

Gefährdungsabschätzung von Verdachtsflächen für koreanische Rahmenbedingungen

vorgelegt von
M. Sc. Jinho Park
aus Pusan/Korea

vom Fachbereich 07- Umwelt und Gesellschaft
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur
-Dr.-Ing.-

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuß:

Vorsitzender : Prof. Dr. D. Overdieck
Berichter : Prof. emer. Dr. M. Renger
Berichter : Prof. Dr. G. Wessolek
Berichter : Prof. Dr. H.-P. Lühr

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 28. August 2000

Berlin 2000

D 83

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit am Institut für wassergefährdende Stoffe der Technischen Universität Berlin. An dieser Stelle danke ich allen, die zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein herzlicher Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. Renger und Herrn Prof. Dr. Wessolek vom Fachbereich Umwelt und Gesellschaft der Technischen Universität Berlin für die Übernahme der Betreuung.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Lühr für die Bereitstellung des Themas und die ständige Bereitschaft zu aufschlußreichen Diskussionen. Durch seine Ermunterungen trug er wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit bei.

Für die Genehmigung zur Verwendung des Datenmaterials danke ich dem Präsidenten des koreanischen Umweltamt für Bodenschutz.

Für die liebevolle Unterstützung bei meiner Arbeit danke ich meiner Frau Hye.

Zusammenfassung

Bodenverunreinigungen werden zu Altlasten, wenn vom gesundheitlichen und ökotoxikologischen Gesichtspunkt aus ein Gefährdungspotential vorliegt. Solange kein Gefährdungspotential bestätigt worden ist, werden sie als Verdachtsflächen bezeichnet. Eine Altlast ist eine bewertete Verdachtsfläche, bei der ein Gefährdungspotential bestätigt worden ist.

In der Vergangenheit, aber auch in der Gegenwart wird die Altlastenproblematik in westlichen Industrieländern sowohl in der Öffentlichkeit als auch auf der politischen Ebene intensiv diskutiert. Obwohl der Kenntnisstand der Umweltbeeinträchtigung und das Ausmaß der Belastung im Einzelfall sehr unterschiedlich sein können, ist zur Bewertung und Behandlung von Altlasten ein einheitliches Verfahren zur systematischen und standortbezogenen Beurteilung des Gefährdungspotentials erforderlich.

In Korea entstanden erstmals Anfang der sechziger Jahre als Folge der rasanten Entwicklung der Industrie größere Umweltprobleme. Die intensive industrielle Bewirtschaftung ursprünglich vorwiegend landwirtschaftlich genutzter Gebiete hat regionale Bodenveränderungen hervorgerufen. 1994 wurde deshalb ein Bodenschutzgesetz im Parlament verabschiedet. Dieses Bodenschutzgesetz zielt darauf ab, durch Reduzierung der Umweltbelastung die Gesundheit der Bevölkerung und eine Verbesserung der Lebensqualität langfristig zu sichern.

Das koreanische Umweltministerium hat eine Reihe von Sanierungsstrategien zusammengestellt und plant die stufenweise Verwirklichung dieser Maßnahmen. Zu diesem Zweck sind geeignete landesspezifische Bewertungsverfahren zur Gefährdungsabschätzung für koreanische Verdachtsflächen zu entwickeln und anzuwenden.

Aufgrund der aktuellen Situation der Altlastenproblematik in Korea, insbesondere wegen des dringenden Bedarfs an geeigneten und landesspezifischen Altlasten-Bewertungsverfahren, ergibt sich der Inhalt und die Bedeutung der vorliegenden Arbeit. Die Arbeit zielt darauf ab, unter Berücksichtigung der koreanischen rechtlichen Rahmenbedingungen, ein für die Gefährdungsabschätzung von Verdachtsflächen optimiertes Bewertungsverfahren zu

entwickeln und durchgängig anzuwenden. Nach Anwendung dieses Verfahrens wird die Priorität der jeweils erforderlichen Sanierungsmaßnahmen festgelegt. Auf diese Weise wird bei vorgegebenem Sanierungsaufwand eine maximale Reduzierung der Umweltbelastung in Korea und eine bestmögliche Durchsetzung des koreanischen Bodenschutzgesetzes erreicht.

Zur Entwicklung eines Bewertungsverfahrens ist es sehr wichtig, rechtliche und systematische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, die letztendlich die Grundlage für jedes Bewertungsverfahren bilden. Zur Berücksichtigung der Rahmenbedingungen in Korea werden die rechtlichen Instrumente Abfallmanagementgesetz, Wasserschutzrecht, Bodenschutzrecht und Chemikaliengesetz erörtert. Die von den jeweiligen Gesetzen abgeleiteten Grenzwerte werden zum Aufbau des Bewertungsalgorithmus angewandt. Beim Fehlen koreanischer Grenzwerte sind die bereits vorgeschlagenen Richtwerte aus internationalen Tabellenwerken zu übernehmen.

In vorliegender Arbeit werden die Bewertungsmodelle der Industrieländer analysiert. Darüber hinaus wird auf den umweltpolitischen Hintergrund und die charakteristischen Merkmale von Bewertungsmodellen eingegangen. Bei der Beurteilung der von Altlastverdachtsflächen ausgehenden Gefährdungspotentiale werden die jeweiligen Belastungspfade Boden, Grundwasser, Oberflächengewässer und Luft sowie alle gefährdeten Schutzgüter berücksichtigt.

In vorliegender Arbeit werden folgende Themen vertieft behandelt:

- Altlastenproblematik in Korea
- Analyse der gesetzlichen Regelungen und Bewertungsverfahren zur Altlastenproblematik in Industrieländern
- Rechtliche Rahmenbedingungen zum Aufbau der Bewertungskonzepte
- Stufenweise Bewertungsphase
- Aufbau eines Bewertungskonzepts unter Berücksichtigung der Kriterien Stoff, Standort, Nutzung / Schutzgut
- Bewertungsablauf zur Gefährdungsabschätzung von Altstandorten und Altablagerung unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen
- Anwendungen auf zwei koreanische Beispielfälle

Inhaltsverzeichnis

	Zusammenfassung	3
	Inhaltsverzeichnis	5
	Tabellenverzeichnis	10
	Bildverzeichnis	11
	Abkürzungsverzeichnis	12
1	Einleitung	13
2	Vorgehensweise und Zielsetzung	15
3	Gesetzliche Regelungen und Bewertungsverfahren zur Altlastenproblematik in Industrieländern	17
3.1	Bewertungsverfahren in den USA	17
3.1.1	Einleitung	17
3.1.2	Gesetzliche Regelungen und administrative Verfahren	19
3.1.3	Finanzierung	20
3.1.4	Gefährdungsabschätzung und Prioritätensetzung	20
3.2	Bewertungsverfahren Japans	21
3.2.1	Einleitung	21
3.2.2	Gesetzliche Regelungen und administrative Verfahren	22
3.2.3	Finanzierung	22
3.2.4	Erfassung und Erstbewertung	22
3.3	Bewertungsverfahren der Bundesrepublik	23
3.3.1	Einleitung	23
3.3.2	Gesetzliche Regelungen und administrative Verfahren	24
3.3.3	Kosten und Finanzierung	26
3.3.4	Erfassung und Erstbewertung	27
4	Allgemeine Umweltverschmutzung und Belastungsstand der vorhandenen Altlasten in Korea	31
4.1	Allgemeine Umweltverschmutzung in Korea	31
4.2	Belastungsstand der vorhandenen Altlasten in Korea	32
4.2.1	Stand der Altablagerungen	32
4.2.2	Geschlossene Deponie	33
4.2.3	Altstandorte und Bodenbelastung	34
5	Koreanische Rahmenbedingungen zum Aufbau der Bewertungskonzepte	35
5.1	Umweltrechtliche und -politische Aspekte	35
5.1.1	Umweltrechtliche Aspekte	35
5.1.2	Umweltpolitische Aspekte	36
5.1.2.1	Vorsorgeprinzip	37
5.1.2.2	Verursacherprinzip	38
5.1.2.3	Kooperationsprinzip	38

5.1.3	Umweltstandard	39
5.2	Bodenschutzrecht	41
5.2.1	Zielsetzung	41
5.2.2	Aufbau des Bodenschutzgesetzes	42
5.2.3	Gesetzliche Struktur	42
5.2.4	Bodenmeßnetz	43
5.2.5	Bodenschadstoffe	44
5.2.6	Grenzwerte der Bodenbelastung	44
5.2.6.1	Grenzwerte für Vorsorge	44
5.2.6.2	Grenzwert für Maßnahme	44
5.2.7	Kontrolle der bodengefährdenden Einrichtungen	45
5.2.7.1	Produktions- und Vorratseinrichtungen von Erdölprodukt	45
5.2.7.2	Produktions- und Vorratseinrichtungen von Schadstoffen	46
5.2.7.3	Anmeldung der bodengefährdenden Einrichtungen	46
5.2.7.3.1	Meldepflichtige und Meldestelle	46
5.2.7.3.2	Melddokumente	46
5.2.8	Verwaltungspflicht anderer Bodenbelastungsquellen	47
5.2.9	Bestimmung und Verwaltung des Maßnahmengebiets für Bodenschutz	47
5.2.9.1	Begriffsbestimmung	47
5.2.9.2	Bestimmung des Maßnahmengebiets	47
5.2.9.3	Verwaltung des Maßnahmengebiets	48
5.2.9.3.1	Beschränkung der Bodennutzung	48
5.2.9.3.2	Tätigkeitsbeschränkung in einem Maßnahmengebiet	48
5.2.9.3.3	Beschränkung der Gründung einer bodenbelastenden Einrichtung	48
5.2.10	Sanierungsunternehmen von belasteten Flächen	48
5.3	Abfallrecht	49
5.3.1	Einleitung	49
5.3.2	Nachträgliche Verwaltung einer geschlossenen Deponie	50
5.4	Wasserschutzrecht	51
5.4.1	Einleitung	51
5.4.2	Grenzwert zum Schutz des Grundwassers	52
5.4.3	Grenzwerte für Wasserqualität der Flüsse und Binnenseen nach dem koreanischen Umweltpolitik-Grundgesetz	54
5.4.4	Emissionsgrenzwert für die allgemeinen und speziellen Verunreinigungen	56
5.5	Verwaltungsrecht gefährlicher Chemikalien	58
6	Bewertungsablauf für Gefährdungsabschätzung	59
6.1	Bewertungsphase und Beweisniveau	59
6.2	Bewertungsschritte und Verfahrensablauf	62
7	Ermittlung der Stoffgefährlichkeit (S-Wert) zur Gefährdungsabschätzung von Altstandorten und Altablagerungen	70
7.1	Stoffgefährlichkeit (S-Wert) für Ablagerungen aufgrund der Volumenklasse und Abfallarten	70
7.2	Stoffgefährlichkeit für Ablagerungen aufgrund der Volumenklasse und des Müllanteils (Schutzgut Luft)	72

7.3	Stoffgefährlichkeit (S-Wert) für Standorte aufgrund des Stoffinventars und Brancheninventars	76
7.3.1	Gefährdungsklasse für Standorte nach Stoffinventar und Brancheninventar	76
7.3.2	Stoffgefährlichkeit (S-Wert) für Standorte aufgrund des Stoffdampfdruck und der Flächenklasse (Schutzgut Luft)	77
8	Ermittlung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert) zur Gefährdungsabschätzung von Altstandorten und Altablagerungen	78
8.1	Ermittlung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert) für die Schutzgüter GW, OG, Boden und Luft	80
8.1.1	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Sickerwasserneubildung	80
8.1.2	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (k_f)	81
8.1.3	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Anzahl der fehlenden Sicherungseinrichtungen	83
8.1.4	Einfluß der pH-Werte und Absorbierbarkeit der Schadstoffe auf den Gefährdungsgrad	85
8.1.5	Einfluß der pH-Werte und des Redoxpotentials auf den Gefährdungsgrad	86
8.1.6	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Humusgehalt und pH-Wert	87
8.1.7	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Tongehalt und pH-Wert	88
8.1.8	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Kationenaustauschkapazität	89
8.1.9	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Bioakkumulation der Schadstoffe	90
8.1.10	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Relativen Bindungsstärke	91
8.1.11	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Erosionsgefährdung und Standortneigung	92
8.2	Ermittlung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert) für die pfadspezifischen Schutzgüter	93
8.2.1	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Altlastensohllage und Grundwasseroberfläche (Schutzgut Grundwasser)	93
8.2.2	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und Mächtigkeit des Grundwassers	95
8.2.3	Einfluß der Dispersion auf die Gefährdungsklasse der Grundwassergeschwindigkeit (Schutzgut Grundwasser)	97
8.2.4	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von Menge und Abflußrate der Niederschläge (Schutzgut Oberflächengewässer)	98
8.2.5	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Abflußgeschwindigkeit und dem Abstand zwischen Standort und Gewässer (Schutzgut Oberflächengewässer)	99
8.2.6	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit und der Fließmenge der Gewässer (Schutzgut Oberflächengewässer)	100
8.2.7	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Luftdurchlässigkeitsbeiwert (k_f) (Schutzgut Luft)	101

