bis 1. März 1984. – Hamburg: Selbstverl. – S. 287–307.

LAGEMAN, R., POOL, W., SEFFINGA, G. A. (1990): Elektrosanierung: Sachverhalt und zukünftige Entwicklungen. – In: ARENDT, F., HINSENVELD, M., BRINK, W. S. (Hrsg.): Altlastensanierung '90. – Dordrecht: Kluwer Acad. Publ. – S. 1197–1204.

LAUBAG Lausitzer Braunkohle AG (1994): Reststoffverwertung in den Anlagen der Braunkohlevergasung der LAUBAG am Standort Schwarze Pumpe. Aus Reststoff wird Wertstoff. – Abfallwirtschafts-Journal 6 (1/2), 2. – Umwelt (VDI) 24 (6), 283.

LEHMANN, G. (1992): Ergebnisse mikrobieller Dekontaminationsversuche auf einem ehemaligen Kokereistandort. – Entsorgungs-Praxis 10 (10), 653–661.

LfU B-W (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (Hrsg.) (1993): Handbuch Bodenwäsche. – Karlsruhe: LfU. – Materialien zur Altlastenbearbeitung, Bd. 11. – 270 S.

LORENZ, F. (1993): Praktische Erfahrungen auf dem Gebiet der naßmechanischen Bodenbehandlung. – In: STEGMANN, R. (Hrsg.): Bodenreinigung. Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung . . . – Bonn: Economica. – Hamburger Berichte Bd. 6. – S. 177–186.

LUND, N.-Ch., GUDEHUS, G. (1990): Laborversuche an ungestörten Großproben zur biologischen In situ-Sanierung kohlenwasserstoffbelasteter Böden. – In: ARENDT, F. et al. (Hrsg.): Altlastensanierung '90 -Dordrecht: Kluwer Acad. Publ. – S. 541–550.

MAHRO, B., KÄSTNER, M. (1993): PAK-Altlasten – Bewertung der mikrobiellen Sanierung. – Spektrum der Wissenschaft (10), 97–100.

MAHRO, B., KÄSTNER, M., BREUER-JAMMALI, M., SCHAEFER, G., KASCHE, V. (1993): Untersuchungen zum Verbleib von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in kontaminierten Böden nach Zugabe von Abbau-aktiven Mikroorganismen. – In: STEGMANN, R. (Hrsg.): Bodenreinigung. Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung . . . – Bonn: Economica. – Hamburger Berichte, Bd. 6. – S. 75–95.

MAUBEUGE, K. P. von, KELLER, D., EWERT, W., HAHN, A. (1993): Altlastensanierung mit kontrollierbaren Zwei-Phasen-Oberflächenabdichtungen. – In: Gesellschaft für Umweltkompatible Prozeßtechnik mbH (upt) (Hrsg.): II. Euroforum Altlasten am 30.11.-02.12.1993 in Saarbrücken. – Kongreßband (2 Bände). – Saarbrücken: upt. – S. 347–370.

McGRATH, S. P. (1994): Kontaminierte Böden mit Pflanzen entgiften. – Vortrag. – Terra-Tech 3 (2), 10.

MEGGYES, T. (1994): Dichtwände. – In: HOLZLÖHNER, U. et al. (Hrsg.): Forschungsbericht 201: Deponieabdichtungssysteme. – Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW. – S. 153–171.

MEGGYES, T., MÜLLER, U. (1991): Zum Stand des BMFT-Forschungsvorhabens „Weiterentwicklung von Deponieabdichtungssystemen". – In: BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin): Verbundvorhaben Deponieabdichtungssysteme (BMFT-Förderkennzeichen: 1440569). – Mitteilungen der Projektleitung Nr. 1 v. März 1991). – S. 14–34.

MEYER, O. (1993): Entwicklung biologischer Verfahren zur Sanierung CKW-kontaminierter Böden, Grundwasser und Abluft am Modellstandort Eppelheim: Mikrobiologische Grundlagen und bisherige Ergebnisse des Entwicklungsvorhabens. – In: (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (Hrsg.): Handbuch Altlasten: Das Modellstandortprogramm des Landes Baden-Württemberg – Erfahrungen für die Praxis der Altlastenbearbeitung. – Karlsruhe: LfU. – Materialien zur Altlastenbearbeitung, Bd. 12. – S. 313–342.

MEYER, Th. (1993): Optimierte Schadstoffextraktion zur Behandlung kontaminierter Altlasten. – bbr 44 (3), 112–115.

NEESSE, Th., GROHS, H. (1990/1991): Verfahrenstechnische Grundlagen des Bodenwaschens. – Sonderdruck aus Aufbereitungs-Technik. – Teil 1: 31 (10), 563–569; Teil 2: 31 (12), 656–662; Teil 3: 32 (2), 72–77; Teil 4: 32 (6), 294302. – 31 S.

NORDAC (Norddeutsches Altlastensanierungszentrum, Hamburg) (Hrsg.) (1994): Das Investitionserleichterungsgesetz in der Praxis: Auswirkungen auf die Bodensanierung in Deutschland. – Bonn: Economica. – S. 90–92.

ORLIA, W. (1993): DYNAGROUT-Dichtmassen für die Vertikalabdichtung. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Sicherung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. 181–187.

PAURAT, R. (1992): Bergung von Gefahrgut durch Auftrieb. – In: THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. et al. (Hrsg.): Management zur Sanierung von Rüstungsaltlasten. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 395–403.

PENNING, J. (1994): Die Projektträgerschaft „Abfallwirschaft und Altlastensanierung" stellt sich vor. – UTA Umwelt – Technologie – Aktuell 5 (1), 3–7.

PETZOLDT, O., BECKER, St. (1994): Behandlung kontaminierter Böden mit Heißdampf – die Verfahren SOILEX und TERRASTREAM. – Chem.-Ing.-Tech. 66 (9), 1245.

PLEQ (Plant & Equipment Engineering GmbH) (1994): Thermische Bodenreinigung (Broschüre). – Köln.

PÖCKL, E. E. (1993): Neues C/P-[chemisch-physikalisches, Anm. SRU] Kreislaufverfahren zur Bodendekontamination. – Entsorgungs-Praxis 11 (3), 118–119.

REIS, H. von (1993): Entwicklung biologischer Verfahren zur Sanierung CKW-kontaminierter Böden, Grundwasser und Abluft am Modellstandort Eppelheim: Konzeption und Realisierung des Entwicklungsvorhabens. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Das Modellstandortprogramm des Landes Baden-Württemberg. – Karlsruhe: LfU. – Materialien zur Altlastenbearbeitung, Bd. 12. – S. 283–312.

RENAUD, P. C. (1990): In-situ Extraktion von Schadstoffen aus Sondermülldeponien durch Elektroosmose. – In: ARENDT, F., HINSENVELD, M., BRINK, W. S. (Hrsg.): Altlastensanierung '90. – Dordrecht: Kluwer Acad. Publ. – S. 1205–1216.

RETTENBERGER, G. (1992): Erfahrungen mit Sicherungsverfahren. – Korrespondenz Abwasser 39 (10), 1492–1497.

RICHNOW, H. H., SEIFERT, R., MICHAELIS, W. (1993): Der Einfluß der Huminstoffe auf die biologische Bodenreinigung – Assoziation organischer Schadstoffe aus Mineralölkontaminationen. – In: STEGMANN, R. (Hrsg.): Bodenreinigung. Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung ... – Bonn: Economica. – Hamburger Berichte, Bd. 6. – S. 51–61.

RÖTGERS, D. (1993): Das CBBR-Verfahren zur reststoffarmen Altlastensanierung. – In: Gesellschaft für Umweltkompatible Prozeßtechnik mbH (upt) (Hrsg.): II. Euroforum Altlasten am 30. 11.–2. 12. 1993 in Saarbrücken. – Kongreßband (2 Bände). – Saarbrücken: upt. S. 736–747.

ROOS, H.-J., FORGE, F., SCHRÖDER, H. F., KLEIN, R., DOHMANN, M. (1993): Labortechnische Untersuchungen zur Schwermetallextraktion aus kontaminierten Böden unter Einsatz organischer Komplexbildner. – In: ARENDT, F., HINSENVELD, M., BRINK, W. S. (Hrsg.): Altlastensanierung '93. – Dordrecht: Kluwer Acad. Publ. – S. 1465–1466.

SCHALLER, A., DIEZ, Th. (1991): Pflanzenspezifische Aspekte der Schwermetallaufnahme und Vergleich mit den Richt- und Grenzwerten für Lebens- und Futtermittel. – Jülich: Forschungszentrum. – Berichte aus der Ökologischen Forschung; Bd. 6, S. 92–125.

SCHMIDT, J.-M., FRISTAD, W. E. (1994): Rückstandsfreie Sanierung schwermetallkontaminierter Böden . – Terra-Tech 3 (2), 43–44.

SCHULZ, S. (1992): Dekontamination verunreinigter Böden durch Gasextraktion. – In: Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Tagung „Forschungsnetz Abfallwirtschaft und Altlasten des Landes Nordrhein-Westfalen (FONAA)" am 20./21. Oktober 1992 in Düsseldorf. – Düsseldorf: LWA. – Tagungsband (Kurzfassung der Referate). – S. 124–132.

SCHUSTER, E., BLANK-HUBER, M. (1994): Bodenwäsche und Biologie unter einem Dach. – Terra-Tech 3 (1), 42–45.

SELLNER, M. (1994): Praxiserfahrungen aus einer Behörde. – Vortrag im Rahmen des 416. DECHEMA-Kolloquiums „Biotests für Bodenbelastungen" am 17. Februar 1994 in Frankfurt a. M. (Kurzfassung: 1 S.).

SIELSCHOTT, W., FRISCHKORN, C., SCHWUGER, M. (1993): Sanierung von PAH- und PCB-kontaminierten Böden durch überkritische Extraktion. – Chem.-Ing.-Tech. 65 (4), 434–436.

SINDER, Ch., FUISTING, J., Klein, J. (1994): Feinkörnige Böden sanieren. – Umwelt (VDI) 24 (5), 232, 234.

SPEI, B. (1991): Reinigung mineralölkontaminierten Erdreichs mit Tensiden. – WLB Wasser, Luft und Boden 35 (78), 77–80.

SRESTY, G., DEV, H., CARPENTER, P., BLANCHARD, C. (1994): Radio Frequency Heating.- In: U.S. Environmental Protection Agency (Hrsg.): Abstract Proceedings of the Fifth Forum on Innovative Hazardous Waste Treatment Technologies, Chicago, Ill., May 35, 1994. – Washington/DC, Cincinnati/OH: U.S. EPA. – EPA/540/R-94/503. – S. 15.

SRU (1989): Altlasten. – Stuttgart: Metzler-Poeschel 1990. – 304 S.

SRU (1990): Abfallwirtschaft. – Stuttgart: Metzler-Poeschel 1991. – 718 S.

STROH, D., DORGARTEN, H.-W. (1993): Neuentwicklungen und praktische Erfahrungen zu Verfahren der Einkapselung von Altlasten. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Sicherung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. 211–219.

STEGMANN, R. (1992): Verfahren zur Sicherung und Erweiterung von Altdeponien. – Wasser + Boden 44 (5), 293–300.

THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J., PAHL, U. (1994): Deponierückbau oder Altlastensanierung? – Abfallwirtschafts-Journal 6 (3), 142–147.