9	Ermittlung der Belastungscharakteristik (B-Wert) zur Gefährdungsabschätzung von Altstandorten und Altablagerungen	102
9.1	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Sickerwasserzusammensetzung	102
9.2	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Grundwasserbelastung (B-Wert) (Schutzgut Grundwasser)	103
9.3	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Bodenbelastung (B-Wert) (Schutzgut Boden)	104
9.4	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Gewässerbelastung (B-Wert) (Schutzgut Oberflächengewässer)	105
9.4.1	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Abfließwasserbelastung (B-Wert)	105
9.4.2	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Fluß- und Binnenseebelastung (B-Wert)	106
9.5	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Luftbelastung (B-Wert) (Schutzgut Luft)	108
10	Ermittlung des humantoxikologischen Risikos (H-Wert) zur Gefährdungsabschätzung von Altlasten (Schutzgut GW, OG, Boden und Luft)	109
11	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Standortnutzung (N-Wert)	110
12	Handlungsbedarf und Handlungskonzepte	114
12.1	Ermittlung der Gesamtpunktzahl	114
12.2	Handlungskonzepte	115
13	Anwendungsbeispiele des entwickelten Bewertungsverfahrens auf altlastverdächtige Flächen	118
13.1	Anwendungsbeispiel des entwickelten Bewertungsverfahrens auf Altablagerung Saenggok	118
13.1.1	Allgemeine Standortbeschreibung	118
13.1.2	Standortsuche und Genehmigungsverfahren	121
13.1.3	Standortcharakteristik	121
13.1.4	Belastungscharakteristik	123
13.1.5	Gesamtbewertung über Altablagerung Saenggok	127
13.1.6	Gefährdungsabschätzung der Altablagerung Saenggok	129
13.1.6.1	Schutzgut Grundwasser	129
13.1.6.2	Schutzgut Boden	131
13.1.6.3	Schutzgut Oberflächenwasser	133
13.1.6.4	Schutzgut Luft	135
13.2	Anwendungsbeispiel des entwickelten Bewertungsverfahrens auf Altstandort Yochon	137
13.2.1	Allgemeine Standortbeschreibung	137
13.2.2	Standortcharakteristik	138
13.2.3	Belastungscharakteristik	140
13.2.4	Gesamtbewertung für Altlast Yochon	143
13.2.5	Gefährdungsabschätzung der Altstandort Yochon	144
13.2.5.1	Schutzgut Grundwasser	144

13.2.5.2	Schutzgut Boden	146
13.2.5.3	Schutzgut Oberflächenwasser	148
13.2.5.4	Schutzgut Luft	150
13.3	Zusammenfassung der Anwendungsergebnisse des entwickelten Bewertungsverfahrens auf Standorte	153
13.3.1	Allgemeine klimatische und geologische Merkmale der beiden Standorte	153
13.3.2	Vergleich und Fazit der Anwendungsbeispiele auf beiden Altlasten	154
14	Schlußfolgerung	160
	Literaturverzeichnis	164
	Anhang I : Nach AbfMaG festgesetzte Abfälle (Sonderabfall)	169
	Anhang II : Stoffgefährlichkeit für Branchen	171
	Anhang III : Stoffgefährlichkeit für chemische Stoffe und Stoffgruppen	177
	Anhang IV : Grenzwerte der Luftqualität nach Luftschutzgesetz	179
	Anhang V : Untersuchungsergebnisse der Altablagerung Saenggok	180
	Anhang VI : Untersuchungsergebnisse der Altlast Yochon	188
	Anhang VII : Humantoxikologische Risikobewertung für Klasse I : „Gefährliche Stoffe“, Klasse II : „Sehr gefährliche Stoffe“ und Klasse III : „Besonders gefährliche Stoffe“	197

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Stand der Altablagerungen in Korea	33
Tabelle 2:	Restzeitlicher Stand der Altablagerungen in Korea	33
Tabelle 3:	Verschiedene Bodennutzungen der geschlossenen Ablagerung	33
Tabelle 4:	Bodenbeeinträchtigung durch Schadstoffe auf verschiedene Bodennutzungen	35
Tabelle 5:	Bodenmeßnetz nach Bodenschutzgesetz	43
Tabelle 6:	Vorsorge- und Maßnahmenwerte des koreanischen Bodenschutzgesetzes für Ackerland und Industriegebiet	45
Tabelle 7:	Gemäß §11 BodSchG verwaltete Erdölprodukt	45
Tabelle 8:	Sonstige Bodenbelastungsquelle bzw. Einrichtungen	47
Tabelle 9:	Grenzwert zur beschränkten Landwirtschaft und Fischerei	52
Tabelle 10:	Grenzwert für Grundwasserqualität	53
Tabelle 11:	Grenzwert für Wasserqualität der Flüsse	55
Tabelle 12:	Grenzwert für Wasserqualität der Binnenseen	55
Tabelle 13:	Emissionsgrenzwerte für die allgemeinen Verunreinigungen	57
Tabelle 14a:	Emissionsgrenzwerte für die speziellen Verunreinigungen	57
Tabelle 14b:	Emissionsgrenzwerte für die speziellen Verunreinigungen	57
Tabelle 15:	Toxikologische Kriterien für gefährliche und besonders gefährliche Stoffe	58
Tabelle 16:	Gesamtübersicht des Bewertungsverfahrens	68
Tabelle 17:	Stoffgefährlichkeit für Ablagerungen aufgrund der Abfallarten und Volumenklasse (S-Wert)	72
Tabelle 18:	Stoffgefährlichkeit für Ablagerungen aufgrund der Volumenklasse und des Müllanteils	74
Tabelle 19:	Zuschläge für Spurenstoffe zur Ermittlung der Stoffgefährlichkeit	75
Tabelle 20:	Stoffgefährlichkeit für Altstandorte aufgrund des Stoffinventars und der Flächenklasse (S-Wert)	76
Tabelle 21:	Stoffgefährlichkeit für Altstandorte aufgrund des Dampfdruckes des Schadstoffes und der Flächenklasse	77
Tabelle 22:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Sickerwasserneubildung	81
Tabelle 23:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (k_f)	83
Tabelle 24:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Anzahl der fehlenden Sicherungseinrichtungen	84
Tabelle 25:	Einfluß des Sorptionskoeffizienten der Schadstoffe und des pH-Wertes auf die Gefährdungsklasse	86
Tabelle 26:	Einfluß des Redoxpotentials der Schadstoffe und des pH-Wertes auf die Gefährdungsklasse	86
Tabelle 27:	Einfluß der Bodenbestandteile (Humus und Ton) auf die relative Bindungsstärke für Metallionen bei Grenz-pH	87
Tabelle 28:	Einfluß der pH-Werte und des Humusgehalts auf den Gefährdungsgrad	88
Tabelle 29:	Einfluß der pH-Werte und des Tongehalts auf den Gefährdungsgrad	88
Tabelle 30:	Größe und Hydratationsenergie von Kationen und ihre relative Sorption	90
Tabelle 31:	Einfluß der pH-Werte und Kationenaustauschkapazität auf die Gefährdungsklasse	90
Tabelle 32:	Einfluß der Bioakkumulation von Schadstoffen auf den Gefährdungsgrad	91

Tabelle 33:	Einfluß der Bodenacidität auf die relative Bindungsstärke von Metallen bei sandigen Böden mit geringem Humusgehalt (< 2%)	92
Tabelle 34:	Einfluß der Standortneigung auf den Gefährdungsgrad	93
Tabelle 35:	Hohlraumanteil und spezifisches Rückhaltevermögen in verschiedenen Böden	94
Tabelle 36:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Altlastensohllage und Grundwasseroberfläche	95
Tabelle 37:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und Mächtigkeit des Grundwassers	96
Tabelle 38:	Einfluß der Dispersion auf die Gefährdungsklasse der Grundwassergeschwindigkeit	97
Tabelle 39:	Einfluß der Menge und Abflußrate der Niederschläge auf die Gefährdungsklasse	99
Tabelle 40:	Einfluß der Abflußgeschwindigkeit und des Abstands zwischen Altlast und Gewässer auf die Gefährdungsklasse	99
Tabelle 41:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit und der Fließmenge der Gewässer	100
Tabelle 42:	Einfluß des Luftdurchlässigkeitsbeiwerts auf die Gefährdungsklasse	101
Tabelle 43:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Sickerwasserzusammensetzung	103
Tabelle 44:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Grundwasserbelastung (B-Wert)	104
Tabelle 45:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Bodenbelastung (B-Wert)	105
Tabelle 46:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Abflußwasserbelastung (B-Wert)	106
Tabelle 47:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Gewässerbelastung (B-Wert) : Fluß- und Binnenseebelastung	107
Tabelle 48:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Luftbelastung (B-Wert) (<u>Schutzgut Luft</u>)	108
Tabelle 49:	Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Standortnutzung (N-Wert)	113
Tabelle 50:	Standortcharakteristik Saengkok	121
Tabelle 51:	Gesamtbewertung für Deponie Saengkok	127
Tabelle 52:	Standortcharakteristik Yochon	139
Tabelle 53:	Gesamtbewertung für Altlasten Yochon	143

Bildverzeichnis

Bild 1 :	Ablauf der Bewertungsphase und der Entscheidung des Handlungsbedarfs	60
Bild 2 :	Lageplan der Altlasten Yochon und Saengkok	119

Verzeichnis der Abkürzungen

AbfMaG	Abfallmanagementgesetz
AOX	adsorbierbare organische Halogenverbindungen
BbodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BCF	Biokonzentrationsfaktor
BN	Beweisniveau
BodSchG	Bodenschutzgesetz
BodSchV	Bodenschutzverordnung
BSB	Biologischer Sauerstoffbedarf
BTX	Benzol, Toluol, Xylol
B-Wert	Wert für Belastungscharakteristik
CERCLA	Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act
CSB	chemischer Sauerstoffbedarf
DO	Dissolved Oxygen
DOC	gelöster organisch gebundener Kohlenstoff
DOM	gelöste organische Substanzen
GgefChem	Gesetz für gefährliche Chemikalien
GW	Grundwasser
H	Henry-Konstante
HRS	Hazard Ranking System
HSWA	hazardous and solid Waste Amendments
H-Wert	Wert für Humantocizität
IWS	Institut für Wassergefährdende Stoffe
JEA	Japan Environment Agency
Kd	Sorptionskoeffizient
k_f	Durchlässigkeitsbeiwert
KUM	Das koreanische Umweltministerium
LAGA	Landesarbeitsgemeinschaft Abfall
Leitf.	Leitfähigkeit
MAK	Maximale Arbeitskonzentration
NOAEL	No Observable Adverse Effect Level
NPL	National Priority List
N-Wert	Wert für Nutzungscharakteristik
OG	Oberflächengewässer
org.-chem	organisch-chemische
PAK	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	polychlorierte Biphenyle
P_{ow}	Verteilungskoeffizient einer Substanz zwischen Wasser und 1-Octanol
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act
Redoxpot.	Redoxpotential
SRA	Superfund Reauthorization Act
SS	Suspended Solid
SSL	Soil Screening Levels
S-Wert	Wert für Stoffgefährlichkeit
Temp.	Temperatur
US-EPA	US-amerikanische Umweltbehörde
UPGG	Umweltpolitik-Grundgesetz
V-Wert	Wert für örtliche Verhältnisse
WaSchG	Wasserschutzgesetz

1 Einleitung

Die Geschichte der Umweltverschmutzung in Industrieländern wiederholt sich in gleicher Weise auch in Entwicklungsländern. In Korea wird wie in den westlichen Industrienationen die Problematik der Wasserverschmutzung, Luftbelastung und Abfallbeseitigung intensiv diskutiert. In letzter Zeit kommen die Altlasten als eine bedenkliche Umweltbelastung zur Geltung.

Erkenntnisse und Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, daß von der Ablagerung von häuslichen, industriellen und gewerblichen Abfällen sowie Produktionsrückständen auf Deponien, ebenso von der unsachgemäßen Ablagerung von gefährlichen Rückständen und dem unsachgemäßen Umgang mit gefährlichen Stoffen auf Betriebsgeländen erhebliche Umweltgefährdungen ausgehen können [60]. Unter Altlasten sind Schadstoffablagerungen im Boden und Grundwasser zu verstehen, die auf menschliches Verhalten zurückzuführen sind und die eine aktuelle oder potentielle Gefahr für das Wohl der Allgemeinheit bilden [1]. Altlasten sind somit Verdachtsflächen, die vom gesundheitlichen und ökotoxikologischen Gesichtspunkt aus ein Gefährdungspotential enthalten. Altlasten bzw. Verdachtsflächen sind im Sinne des Bundesbodenschutzgesetzes Grundstücke, bei denen der Verdacht schädlicher Bodenveränderungen besteht, und umfassen stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen sowie sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind, und Grundstücke stillgelegter industrieller und gewerblicher Anlagen und sonstige Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist, durch die schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit hervorgerufen werden [5].