URBAN, D. (1993): Vertikale Abdichtung von Deponien und kontaminierten Böden. – bbr 44 (3), 102–111.

VIJGEN, J., MARSMAN, E., VREE, H. van, URLINGS, L., BÜLT, B. (1993): Biofilmreaktor zur simultanen Behandlung von Grundwasser und Bodenluft. – WLB Wasser, Luft und Boden 37 (5), 94–110.

WEILANDT, E. (1994): Die physikalische Nachbehandlung des gewaschenen Bodens im Sanierungskonzept der Rüstungsaltlast Stadtallendorf. – Vortrag im Rahmen des CPM-Seminars „Bewertung von sprengstoffspezifischen Schadstoffen auf Rüstungs- und militärischen Standorten", 25./26. April 1994, Bonn-Bad Godesberg (Kurzfassung: 2 S.).

WEIMER, L. D. (1994): The B.E.S.T.® Solvent Extraction Process for Remediation of Pesticide Contaminated Wastes. – In: U.S. Environmental Protection Agency (Hrsg.): Abstract Proceedings of the Fifth Forum on Innovative Hazardous Waste Treatment Technologies, Chicago, Ill., May 35, 1994. – Washington/DC, Cincinnati/OH: U.S. EPA. – EPA/540/R-94/503. – S. 6771.

WERTHER, J., WILICHOWSKI, M. (1993): Grundlagenuntersuchungen zur mechanischen Bodenaufbereitung. – In: STEGMANN, R. (Hrsg.): Bodenreinigung. Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung ... – Bonn: Economica. – Hamburger Berichte Bd. 6. – S. 133–164.

WICHERT, H.-W. (1994): Altlasten – Sicherung und Sanierung – Verfahrensüberblick und Kosten. – In: HERMANNS, K., WALCHA, H. (Hrsg.): Ökologische Altlasten in der kommunalen Praxis. Köln: Deutscher Gemeindeverlag – S. 64–76.

WIEDEMANN, H. U. (1994): Schadstoffeinbindung durch Verfestigung bei der Altlasten-Sicherung. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Sicherung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. 251–256.

WIEDEMANN, H. U. (1993): Immobilisierung als Abfall- und Altlastenbehandlung. – Vortrag im Rahmen des Umweltforums der Heidelberger Zement AG am 4. März 1993 in Leimen. – Manuskript. – 11 S.

WIENBERG, R. (1993): Schadstoffeinbindung in Bodenmörteln: Fallbeispiel Goldbekhaus. – In: STEGMANN, R. (Hrsg.): Bodenreinigung. Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung... – Bonn: Economica. – Hamburger Berichte Bd. 6. – S. 347–377.

WIENERS, A. (1993): Praktische Erfahrungen bei der Sicherung von Altlasten mit Stahlspundwänden. – In: JESSBERGER, H. L. (Hrsg.): Sicherung von Altlasten. – Rotterdam: Balkema. – S. 221–237.

WILICHOWSKI, M., WERTHER, J. (1994): Untersuchungen zur Einsetzbarkeit der Flotation bei der Wäsche kontaminierter Böden. – Chem.-Ing.-Tech. 66 (9), 1244.

WILKE. B.-M. (1990): Eigenschaften von thermisch gereinigtem Boden. – Müll und Abfall 22 (12), 780–783.

ZARTH, M. (1993): Untersuchungen zur Stoffbilanz und Metabolitenbildung Weißfäule-Mieten mit PAK-belasteten Boden. – In: STEGMANN, R. (Hrsg.): Bodenreinigung. Biologische und chemisch-physikalische Verfahrensentwicklung ... . – Bonn: Economica. – Hamburger Berichte Bd. 6. S. 121–129.

Literatur zu Anhang 2

BARKOWSKI, D., WATZKE, R. (1992): Sanierungsuntersuchung Grube Johannes in Wolfen/Bitterfeld. – WLB Wasser, Luft und Boden 36 (7–8), 81–84.

BMU (1992): Probleme des chemischen Pflanzenschutzes in der ehemaligen DDR. – Umwelt (BMU) (11), 19–20.

BMU (1994): Ökologischer Aufbau – Altlastensanierung. – Eine Information des Bundesumweltministeriums (Hrsg.). – Bonn: BMU. – S. 34.

BÜRGER, G., BRÖSDORF, C. H., KUSCHK, P., STOTTMEISTER, U. (1993): Gaschromatographischer Nachweis flüchtiger Schwefelverbindungen im Biogas der anaeroben mikrobiologischen Behandlung von Braunkohlenprozeßwässern. – awt abwassertechnik 44 (1), 48–49.

EBNER, L., JUNGE, S., PEHL, W. J. (1993): Branchentypische Inventarisierung von umweltgefährdenden Stoffen und die wesentlichen Produktionslinien auf Altlaststandorten der ehemaligen DDR. – Gutachten der PROTEKUM Umweltinstitut GmbH Oranienburg für den Rat von Sachverständigen für Umweltfragen. – Oranienburg – (unveröffentlicht).

FÖRSTER, W., KOCH, P. (1991): Altlasten des Erzbergbaus. – Neue Bergbautechnik 21 (9), 332–339.

LUTZ, G., OTTO, W., SCHÖNBERGER, H. (1991): Neue Altlast. – Müllmagazin (3), 55–60.

Ministerium für Umwelt und Naturschutz des Landes Sachsen-Anhalt (1992): Umweltbericht 1991.

SCHMIDT, H., WINKLER, R. (1991): Bewertung der Belastung des Bodens und der Ökosysteme der ehemaligen DDR mit Pflanzenschutzmitteln. – UBA-Forschungsbericht (Signatur: UBA-FD 91-087).

Literatur zu Anhang 3

AUST, H.-J., DIERICHEN, G. (1992): Physikalisch-chemische Extraktionsverfahren für Rüstungs- und militärische Altlasten. – In: SPYRA, W. et al. (Hrsg.): Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 239–243.

BACKOF, E., VOLK, F., HANSEN, R., HOMMEL, H. (1992): Probleme und Lösungsansätze bei der thermischen Beseitigung von kampf- und explosivstoffhaltigem Material. – In: Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (Hrsg.): Waste Management of Energetic Materials and Polymers.- Pfinztal: ICT. – S. 35-1 bis 35-21.

BARR, D. P., AUST, S. D. (1994): Mechanisms White Rot Fungi Use to Degrade Pollutants. – Environ. Sci. Technol. 28 (2), 78A–87A.

BC (Berlin Consult GmbH) (1993): Projektbeschreibung und Kurzdarstellung zum BMFT-Forschungsvorhaben „Prüfung und Weiterentwicklung eines chemisch-biologischen Verfahrens zur Entsorgung von TNT und TNT-haltigen Reststoffen mit modellgestützter Überwachung der biologischen Stufen" (Stand: 01. 11. 93).

BECKER, St., BRUCKAMP, J., WEILANDT, E. (1993): Bodensanierung durch Wasserdampfdestillation. – Terra-Tech 2 (4), 58–60.

BEYER, K., SCHÄTZLEIN-MAIERL, P. (1990): Chemisches Extraktionsverfahren zur Reinigung schwermetallkontaminierter Böden. – In: Institut für wassergefährdende Stoffe (Hrsg.): Neuer Stand der Sanierungstechniken von Altlasten – Berlin: E. Schmidt. – IWS-Schriftenreihe, Bd. 10. – S. 185–204.

BUNTE, G., HIRTH, Th., KRAUSE, H. (1992a): Druckhydrolyse von Treibmitteln. – In: Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (Hrsg.): Waste Management of Energetic Materials and Polymers. – Pfinztal: ICT. – S. 46-1 bis 46-13.

BUNTE, G., EISENREICH, N., HIRTH, Th., KRAUSE, H. (1992b): Entsorgung von Treib- und Explosivstoffen durch Prozesse in überkritischem Wasser. – In: Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (Hrsg.): Waste Management of Energetic Materials and Polymers.- Pfinztal: ICT. – S. 47-1 bis 47-11.

DAHN, A. (1992): Chemisch-biologisches Verfahren zur Entsorgung von Treibmitteln aus delaborierter Schützenwaffenmunition. – In: SPYRA, W. et al. (Hrsg.): Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 245–255.

DAHN, A. (1993): Chemisch-biologisches Verfahren zum Abbau von Treibmitteln auf Nitrozellulosebasis. – Vortrag im Rahmen des Wehrtechnischen Symposiums „Biologie in Technik und Umwelt" in der Bundesakademie für Wehrverwaltung und Wehrtechnik, Mannheim, vom 6./8. Sept. 1993. – Manuskript. – 20 S. u. 17 S. Anhang.

DAHN, A. (1994): Verfahrenskombinationen zum Abbau von Explosivstoffen und explosivstoffhaltigen Reststoffen. – Vortrag im Rahmen des Seminars „Altlasten" in der Technischen Akademie Wuppertal am 14. Okt. 1994. – Manuskript. – 17 S. u. Anhang.

FAIRWEATHER, J. A. (1994): Dekontamination TNT-belasteter Böden durch Heißluft-Strippen. – Vortrag im Rahmen des CPM-Seminars „Bewertung von sprengstoffspezifischen Schadstoffen auf Rüstungs- und militärischen Standorten", 25./26. April 1994, Bonn-Bad Godesberg (Kurzfassung: 2 S.).

FAULSTICH, M. (1989): Inertisierung fester Rückstände aus der Abfallverbrennung. – Abfallwirtschafts-Journal 1 (7/8), 20–56.

FELLER, K. A. (1992a): Biologische Verfahren bei Rüstungs- und militärischen Altlasten. – In: SPYRA, W., ... (Hrsg.): Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 167–176.

FELLER, K. A. (1992b): Arseneliminierung aus kontaminiertem Erdreich durch Bioakkumulation. – In: Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (Hrsg.): Waste Management of Energetic Materials and Polymers. – Pfinztal: ICT. – S. 63-1 bis 63-8.

FERNHOLZ, G., REISS, I., SCHLEUSSINGER, A., SCHULZ, S. (1994): Sanierung von Rüstungsaltlasten mit verdichteten Gasen. – Terra-Tech 3 (3), 61–64.

GÖBEL, M. (1994): Bewertung von sprengstoffspezifischen Schadstoffen auf Rüstungs- und militärischen Standorten. – Vortrag im Rahmen des CPM-Seminars „Bewertung von sprengstoffspezifischen Schadstoffen auf Rüstungs- und militärischen Standorten", 25./26. April 1994, Bonn-Bad Godesberg (Kurzfassung: 2 S.).

GOTTSCHALK, G., KNACKMUSS, H.-J. (1993): Bakterien und der Abbau von Chemikalien: Natürliches und durch Kombination oder Konstruktion Erreichbares. – Angewandte Chemie 105 (10), 1437–1448.

LENKE, H., DAUN, G., BRYNIOK, D., KNACKMUSS, H.-J. (1993): Biologische Sanierung von Rüstungsaltlasten. – Spektrum der Wissenschaft 14 (10), 106–108.

LÜTGE, Ch., OSWALD, D., SCHLEUSSINGER, A., SCHULZ, S. (1993): Energetische Optimierung der Hochdruckextraktion zur Bodensanierung. – Terra-Tech 2 (3), 80–83.

MACKOWIAK, H. P. (1992): Grundsätzliche Methoden zur Entsorgung von Explosivstoffen: Eine kritische Übersicht. – In: Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (Hrsg.): Waste Management of Energetic Materials and Polymers. – Pfinztal: ICT. – S. 9-1 bis 9-9.

MAJCHERCZYK, A., ZEDDEL, A., KELSCHEBACH, M., LOSKE, D., HÜTTERMANN, A. (1993): Abbau von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasser-

stoffen [+ PCB + TNT, Anm. SRU] durch Weißfäulepilze. – Bio-Engineering 9 (2), 27–31.

MARTENS, H. (1987): Verbrennungsanlage für schädliche Sonderabfälle. – Bericht der Wehrwissenschaftlichen Dienststelle der Bundeswehr für ABC-Schutz v. 16. Nov. 1987. – 19 S. – (unveröffentlicht).

MARTENS, H., GROTE, P. (1992): Technische Vorstellungen über die Sanierung von chemisch kontaminiertem Erdreich. – In: Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (Hrsg.): Waste Management of Energetic Materials and Polymers. – Pfinztal: ICT. – S. 34-1 bis 34-14.

MARTINETZ, D. (1992): Entsorgung chemischer Kampfstoffe aus Rüstungsaltlasten. – In: SPYRA, W. et al. (Hrsg.): Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 343–359.

MARTINETZ, D. (1993a): Rüstungsaltlast S-Lost. – Terra-Tech 2 (2), 40–44.

MARTINETZ, D. (1993b): Arsenorganische Verbindungen in Rüstungsaltlasten. – Terra-Tech 2 (4), 36–40.

MASSHOLDER, K. F. (1993): UV-Oxidation von Deponiesickerwässern in Kombination mit Ozon/H_2O_2-Sickerwasseraufbereitung durch Verfahrenskombination Biologie/UV-Oxidation. – Broschüre der Ultra Systems/UV-Oxidation GmbH. – Heidelberg.

MGC (Moser-Glaser & Co. Plasma AG) (1994): Entsorgung von Rüstungsaltlasten: Grünes Licht für Plasmox®-Anlage in Deutschland. – MGC-Newsletter (4), 12–15.

PETZOLD, O., BECKER, St. (1994): Behandlung kontaminierter Böden mit Heißdampf – die Verfahren SOILEX und TERRASTREAM. – Chem.-Ing.-Tech. 66 (9), 1245.

PREUSS, A., FIMPEL, J., DIEKERT, G. (1993): Anaerobic transformation of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT). – Arch. Microbiol. 159, 345–353.

SCHMIDT, J.-M., FRISTAD, W. E. (1994): Rückstandsfreie Sanierung schwermetallkontaminierter Böden. – Terra-Tech 3 (2), 43–44.

SCHNEIDER, M., THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. (1992): Biologische Behandlung von Explosivstoffen und explosivstoffbehafteten Böden. – In: SPYRA, W. et al. (Hrsg.): Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltlasten – Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik. – Berlin: EF-Verl. für Energie- und Umwelttechnik. – S. 177–228.

SCHULZ, S. (1992): Dekontamination verunreinigter Böden durch Gasextraktion. – In: Landesamt für Wasser und Abfall (LWA) Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Tagung „Forschungsnetz Abfallwirtschaft und Altlasten des Landes Nordrhein-Westfalen (FONAA)" am 20./21. Oktober 1992 in Düsseldorf. – Düsseldorf: LWA. – Tagungsband (Kurzfassung der Referate). – S. 124–132.

SPYRA, W. (1993): Beseitigung militärischer Altlasten. – Abfallwirtschafts-Journal 5 (7), 587–602.

SRU (1989): Altlasten. – Stuttgart: Metzler-Poeschel – 304 S.

SRU (1990): Abfallwirtschaft. – Stuttgart: Metzler-Poeschel – 718 S.

STOFFERS, H., WINTERBERG, R. (1993): TNT mikrobiologisch abbauen. – Terra-Tech 2 (4), 32–35.

WEILANDT, E. (1994): Die physikalische Nachbehandlung des gewaschenen Bodens im Sanierungskonzept der Rüstungsaltlast Stadtallendorf. – Vortrag im Rahmen des CPM-Seminars „Bewertung von sprengstoffspezifischen Schadstoffen auf Rüstungs- und militärischen Standorten", 25./26. April 1994, Bonn-Bad Godesberg (Kurzfassung: 2 S.).

ZIMMERMANN, K., MARTENS, H. (1994): Kontamination von militärischem Gelände im Raum Munster durch Arsenverbindungen. – Abfallwirtschafts-Journal 6 (7/8), 510–513.

Verzeichnis der Abkürzungen

a	Jahr (anno)
AbfAlG	Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz
AbfBestV	Abfallbestimmungs-Verordnung
AbfG	Abfallgesetz
AbfG LSA	Abfallgesetz des Landes Sachsen-Anhalt
ABl.	Amtsblatt
ABM	Arbeitsbeschaffungsmaßnahme
Abs.	Absatz
ACHEMA	Ausstellung für chemisches Apparatewesen
ADI	Acceptable Daily Intake, s. a. DTA
AG	Aktiengesellschaft
ALADIN	Altlasten-Daten-Informations-System
ALVF	Altlastverdachtsfläche
Anm.	Anmerkung
ARGEBAU	Arbeitsgemeinschaft der für das Wohnungs- und Siedlungswesen zuständigen Minister der Länder
Art.	Artikel (auch im Plural)
As	Arsen
AtG	Atomgesetz
ATV	Abwassertechnische Vereinigung
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
BAT	Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte
BauGB	Baugesetzbuch
BayAbfAlG	Bayerisches Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie
BESAL	(Leitfaden zur) Bewertung und Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren für Altlasten
BfLR	Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung
BG	Berufsgenossenschaft
BGA	Bundesgesundheitsamt
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGBl	Bundesgesetzblatt
BGH	Bundesgerichtshof
BGHZ	Entscheidungen des Bundesgerichtshofs in Zivilsachen
BHT-Koks	Braunkohle-Hochtemperatur-Koks
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BL-AG	Bund/Länder-Arbeitsgruppe
BLG	Bundesleistungsgesetz
BMBau	Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau
BMF	Bundesminister für Finanzen
BMFT	Bundesminister für Forschung und Technologie
BMU	Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVg	Bundesminister für Verteidigung
BN	Beweisniveau
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BR-Drucksache	Bundesrats-Drucksache
BSB	Biochemischer Sauerstoffbedarf
Bst.	Buchstabe
BT-Drucksache	Bundestags-Drucksache
BTX	Benzol, Toluol, Xylol (einkernige oder monozyklische aromatische Kohlenwasserstoffverbindungen)
BUA	Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker
BVerfGE	(Amtliche Sammlung der) Entscheidungen des Bundesverfassungsgerichtes
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BVerwGE	Bundesverwaltungsgerichtsentscheidung
BW	Baden-Württemberg
Cd	Cadmium
CKW	Chlorierte Kohlenwasserstoffe
CO_2	Kohlendioxid
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
Cu	Kupfer

d	Tag
DAG	Dynamit Aktiengesellschaft
DDT	Dichlor-Diphenyl-Drichlorethan
DECHEMA	Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DIHT	Deutscher Industrie- und Handelstag
DIN	Deutsche Industrienorm; Deutsches Institut für Normung
DNA	Desoxyribonukleinsäure
DÖV	Die Öffentliche Verwaltung (Zeitschrift)
DTA	Duldbare tägliche Aufnahmemenge, s. a. ADI
DVBl.	Deutsches Verwaltungsblatt (Zeitschrift)
DVO	Durchführungsverordnung
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau
E	Erkundung
E.-BBodSchG	Entwurf zum Bundes-Bodenschutzgesetz
EBM-Waren	Eisen-, Blech- und Metallwaren
EG	Europäische Gemeinschaft
EGAB	Erstes Gesetz zur Abfallwirtschaft und zum Bodenschutz im Freistaat Sachsen
EGBGB	Einführungsgesetz zum Bürgerlichen Gesetzbuch
EPA	Environmental Protection Agency (US-Umweltschutzbehörde)
ERP	European Recovery Program (Europäisches Wiederaufbauprogramm)
ESPAG	Energiewerke Schwarze Pumpe AG
et al.	und (andere) Mitarbeiter
EU	Europäische Union
EV	Einigungsvertrag
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (heute: EU)
FAO	Food and Agriculture Organization (Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen)
FAZ	Frankfurter Allgemeine Zeitung
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
g	Gramm
GAB	Gesellschaft zur Altlastensanierung in Bayern
GABl.	Gemeinsames Amtsblatt
GC	Gaschromotographie
ges.	geschlossen
Gew.-%	Gewichtsprozent
GG	Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland
GGVS	Gefahrgutverordnung Straße
GMBl.	Gemeinsames Ministerialblatt
GVBl.	Gesetz- und Verordnungsblatt
h	Stunde
H_2O_2	Wasserstoffperoxid
ha	Hektar
HAbfAG	Hessisches Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz
HCH	Hexachlorcylohexan-Isomeren
HDPE	Polyethylen hoher Dichte
Hg	Quecksilber
HIM	Hessische Industriemüll GmbH
HIM-ASG	Hessische Industriemüll GmbH – Bereich Altlastensanierung
HLfU	Hessische Landesanstalt für Umwelt
HmbAbfG	Hamburgisches Abfallwirtschaftsgesetz
Hs.	Halbsatz
i.B.	in Betrieb
IABG	Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH
ICT	Fraunhofer Institut für Chemische Technologie
ISAL	Informationssystem Altlasten
ITVA	Ingenieurtechnischer Verband Altlasten
IUR	Informationsdienst Umweltrecht
IVG	Industrieverwaltungsgesellschaft
IWS	Institut für wassergefährdende Stoffe e.V. an der Technischen Universität Berlin
k.A.	keine Angabe
k_f-Wert	Durchlässigkeitsbeiwert
kg	Kilogramm (10^3 g)
km	Kilometer (10^3 m)
KOSAL	(Systematik zur) Kostenermittlung bei der Altlastensanierung
Krw-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KSVO	Klärschlammverordnung
l	Liter