Die Altlastenproblematik steht gegenwärtig in Korea zur Diskussion. Der Schwerpunkt der Diskussion über die Altlastenproblematik besteht nicht nur in Altlasten selbst, sondern auch in Schutzgütern/Nutzungen, die durch die von Altlasten ausgehenden Schadstoffe beeinträchtigt werden können. Diese Beeinträchtigungen verursachen Boden-, Luft-, Grundwasser- und Oberflächenwasserverschmutzung. Einzelfälle der Beeinträchtigung durch Altlasten sind sehr unterschiedlich, deshalb ist für die Behandlung von Altlasten ein einheitliches Bewertungsverfahren zur systematischen Beurteilung des Gefährdungspotentials von den jeweiligen Standorten erforderlich, damit lassen sich Aussagen über den Handlungsbedarf für

die jeweilige Fläche und die Maßnahmen zur Sanierung von Altlasten ableiten.

Die Altlastenproblematik hat generell das Merkmal, daß die physikalische Verbreitung von Gefahren aus Verdachtsflächen langsam verläuft, aber in den meisten Fällen eine große Ausdehnung hat. Zur Erkundung und Untersuchung sowie Sanierung von Altlastverdachtsflächen ist ein finanzieller und zeitlicher Aufwand erforderlich. In den westlichen Industrieländern wurden seit Jahrzehnten zur Erkundung und Sanierungsprioritätensetzung der Verdachtsflächen aufgrund der vergleichenden Gefährdungsabschätzung von Verdachtsflächen eine Vielzahl von Bewertungsverfahren entwickelt. Diese Bewertungsverfahren tragen zur relativen Prioritätensetzung von Verdachtsflächen und der Feststellung der Sanierungsdringlichkeiten von kontaminierten Flächen bei.

Der am Anfang der sechziger Jahre begonnene industrielle Fortschritt in Korea hat große Umweltprobleme verursacht. In dieser Zeit hat die intensive Nutzung der industriellen Gebiete regionale Bodenveränderungen hervorgerufen. Zur Untersuchung der Bodenveränderungen wurden vom koreanischen Umweltministerium eine Reihe von Bodenmeßpunkten aufgestellt. 1987 waren landesweit 522 Bodenmeßpunkte vorhanden, die damals jedes zweite Jahr untersucht wurden. 2005 wird sich die Zahl der Bodenmeßpunkte auf etwa 10.000 erhöhen. Nach der Bestimmung des Bodenschutzgesetzes wurde seit 1995 das Bodenmeßnetz in Landnetz und Regionalnetz unterteilt, und die regelmäßigen Bodenuntersuchungen werden jedes Jahr durchgeführt.

Die erhebliche Verschlechterung der Situation der Böden in Korea und die daraus resultierende Notwendigkeit einer planerischen, politischen und rechtlichen Lösung der Fragen eines effektiveren Bodenschutzes ist in den letzten Jahren in Verwaltung und Politik auf nationaler Ebene zunehmend erkannt worden [31]. Entsprechend dieser Notwendigkeit wurde 1994 ein Bodenschutzgesetz im Parlament verabschiedet. Das Bodenschutzgesetz wurde am 6. 1. 1995 öffentlich bekannt gemacht, und trat 6. 1 1996 in Kraft. Das Bodenschutzgesetz zielt darauf ab durch Reduzierung der Umweltbelastung die Gesundheit der Bevölkerung und eine Verbesserung der Lebensqualität zu sichern. Dafür ist Vorsorge gegenüber möglichen Gefährdungen der Gesundheit der Bevölkerung und der Umwelt durch Bodenverunreinigungen zu treffen und der Boden auf bestmögliche Weise zu schützen und zu erhalten.

Es gliedert sich in folgende Bereiche:

- Allgemeine Bestimmungen
- Bodenmeßnetz
- Kontrolle der Einrichtungen mit hohem Gefährdungspotential
- Bestimmung und Verwaltung der Schutzzonen
- Ergänzende Regeln und Strafbestimmungen

Stufenweise hat das koreanische Umweltministerium eine Reihe von Sanierungsstrategien aufgestellt. Im ersten Schritt ist bis zum Jahr 2007 die Altlastenproblematik zu erfassen und eine altlastenrelevante Datenbank zu errichten. In diesem Schritt müssen 10 % der gesamten Altlasten saniert werden. Im zweiten Schritt sind bis zum Jahr 2017 stark belastete Altlasten zu sanieren und einen Altlastenkataster zu erstellen. In dieser Phase hat das koreanische Umweltministerium die Absicht 50 % der in den Altlastenkataster eingetragenen Altlasten zu sanieren. Im dritten Schritt sind bis zum Jahr 2027 fortdauernd leicht belastete Altstandorte zu sanieren und ein automatisiertes Kontrollsystem zu errichten, damit schätzt man, daß rund 80 % der gesamten Altlasten zu sanieren sind. In diesem Sinn ist diese Arbeit für die Entwicklung einer Bewertungsverfahren zur Gefährdungsabschätzung von Altlasten für Korea von großer Bedeutung.

2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit zielt darauf ab unter Berücksichtigung der rechtlichen Rahmenbedingungen in Korea ein Bewertungsverfahren für die Gefährdungsabschätzung von Verdachtsflächen zu entwickeln. Damit würde für die Altlastenbearbeitung die Feststellung der Bearbeitungspriorität gewährleistet.

Bei der Altlastenproblematik spielt in erster Linie die Gefahrenabschätzung von Verdachtsflächen eine wichtige Rolle. Zur Zeit gibt es in Korea jedoch kein Bewertungsverfahren für die Gefährdungsabschätzung von Verdachtsflächen. Ebenso fehlen Begriffsbestimmungen altlastrelevanter Sachwörter. Bei der Altlastenbearbeitung ist auf der einen Seite jede Verdachtsfläche ein Einzelfall, der eine besondere Bearbeitung erfordert. Auf

der anderen Seite ist aber ein einheitliches, zumindest landesweites Vorgehen erforderlich um die Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit der Einschätzung des Gefährdungspotentials und der Gefahren zu gewährleisten [60]. Nach der Verabschiedung des koreanischen Bodenschutzgesetzes, das im Januar 1996 in Kraft trat, wird ein landesweit einheitliches Bewertungsverfahren benötigt. Nach dem Bericht über 'Green Contribution 21' vom nationalen Institut für Umwelt ist bis zum Jahre 2007 aufgrund der Belastungstypen der Altlasten ein Bewertungsverfahren zu entwickeln [41].

Das Ziel eines Bewertungsmodells ist es mit einem pragmatischen Ansatz eine große Anzahl von Verdachtsflächen hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials in relativ kurzer Zeit mit möglichst geringem Aufwand zu unterscheiden. Damit soll eine transparente, nachvollziehbare Basis für die politische Entscheidungsfindung gegeben werden, auf der dann das tatsächlich Notwendige an Sanierungsmaßnahmen eingeleitet werden kann [60]. Zur Entwicklung eines Bewertungsverfahrens ist es sehr wichtig zwischen rechtlichen und systematischen Rahmenbedingungen zu unterscheiden.. Die Problematik der Altlasten ist jedoch sehr komplex und berührt auch andere Rechtsbereiche wie z.B. das Wasser-, Abfall- und Chemikaliengesetz für die gefährlichen Stoffe [1].

In Kapitel 3 der vorliegenden Arbeit werden die Bewertungsmodelle der USA, der Bundesrepublik Deutschland und Japans analysiert. Dabei werden jeweils der umweltpolitische Hintergrund und das charakteristische Merkmal von Bewertungsmodellen erklärt.

Zur Berücksichtigung der Rahmenbedingungen in Korea werden die rechtlichen Instrumente Abfallmanagementgesetz, Wasserschutzrecht, Bodenschutzrecht und Chemikaliengesetz erörtert. Die von den jeweiligen Gesetzen abgeleiteten Grenzwerte und die geologischen Hintergrundwerte werden zum Aufbau des Bewertungsverfahrens herangezogen. Beim Fehlen koreanischer Grenzwerte werden die bereits vorgeschlagenen Standardwerte aus internationalen Tabellenwerken übernommen.

Altlasten umfassen Altablagerungen und Altstandorte. In der vorliegenden Arbeit werden Altablagerungen und Altstandorte teilweise nach unterschiedlichen Bewertungsalgorithmen voneinander unabhängig bewertet, da in Korea die Altablagerungen und Altstandorte nach den unterschiedlichen rechtlichen Instrumenten geregelt werden. Altablagerungen werden

üblicherweise nach dem Abfallmanagementgesetz (AbfMaG) und der Deponieverwaltungsordnung geregelt, während Altstandorte durch das Bodenschutzgesetz geregelt werden. Bei der Beurteilung der von Altlastverdachtsflächen ausgehenden Gefährdungspotentiale und dadurch beeinflusster Schutzgüter werden die jeweiligen Belastungspfade Boden, Grundwasser, Oberflächengewässer und Luft in Betracht gezogen. Daraus resultierende Gefährdungsrisiken erfordern Handlungsbedarf bezüglich der Verdachtsflächen.

Durch einen mehrstufigen Informationsstand werden die jeweiligen Bewertungsschritte erreicht. Um den Informationsstand zu verbessern, ist eine vertiefte Untersuchung notwendig. Nach dem jeweiligen voneinander unabhängigen Bewertungsergebnis ist zu beurteilen, ob weitere Untersuchungen der Verdachtsflächen erforderlich sind. Im letzten Schritt wird das neu entwickelte Bewertungsverfahren auf altlastverdächtige Flächen angewendet. Dadurch sind die Bewertungssicherheit und die Nützlichkeit des neu geschaffenen Bewertungsmodells zur Gefährdungsabschätzung von Altlasten gewährleistet.

3 Gesetzliche Regelungen und Bewertungsverfahren zur Altlastenproblematik in Industrieländern

3.1 Bewertungsverfahren in den USA

3.1.1 Einleitung

Im Jahr 1976 wurde in den USA die Altlastenbearbeitung wegen der Altlast Love Canal, die von Chemiefirmen mit gefährlichen Chemikalienabfällen gefüllt und an den Wohnhäusern und Schulen gebaut wurden, in Angriff genommen. Die von der Altlast ausgegangene Gefahr verursachte menschliche und tierische Fehlgeburten und Mutationen neugeborener Kinder. Durch den politischen Druck einer Bürgerinitiative wurde der Notstand erklärt und die Evakuierung der noch auf dem Gebiet verbliebenen Bürger durchgeführt.

Nach der Aufdeckung dieses Schadenfalles verabschiedete 1980 der US-Kongreß das Superfund-Gesetz CERCLA (Comprehensive Environmental Response, Compensation and

Liability Act- Gesetz zur Regelung der Schadensersatz- und Haftungspflicht bei Umweltschäden). Das Superfund-Programm finanzierte Schadensersatz und die Sanierung der Altlasten. Mit diesem Gesetz hat die US-amerikanische Umweltbehörde US-EPA auf die durch unsachgemäß abgelagerten Sondermüll verursachten Umweltprobleme reagiert und zeitlich und finanziell begrenzte Sicherungs- und Sofortmaßnahmen durchgeführt.

Zusätzlich zur nationalen Gesetzgebung wurden in den 80er Jahren von den meisten Bundesstaaten eigene Gesetze erlassen, die einerseits die bundesstaatlichen Verfahren bei Flächen auf der Nationalen-Priorität-Listen (NPL) regeln, die gemäß CERCLA unter nationaler Aufsicht behandelt werden, andererseits für den von den nationalen Gesetzen nicht abgedeckten Teil auch eigenständige Regelungen vorsehen [6].