L.U.B.	Lurgi-Umwelt-Beteiligungs-gesellschaft
LAbfG	Landesabfallgesetz
LAbfVG	Landesabfallvorschaltgesetz
LAbfWAG	Landesabfallwirtschafts- und Altlastengesetz
LAbfWG	Landesabfallwirtschaftsgesetz
LABO	Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LAI	Länderausschuß für Immissionsschutz
LAUBAG	Lausitzer Braunkohlen AG
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LD_{50}	Letale Dosis für 50 % der Versuchstiere
LEG	Landesentwicklungsgesellschaft
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
LfUG	Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht
LHKW	leichflüchtige halogenierte-Kohlenwasserstoffe
lit.	littera (Buchstabe)
LKG	Landeskulturgesetz (ehemalige DDR)
LMBG	Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz
LÖLF	Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen
LWA	Landesamt für Wasser und Abfall
m	Meter
m/s	Meter pro Sekunde
MAGMA	Modell zur Abschätzung der Gefährdung durch militärische und Rüstungsaltlast-Verdachtsflächen
MAK	Maximale Arbeitsplatz-konzentration
MEMURA	Modell zur Erstbewertung von militärischen und Rüstungsaltlast-Verdachtsflächen
mg	Milligramm (10^{-3} g)
MinBl.	Ministerialblatt
Mio	Million
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
Mrd	Milliarde
N_2O	Distickstoffoxid
NAbfG	Niedersächsisches Abfallgesetz
NATO	North Atlantic Treaty Organization
Ni	Nickel
NJW	Neue Juristische Wochenschrift (Zeitschrift)
NLÖ	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
NO_x	Stickstoffoxide
NRW	Nordrhein-Westfalen
NTS	NATO-Truppenstatut
NuR	Natur und Recht (Zeitschrift)
NVA	Nationale Volksarmee
NVwZ	Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht
OVG	Oberverwaltungsgericht
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine
PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane
PER	Perchlorethylen
pH-Wert	Maß zur Bestimmung des sauren, neutralen oder basischen Charakters einer wässrigen Lösung
ppb	parts per billion (Teile auf 1 Milliarde Teile; $1:10^9$)
ppm	parts per million (Teile auf 1 Million Teile; $1:10^6$)
PRISAL	(Systematik zur) Prioritäten-ermittlung bei der Sanierung von Altlasten
PSM	Pflanzenschutzmittel
PVC	Polyvinylchlorid
RAL	Deutsches Institut für Güte-sicherung und Kennzeichnung
RBBau	Richtlinie
Rdnr.	Randnummer
RFA	Röntgenfluoreszenzspektroskopie
RVU	Raumverträglichkeitsuntersuchung
Rz	Randziffer
SAbfG	Saarländisches Abfallgesetz
Sb	Antinon (Stibium)
Slg.	Sammlung
SERO-System	Sekundärrohstoff-Sammelsystem
SO_2	Schwefeldioxid
SRU	Rat von Sachverständigen für Umweltfragen

t	Tonne (10^6 g)
TA Abfall	Technische Anleitung Abfall
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TA Siedlungsabfall	Technische Anleitung Siedlungsabfall
TCDD	2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin
Th AbfAG	Thüringer Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz
THA	Treuhandanstalt
TNT	2,4,6-Trinitroluol
TRD	Tolerierbare Resorbierbare Körperdosis
TS	Trockensubstanz
TÜV	Technischer Überwachungsverein
TWh	Terrawattstunde (10^{12} Wh)
Tz.	Textziffer
UBA	Umweltbundesamt
UPR	Umwelt- und Planungsrecht (Zeitschrift)
US	United States (Vereinigte Staaten)
UV	Ultraviolett (Licht)
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VCI	Verband der Chemischen Industrie
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VEB	Volkseigener Betrieb
VG	Verwaltungsgericht
VGH	Verwaltungsgerichtshof
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (Niederländisches Ministerium für Volksgesundheit, Raumordnung und Umweltschutz)
VwV	Verwaltungsvorschrift
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
WaBoLu	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
WGT	Westgruppe der sowjetischen Gruppen
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WHO	World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)
ZA-NTS	Zusatzabkommen zum NATO-Truppenstatut
Ziff.	Ziffer
ZUR	Zeitschrift für Umweltrecht

Register

(Die Zahlenangaben beziehen sich auf Textziffern. Halbfette Textziffern betreffen Kapitel 4 „Schlußfolgerungen und Empfehlungen".)

Abfallabgabe 185
- Baden Württemberg 172
- Bremen 175
- und Sanierung militärischer Altlasten 421

Abfallrecht
- ehemalige DDR 280
- Überwachung stillgelegter Anlagen 226
- Vollzugsdefizit 280, 284f.

Absolutwertverfahren 103, 109, Tab. 1.14

AGAPE Tab. 1.14

Agrochemische Zentren 251, 261, 562, Tab. 2.7, Tab. 2.8

Akkumulation von Schadstoffen 98, 119
- Akkumulierbarkeitspotential 93
- militärchemische Stoffe 355

ALADIN 374

Allmählichkeitsschäden 224, **459**

Altablagerungen
- industrielle 257
- Stoffspektrum, ehem. DDR 255f., **431**

Altlastenbegriff 12ff., **426**, Abb. 1.1

Altlastenfonds
- Baden-Württemberg 172
- Hessen 177
- und Sanierung militärischer Altlasten 421

Altlastenkataster 194f., **432**
- Bundesliegenschaften 346

Altlastenvorschriften, neue Länder 289

Altlastverdachtsfläche
- Datei 17, 22, 55, **429**
- Erfassung 22, 411, **429** s. auch jeweiliges Bundesland
- Prüfraster 15f., 92, **443**
- Statistik 55
- Stoffspektrum, ehemalige DDR **431**, Tab. 2.7, Tab. 2.8, *Abschn. 2.2.1.2; Anhang 2*
- Teilflächen 7

Altstandorte
- des Militärbetriebs 336f., 401, 418ff., **465**, *Abschn. 3.5.1.1*
- der Militärproduktion 336f., 401, 421, **464** *Abschn. 3.5.1.2*
- gesetzliche Definition 192, 290
- Stoffinventarisierung, branchentypische 57, 354, **430**, Tab. 2.7, *Abschn. 2.2.1.2*
- Stoffspektrum, ehemalige DDR **431**, Tab. 2.7, *Abschn. 2.2.1.2; Anhang 2*

Analysemethoden 62, 371
- Qualitätssicherung 125, 372, **435**
- rechtliche Vorgaben 199
- zur Bestimmung des resorbierbaren Anteils 100f.

anorganische Grundstoff-Chemie 557ff.
- anorganische Chlorchemie 558
- Chlorerzeugung 558
- Fluorchemie 559
- Phosphorchemie 559
- Schwefelsäure-Herstellung aus Sulfaten 557
- Stickstoffchemie 559
- Zementherstellung 557

Anwohnerschutz, Sanierung militärischer Altlasten 387, 391, **452**

Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen 184

Arbeitsschutz bei der Sanierung 69, 267, 387, 391ff., **452**

ARGEBAU-Mustererlaß 139, 223

Auswahl von Sanierungsverfahren
- bei militärchemischen Altlasten 388
- Objektivierung 145

Baden-Württemberg
- Finanzierungsmodell 172
- Gefährdungsabschätzung 58, 89, 102, 108, Tab. 1.14
- gesetzliche Regelungen 402, Tab. 1.21
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 24f.

Basisabdichtung 490ff.
- bergmännische Unterfahrung 490
- Düsenstrahlverfahren 490
- Injektion durch Aufbrechen 490
- Poreninjektionsverfahren 490
- Weichgelinjektion 490f.

Basisdaten Toxikologie zur Gefahrenbeurteilung 84ff., 92

Bauleitplanung 220 ff., 381

Bayern
- Finanzierungsmodell 173
- Gefährdungsabschätzung 58, 102, Tab. 1.14
- gesetzliche Regelungen 402, Tab. 1.21
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 26f.

Bedampfung 565f., 570ff.

Bergbau
s. auch Braunkohle
- bergbauliche Wasserhaltung 259, **445**
- gesetzliche Regelungen, ehemalige DDR 283
- Tagebaurestlöcher s. dort

Bergbaufolgelandschaften 561

bergmännische Unterfahrung 490, 492f.
- Stollensysteme 492
- Schwerteinbauverfahren 492

Berlin
- Finanzierungsmodell 174
- Gefährdungsabschätzung 58, Tab. 1.14
- gesetzliche Regelungen 291, 402, Tab. 1.21
- Sonderstellung militärische Altlasten 414
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 28ff.

Besorgnisgrundsatz und Sanierungszielfindung 122

Betreiberverantwortlichkeit
- DDR-Betriebe 281, 285, **460**
- frühere Rüstungsbetriebe 416, **464**

Bewertungsmaßstäbe 61
- ökotoxikologische 115f.
- rechtliche 195, 199ff.
- toxikologische 72, 91

Bewertungsverfahren
s. Gefährdungsabschätzungsmodelle

biochemischer Sauerstoffbedarf 93, 118

biological Monitoring
s. Biomonitoring

biologische Halbwertzeit 96

biologische Sanierungsverfahren 517ff.
- makrobiologische Sanierungsverfahren 523, 565
- mikrobiologische Sanierungsverfahren s. dort
- spezifische Kosten Tab. 1.17

Biomagnifikation 119

Biomonitoring
- aktives 119
- Einsatzgebiete 120, 130, 154, 156, **444, 446**
- Human-Biomonitoring 66, 75
- passives 119

Biotopverbund 263

Bitterfeld 228, 240, 330, 546f., 558ff.

Bodenaushub
- als Abfall 205, 207, 212
- Wiederbelebbarkeit 155
- Wiederverwendbarkeit 207
- Zwischenlagerung 212

Bodenbehandlungszentren 209ff., 499f., Abb. A 1.3
s. auch Dekontaminationsverfahren

Bodenbelastung 6
- diffuse 8, 16, **426**
- großflächige 7, 16, **426**

Bodeninformationssystem 214, 216, **457**

Bodenluftabsaugung 471, 513

Bodenreinigungsanlagen
s. auch Dekontaminationsverfahren
- Genehmigungsverfahren 206, 208ff., 268, **455**
- mobile 209ff., 499
- rechtliche Rahmenbedingungen *Abschn. 1.6.2*
- stationäre 267, 500
- umweltbezogene Anforderungen 211, **455**
- Versuchsanlagen 210

Bodenschutzgesetz
- des Bundes 61, 91, **434, 443, 453f.** *Abschn. 1.6.1.2*
- der neuen Länder 288ff.

Bodenwerte
s. Maßnahmenwerte
s. Orientierungswerte
s. Prüfwerte
s. Sanierungszielwerte

branchentypische Inventarisierung 57, **430**
- ehem. DDR Tab. 2.7, *Abschn. 2.2.1.2*
- Rüstungsaltstandorte 354

Brandenburg
- Gefährdungsabschätzung 58, 231
- gesetzliche Regelungen 292, 402
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 231f.

Braunkohle 251, 560, Tab. 2.7; Abb. A 2.4
s. auch Carbochemie
- Braunkohletagebau 560
- Braunkohle-Brikettierung 560
- Braunkohleverbrennung 560

Braunkohlesanierungsbüro 265

Braunkohlevergasung 540

Braunkohleverschwelung 537, Tab. A 2.1, Abb. A 2.1

Bremen
- Finanzierungsmodell 175
- Gefährdungsabschätzung 58
- gesetzliche Regelungen 402, Tab. 1.21
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 31ff.

Buna-Kalk 542

Buna-Werke 472, 541af., 551, 553af., 558, Abb. A 2.2

Bundeswehr, Altlastenprogramm der 339, 345, Tab. 3.4, Tab. 3.5
- Aufbauorganisation 346
- Koordinierung zwischen Bundesressorts 347

Buntmetallerz 561

Carbid-Acetylen-Chemie 541f., Abb. A 2.2, Tab. A 2.2
- Carbid-Kalk 542
- Quecksilber-Verbrauch 542

Carbid-Cyanamid-Chemie 543
- Kalkstickstoff 543

Carbochemie 533ff.
- Hydrierung und Reformierung 538f.
- Standorte Tab. A 2.1
- Vergasung 540
- Verkokung 535f.
- Verschwelung 537, Abb. A 2.1, Tab. A 2.1

Cellulose- und Viskoseseideproduktion 555f.
- Ligninsulfonsäure-Abfälle 555
- Produktionsstandorte 556

Chemieindustrie, ehemalige DDR
s. Großchemie, neue Bundesländer

chemisch-physikalische Trenn- und Umwandlungsverfahren 503ff.
- chemische Umwandlung s. dort
- Desorptionsverfahren s. dort
- elektrokinetische Verfahren s. dort
- Extraktions- und Waschverfahren s. dort

chemische Kampfstoffe 334, 350, 352, 360
- Arsenverbindungen 365
- Blausäure und Chlorcyan 362
- Lost-Verbindungen 363
- organische Phosphorsäureester 361
- Verbindungen mit lokaler Reizwirkung 364

chemische Umwandlung 503, 565, 576ff., Tab. A 1.1, Abb. A 3.2
- Ionenaustausch Tab. A 1.1
- Hydrothermische Oxidation Tab. A 1.1
- Oxidation Tab. A 1.1

chemische Waffen 350
- Brandmittel 350, 352
- chemische Kampfstoffe s. dort
- Entkrautungs- und Entlaubungsmittel 350, 352, 366
- Nebel- und Rauchmittel 350, 352

chemischer Sauerstoffbedarf 93, 118

Chlorerzeugung 558
- Chlor-Alkali-Elektrolyse 558
- Quecksilber-Emissionen 558

Co-Metabolismus 517ff.