Generell wird eine Fläche als kontaminierte Fläche bezeichnet, wenn die Konzentration von einem Stoff bzw. mehreren Stoffen im Boden, Grundwasser, Oberflächenwasser oder einem anderen Medium die natürliche Umweltqualität verschlechtert, die Nutzbarkeit von natürlichen Ressourcen einschränkt, den Geruch, Geschmack oder das Aussehen negativ beeinflusst oder gesundheitliche Schäden hervorruft. Um festzustellen, ob eine Fläche eine kontaminierte Fläche ist, hat die Bundesumweltbehörde der USA (US Environmental Protection Agency - USEPA) - die umweltgesetzgebende Behörde in den USA Grenzwerte für verschiedene Schadstoffe vorgegeben (d.h. sogenannte maximale Schadstoffkonzentrationen, maximum contaminant levels - MCLs, Eingreifwerte, Sanierungszielwerte usw.). Sind diese gesetzlich vorgegebenen Grenzwerte überschritten, handelt es sich um eine kontaminierte Fläche. Die einzelnen Grenzwerte sind in Abhängigkeit vom Schadstofftyp, Schadstoffherd und Art des kontaminierten Mediums in verschiedenen USEPA-Verordnungen enthalten. Es gibt dabei in erster Linie Grenzwerte für Schadstoffe in Grundwasser und Oberflächenwasser, für Böden jedoch gibt es nur verhältnismäßig wenige Grenzwerte.

Das USEPA hat des weiteren gesundheitsbezogene und gefährdungsbezogene Schadstoffkonzentrationen (Risk-Based Concentrations - RCBs) entwickelt, die als Richtwerte der Bewertung von Standortuntersuchungsergebnissen und zur Festlegung vorläufiger Sanierungszielwerte dienen. Abgesehen von den USEPA-Grenzwerten, können die bundesstaatlichen und lokalen Behörden striktere Grenzwerte für kontaminierte Flächen in ihren Bundesstaaten bzw. Bezirken entwickeln und auferlegen.

3.1.2 Gesetzliche Regelungen und administrative Verfahren

Durch CERCLA ist das USEPA bevollmächtigt, entsprechende Maßnahmen einzuleiten, wenn eine Freisetzung von gefährlichen Abfällen [(Definition gemäß Wasserreinigungsgesetz (Clean Water Act), Luftreinigungsgesetz (Clean Air Act), Gefahrstoffkontrollgesetz (Toxic Substances Control Act), Abfallgesetz (Solid Waste Disposal Act) bzw. wie vom Direktor des USEPA definiert)] aus 'inaktiven' Sondermülldeponien vorliegt, die eine Gefährdung der Öffentlichkeit und der Umwelt darstellt [56]. CERCLA wurde durch den SAR (Superfund Amendments and Reauthorization Act) von 1986 novelliert und verlängert, der ein einheitliches Bewertungsverfahren gefahrverdächtiger Flächen festgelegt hat.

SARA enthält Kriterien für die Auswahl und die vergleichende Bewertung von Sanierungsmaßnahmen und garantiert eine stärkere Bürgerbeteiligung und Einbeziehung der Öffentlichkeit in die Sanierungsentscheidungen.

Der Superfund Reauthorization Act SRA, mit dem eine weitere Novelle von CERCLA vorbereitet wird, zielt auf lange Sicht darauf ab, die Behandlung der kontaminierten Standorte in die Hand der Bundesstaaten zu legen.

Das Gesetz über Ressourcenerhalt und -wiederherstellung (Resource Conservation and Recovery Act RCRA), eine weitere altlastenrelevante Gesetzgebung, regelt Transport, Behandlung, Lagerung oder Deponierung von Sonderabfällen sowie die Vorsorge gegen neue Bodenverunreinigungen durch Sonderabfälle wie auch die Sanierung von Anlagen, die aus der Zeit vor Inkrafttreten entsprechender RCRA-Regelungen stammen [6]. RCRA wurde 1984 um spezifische Regelungen über Sondermüll und feste Abfälle (hazardous and solid Waste Amendments-HSWA) ergänzt, die eine schrittweise Einstellung von Sondermülldeponierung und Untersuchung und Sanierung ehemaliger Deponien fordern.

3.1.3 Finanzierung

CERCLA war damals in der Höhe von 1,5 Mrd. US \$ für fünf Jahre finanziert worden, um das Altlastenproblem zu bewältigen. Infolge der Verstärkung der Altlastenproblematik wurde die Summe auf 8,6 Mrd US \$ für weitere fünf Jahre und 1990 um weitere 5,1 Mrd. erhöht. Im Rahmen von CERCLA müssen sich die Bundesstaaten an den Kosten der Sanierungsmaßnahmen beteiligen. An der Sanierung werden die zuständigen Bundesstaaten mit 10 % der Sanierungskosten für die große Mehrzahl privater NPL-Standorte und mit 50 % für Standorte in öffentlichem Besitz beteiligt, die Bundesstaaten müssen sich außerdem verpflichten die Kosten für die Nachsorge voll zu übernehmen [6].

3.1.4 Gefährdungsabschätzung und Prioritätensetzung

USEPA übernimmt die gemeldeten Verdachtsflächen in die CERCLA-Informationssystem-Datenbank auf. Eine Erstbewertung für die aufgenommenen Standorte wird möglichst innerhalb eines Jahres durchgeführt. Für eine Erstbewertung sammelt USEPA Daten bzw. Informationen aus verschiedenen Informationsquellen- wie z.B. Berichte, Akten der Behörden und Brunnenbeobachtungen. In der Erfassungsphase spielen zur Beurteilung der Verdachtsflächen die Parameter Abfallmenge, Zusammensetzung, Ausmaß der Fläche eine wichtige Rolle. Besteht der Verdacht auf Flächenkontamination, führt man eine Standortuntersuchung durch. Zur vergleichenden Gefährdungsabschätzung von Altlasten entwickelte USEPA ein Bewertungssystem -Hazard Ranking System (HRS)-, das auf einem vergleichenden Bewertungsablauf basiert. Bei der Expositionsabschätzung einer Altlast werden die wesentlichen Ausbreitungspfade Luft, Oberflächen- und Grundwasser, Boden betrachtet sowie die Schadstoffverteilung und der Übergang zwischen den Pfaden berechnet. Für die Toxizitätsabschätzung ist das Datenbanksystem IRIS (Integrated Risk Information System) anzuwenden, das die chemischen Eigenschaften und Gesundheitsrisiken von Stoffen enthält. Die absolute Exposition im einzelnen wird jedoch nicht im HRS berechnet.

Zum Standortscreening wurden aus der CERCLA-Novelle SRA die Bodenqualitätswerte (Soil Screening Levels SSL) ausgearbeitet. Überschreitung der SSL rechtfertigt im Rahmen von

CERCLA weitere Untersuchungen von Standorten. Die SSL berücksichtigen die drei Gefährdungspfade: direkte Aufnahme des Bodens mit der Nahrung oder durch Kinder, Inhalation von Staub oder leichtflüchtigen Stoffen sowie den Transfer ins Grundwasser.

Für die vergleichende Gefährdungsabschätzung wendet USEPA das HRS an. HRS wird nicht für die absolute Gefährdungsabschätzung von Altlasten eingesetzt, sondern dazu verwendet, daß eine altlastverdächtige Fläche in die nationale Prioritätenliste NPL eingetragen wird. Im HRS werden vier Belastungspfade: Grundwasser, Oberflächenwasser, Luft, direkter Bodenkontakt berücksichtigt. Bei den jeweiligen Pfaden werden schrittweise Schadstoffeigenschaften, Schadstofffreisetzung und Schutzgüter bewertet. In der Bewertung eines Bewertungsschrittes werden dabei mehrere Optionen mit verschiedenen Alternativen angeboten, die mit bestimmten Kennzahlen bezeichnet sind. Diese Kennzahlen werden additiv oder multiplikativ miteinander verknüpft und zu einer auf 100 normierten Bewertungszahl multipliziert. Das geometrische Mittel der normierten Bewertungszahlen für die vier Pfade ermittelt die Gefährdung der betrachteten Fläche und ergibt eine endgültige Punktzahl nach dem HRS. Die Höhe der Punktzahl beeinflusst die Dringlichkeit der Sanierung des kontaminierten Standortes. Die endgültige Entscheidung über die Priorität wird aufgrund der Punktzahl nach HRS durch USEPA in Zusammenarbeit mit den bundesstaatlichen Behörden bestimmt.

3.2 Bewertungsverfahren Japans

3.2.1 Einleitung

Das erste Regelwerk gegen Bodenverunreinigung in Japan war das 1970 novellierte Grundlagengesetz zum Immissionsschutz. Das Gesetz wurde zur Vorsorge gegen die Verunreinigung landwirtschaftlich genutzter Böden und bergbaulich beanspruchter Flächen erlassen. Es wurde 1976 mit neuen Standards für die Abfallablagerung und mit der Forderung nach Sanierung von Deponiestandorten novelliert. Die japanische Umweltbehörde (JEA Japan Environment Agency) hat zur Bodenerhaltung in den Städten eine Kommission eingerichtet, die zur Sanierung öffentlich genutzter Liegenschaften vorläufige Richtlinien erarbeitete, die von den lokalen Umweltbehörden bei Erarbeitung eigener Richtlinien zugrunde gelegt wurden.

1992 hat die japanische Umweltbehörde zur künftigen bodenschutzrelevanten Gesetzgebung eine neue Kommission eingerichtet.

3.2.2 Gesetzliche Regelungen und administrative Verfahren

Aufgrund des 1970 novellierten Grundlagengesetzes zum Immissionsschutz hat die JEA Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit und zur Bewahrung der Umwelt entwickelt, die Zielwerte für die Verwaltung darstellen. Das 1976 novellierte Gesetz über Abfallablagerung und kommunale Reinigung enthält neue Grenzwerte für die Abfallablagerung und die Forderung nach Sanierung von Deponiestandorten. Das Gesetz enthält jedoch keine Regelung zur Sanierungsdurchführung kontaminierter Altlasten [6].

3.2.3 Finanzierung

Zur Finanzierung der Sanierungsdurchführung kontaminierter Böden wird das Verursacherprinzip angewandt. Durch das Gesetz zur Zuweisung von Kosten für Umweltschutz und öffentliche Maßnahmen sind die Verursacher verpflichtet, die erforderlichen Kosten für die Sanierung verunreinigter Böden aufzubringen. Sind Verursacher unbekannt oder nicht leistungsfähig, werden die Kosten vom Landwirtschaftsministerium und der kommunalen Verwaltung getragen.

3.2.4 Erfassung und Erstbewertung

In Japan gibt es kein landeseinheitliches systematisches Erfassungsverfahren von Altlasten. Für Altlasten sind bisher im wesentlichen das Landwirtschaftsministerium und die Bezirksregierungen zuständig. Die Bezirksregierungen erfassen Informationen über den Zustand landwirtschaftlicher Böden und stellen kontaminierte Flächen fest. Nach Anhörung des Bezirksrats und der zuständigen Gemeinde können die Bezirksregierungen mit Zustimmung des Generaldirektors der Umweltbehörde und des Ministers für Landwirtschaft, Forsten und Fischerei die erforderlichen Maßnahmen ausarbeiten.

Für die Erhaltung der Bodenfunktionen zur Reinigung des Wassers und zum Anbau von Reis führte 1991 die JEA für zehn Schadstoffe Bodenqualitätsstandards ein, zu denen 1994 weitere fünfzehn Stoffe hinzukommen. Diese Normwerte wurden meistens aus Wasserschutzgrenzwerte abgeleitet. Diese Standards dienen als Kriterien für Maßnahmenschwellen und Bodenqualitätsziele für die Sanierung.

Die Bodenqualitätsstandards sind auf alle Bodentypen anzuwenden, sie legen jedoch bisher die Sanierungsverpflichtung nur für kontaminierte Flächen im öffentlichen Besitz fest. Die höchste Sanierungspriorität liegt bei den landwirtschaftlich genutzten Anbauflächen.

3.3 Bewertungsverfahren der Bundesrepublik

3.3.1 Einleitung

Die Altlastenproblematik in der Bundesrepublik entstand Anfang der achtziger Jahre mit dem gesamten Problemspektrum der Definition von Altlasten, ihres Gefährdungspotentials und über die Frage der Sanierungsziele sowie der anzuwendenden Sanierungstechnik bis hin zu Finanzierungsfragen. 1985 wurde von der Bundesregierung eine Bodenschutzkonzeption verabschiedet [6]. Die Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung bildet den politischen Handlungsrahmen für den Ausgleich der vielfältigen Nutzungsansprüche an den Boden zur Abwehr von Schäden und zur Vorsorge auch gegen langfristige Gefahren. Erstmals wurden alle bedeutenden Einwirkungen auf den Boden zusammengefaßt und bewertet sowie die verschiedenen Bodenfunktionen aufgelistet.

Zur Durchführung der Bodenschutzkonzeption wurden verschiedene Gesetze novelliert. Wegen fehlender bundeseinheitlicher Altlastenverfahren haben mehrere Länder eigene Regelungen erlassen und für die Gefährdungsabschätzung und Feststellung der Sanierungsdringlichkeit verschiedene detaillierte Bewertungsmodelle entwickelt.