CSOIL-Modell der Niederlande 90, Tab. 1.14

DDR-Betriebe 277f.

DDR-Recht 273, 275f.
- Vollzugsdefizite 284f.

Dekontamination 19f., 150, 158, 267, **449**, Abb. 1.22
- Gleichwertigkeit zur Sicherung 150, 213, 396, **428, 456**

Dekontaminationsverfahren 498ff., 563ff.
- biologische Sanierungsverfahren s. dort
- Bodenbehandlungszentren **500**, Abb. A 1.3
- chemisch-physikalische Trenn- und Umwandlungsverfahren s. dort
- militärische Altlasten 563ff.
- mobile Bodenreinigungsanlagen 209ff., 499
- stationäre Bodenreinigungsanlagen 500

Delaborierung 386

Deponie
- Vorschriften, ehemalige DDR 280, 285

Desorptionsverfahren 503, 513ff., 568ff., Tab. A 1.1
- Bodenluftabsaugung 471, 513
- Bedampfung 565f., 570ff.
- Stripping 154, 513f., 569, Abb. A 1.4
- Ultraschalldruck-Verfahren 514f.
- Vakuumdestillation 514

Detailuntersuchung 60f., 103, 109, **434**
s. auch Einzelfallbewertung
s. auch Gefährdungsabschätzung
- Verfahren zur Tab. 1.14

Dichtmaterialien 484, 487f.

Dichtwandsysteme 479ff.
- Dichtmaterialien 484, 487f.
- Dichtwirkung 483, 485
- Dreiphasenverfahren 482, 484, 486
- Einmassenverfahren 482
- Einphasenverfahren 486
- Einschicht-Dichtwand 483
- Kombinationsdichtwand 482ff., 487f.
- Mehrwandkammersystem 486
- Mehrwandsystem 483
- Rüttelbohlen-Schmalwandverfahren 481, 485
- Stahlspundwandverfahren 481, 485
- Schlitzwandverfahren 482, 486
- Wand-in-Wand-Verfahren 482f.
- Zweiphasenverfahren 482, 484, 486

Dichtwirkung 483, 485

Drei-Bereiche-System 88

Dreiphasenverfahren 482, 484, 486

duldbare Aufnahmemengen 70ff., 92, 99, **437f.**

Durchführbarkeitsstudie **448**, *Abschn. 1.4.2*
- Sicherheitstechnik bei der Sanierung militärischer Altlasten 391ff.
- Wirksamkeit der Sanierungstechnik 394ff.

Düsenstrahlverfahren 490

Eigentumsverhältnisse, ehemalige DDR 305

Einbauwerte **450**
s. auch Sanierungszielwerte

Einigungsvertrag 275f., 300
- Überleitungsvorschrift für Anlagen 277

Einkapselung 267, 477ff.
- Basisabdichtung s. dort
- Dichtwandsysteme s. dort
- Oberflächenabdichtungssysteme s. dort

Einmassenverfahren 482

Einphasenverfahren 486

Einschicht-Dichtwand 483

Einzelfallbewertung 61, 105, 107f., 129, 373, **434**
- s. auch Detailuntersuchung

elektrokinetische Verfahren 503, 516, Tab. A 1.1
- Elektrolyse 503, Tab. A 1.1
- Elektroosmose 503, Tab. A 1.1
- Elektrophorese 503, Tab. A 1.1

Energiewirtschaft, ehemalige DDR 251, 560, Tab. 2.7, Abb. A 2.4

Entgasungsverfahren 525

Entnahmetechniken
s. Stoffentnahme

Erfassung, Altlastverdachtsflächen **429**
- länderspezifische Vorgehensweise 22
- NATO-Liegenschaften 411

Erstbewertung 60, 103, 109, **429**
- militärische Liegenschaften 345
- neue Länder 249
- Verfahren zur 103, Tab. 1.14

Erzverarbeitung 561, Tab. 2.7, Tab. A 2.3

ESPAG
s. Schwarze Pumpe

ESPERAL Tab. 1.14

Explosivstoffe 349, 352, 357
- organische Nitroverbindungen 352f., 358f., 367, 395, **577**, Tab. 3.6, Tab. 3.7
- pyrotechnische Sätze 349
- Sprengstoffe 349
- Treibmittel 349
- Zündstoffe 349

Explosivstofflexikon 353

Expositionsabschätzung 65, 103, **436, 438**

Expositionshöhe 65, **436**

Expositionspfade 65, 92

externe Effekte 165

Extraktions- und Waschverfahren 503ff., 567, Tab. A 1.1
- Bedampfung mit Wasserdampf 570ff.
- Flotation 510, 566
- Gasextraktion 512, 566
- Hochdruckextraktion 567
- Kombinationen 512
- Laugung 511f., 567
- naßmechanische Bodenaufbereitung (Naßklassierung) 504f., 565f., Abb. A 3.1
- nichtklassierende Verfahren 506
- Plasmapyrolyse 573ff.
- Solvent-Extraktion 511f.
- spezifische Kosten Tab. 1.17

Finanzierungsbedarf
- Abschätzung **466,** *Abschn. 2.4.5.2, Abschn. 3.5.3*
- militärische Altlasten 345

Finanzierungsmodelle 171, 173, 180
- s. auch Freistellungsregelung
- Baden-Württemberg 172
- Bayern 173
- Berlin 174
- Bremen 175
- Hamburg 176
- Hessen 177
- Niedersachsen 178
- Nordrhein-Westfalen 179
- Rheinland-Pfalz 180
- Saarland 181
- Schleswig-Holstein 182
- Steuerfinanzierung 186

Finanzierungsregelung, neue Länder **467,** *Abschn. 2.4.5.1*

Flächeneinsparungspotential 135f., 187, 220, 260, 317

Flächennutzungskonzept 263

Flächenrecycling 135, 187, 220, 223, 260, **446, 458**

Flotation 510, 566

Förderprogramme zur Finanzierung der Altlastensanierung 183
- Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen 184
- Informationen 183

Forschungsbedarf bezügl. Gefährdungsabschätzung **442f.**

Freiflächen 260f.

Freistellungsregelung *Abschn. 2.4.4, Abschn. 2.4.5.1;*
- Abwägungskriterien 320f., **462**
- Auflagen 304, 318
- Berücksichtigung von Umweltbelangen 317f., **462**
- Bund-Länder-Finanzausgleich 328
- Erwerber 310f.
- Finanzierungsregelung **467,** *Abschn. 2.4.5.1*
- freistellungsfähige Maßnahmen 314f.
- Großprojekte 326f., 330
- kommunale Altlasten 308, 327
- Schadensbegrenzung 312f.
- Unternehmensanteile 311

- Verwaltungsabkommen Bund-Länder *Abschn. 2.4.5.1*
- Weiterveräußerung 316
- Wirtschaftsförderung 302, 308, 321
- Zeitgrenze 315

Gasextraktion 512, 566

Gefährdungsabschätzung 91, **443,** *Abschn. 1.3*
- bei militärischen Altlasten *Abschn. 3.3*
- länderspezifische Vorgehensweise 58ff., 102, 105, 108, **434**
- toxikologische Kriterien *Abschn. 1.3.3*

Gefährdungsabschätzungsmodelle **440,** Tab. 1.14
- Absolutwert-Verfahren 103, 109
- formalisierte Verfahren 102, 107f.
- Grundwasser 87, 93ff., 102, 118, 375, **442**
- militärische Altlasten **441**
- Prognose-Modelle 103
- Relativwert-Verfahren 103
- Simulations-Modelle 103

Gefährdungspotential
- militärische Altlasten 340, 345, 356, **432**
- neue Bundesländer 248, 254, *Abschn. 2.2*
- toxikologische Kriterien **436ff.,** *Abschn. 1.3*

Gefahrenabwehr
- durch Sanierung 18
- durch Sofortmaßnahmen 344

Gefahrenbegriff 100

Gemeinsame Arbeitsgruppe „ökologische Altlasten" 265, 330

geographisches Informationssystem (GIS) 374

Gleichwertigkeit von Sicherung und Dekontamination 150, 213, 396, **428, 456**

Großchemie, neue Bundesländer 228, 251, Tab. 2.7; *Anhang 2*
- Carbochemie s. dort
- organische Basis-Synthesechemie s. dort
- anorganische Grundstoff-Chemie s. dort

Grundstücksfonds 139, 187f.

Grundwasser-Modellierung 95f., 146

Grundwasserabsenkung
s. Bergbau – bergbauliche Wasserhaltung

Grundwasserentnahmeentgelt 174

Grundwassergängigkeitspotential 93, 129

Grundwassergefährdung 9, 56, 87, 121, 126, 259, **430f., 445**
- Bewertung 87, 93ff., 102, 118, 375, **442,** *Tab. 1.14*

Grundwasserschäden 128, **445**

Hamburg
- Finanzierungsmodell 176
- Gefährdungsabschätzung 58, Tab. 1.14
- gesetzliche Regelungen 402, Tab. 1.21
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 34

Harnstoff-Formaldehydharze 549

Hazard Ranking System der US-EPA Tab. 1.14

Hemmnisbeseitigungsgesetz 304

Hessen
- Finanzierungsmodell 177
- Gefährdungsabschätzung 58, Tab. 1.14
- gesetzliche Regelungen 202, 402, *Tab. 1.21*
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 35ff.

Hintergrundbelastung 74f., 83, 88, 97, 99, 127, 199, **437f.**

historisch-deskriptive Voruntersuchung 368, 386

Hochdruckextraktion 567

How clean is clean? 124f.

hydraulische Methoden 474f.
- pneumatische Methoden 476
- „In Topf"-Sanierungsmaßnahmen 475,
- Abb. A 1.2
- „pump and treat"-Ansatz 475
- Einkapselung s. dort

Hydrierung 538f.

IABG 342ff., 417

Immobilisierung von Schadstoffen 395, 494ff.

Industriebrachen 220, 260

Industrieverwaltungsgesellschaft 417

Injektion durch Aufbrechen 490

in-situ-Verfahren 161, 267, **449,** Tab 1.15, *Abschn. 1.4.3*
s. auch mikrobiologische Sanierungsverfahren
s. auch thermische Verfahren
- spezifische Kosten Tab. 1.17

„In Topf"-Sanierungsmaßnahmen 475, Abb. A 1.2

Investitionshemmnis 260, 287, 300

ISAL 231, Tab. 1.14

IWS-Modell 102, 377, Tab. 1.14

Kampfmittel 386
- Herstellung s. Laborierung

Kampfstoffe
s. chemische Kampfstoffe
s. Explosivstoffe
s. militärchemische Stoffe

Kampfstofflexikon 353

Kombinationsdichtwand 482ff., 487f.

Kombinationswirkung von Schadstoffen 77, 84

kombinierte Sanierungsverfahren 21, 145, 147, 157, 159, 161, **449**

kommunale Altlasten 308, 327

Kooperationsmodelle zur Finanzierung 173, 180

Körperdosen, tolerierbare resorbierbare 67, 84ff., 359, 367, Tab. 3.7

KOSAL 102, 168

Kosten-Nutzen-Analyse 329

Kostenpflicht
- Aufteilung 203, **454**
- für die Erstbewertung 196
- für die Sanierung 202f.

Kostenschätzung für Sanierungsverfahren 167, Tab. 1.18
- Systematisierung s. dort

Krebsrisiko
- zusätzliches 71, 80, 83, 86, **437f.**

Kunststoff-Chemie 548ff., A 2.3
- Cellulose- und Viskoseseide-
- Produktion 555f.
- Duroplaste (Formaldehydharze) 549
- Herstellung von Polyacrylsäure-Derivaten 553
- Polyamid-Herstellung 550f.
- Polyester-Herstellung 552
- Polyethylen-Herstellung 554

Laborierung militärchemischer Stoffe 353, 386

Landesentwicklungsgesellschaften 188, **468**

Landwirtschaft, ehem. DDR 562, Tab. 2.7, Abb. A 2.5
s. auch landwirtschaftliche Altlasten

landwirtschaftliche Altlasten 261, 263, **430,** 562, Abb. A 2.5
s. auch Agrochemische Zentren
- Großtierhaltung 562
- Güllehochlastflächen 261, 562

Langzeitwirkungen 70ff., 117

Laugung 511f., 567

Lebensraumfunktion des Bodens 113

Legalisierungswirkung 275ff.
- Reichweite 278

Leitfaden Bodensanierung 90, 112, 130, Tab. 1.13

Lenkungsabgabe
s. Abfallabgabe

Leuna-Werk 228, 240, 330, 472, 539, 550, 554, 558

linearisiertes Multi-Stage-Modell 80

Lizenzgebührenmodelle 179

Lost-Verbindungen
s. chemische Kampfstoffe – Lost-Verbindungen

Machbarkeitskriterien 142

MAGMA 102, 374ff., Tab. 1.14

Mansfelder Land 228, 240, 257

Maßnahmenwerte 61, 86, 91, 97, 100, 123, 194
s. auch Orientierungswerte
- Ableitungskriterien 69ff., 91, 97, 197, 437f., **443**
- Analytik 101

Expertenkreis für die Ableitung 92, **443**

Maßstabsvergrößerung 144, 159

Mecklenburg-Vorpommern
- Gefährdungsabschätzung 58
- gesetzliche Regelungen 293, 402
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 233ff.

Mehrfachkontaminationen 77, 157, 267, 472

Mehrkomponentensanierung 267

Mehrwandkammersystem 486

Mehrwandsystem 483

Melamin-Formaldehyd-Harze 549

MEMURA 102, 343, 374ff., Tab. 1.14

mikrobiologische Sanierungsverfahren 517ff., 584ff.
- bakterielle Oxidation 517
- Beurteilungsmaßstäbe 519
- Co-Metabolismus 517ff.
- Einsatzgebiete 522
- Förderung standorteigener Mikroflora 518
- „in situ"-Anwendung 518, 522
- Metabolitenbildung 520
- Mischformen, Kombinationsverfahren 521f.
- off site-Verfahren 522
- on site-Verfahren 522
- Praxistauglichkeit 517f., 522
- spezifische Kosten Tab. 1.17
- Zeitbedarf 521f.

militärchemische Altlasten 337f., 340, 347, **432, 452,** Tab. 3.1, *Abschn. 3.3.1, Abschn. 3.4.2*
- militärchemische Stoffe s. dort
- Finanzierung der Sanierung 422ff., **465**

militärchemische Stoffe 334, **452,** *Abschn. 3.3.1*
- Aufnahme durch Pflanzen 359
- chemische Waffen s. dort
- chemische Kampfstoffe s. dort
- dermale Aufnahme 359
- Gefährdungspotential 356
- konventionelle Kampfstoffe s. Explosivstoffe
- Produktionsbedingungen 348
- Toxikologie *Abschn. 3.3.1.2*

militärische Altlasten *Kap. 3*
- Altlastenprogramm der Bundeswehr s. Bundeswehr, Altlastenprogramm
- Bestandsaufnahme 339ff., 345, **432**
- Definition **427**, *Abschn. 3.1*
- Dekontaminationsverfahren s. dort
- ehemalige Nationale Volksarmee 339, 345
- sowjetische Streitkräfte (WGT) s. Westgruppe der Truppen
- Gaststreitkräfte 339
- gesetzliche Regelungen 402
- Gefährdungspotential 340, 345, 356, **432**
- Klassifizierung 333ff., 340, Tab. 3.1
- Koordinierung zwischen Bundesministerien 347, **432**
- militärchemische Altlasten s. dort
- NATO-Liegenschaften s. dort
- Rüstungsaltlastverdachtsstandort 339, 341
- Sonderprobleme Berlin 414
- völkerrechtliche Verträge 403, 406, Tab. 3.8

Mobilitätspotential 93

Modell Baden-Württemberg 89, 102, 108, 375, 377, Tab. 1.14

Munster
- Bodenreinigungsanlage Munster I 582, Tab. A 3.1
- Bodenreinigungsanlage Munster II 566, 573, 577, Abb. A 3.1

Nachhaftung 215, **457**

Nachsorgephase
- nach Sanierung 153, 155, **450**
- nach Betriebseinstellung 225

naßmechanische Aufschlußverfahren s. Extraktions- und Waschverfahren – naßmechanische Bodenaufbereitung

NATO-Liegenschaften 340, 345
- Anwendung deutschen Umweltrechts 410f.
- Erfassung 411
- NATO-Truppenstatut 405, **463**

Naturschutz

Nutzungsszenario für nicht sanierte Flächen 97, 130f., 382f., **446**

Negativfälle 15, 55

nichtklassierende Verfahren 506

Niederländische Liste s. Leitfaden Bodensanierung

Niedersachsen
- Finanzierungsmodell 178
- Gefährdungsabschätzung 58, 106, 377, Tab. 1.14
- gesetzliche Regelungen 402, Tab. 1.21
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 39ff.

Nitroverbindungen, organische 352f., 358f., 367 395, **577**, Tab. 3.6, Tab. 3.7

Nordrhein-Westfalen
- Finanzierungsmodell 179
- Gefährdungsabschätzung 58, 106, Tab. 1.14
- gesetzliche Regelungen 402, Tab. 1.21
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 43ff.

Nutzung
- Maßstab für die Gefährdungsabschätzung 64
- Maßstab für die Sanierung 19, 204, **445**

Nutzungsänderung 136f., 260

Nutzungsart 97

Oberflächenabdichtungssysteme 477ff.
- Kombinationsabdichtungssysteme 477
- Oberflächenabdeckung 477
- Oberflächenversiegelung 478

off-site-Verfahren *Abschn. 1.4.3* s. auch mikrobiologische Sanierungsverfahren

Ökosystem 111f.
- Abundanz 113, 119
- Artenvielfalt 113, 119
- Gleichgewicht 110
- in der Gefährdungsabschätzung 114, 117ff., **444**
- Sanierungszielfindung 130

ökotoxikologische Charakterisierung 115ff., **444**

on-site-Verfahren 267, *Abschn. 1.4.3* s. auch mikrobiologische Sanierungsverfahren
- spezifische Kosten Tab. 1.17

organische Basis-Synthesechemie 541ff.
- Carbid-Acetylen-Chemie 541f., Abb. A 2.2, Tab. A 2.2
- Carbid-Cyanamid-Chemie 543
- Kunststoff-Chemie s. dort
- Produktion von Pflanzenschutzmitteln 544ff.

Orientierungswerte 67, 84ff., 87, 97, 105 s. auch Maßnahmenwerte s. auch Prüfwerte
- Ableitungskriterien 69ff., 91, 97, **437f.**
- Baden-Württemberg 89
- bodenbiologische 116
- Expositionsdauer 69f.
- Grundwasserbelastung 127ff.
- toxikologische Begründung 68, 97, **437**

passive, adsorptive Sammelverfahren 370

Persistenzpotential 93ff., **442**

Pflanzenschutzmittel-Produktion 544ff.
- Fungizidproduktion 547
- Herbizidproduktion 545
- Insektizidproduktion 546

pharmakokinetische Modelle 73

Phenolharze 549

Phosgen
s. chemische Kampfstoffe – Verbindungen mit lokaler Reizwirkung

Planungsbeschleunigung 223, 298f., **458, 461**

Plasma-Schmelzverfahren 526

Plasmapyrolyse 573ff.

pneumatische Methoden 476

Polizeirecht 287, 404, 415f.
s. Betreiberverantwortlichkeit
s. Zustandsverantwortlichkeit

Polyacrylnitril-Produktion 553

Polyacrylsäure-Produktion 553

Polyamidherstellung 550f.

Polyester-Produktion 552

Polyethylen-Produktion 554

Poreninjektionsverfahren 490

Prioritätenermittlung 105
- Verfahren zur Tab. 1.14

Prioritätensetzung 61, 78, 129, 140, 198
- bei der Freistellungsentscheidung 306
- bei ehemaligen WGT-Liegenschaften 343
- für die Sanierung militärchemischer Altlasten 397, **432**

PRISAL 102, 140, Tab. 1.14

private Altlasten 11

Probenahmestrategien, flexible 369, 371

Produktionsstruktur, ehemalige DDR
Abschn. 2.2.1
- Chemieindustrie 250f., 532ff., Tab. 2.7
- Energiewirtschaft 251, 560, Tab. 2.7
- Erzbergbau 561, Tab. 2.7, Tab. A 2.3
- Landwirtschaft 251, 562, Tab. 2.7, Abb. A 2.5
- Metallurgie 561, Tab. 2.7, Tab. A 2.3

Produktionsumstellung 10, **426**

Prüfraster für Altlastverdachtsflächen 92, **443**
- einheitliche Anwendung 16
- räumliches Kriterium 15
- stoffliches Kriterium 15
- zeitliches Kriterium 15

Prüfwerte 61, 86, 91, 97, 99, 109, 123, 194, **434**
s. auch Orientierungswerte
- Ableitungskriterien 69ff., 91, 97, 197, **437f., 443**
- Analytik 101
- Expertenkreis für die Ableitung 92, **443**

„pump and treat"-Ansatz 475

pyrotechnische Sätze 349

Qualitätssicherung
- Analysemethoden 63, 125, 372, **435**
- Sanierungsverfahren 148f., 160

Raketentreibstoffe
s. Explosivstoffe

Raumplanung
- Integration mit Sanierungsplanung 138f., **446**

Reformierungsverfahren 538f.

Regelungsfunktion des Bodens 113

Regionalentwicklung 132, 262

Relativwertverfahren 103

resorbierte Schadstoffdosis 68, 83, 92, 100, **437f.**

Resorptionsrate 73

Rheinland-Pfalz
- Finanzierungsmodell 180
- Gefährdungsabschätzung 58, Tab. 1.14
- gesetzliche Regelungen 402, Tab. 1.21
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 47ff.