Im Land Baden-Württemberg z.B. existieren mehr als 10.000 Verdachtsflächen, auf denen mit umweltrelevanten Stoffen umgegangen wurde oder Abfälle abgelagert worden sind. Zur

erfolgreichen Bewältigung der Altlastenproblematik hat das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg einen Stufenplan 'Altablagerung und Altlasten', der die Konzeption für ein koordiniertes Vorgehen enthält, erarbeitet. Parallel hierzu hat eine Arbeitsgruppe der Wasserwirtschaftsverwaltung unter Federführung der Landesanstalt für Umweltschutz und mit Beteiligung des geologischen Landesamtes ein Altlasten-Handbuch mit dem Titel 'Teil I: Altlastenbewertung' und 'Teil II: Untersuchungsgrundlagen' erarbeitet. Das Handbuch garantiert bei der Erkundung, Bewertung und Festlegung von Handlungsprioritäten landesweit einheitliche Kriterien.

3.3.2 Gesetzliche Regelungen und administrative Verfahren

Vor der Verabschiedung bundeseinheitlicher Bodenschutzgesetze waren das Polizei- und Ordnungsrecht, das Abfallgesetz, das Wasserschutzgesetz, das Baugesetzbuch und das Bundesimmissionsschutzgesetz die altlastrelevante gesetzliche Grundlage:

- Das Abfallgesetz regelt die Zulassung von Abfallentsorgungsanlagen und die Maßnahmen bei Einstellung des Betriebs.
- Das Wasserhaushaltsgesetz regelt die Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen.
- Das Baugesetzbuch regelt die Durchführung des Flächennutzungsplanes von verunreinigten Flächen, wenn die Verunreinigung für die künftige Nutzung erheblich ist.
- Das Bundesimmissionsschutzgesetz regelt die Pflichten des Betreibers genehmigungsbedürftiger Anlagen und verpflichtet den Betreiber dafür zu sorgen, daß von der Anlage und dem Anlagengrundstück keine schädlichen Umwelteinwirkungen und sonstigen Gefahren ausgehen und Abfälle ordnungsgemäß beseitigt werden.

Zur Vorsorge gegen Bodenverunreinigungen und Vereinheitlichung der bisher in den Ländern unterschiedlich geübten Altlastenbehandlung wurde am 12. Juni 1997 ein Bundes-Bodenschutzgesetz eingeführt.

Die Verordnung zur Durchführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Bodenschutz- und Altlastenverordnung, BodSchV) aufgrund der §§ 6, 8 Abs. 1 und 2 und des § 13 Bundes-Bodenschutzgesetzes trat am 1. März 1999 in Kraft.

Zweck des beschlossenen Gesetzes ist es, die Funktionen des Bodens nachhaltig in ihrer Leistungsfähigkeit zu erhalten oder wiederherzustellen. Die Funktion des Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen wird ausdrücklich hervorgehoben. Hierzu sind Gefahrenabwehr- und Beseitigungsmaßnahmen sowie Maßnahmen zur Vorsorge gegen künftige Belastungen des Bodens zu ergreifen.

Mit dem Bodenschutzgesetz des Bundes werden die Voraussetzungen für einen wirksamen Bodenschutz und die Sanierung von Altlasten geschaffen. Die einheitlichen Anforderungen, die das Gesetz bundesweit stellt, bilden die Grundlage für ein effektives Vorgehen der Behörden. Zugleich wird mit den Sanierungspflichten Rechtssicherheit und damit eine wesentliche Voraussetzung für künftige Investitionen geschaffen.

Das Gesetz begründet Pflichten u.a. zur Vermeidung und Abwehr von Bodenbelastungen sowie zur Sanierung des Bodens. Diese Grundpflichten gewährleisten, daß der Boden nicht in seiner Leistungsfähigkeit überfordert wird. Dies gilt sowohl für stoffliche als auch für physikalische Einwirkungen. Insbesondere geht es um folgende Pflichten:

- Jeder, der den Boden nutzt, hat sich so zu verhalten, daß durch ihn keine Gefahren für den Boden hervorgerufen werden.
- Vorsorgepflichten stellen sicher, daß der Boden in seiner ökologischen Leistungsfähigkeit nicht überfordert wird.
- Grundstückseigentümer und -besitzer müssen sicherstellen, daß von ihren Böden keine Gefahren ausgehen.
- Sind bereits Schädigungen des Bodens eingetreten, besteht die Pflicht zur Bodensanierung.

- Bodenverunreinigungen haben in der Regel auch Verunreinigungen des Gewässers zur Folge. Deshalb erstreckt sich die Pflicht zur Bodensanierung auch auf die Sanierung von Gewässerbelastungen. Hierdurch wird sichergestellt, daß für beides - die Sanierung des Bodens und die Sanierung des belasteten Gewässers - einheitliche Anforderungen gelten. Bislang stellten hier unterschiedliche Behörden unterschiedliche Anforderungen.
- Für den Bereich der Altlastensanierung gelten zusätzliche Anforderungen (z.B. Sanierungsuntersuchungen und Sanierungsplanungen, Einbeziehung von Sachverständigen).
- Sonderregelungen gelten auch für den Bereich der Landwirtschaft (Vorsorge- und Sanierungsanforderungen entsprechend guter fachlicher Praxis, finanzieller Ausgleich in bestimmten Fällen) [19].

Im Gesetz werden ferner die Voraussetzungen für die Festlegung bundeseinheitlicher, verbindlicher Bodenwerte im Gefahrenabwehr- und Vorsorgebereich geschaffen. Das Gesetz enthält hierzu die notwendigen Verordnungsermächtigungen. Die fachlichen Inhalte einer Bodenschutz- und Altlastenverordnung sind unter Beteiligung von Experten der Länder erstellt worden. Auf der Grundlage von Bodenwerten können künftig gering belastete Flächen aus dem Altlastenverdacht entlassen und einer wirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden. Bodenwerte geben Investoren Rechtssicherheit und machen die mit Bodenbelastungen verbundenen Risiken kalkulierbarer.

3.3.3 Kosten und Finanzierung

Nach dem Stand vom 1994 sind rund 143.000 Altlastenverdachtsflächen, davon 86.000 Altablagerungen und 57.000 Altstandorte, erfaßt. Die Flächen noch tätiger Betriebe sind hierbei nicht miterfaßt. Schätzungen sprechen von einer tatsächlichen Gesamtzahl von 250.000 Altlastverdachtsflächen. Erfahrungsgemäß erweisen sich etwa 10-20 % dieser Flächen als sanierungsbedürftig.

Die Kosten der nach dem BBodSchG angeordneten Maßnahmen tragen die zur Durchführung verpflichteten Verursacher. Mehrere Verpflichtete haben, unabhängig von ihrer Heranziehung untereinander, einen Ausgleichsanspruch. Soweit nichts anderes vereinbart wird, hängt die Verpflichtung zum Ausgleich sowie der Umfang des zu leistenden Ausgleichs davon ab, inwieweit die Gefahr oder der Schaden vorwiegend von dem einen oder dem anderen Teil verursacht worden ist (vgl. § 24 BBodSchG).

Im Land Baden-Württemberg z.B. wurde zur Finanzierung der Sanierung von kommunalen Altlasten ein kommunaler Altlastenfonds eingerichtet. Die Mittel des Altlastenfonds werden zu 25% aus über die Steuer erhobenen Landesmitteln und zu 75% aus Mitteln des kommunalen Investitionsfonds aufgebracht. Ist die Kommune Verursacher oder Eigentümer der Altlast, kann der Altlastenfonds von Gebietskörperschaften für Erkundungs-, Sanierungs- und Überwachungsmaßnahmen in Anspruch genommen werden. Das Komitee aus Vertretern von Land und Gemeinden trifft die Entscheidung über die Gewährung der Zuwendungen aus dem Altlastenfond. Die Untersuchung und Sanierung von nicht kommunalen Altlasten können in Härtefällen aus dem Fond unterstützt werden. Dieser Fond wird aus einer Abgabe auf überwachungsbedürftige Sonderabfälle aufgebracht.

3.3.4 Erfassung und Erstbewertung

Maßstab für die Altlastenbearbeitung ist eine schutzgutabhängige Gefährdungsabschätzung, bei der unter Beachtung der aktuellen und der planungsrechtlich zulässigen Nutzung des Grundstücks und des sich daraus ergebenden Schutzbedürfnisses der Gefahrentatbestand ermittelt wird. Es wird nämlich als unangemessen angesehen, den Boden auf multifunktionelle Nutzung hin zu sanieren, um zum Beispiel Industrie darauf anzusiedeln, die mit umweltgefährdenden Stoffen umgeht und somit zumindest ein Verschmutzungsrisiko darstellt.

Die Länder können die Erfassung der Altlasten und altlastverdächtigen Flächen regeln. In allen Bundesländern werden Altlastverdachtsflächen systematisch erfaßt. Liegen der zuständigen Behörde Anhaltspunkte dafür vor, daß eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt, so hat sie zur Ermittlung des Sachverhalts die geeigneten Maßnahmen zu ergreifen. Im Rahmen der Untersuchung und Bewertung sind insbesondere Art und Konzentration der

Schadstoffe, die Möglichkeit ihrer Ausbreitung in die Umwelt und ihrer Aufnahme durch Menschen, Tiere und Pflanzen sowie die Nutzung des Grundstücks zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der orientierenden Untersuchungen und der Detailuntersuchungen sind nach BodSchV unter Beachtung der Gegebenheiten des Einzelfalls, insbesondere auch anhand der Prüf- und Maßnahmenwerte nach BodSchV Anhang 2, daraufhin zu bewerten, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt oder nicht. Für die Beurteilung von schädlichen Bodenveränderungen oder Altlasten auf landwirtschaftlich einschließlich gartenbaulich genutzten Flächen sind die in Anhang 2 Nr. 2 und 3 festgesetzten Prüfwerte heranzuziehen. Liegt der Gehalt bzw. die Konzentration eines Schadstoffes unterhalb des jeweiligen Prüfwertes in Anhang 2 Nr. 1 oder 3, ist der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast in bezug auf diesen Schadstoff ausgeräumt (vgl. § 9 BBodSchG, § 4 Abs. 1-5 BodSchV).

In Hessen werden seit 1979 Altablagerungen systematisch erfaßt und in einem Altablagerungskataster bei der Hessischen Landesanstalt für Umwelt gespeichert. Das Bewertungsmodell gestattet zwar generell eine Anwendung bei Altablagerungen und Altstandorte. Eine wertvolle Hilfestellung, wie die notwendigen Daten bis zum Erreichen der Mindestinformation beschafft werden können, wird mit dem Standarduntersuchungsprogramm gegeben. In detaillierter Form werden für die Teilbereiche Stoff-, Standort- und Nutzungscharakteristik und den zugehörigen Belastungspfaden Grundwasser, Oberflächengewässer, Boden und Luft zur Ermittlung der jeweiligen Einflußgrößen und deren Bedeutung für die Umwelt beschrieben. Aufgrund des Standarduntersuchungsprogramms entscheidet eine Bewertungskommission in jedem Einzelfall über die Einordnung des Standortes in die entsprechende Gefährdungspotentialklasse. Die Bewertungskommission prüft die Unterlagen auf die genannten Mindestinformationen und entscheidet, ob weitere Untersuchungen notwendig sind. Anschließend ordnet die Kommission dem Standort eine der vier Gefährdungspotentialklassen zu und bestimmt die Bearbeitungspriorität innerhalb dieser Klassen.

In Hamburg wurde von der Umweltbehörde ein Bewertungsschema zur Abschätzung des relativen Grundwassergefährdungspotentials von Altablagerungen und aktuellen Schadensfällen und zur Beurteilung von Sanierungsmaßnahmen erarbeitet. Grundlage der Bewertung ist die Erfassung der Altablagerungsemissionen. Um bei der Vielzahl von

kontaminierten Flächen Sanierungsprioritäten zu setzen, werden hierarchisch strukturierte Untersuchungsphasen festgelegt, nach deren jeweiligem Abschluß somit schrittweise Entscheidungen für weitere Maßnahmen getroffen werden können. In der Phase 1 müssen Art und Umfang der Boden- bzw. Grundwasserverunreinigung mittels der bestehenden Aktenlage und der Auswertung hydrogeologischer Unterlagen eingegrenzt werden. In einer 2. Phase laufen Voruntersuchungen an, nach deren Abschluß diejenige Flächen ausgewählt werden können, auf denen Detailuntersuchungen (3. Phase) notwendig erachtet werden. Anschließend wird mit Hilfe des Bewertungsverfahrens das Grundwassergefährdungspotential dieser Flächen bestimmt. Das Gefährdungspotential einer Verdachtsfläche ergibt sich aus der additiven Verknüpfung der Punkte, die sich aus den sechs Bewertungsgruppen ergeben. Alle bewertungsrelevanten Fakten werden in einem Bewertungsbogen belegt. Bei durchgeführten Sanierungen kann mit Hilfe einer Neubewertung die Sanierungseffektivität überprüft werden.