Risiko 116
- Abschätzung 124, **443**
- Begriff 104
- Maßzahl 104

Rückwirkungsverbot 274, **460**

Rüstungsaltlasten
s. militärische Altlasten

Rüttelbohlen-Schmalwandverfahren 481, 485

Saarland
- Finanzierungsmodell 181
- Gefährdungsabschätzung Tab. 1.14
- gesetzliche Regelungen 402, Tab. 1.21
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 51f.

Sachsen
- Gefährdungsabschätzung 58
- gesetzliche Regelungen 294f., 301, 402
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 243ff.

Sachsen-Anhalt
- Gefährdungsabschätzung 58
- gesetzliche Regelungen 240, 296, 402
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 240ff.

Sanierung
s. Nutzung – Maßstab für die Sanierung
s. Schutzgut – Maßstab für die Sanierung

Sanierungsfälle, Typisierung 56

Sanierungsinfrastruktur 270

Sanierungskonzept 139

Sanierungsplanung 218f., 299, **461**
- gebietsübergreifende 264f., **446**
- Integration mit Raumplanung 138f., **446**
- städtebauliche Instrumente 218, **458**
- Rechtsvorschriften Thüringen 299
- zeitlicher Aspekt 96, 258, 331, **466**

Sanierungsschwerpunkte 264

Sanierungstechnik **447ff.**, Abb. 1.22, *Abschn. 1.4.3, Abschn. 2.3.2; Anhänge 1 und 3*
s. auch Dekontamination
s. auch in-situ-Verfahren
s. auch Sicherung
- Auswahlkriterien 398f.; *Anhang 1*
- militärchemische Altlasten 388f., 394ff., **452**
- Pilotversuche 270, **448**
- Prüfmatrix 269
- Reststoffverwertung 270, 472, 502
- Wirksamkeit 394ff., *Abschn. 1.4.2*

Sanierungsüberwachung
s. auch Überwachung des Sanierungserfolges
- Kostenkontrolle 163, **450**

Sanierungsüberwachung 96, 130, 137, 149, 154, 161, 163, 214f., **450, 457,** 488

Sanierungsverantwortlichkeit 280, 285, 299
s. auch Kostenpflicht
- Altstandorte der Militärproduktion 415ff., **421, 464**
- Altstandorte des Militärbetriebs 418ff., **465**
- ehemalige WGT-Liegenschaften 419f.
- Investoren neue Bundesländer 300

Sanierungsverfahren
- Auswahlkriterien 145, 388
- biologische s. dort
- kombinierte s. dort
- Kostenschätzung s. dort
- makrobiologische s. biologische Sanierungsverfahren
- mikrobiologische s. dort
- thermische s. dort

Sanierungsziele 193, **445ff.**, *Abschn. 1.4, Abschn. 3.4*
- Abstimmung mit räumlicher Gesamtplanung 262f., 380f.
- Benutzungs- und Bodenbedeckungsplan 379
- Sonderprobleme neue Bundesländer 258 ff., *Abschn. 2.3.1*

Sanierungszielwerte 97, 123, 207, **450**
- Ableitungskriterien 124f., 131, 262

Schadstoffdosis, resorbierte 68, 83, 92, 100, **437f.**

Schkopau
s. Buna-Werke

Schleswig-Holstein
- Finanzierungsmodell 182
- Gefährdungsabschätzung Tab. 1.14
- gesetzliche Regelungen 402, Tab. 1.21
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 53f.

Schlitzwandverfahren 482, 486

Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen 150, 156, 61, 268, **449f.**, 471, 476, 494ff., Abb. 1.22
s. auch Sofortmaßnahmen bei militärischen Altlasten
- Wirksamkeitsüberwachung 156, 161

Schutzgüter 12, 97, 110, 194, **445**
- Maßstab für die Gefährdungsabschätzung 64, 83, 88, 126
- Maßstab für die Sanierung 19, 126, 201, 259, **428, 445**

Schutzniveau 112

Schwarze Pumpe 257, 472, 536, 540

Sicherheitsfaktoren 72, 77, 81, 83, 85f.

Sicherung 19f., 150, 213, 396
- Gleichwertigkeit zur Dekontamination 150, 213, 396, **428, 456**

Sicherungsmaßnahmen 158, 267, **449,** Abb. 1.22, Abb. A 1.1

Sofortmaßnahmen bei militärischen Altlasten 344

Solvent-Extraktion 511f.

Sonderabfallabgabe 172
- Hessen 177
- Niedersachsen 178
- Zweckbindung des Aufkommens 177f.

Sonderprobleme neue Bundesländer 227ff., 240, 248, *Abschn. 2.2; Anhang 2*
- Eignung von Sanierungsverfahren **451,** *Abschn. 2.3.2*
- Großprojekte 326f., 330f., Tab. 2.11

sowjetische Truppen
s. Westgruppe der Truppen (WGT)

Sprengstoffe
s. Explosivstoffe

Stadtallendorf 394, 399

städtebauliche Entwicklung 132, 136
- Sanierungsniveau 204

Städtebaulicher Vertrag 219, **458**

Stahlspundwandverfahren 481, 485

Standardisierung von Sanierungsteilschritten 56, 169, **466**

Steuerfinanzierung der Altlastensanierung 186

Stoffentnahme 469ff.
- Anwendungsbereiche 473
- emissionsarme Entnahmetechniken 471
- ferngesteuerte Entnahmetechniken 471f.

Stoffgemische
- Wirkungsverstärkung 77, 84

Stoffspektrum, Altlastverdachtsflächen ehemalige DDR **431,** Tab. 2.7, *Abschn. 2.2.1.2; Anhang 2*
- toxikologisch relevante Stoffe 254, Tab. 2.8

Stoffspektrum militärische Altlasten 354

Stripping 154, 513f., 569, Abb. A 1.4

Systematisierung der Kostenschätzung 164, 168, 329, **466**
- Unsicherheitsfaktoren 170

Tagebaurestlöcher 257, 259, 261, 283

Teilstillegung 10, **426**

TGU Tab. 1.14

THA-Crash 1.14

thermische Desorption
s. Desorptionsverfahren

thermische Sanierungsverfahren 524ff., 581ff., Tab. A 3.1
- Entgasungsverfahren 525
- in-situ-Verglasung 526
- Plasma-Schmelzverfahren 526
- Verbrennungsverfahren 525, 565
- Vergasungsverfahren 525
- spezifische Kosten Tab. 1.17

Thüringen
- Gefährdungsabschätzung 58
- gesetzliche Regelungen 297, 299, 402
- Stand Erfassung, Bewertung, Sanierung 246f.

tolerierbare resorbierbare Körperdosen 67, 84ff., 359, 367, Tab. 3.7

toxikologische Stoffcharakterisierung
- Anforderungen 72, 79f.
- Defizite 79ff.
- iterative Vorgehensweise 91
- letale Dosis (LD_{50}) 72, 79, **437**
- lowest observed adverse effect level (LOAEL) 72, 81, 86, 100, **437**
- no observed adverse effect level (NOAEL) 72, 81, 86, **437**

Transferpotential 93ff., **442**

Treibmittel 349

Trenn- und Umwandlungsverfahren
s. chemisch-physikalische Trenn- und Umwandlungsverfahren

Treuhandanstalt 322ff.
- vertragliche Freistellung 323f.
- Übernahme von Sanierungskosten 323ff.

Trinitrotoluol
s. Explosivstoffe – organische Nitroverbindungen

TUBA Tab. 1.14

Tumorinzidenz, Zunahme 71, 79, 82, 86, **437f.**

Überbauung belasteter Flächen 220ff., 260, 298
- Schadensersatz 221

Überwachung des Sanierungserfolges 96, 130, 137, 149, 154, 161, 163, 214f., **450, 457,** 488

Ultraschalldruck-Verfahren 514f.

Umlagerung 19, 133, 160, 267f., **428,** 528ff. Abb. 1.22
- off site-Umlagerung 528f.
- on site-Umlagerung 267, 530f.

UMS-Modell 102, 107, 109, Tab. 1.14

Umwandlung, chemische 503, 565, 576ff., Tab. A 1.1, Abb. A 3.2
- Ionenaustausch Tab. A 1.1
- Hydrothermische Oxidation Tab. A 1.1
- Oxidation Tab. A 1.1

Umwandlungsverfahren
s. chemisch-physikalische Trenn- und Umwandlungsverfahren

Umweltforschungszentrum Halle/Leipzig 265

Umweltrahmengesetz 300, 302

Umweltverträglichkeit
- von Sanierungsmaßnahmen 133f., 162

Umwidmung siehe Nutzungsänderung

unit risk 80

Untergrundabdichtung
s. Basisabdichtung

Uranerz 561, Tab. A 2.3

Vakuumdestillation 514

Verbrennungsverfahren 525, 565

Vergasungsverfahren 525, 540

Verglasungsverfahren 526

Verhaltensverantwortlichkeit
s. Betreiberverantwortlichkeit

Verkokung 535f.

Verschwelung 537, Abb. A 2.1, Tab. A 2.1

vertikale Abdichtung
s. Dichtwandsysteme

Verursacherprinzip
s. auch Betreiberverantwortlichkeit
- Gruppenverantwortlichkeit 186

Verwaltungsabkommen zur Freistellungsfinanzierung *Abschn. 2.4.5.1*

Verwaltungsentscheidung DDR-Behörden 275f.
- Weitergeltung 275f.

volkswirtschaftliche Schäden 165

Vollzugsdefizite 280

Vorsorge
- bei der Festlegung von Orientierungswerten 86
- gegen zukünftige Altlasten **459,** *Abschn. 1.6.5*

Wand-in-Wand-Verfahren 482f.

Wasserrecht
- ehemalige DDR 282
- Sanierungsziele 122

Weichgelinjektion 490f.

Wertelisten zur Beurteilung
von Bodenverunreinigungen 97, 105, **439, 446,** Tab. 1.13

Westgruppe der Truppen (WGT) 339, 345, *Abschn. 3.2.2*
- Aufenthalts- und Abzugsvertrag 412f.
- Stationierungsverträge 412f.
- Verantwortlichkeit 413

westliche Verbündete
- Streitkräfte 408
- Verantwortlichkeit 409ff.

WGT-Liegenschaften
- betroffene Schutzgüter 342, Abb. 3.5
- Finanzierung der Sanierung 420, 423
- Flächengrößenstruktur 342
- Kontaminationsprofil 342, Abb. 3.4
- Übernahme 418ff.