In Berlin wurde von der Senatsverwaltung für Umwelt eine Liste für Kleingärten, Kinderspiel- und Sportplätze bestimmt. Bei Überschreitung der Risikowerte müssen weitere Untersuchungen und Sachverhaltsermittlungen zur Abschätzung von tatsächlichen oder möglichen Expositionen von Bodennutzern durchgeführt werden. In diesem Fall sind angepaßte Maßnahmen zur Verhinderung des Kontaktes Mensch/Boden notwendig (vgl. Erläuterungen Nr. 3.2 der Anlage zur Berliner Liste).

Im Bewertungsverfahren von Baden-Württemberg werden die Gefahren für die Schutzgüter: Grundwasser, Oberflächenwasser, Luft und Boden getrennt betrachtet, und die Stoffgefährlichkeit r_o , Austrag, Eintrag und Transport sowie Einwirkungen bei allen Schutzgütern in gleicher Weise berücksichtigt. Davon ausgehend wird eine Stoffgefährlichkeit r_o für das schadstoffbelastete Abfall- und Bodenmaterial ermittelt. Hinsichtlich Austrag, Eintrag, Transport und Einwirkungen spielen die tatsächlichen örtlichen Verhältnisse eine wichtige Rolle bei der Gefahrenbeurteilung von Schutzgütern. Der Einfluß der örtlichen Verhältnisse wird jeweils in Multiplikatoren, den sogenannten m-Werten (m_1 , m_2 , m_3) ausgedrückt. Hierbei sind die folgenden Bilanzgrößen zu unterscheiden, um die Einwirkungen des Schadstoffes auf das Schutzgut zu bewerten [37]:

- Schadstoffaustrag aus der Altlast: 'Austrag' bezieht sich auf die Schadstoffe, die von Altlasten ausgehen. Die wichtigen Faktoren, bezogen auf den Austrag, sind die

Niederschlagsmenge, das Volumen bzw. der Flächenraum der Altlasten, die Rückhaltewirkung des Sohlmaterials und ob eine Sohlabdichtung und Oberflächendeckung der Altlasten vorhanden sind.

- Schadstoffeintrag ins Schutzgut : Die den Gefahrenherd verlassenden Schadstoffe bewegen sich zum jeweiligen Schutzgut. Hierfür sind der Grundwasserflurabstand, die Beschaffenheit und Durchlässigkeit des Bodenmaterials sowie die Abbau- und Sorptionsvorgänge und die Remobilisierung des Schadstoffes von Bedeutung.
- Einwirkung aufs Schutzgut : Die ausgetragenen Schadstoffe können zum jeweiligen Schutzgut weitertransportiert werden und aufs Schutzgut einwirken. Die Transport-, Abbau- und Sorptionsfähigkeit hängen von der Mächtigkeit, Geschwindigkeit, dem pH-Wert des Grundwassers, der Anwesenheit von Mikroorganismen und den anderen Hilfsstoffen für den mikrobiologischen Abbau des Schadstoffes im Untergrund, sowie der Beschaffenheit und den Eigenschaften des Schutzgutes ab.

Im Bewertungsverfahren von Baden-Württemberg kommen als organisatorische Vorgaben folgende Gesichtspunkte in Betracht:

- Trotz der Unterschiedlichkeit der Einzelfälle ist ein einheitliches Vorgehen erforderlich. Dabei sind standortunabhängige Erkenntnisse über die Stoffgefährlichkeit an einer zentralen Stelle der Verwaltung zusammenzutragen.
- Neben dem Handlungsbedarf muß das Bewertungsverfahren eine Abschätzung der Dringlichkeit von Maßnahmen erlauben.
- Verschiedene Experten müssen ihre Mitwirkungsbereiche eindeutig zugewiesen bekommen.
- Der Wissensverband der Zentralen Fachbehörde muß mit den Kenntnissen der örtlich zuständigen Behörden vereint werden, um eine fachgerechte und möglichst einheitliche Bewertung zu erreichen.
- In einem Bewertungsverfahren muß der ständig zunehmende Kenntnisstand leichten Eingang finden können.
- Das Bewertungsverfahren muß zu einer einfachen, übersichtlichen und nachvollziehbaren Dokumentation der Fakten führen.

4 Allgemeine Umweltverschmutzung und vorhandene Altlasten in Korea

4.1 Allgemeine Umweltverschmutzung

Die Erholung der Weltwirtschaft führte nach 1950 in den Industrieländern zu Umweltbelastungen, die die Selbstreinigungskraft der Natur nicht nur lokal und regional überschritten. Dieses wurde in den 70er und 80er Jahren von der Wissenschaft und Politik wahrgenommen und einer interessierten Öffentlichkeit nahegebracht.

Vom Ende der sechziger Jahre bis zum Anfang der siebziger Jahre wurde in Korea aufgrund des niedrigen Arbeitslohns ein auf Export orientierter wirtschaftlicher Entwicklungsplan durchgeführt. Im gleichen Zeitraum wurden viele umweltschädlichen Produktionsstätten ins Land importiert. Von der Mitte der siebziger Jahre bis zur Mitte der achtziger Jahre wurden verschiedene Schwerindustrien politisch unterstützt und öffentliche Korporationen gestaltet. Vom Ende der achtziger Jahre bis Mitte der neunziger Jahre wurde die Konsumwirtschaft geformt. Durch häufig veränderte Wirtschaftsplanung vergrößerte sich die Umweltverschmutzung ständig. Als Gründe der beschleunigten Umweltverschmutzung in Korea sind die beschränkte Umweltkapazität, die hohe Bevölkerungsdichte, der zunehmende Import der Energie und Rohstoffe und die auf den niedrigen Mehrwert orientierte Wirtschaftsstruktur zu sehen.

Die beschleunigte Industrialisierung rief die Zunahme der Abwassermenge hervor. Im Vergleich mit der Abwassermenge von 1980 und 1994 hat das Hausabwasser um 220 % und das Industrieabwasser um 540 % zugenommen. Dadurch hat die Wasserqualität von vier Hauptflüssen den Grenzwert der Wasserqualität überschritten, etwa 50 % der Gewässer sind bereits eutrophiert. Um das Eutrophierungsproblem zu lösen, hat das koreanische Umweltministerium (KUM) landesweit 71 Abwasserbeseitigungsanlagen (Stand 94) gebaut. Dadurch wurden täglich 9,7 Mio. Tonnen beseitigt, aber die Wasserqualität der Gewässer ist nach wie vor unbefriedigend, da das Abwassernetz unvollständig ist, und insbesondere die von den flächenhaften Quellen ausgehenden Verunreinigungen die Wasserqualität von Gewässern weitergehend verschlechtern.

Bezüglich der Luftverschmutzung wurde zwischen 1990 und 1995 der SO_2 - Wert von 51 ppb auf 17 ppb reduziert. Im gleichen Zeitraum hat der TSP (gesamte Schwebstoffe) von $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgenommen, da in diesem Zeitraum Kohle als Energieträger zur Hausheizung durch Erdöl ersetzt wurde. Wegen der zunehmenden Anzahl der Fahrzeuge und der jährlichen Zunahme des Energieverbrauches um 10% wird das Auftreten Ausbruch von photochemischem Smog immer häufiger.

Im Falle der Abfallwirtschaft entstehen täglich 0,34 kg Hausmüll pro Kopf, davon werden 81,2 % deponiert, 3,5 % verbrannt und 15,3 % wieder verwendet. Aufgrund der bei der Verbrennung entstehenden Dioxine hat sich die Bevölkerung gegen den Bau von Müllverbrennungsanlagen stark widersetzt.

4.2 Vorhandene Altlasten in Korea

4.2.1 Stand der Altablagerungen

Deponien werden zur Beseitigung von Hausmüll und sonstigen Siedlungsabfällen, Sonderabfall, kommunalem Klärschlamm oder Bauabfall einschließlich Erdaushub geplant und genutzt. Das Gelände einer geschlossenen Deponie einschließlich der nahen Umgebung ist auf lange Zeiten nur beschränkt oder gar nicht nutzbar, weil sich die aus dem Deponiekörper austretenden Stoffe vielfach erst in den Jahren nach Schließen einer Deponie bemerkbar machen. Bei der Deponieplanung wird davon ausgegangen, später den Ort der ehemaligen Ablagerungsstätte wieder in die Landschaft einzugliedern, sie möglichst zu rekultivieren. Das Ziel der Rekultivierung ist für Deponien nur mit hohem Nachsorgeaufwand für Pflege und Unterhaltung zu erreichen.

Mit Stand 1996 gab es landesweit 496 Deponien, die von den Gemeinden verwaltet werden (s. Tabelle 1). Die Gesamtfläche im Betrieb befindlicher Deponien beträgt 12,8 Millionen m^2 mit einem Volumen von 190 Millionen m^3 , davon stehen etwa 110 Millionen m^3 noch zur Verfügung. 304 (61 %) Deponien stehen 1 bis 3 Jahre und 104 (21 %) 4 bis 5 Jahre noch zur Verfügung (s. Tabelle 2). 48 % der Gesamtdeponien haben keine Abdichtung gegen

Sickerwasser und keine Sickerwasserentsorgungsanlage.

Tabelle 1: Stand der Altablagerungen in Korea [59]

	Jahr 1990	Jahr 1996
Zahl der Ablagerung	623	496
Gesamtfläche (Millionen m ²)	10,467	12,765
Gesamtvolumen (Mio. m ³)	169,474	190,088
Abgelagerte Menge (Mio. m ³)	109,496	80,185
Restvolumen (Mio. m ³)	59,978	109,903

Tabelle 2: Restzeitlicher Stand der Altablagerungen in Korea [59]

	Summe	1-3 Jahre	4-5 Jahre	6-10 Jahre	11-15 Jahre	Über 16 Jahre
Zahl der Ablagerungen	496	304	104	54	25	9
Fläche (Mio. m ²)	12,765	6,907	2,182	1,871	1,380	0,424

4.2.2 Geschlossene Deponie

Es gibt 898 Altablagerungen mit rund 17,7 Millionen m² Fläche und 177 Millionen m³ Volumen. Davon haben nur 157 Altablagerungen Sickerwasserbeseitigungsanlagen. Man vermutet, daß von diesen Altablagerungen auf verschiedenen Wegen in die Umgebung die umweltschädlichen Schadstoffe ausgehen. 544 Altablagerungen werden nach dem Abschluß als Baugrund, Industriegelände oder öffentlicher Garten wieder genutzt. Verschiedene Nutzungstypen der geschlossenen Ablagerungen sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Verschiedene Bodennutzungen der geschlossenen Ablagerung [59]

Bodennutzung	Zahl	Fläche (Mio. m ²)
Ackerland	226	2,847
Baugrund	44	0,519
Sportlage	22	0,218
Fabrikgegend	53	0,724
Betriebsniederlassung	10	0,655
Offene Lagerstätte	36	3,806
Parkanlagen	16	0,268
Wiese	27	0,321
Nicht benutzte Altablagerung	354	5,885
Sonst	110	2,412
Summe	898	17,655

4.2.3 Altstandorte und Bodenbelastung

An Altstandorten können die Anreicherungen bestimmter Schadstoffe in Böden und im Untergrund die Regelungs-, die Produktions- und die Lebensraumfunktionen des Bodens nachteilig verändern. In Korea wurden im vergangenen Jahrzehnt folgende Bodennutzungen deutlich ausgeweitet und dadurch unnatürliche Bodenveränderungen verursacht.

- Tankstellen

Durch die Abschaffung der Abstandsbeschränkung bei der Genehmigung von Tankstellen nahm landesweit die Zahl der Tankstellen schnell zu. 1996 waren insgesamt ca. 8400 Tankstellen im Betrieb [59].

- Abgebaute Bergwerke

Landesweit sind 336 Kohlebergwerke und 814 Metallbergwerke als Altlastverdachtsfläche berücksichtigt. Das Ministerium für Handel und Industrie beabsichtigt das Bergwerkgesetz zu ändern, dadurch werden bis zum Jahre 2001 250 Millionen DM für Vermeidung des Gefährdungspotentials aus Metallbergwerken investiert. Im Gebiet eines Metallbergwerkes ist die Bodenverschmutzung dreimal so stark wie die eines Landwirtschaftsgebiets oder eines Siedlungsgebiets, da in den 70er Jahren die vom Metallbergwerken ausgehenden Schadstoffe ohne Beseitigungsverfahren direkt in den Boden gelangten [58].

- Bodenbelastung durch Industrieabfall

Im Jahre 1995 entstanden täglich 4.444 Tonnen Industrieabfälle, davon wurde der größte Teil wieder verwendet und der Rest durch die von der Umweltmanagementkooperation verwalteten Beseitigungsanlagen behandelt und in Sonderabfalldeponien abgelagert. Nach Abfallart werden Säuren und Basen durch physikalische Behandlung, organische Lösungsmittel durch Verbrennung und Schlamm und Asche durch Verfestigung beseitigt.

Eine Bodenkontamination erfolgt durch Ablagerung von Stoffen, die nicht an Ort und Stelle im Boden entstanden sind, sich nicht durch natürliche Bodenbildungsprozesse oder durch natürliche Einträge dort angereichert haben. Hierzu können zählen: punktuelle Belastungen (z.B. Emissionen, Unfallsituationen, Havarien, Altlasten) sowie Eintrag von Schad- und Laststoffen als Folge der menschlichen Nutzung. Schäden durch Bodenkontamination treten auf, sofern wichtige Funktionen des Bodens als Naturkörper, Wurzelraum und Filterkörper nachhaltig gestört sind. Von daher ist eine Bewertung der Bodenkontamination in Bezug auf Konzentration und Schadwirkung eines Stoffes vorzunehmen. Bodenbeeinträchtigungen durch

Schadstoffe auf verschiedene Bodennutzungen in der koreanischen Situation sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Bodenbeeinträchtigung durch Schadstoffe auf verschiedene Bodennutzungen [58]
(mg/kg)

Bodennutzung	Cd	Pb	Hg	Cu	As	Cr ⁺⁶	CN	PH
Reisfeld	0,161	5,016	0,070	4,688	0,585	0,033	0,043	5,7
Feld	0,201	6,927	0,072	5,403	0,733	0,025	0,023	5,7
Obstgarten	0,189	13,566	0,068	5,228	0,348	0,011	0,026	5,5
Weideplatz	0,123	1,579	0,010	1,979	0,600	0,000	0,010	4,8
Wald	0,132	2,590	0,080	5,436	0,579	0,040	0,024	5,6
Wohnungsplatz	0,116	3,831	0,055	2,749	0,339	0,010	0,008	6,6
Fabrikzone	0,364	6,746	0,080	8,605	0,400	0,030	0,023	6,1
Straße	0,161	6,903	0,054	5,071	0,340	0,000	0,029	6,1
Eisenbahn	0,108	3,280	0,100	2,932	0,574	0,008	0,018	5,9
Parkgelände	0,146	5,879	0,049	3,770	0,146	0,000	0,004	6,2
Sportplatz	0,094	2,607	0,042	1,441	0,262	0,010	0,011	6,0
Spielplatz	0,072	6,749	0,028	1,917	0,208	0,000	0,014	5,8

5 Koreanische Rahmenbedingungen zum Aufbau der Bewertungskonzepte

5.1 Umweltrechtliche und -politische Aspekte

5.1.1 Umweltrechtliche Aspekte

Die formale Lenkungsfunktion des Umweltrechts wird durch materielle Funktionen inhaltlich ausgefüllt. Sie lassen sich in dreifacher Weise als existentielle, soziale und ästhetische Funktion beschreiben. Die wichtigste Funktion des Umweltrechts im Bereich der Umweltpflege ist seine existentielle Funktion. Das Umweltrecht soll das Leben und die Gesundheit des Menschen sichern und ihm ein menschenwürdiges Dasein gewährleisten. Zum anderen erfüllt das Umweltrecht eine soziale Funktion, indem es für Möglichkeiten der Erholung des Menschen sorgt. Schließlich kommt dem Umweltrecht im Bereich der Umweltpflege auch eine ästhetische Funktion zu, wenn es das Erleben ausdrücklich sichert [51]. 1963 wurde das erste koreanische Umweltrecht – das Gesetz zur Verhinderung von Umweltschäden – beschlossen. Zur Bewältigung der Umweltproblematik war es damals ein unvollständiges Regelwerk mit 12 Artikeln. Im Januar 1971 hat die koreanische Regierung das erste Umweltrecht wesentlich

abgeändert und verbessert. Dadurch wurden die eindeutigen Regelwerke wie Emissionsbestimmung und Genehmigungsverfahren für Emissionseinrichtungen in Kraft gesetzt.

In den 70er Jahren hat sich die koreanische Wirtschaft schnell weiterentwickelt. Gleichzeitig kamen umweltgefährdende Industrien z.B. Schwer- bzw. Chemieindustrie ins Land. Damit wurde die Umweltbelastungssituation verschlechtert und als ein gesellschaftliches Problem erkannt. Ende der 70er Jahre hat sich das passive Umweltschädenverhinderungsgesetz verbessert und wurde durch das Umweltschutzrecht ersetzt. Dieses Umweltschutzrecht zielte darauf ab nicht nur der erwarteten Umweltverschmutzung vorsorgend vorzubeugen sondern auch die existierenden Umweltschäden tatkräftig zu beseitigen. Das Umweltrecht bezweckt eine zunehmende Verunreinigung oder sonstige Veränderung der natürlichen Beschaffenheit von Boden, Wasser und Luft aufgrund anthropogener Eingriffe zu vermeiden und zu verhindern. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden die neuen Regelwerke wie Umweltstandard, Gesamtmengenbeschränkung und Umweltverträglichkeitsprüfung festgelegt.

Das Umweltschutzrecht war ein generelles Regelwerk, das nicht nach den Umweltsektoren – Luft, Grundwasser, Boden und Oberflächenwässer- eingeteilt war, so daß es für die komplizierte Umweltproblematik nicht geeignet war. Aus diesem Grund hat sich 1990 das Umweltschutzrecht in sechs einzelne Gesetze aufgeteilt (vgl. Institut für die internationale Umweltproblematik 1997, Zweite Auflage, S. 1-7) [20]. 1997 gibt es in Korea zwanzig umweltrelevante Gesetze.

5.1.2 Umweltpolitische Aspekte

Das Leben des Menschen ist ohne Eingriffe in den Naturhaushalt nicht denkbar. Seit längerer Zeit hat die Natur die Entnahme von Gütern durch den Menschen ebenso geduldet wie die Belastung durch deren End- und Restprodukten. Die in Anspruch genommene Erde erscheint in ihren natürlichen Ressourcen nicht mehr grenzenlos verfügbar und nicht mehr unendlich. Aus der Erkenntnis einer Begrenztheit aller Naturgüter und mit dem Bewußtsein einer zunehmenden Verunreinigung oder sonstigen Veränderung der natürlichen Beschaffenheit von Boden, Wasser und Luft als den sog. Umweltmedien und des Nachlassens ihrer

Erneuerungsfähigkeit entwickelte sich die Sorge um die natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen zu einem politischen Problem [51].

Umweltpolitik setzt den Willen voraus schädliche Einwirkungen auf den Naturhaushalt zu beseitigen oder zu begrenzen sowie die Kompetenz, technisch, rechtlich und organisatorisch das Gewollte durchzusetzen. Die Fähigkeit das Ergebnis des politischen Handelns festzustellen und zu bewerten rundet diesen wie jeden anderen Politikbereich ab.

Vorsorgende Umweltpolitik muß die Umwelt in ihrem Bestand schützen und um einen schonenden Verbrauch der Ressourcen bemüht sein, unzureichend sind die bloße Abwehr drohender Gefahren und eine Politik, die sich auf die spätere Beseitigung von Schäden beschränkt [49].

Stellt sich Politik verantwortungsbewußt dar, so muß sich Umweltpolitik im Minimalfalle daran ausrichten die erforderlichen Maßnahmen unter Berücksichtigung konkurrierender Politikbereiche so zu konkretisieren, daß sie selbst zum allerspätesten Zeitpunkt ihre Wirkungen früher entfalten kann, als eine irreparable Schädigung eintreten würde. In koreanischen Umweltgesetzen liegen der Verwirklichung des umweltpolitischen Zieles einige Prinzipien zugrunde. Dazu gehören das Vorsorgeprinzip, das Verursacherprinzip und das Kooperationsprinzip.

5.1.2.1 Vorsorgeprinzip

Von den drei Grundsätzen ist das Vorsorgeprinzip als das materielle Leitbild einer Umweltpflegepolitik anzusehen. Durch den frühzeitigen Einsatz entsprechender Maßnahmen soll über die präventive und repressive Abwehr von Gefahren und die Beseitigung von Schäden hinaus dem Entstehen potentieller Beeinträchtigungen der Umwelt möglichst an dessen Ursprung vorgebeugt und ein nachhaltiger Umweltnutzen erreicht werden.

Im Zusammenhang mit dem Vorsorgeprinzip hat das umweltpolitische Grundgesetz folgenden Vorlaut;

Art. 1 des Umweltpolitischen Grundgesetzes: ‘Dieses Gesetz zielt darauf ab, daß die durch die Umweltverschmutzung hervorgerufene Gefahr zu vermeiden ist um die Natur und Lebensumgebung zutreffend zu verwalten und erhalten.’

Art. 2 des Umweltpolitischen Grundgesetzes: ‘Bei allen umweltrelevanten Tätigkeiten muß man die Erhaltung der Umwelt berücksichtigen. Dadurch kann das gegenwärtige Volk die Wohltat besitzen und die der zukünftigen Generationen nachhaltig gewährleisten.’

5.1.2.2 Verursacherprinzip

Das Verursacherprinzip ist als Grundsatz der Kostenzurechnung zu verstehen, nicht jedoch ohne weiteres als Grundsatz der Verantwortungszuweisung. Kosten zur Vermeidung, zur Beseitigung und zum Ausgleich von Umweltbeeinträchtigungen müssen demjenigen zugerechnet werden, der sie verursacht hat. Dies dient auch dazu Wettbewerbsverzerrungen zu vermeiden. Ist eine Kostenzurechnung nicht möglich, weil z. B. der Verursacher nicht festgestellt werden kann, oder würde sie zu schweren wirtschaftlichen Störungen führen, müssen die Kosten ausnahmsweise nach dem Gemeinlastprinzip von der Allgemeinheit getragen werden.

Das Verursacherprinzip ist vorgeschrieben nach § 7 Umweltpolitik-Grundgesetz : ‘Die Person, die durch seine Tätigkeit bzw. Unternehmenstätigkeit eine Umweltbelastung verursacht, muß im Prinzip die Kosten tragen, die zur Wiederherstellung der verschmutzten Umwelt und zur Schadenminderung erforderlich sind.’

5.1.2.3 Kooperationsprinzip

Der dritte Grundsatz, das Kooperationsprinzip, bezieht sich auf die Zusammenarbeit von Staat und Gesellschaft im Bereich der Umweltpflege, soweit gesetzliche Vorschriften nicht

entgegenstehen. Im Verhältnis zwischen Staat und Gesellschaft muß durch die Mitwirkung Betroffener bei bedeutenden Entscheidungen verbessert und ihre Annahme erleichtert werden, ohne daß sich Verantwortungsbereiche verwischen dürfen [51]. Eine frühzeitige Beteiligung Betroffener kann auch dazu führen, daß diese ihr Verhalten freiwillig in einer Weise einrichten, die den Erlaß eingreifender Maßnahmen nicht erforderlich macht.

In der koreanischen Verfassung lautet das Kooperationsprinzip nach Artikel 31 Abs. 1: 'Staat und Bürger sind verpflichtet, die für die Umwelterhaltung erforderlichen Anstrengungen zu unternehmen.' Das umweltpolitische Grundrecht verordnet nach Artikel 4 die Pflichten des Staates und der Gemeinde, nach Artikel 5 die Pflichten des Unternehmers und nach Artikel 6 das Recht und die Pflichten der Bürger. Zusätzlich ist in den einzelnen Gesetzen die Beteiligung der Experten, die öffentliche Diskussion der Beteiligten und die Beteiligung der Interessenten konkretisiert [30].

5.1.3 Umweltstandard

Der Inhalt der Gesetze und Rechtsnormen wird von der Politik bestimmt. Sie gestaltet die Rechtsnormen, die Verfassung regelt lediglich das formelle Beschluß- und Veröffentlichungsverfahren sowie den Rahmen der Aktivitäten. Umweltrecht wird in besonderem Maße von politischen Kompromissen geprägt. Die Gesetze, Rechtsverordnungen und sonstigen Vorschriften enthalten nicht das 'Notwendige', sondern das politisch Realisierbare und Durchsetzbare. Der Kompromißcharakter des Umweltrechts wird besonders deutlich bei der Festlegung von Grenzwerten. Grenzwerte suggerieren ungefährliche natürliche Zustände, solange die festgelegte Zahl nicht überschritten wird. Tatsächlich stellen wir zur Ermittlung der Grenzwerte mangels exakter Kenntnisse in den meisten Fällen nur Mutmaßungen darüber an, was geschehen könnte. Nach einer verbreiteten Ansicht sind Grenzwerte politische Entscheidungen, die mit der Gesetzlichkeit der Natur nur zufällig zu tun haben [49].