Wiederbelebbarkeit gereinigten Bodenmaterials 155

Wirkungsschwelle 71, 80, 111

XHUMA Tab. 1.14

Zeithain 385

Zeitz, Hydrierwerk 472, 539

Zementherstellung 557

Zielfestlegungsstrategie, dynamische 137

Zündstoffe 349

Zustandsverantwortlichkeit 300

Zweiphasenverfahren 482, 484, 486

Veröffentlichungsverzeichnis

Gutachten und veröffentlichte Stellungnahmen des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen

(zu beziehen im Buchhandel oder vom Verlag Metzler-Poeschel, Postfach 11 52, 72125 Kusterdingen; Bundestags-Drucksachen über Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 13 20, 53003 Bonn)

Auto und Umwelt

Sondergutachten
Stuttgart: Kohlhammer, 1973, 104 S., kart.
vergriffen

Die Abwasserabgabe

– Wassergütewirtschaftliche und gesamtökonomische Wirkungen –
Sondergutachten
Stuttgart: Kohlhammer, 1974, 90 S., kart.
vergriffen

Umweltgutachten 1974

Stuttgart: Kohlhammer, 1974, 320 S., Plast.
vergriffen
zugleich Bundestags-Drucksache 7/2802

Umweltprobleme des Rheins

Sondergutachten
Stuttgart: Kohlhammer, 1976, 258 S., Plast., DM 20,–
zugleich Bundestags-Drucksache 7/5014

Umweltgutachten 1978

Stuttgart: Kohlhammer, 1978, 638 S., Plast.
vergriffen
zugleich Bundestags-Drucksache 8/1938

Umweltchemikalien

– Entwurf eines Gesetzes zum Schutz vor gefährlichen Stoffen –
Stellungnahme
Bonn 1979, 74 S.
= Umweltbrief Nr. 19, hrsg. vom Bundesminister des Innern
ISSN 0343-1312

Umweltprobleme der Nordsee

Sondergutachten
Stuttgart: Kohlhammer, 1980, 508 S., Plast.
ISBN 3-17-003214-3
vergriffen
zugleich Bundestags-Drucksache 9/692

Energie und Umwelt

Sondergutachten
Stuttgart: Kohlhammer, 1981, 190 S., Plast., DM 19,–
ISBN 3-17-003238-0
zugleich Bundestags-Drucksache 9/872

Flüssiggas als Kraftstoff

– Umweltentlastung, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von flüssiggasgetriebenen Kraftfahrzeugen –
Stellungnahme
Bonn 1982, 32 S.
= Umweltbrief Nr. 25, hrsg. vom Bundesminister des Innern
ISSN 0343-1312

Waldschäden und Luftverunreinigungen

Sondergutachten
Stuttgart: Kohlhammer, 1983, 172 S., Plast., DM 31,–
ISBN 3-17-003265-8
zugleich Bundestags-Drucksache 10/113

Umweltprobleme der Landwirtschaft

Sondergutachten
Stuttgart: Kohlhammer, 1985, 423 S., Plast., DM 31,–
ISBN 3-17-003285-2
zugleich Bundestags-Drucksache 10/3613

Luftverunreinigungen in Innenräumen

Sondergutachten
Stuttgart: Kohlhammer, 1987, 110 S., Plast., DM 22,–
ISBN 3-17-003361-1
zugleich Bundestags-Drucksache 11/613

Zur Umsetzung der EG-Richtlinie über die Umweltverträglichkeitsprüfung in das nationale Recht

Stellungnahme
hrsg. vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Bonn 1987, 15 S.

Umweltgutachten 1987

Stuttgart: Kohlhammer 1988, 674 S., Plast., DM 45,–
ISBN 3-17-003364-6
zugleich Bundestags-Drucksache 11/1568

Altlasten

Sondergutachten
Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1990, 303 S.,
Plast., DM 32,–
ISBN 3-8246-0059-5
zugleich Bundestags-Drucksache 11/6191

Abfallwirtschaft

Sondergutachten
Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1991, 720 S.,
kart., DM 45,–
ISBN 3-8246-0073-0
zugleich Bundestags-Drucksache 11/8493

Allgemeine ökologische Umweltbeobachtung

Sondergutachten
Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1991, 75 S.,
kart., DM 20,–
ISBN 3-8246-0074-9
zugleich Bundestags-Drucksache 11/8123

Umweltgutachten 1994

Stuttgart: Metzler-Poeschel 1994, 384 S.,
kart., DM 68,–
ISBN 3-8246-0366-7
zugleich Bundestags-Drucksache 12/6995

Sonderveröffentlichungen

Umweltprobleme der Landwirtschaft

Sachbuch Ökologie
Wolfgang Haber und Jürgen Salzwedel,
hrsg. Rat von Sachverständigen für Umweltfragen
Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1992, 186 S.,
mit Farbbildern, Abbildungen und
Tabellen, kart., DM 29,80
ISBN 3-8246-0334-9

Materialien zur Umweltforschung

herausgegeben vom Rat von Sachverständigen für Umweltfragen

(zu beziehen im Buchhandel oder vom Verlag Metzler-Poeschel, Postfach 11 52, 72125 Kusterdingen)

Nr. 1:

Einfluß von Begrenzungen beim Einsatz von Umweltchemikalien auf den Gewinn landwirtschaftlicher Unternehmen

von Prof. Dr. Günther Steffen und Dr. Ernst Berg
Stuttgart: Kohlhammer, 1977, 93 S., kart., DM 20,–
ISBN 3-17-003141-4

Nr. 2:

Die Kohlenmonoxidemissionen in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1965, 1970, 1973 und 1974 und im Lande Nordrhein-Westfalen in den Jahren 1973 und 1974

von Dipl.-Ing. Klaus Welzel und Dr.-Ing. Peter Davids
Stuttgart: Kohlhammer, 1978, 322 S., kart., DM 25,–
ISBN 3-17-003142-2

Nr. 3:

Die Feststoffemissionen in der Bundesrepublik Deutschland und im Lande Nordrhein-Westfalen in den Jahren 1965, 1970, 1973 und 1974

von Dipl.-Ing. Horst Schade und Ing. (grad.) Horst Gliwa
Stuttgart: Kohlhammer, 1978, 374 S., kart., DM 25,–
ISBN 3-17-003143-0

Nr. 4:

Vollzugsprobleme der Umweltpolitik – Empirische Untersuchung der Implementation von Gesetzen im Bereich der Luftreinhaltung und des Gewässerschutzes

von Prof. Dr. Renate Mayntz u. a.
Stuttgart: Kohlhammer, 1978, 815 S., kart.
ISBN 3-17-003144-9
vergriffen

Nr. 5:

Photoelektrische Solarenergienutzung Technischer Stand, Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit

von Prof. Dr. Hans J. Queisser und Dr. Peter Wagner
Stuttgart: Kohlhammer, 1990, 90 S., kart.
ISBN 3-17-003209-7
vergriffen

Nr. 6:

Materialien zu „Energie und Umwelt"

Stuttgart: Kohlhammer, 1982, 450 S., kart., DM 38,–
ISBN 3-17-003242-9

Nr. 7:

Möglichkeiten der Forstbetriebe, sich Immissionsbelastungen waldbaulich anzupassen bzw. deren Schadwirkungen zu mildern

von Prof. Dr. Dietrich Mülder
Stuttgart: Kohlhammer, 1983, 124 S., kart.
ISBN 3-17-003275-5
vergriffen

Nr. 8:

Ökonomische Anreizinstrumente in einer auflagenorientierten Umweltpolitik – Notwendigkeit, Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel der amerikanischen Luftreinhaltepolitik –

von Prof. Dr. Horst Zimmermann
Stuttgart: Kohlhammer, 1983, 60 S., kart.
ISBN 3-17-003279
vergriffen

Nr. 9:

Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln und die dabei auftretenden Umweltprobleme

von Prof. Dr. Rolf Diercks
Stuttgart: Kohlhammer, 1984, 245 S., kart.
ISBN 3-17-003284-4
vergriffen

Nr. 10:

Funktionen, Güte und Belastbarkeit des Bodens aus agrikulturchemischer Sicht

von Prof. Dr. Dietrich Sauerbeck
Stuttgart: Kohlhammer, 1983, 260 S., kart.
ISBN 3-17-003312-3
vergriffen

Nr. 11:

Möglichkeiten und Grenzen einer ökologisch begründeten Begrenzung der Intensität der Agrarproduktion

von Prof. Dr. Günther Weinschenck und Dr. Hans-Jörg Gebhard
Stuttgart: Kohlhammer, 1985, 107 S., kart.
ISBN 3-17-003319-0
vergriffen

Nr. 12:

Düngung und Umwelt

von Prof. Dr. Erwin Welte und Dr. Friedel Timmermann
Stuttgart: Kohlhammer, 1985, 95 S., kart.
ISBN 3-17-003320-4
vergriffen

Nr. 13:

Funktionen und Belastbarkeit des Bodens aus der Sicht der Bodenmikrobiologie

von Prof. Dr. Klaus H. Domsch
Stuttgart: Kohlhammer, 1985, 72 S., kart., DM 16,–
ISBN 3-17-003321-2

Nr. 14:

Zielkriterien und Bewertung des Gewässerzustandes und der zustandsverändernden Eingriffe für den Bereich der Wasserversorgung

von Prof. Dr. Heinz Bernhardt und Dipl.-Ing. Werner Dietrich Schmidt
Stuttgart: Kohlhammer, 1988, 297 S., kart., DM 26,–
ISBN 3-17-003388-3

Nr. 15:

Umweltbewußtsein – Umweltverhalten

von Prof. Dr. Meinolf Dierkes und Dr. Hans-Joachim Fietkau
Stuttgart: Kohlhammer, 1988, 237 S., kart., DM 23,–
ISBN 3-17-003391-3

Nr. 16:

Derzeitige Situationen und Trends der Belastung der Nahrungsmittel durch Fremdstoffe

von Prof. Dr. G. Eisenbrand,
Prof. Dr. H. K. Frank,
Prof. Dr. G. Grimmer,
Prof. Dr. H.-J. Hapke,
Prof. Dr. H.-P. Thier,
Dr. P. Weigert
Stuttgart: Kohlhammer, 1988, 237 S., kart., DM 25,–
ISBN 3-17-003392-1

Nr. 17:

Wechselwirkungen zwischen Freizeit, Tourismus und Umweltmedien Analyse der Zusammenhänge

von Prof. Dr. Jörg Maier,
Dipl.-Geogr. Rüdiger Strenger,
Dr. Gabi Tröger-Weiß
Stuttgart: Kohlhammer, 1988, 139 S., kart., DM 20,–
ISBN 3-17-003393-X

Nr. 18:

Die Untergrund-Deponie anthropogener Abfälle in marinen Evaporiten

von Prof. Dr. Albert Günter Herrmann
Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1991, 101 S., kart., DM 20,–
ISBN 3-8246-0083-8

Nr. 19:

Untertageverbringung von Sonderabfällen in Stein- und Braunkohleformationen

von Prof. Dr. Friedrich Ludwig Wilke
Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1991, 107 S., DM 20,–
ISBN 3-8246-0087-0

Nr. 20:

Das Konzept der kritischen Eintragsraten als Möglichkeit zur Bestimmung von Umweltbelastungs- und -qualitätskriterien

von Dr. Hans-Dieter Nagel,
Dr. Gerhard Smiatek,
Dipl. Biol. Beate Werner
Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1994, 77 S.,
kart., DM 24,–
ISBN 3-8246-0371-3

Nr. 21:

Umweltpolitische Prioritätensetzung – Verständigungsprozesse zwischen Wissenschaft, Politik und Gesellschaft –

von RRef. Gotthard Bechmann,
Dipl.-Vw. Reinhard Coenen,
Dipl. Soz. Fritz Gloede
Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1994, 133 S., kart., DM 20,–
ISBN 3-8246-0372-1

Nr. 22:

Bildungspolitische Instrumentarien einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung

von Prof. Gerd Michelsen
Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1994, 87 S., kart., DM 20,–
ISBN 3-8246-0373-x

Nr. 23:

Rechtliche Probleme der Einführung von Straßenbenutzungsgebühren

von Prof. Dr. Peter Selmer,
Prof. Dr. Carsten Brodersen
Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1994, 46 S., kart., DM 15,–
ISBN 3-8246-0379-9

Nr. 24:

Indikatoren für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung

von Dipl. Vw. Klaus Rennings
Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1994, 226 S., kart., DM 20,–
ISBN 3-8246-0381-0

ISBN-Nr. 3-8246-0367-5