Die Umweltstandards lassen sich dementsprechend als generelle Anforderungen definieren, die unbestimmte Rechtsbegriffe möglichst in meßbare Größen umsetzen. Inhaltlich enthalten sie zumeist zahlenmäßig fixierte Grenz- oder Richtwerte, was den engen Zusammenhang von

Umweltstandards mit Grenzwerten verdeutlicht. Umweltstandards enthalten zum einen eine sachverständige Aussage. Ab welcher Grenze etwa ein bestimmter Schadstoff zu Gesundheitsschäden führen kann, läßt sich nur unter Beteiligung eines entsprechenden Sachverständigen zuverlässig beurteilen.

Auf der anderen Seite darf die durch Umweltstandards gewonnene Sicherheit nicht überschätzt werden, auch wenn sie allein aus meßbaren Größen bestehen. Ihre Bestimmung im Einzelfall hängt entscheidend von den verwandten Meß-, Analyse- und Beurteilungsverfahren ab. Ein und derselbe Grenzwert kann ganz unterschiedliche Bedeutung haben, je nachdem, welche Meß- und Analysegeräte eingesetzt werden, wie repräsentativ die Meßverfahren sind und wie sachgerecht die Auswertung der Ergebnisse vorgenommen wird. Schließlich muß die Quantifizierung vieler Größen, etwa von Immissionen, nicht selten aufgrund unvollständiger Informationen erfolgen.

Umweltstandard bzw. die Rechtsvorschriften, in die sie integriert sind, können den Schutz vor bzw. die Abwehr von Gefahren bezwecken oder aber darüber hinausgehende Anforderungen statuieren und damit der Vorsorge dienen. Dementsprechend kann man Maßnahmenwerte und Vorsorgewerte unterscheiden. Dieser Unterschied ist bedeutsam, weil die gerichtliche Kontrolldichte bei Vorsorgewerte häufig geringer als bei Maßnahmenwerte ausfällt.

In Form einer Rechtsverordnung erlassene Umweltstandards konkretisieren Rechtsbegriffe, die in förmlichen Gesetzen enthalten sind. Aus diesen Gründen ist die Rechtsverordnung nur insoweit wirksam, als sie von diesem Gesetz gedeckt ist [32].

Nach § 10 des koreanischen umweltpolitischen Grundgesetzes werden die Umweltstandards festgelegt um die Gesundheit der Bevölkerung zu schützen und um eine lebenswerte Umwelt zu schaffen. In der Verordnung zum umweltpolitischen Grundgesetz werden im Anhang Qualitätsstandards für Luft, Lärm und Wasser festgelegt. Die Wasserqualitätsstandards werden in vier Wasserpfade: Fließgewässer, Binnenseen, Grundwasser und Meerwasser unterteilt.

5.2 Bodenschutzgesetz (BodSchG)

Im Sinne des Bodenschutzgesetzes sind:

1. „Bodenverunreinigung“: Jede Beeinträchtigung der Beschaffenheit des Boden durch unternehmerische und sonstige menschliche Aktivitäten, die sich schädlich auf die menschliche Gesundheit und auf die Umwelt auswirken,
2. „Bodenverunreinigende Stoffe“: Stoffe, die Bodenverunreinigungen hervorrufen und die durch Verordnung des Präsidenten festgelegt sind und
3. „Anlagen, die Bodenverunreinigungen verursachen“: Anlagen, Einrichtungen, Gebäude, Bauwerke und ihre Standorte, bei denen die Besorgnis einer Gefahr von Bodenverunreinigungen durch die Produktion, den Transport, die Lagerung, den Umgang, die Verarbeitung oder die Behandlung von bodenverunreinigenden Stoffe besteht. Die Anlagen, die Bodenverunreinigungen verursachen, werden durch Verordnung des Präsidenten festgelegt (vgl. §2 BodSchG) [31].

5.2.1 Zielsetzung

Das Bodenschutzgesetz zielt darauf ab, durch Reduzierung der Umweltbelastung die Gesundheit der Bevölkerung und eine Verbesserung der Lebensqualität zu sichern. Das Gesetz liegt unter den Schutz der Verfassung Art. 35, Abs. 1: Alle Bürger haben das Recht auf Leben in einer gesunden und lebenswerten Umwelt. Staat und alle Bürger sind verpflichtet, hierfür die erforderlichen Anstrengungen zu unternehmen. Abs. 2: Inhalt und Verwirklichung dieses Recht werden durch das Gesetz bestimmt. Abs. 3: Der Staat muß sich durch seine Politik der Siedlungsentwicklung etc. um eine Entwicklung bemühen, die allen Bürgern zu einer gedeihlichen Lebenssituation verhilft.

5.2.2 Aufbau des Bodenschutzgesetzes

Das Bodenschutzgesetz besteht aus 5 Kapiteln, 32 Artikeln und 2 Nebenbestimmungen.

Kapitel 1 enthält die Zielsetzung des Gesetzes, die Begriffsbestimmungen, den Anwendungsbereich, die gründliche Planung zur Bodenerhaltung, das Überwachungsnetz und die Meßmethoden.

Kapitel 2 bestimmt die Anmeldung der Einrichtungen mit hohem Bodengefährdungspotential und die Vorsorgewerte.

Kapitel 3 befaßt sich mit der Bestimmung des Maßnahmegebiets, die Durchführung der Bodensanierung, die Beschränkung der Bodennutzung und die Maßnahmenwerte.

Kapitel 4 behandelt das Zusammenwirken von zuständigen Behörden und die Subvention des Staates.

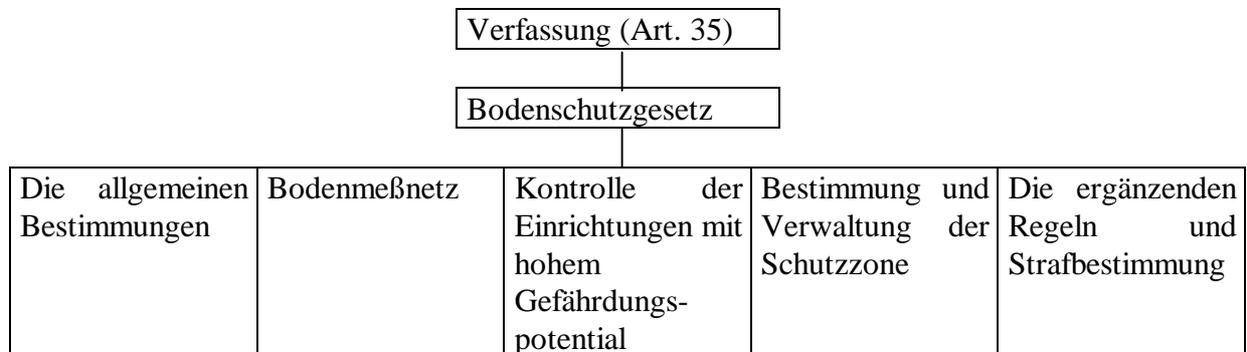
Kapitel 5 regelt die Strafbestimmung und Bußgelder.

Das Gesetz gilt aber nicht für die radioaktiven Abfälle, die nach dem Atomkraftgesetz geregelt werden. Für Düngemittel im Sinne des Düngemittelgesetzes und Klärschlamm nach dem Abfallgesetz enthält das Gesetz keine eindeutige Anwendungsausschließung.

5.2.3 Gesetzliche Struktur

Das koreanische Bodenschutzgesetz regelt die Begriffsbestimmungen, die gründliche Planung zur Bodenerhaltung, das Meßnetz und die Meßmethoden, die Bestimmung des Maßnahmegebiets, die Durchführung der Bodensanierung, die Beschränkung der Bodennutzung und die Maßnahmenwerte und Strafbestimmung. Gemäß §5 Abs. 1 hat der Umweltminister ein Bodenmeßnetz einzurichten und die Veränderung der Bodenverunreinigungen dauernd zu messen um landesweit die Belastungssituation zu erfassen. Die Ergebnisse der Bodenmessung sind der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Vorsorgewerte und Maßnahmenwerte werden durch Verordnung des Ministerpräsidenten festgelegt. Nach Art der Bodennutzungen, wie z.B. Ackerland und Industriegebiet, werden die Grenzwerte für elf Parameter festgelegt. Wird der Grenzwert überschritten, können Verbesserungsanweisungen geboten sein. Nach der fachlichen Besprechung der Bodenkommission kann der Umweltminister durch die Verhandlung von zuständigen

Zentralbehörden und Oberbürgermeistern die altlastverdächtigen Flächen als Maßnahmenggebiet bestimmen und zur zukünftigen Nutzung von belasteten Flächen der Oberbürgermeister oder der Gouverneur Sanierungsmaßnahmen durchführen oder durchführen lassen.



5.2.4 Bodenmeßnetz

Gemäß §5 Abs. 1 hat der Umweltminister ein Bodenmeßnetz einzurichten und die Veränderung der Bodenverunreinigungen dauernd zu messen um landesweit die Belastungssituation zu erfassen. Die Oberbürgermeister und die Gouverneure haben auch die Pflicht, für die von ihnen verwalteten Gebiete Bodenmeßnetze einzurichten. Im Sinne der Verordnung des Ministerpräsidenten müssen die Oberbürgermeister und die Gouverneure über die Bodenmeßergebnisse berichten. Die Ergebnisse der Bodenmessung sind der Öffentlichkeit zugänglich zu machen (§5 Abs. 4 Nr.2 BodSchG). 1987 waren landesweit 522 Bodenmeßpunkte vorhanden, die damals jedes zweite Jahr untersucht wurden. 2005 wird sich die Anzahl der Bodenmeßpunkte auf 10.000 belaufen. Nach der Bestimmung des Bodenschutzgesetzes wurde das Meßnetz in Landesnetz und Regionalnetz unterteilt und jedes Jahr untersucht (s. Tabelle 5).

Tabelle 5: Bodenmeßnetz nach Bodenschutzgesetz

	Landesnetz	Regionalnetz
Ziel	Landesweite Bodenverschmutzung zu ergreifen	regionale Bodenverschmutzung zu ergreifen
Meßpunkt	Nach der Bodennutzung	nach Art der Belastung
Abstand	Jedes od. jedes zweite Jahr	jedes od. jedes zweite Jahr
Verwaltung	Umweltamt	Regionale Regierung
Zahl der Meßpunkte (bis 2005)	3.000	7.000

5.2.5 Bodenschadstoffe

Nach §2 Abs.2 BodSchG werden Schwermetalle, Mineralöl und PCB als Bodenschadstoffe deklariert, die schwer abbaubar sind und auf das Wachsen der Feldfrüchte und das Grundwasser negative Wirkungen ausüben. Bodenschadstoffe, die nach §2 Abs.2 festgesetzt werden, sind:

- Schwermetalle : Cd, Cu, As, Hg, Pb, Cr⁺⁶ und ihre Verbindungen,
- Mineralöle,
- Organische Phosphorverbindungen,
- PCB,
- Phenol, CN-Verbindungen und
- andere Schadstoffe, die sich hoch konzentriert im Boden befinden, und nach der Fachbesprechung vom Umweltminister bestimmt werden.

5.2.6 Grenzwerte der Bodenbelastung

5.2.6.1 Grenzwerte für Vorsorge

Vorsorgegrenzwerte sind die rechtlichen Grenzwerte der Bodenverunreinigungen, die Sorge um die menschliche Gesundheit und das Wachstum von Pflanzen und Tieren werden berücksichtigt (§14 BodSchG). Vorsorgegrenzwerte werden durch Verordnung des Ministerpräsidenten festgelegt. Nach Art der Bodennutzungen, wie z.B. Ackerland und Industriegebiet, werden die Grenzwerte für elf Parameter festgelegt (s. Tabelle 6). Wird der Grenzwert überschritten, kann die Verbesserungsanweisung geboten sein. Die Vorsorgegrenzwerte sind normalerweise aus den Maßnahmenwerten abgeleitet (40 % der Maßnahmenwerte). Dadurch wird das Vorsorgeprinzip realisiert.

5.2.6.2 Grenzwert für Maßnahme

Maßnahmengrenzwerte sind die rechtlichen Grenzwerte der Bodenverunreinigungen, die Vorsorgewerte überschreiten, sie berücksichtigen die Sorge für die menschliche Gesundheit und das Wachstum von Pflanzen und Tieren (§16 BodSchG). Maßnahmengrenzwerte werden

durch Verordnung des Ministerpräsidenten festgelegt. Nach Art der Bodennutzungen, wie Ackerland und Industriegebiet, werden die Grenzwerte für zehn Parameter, ausgenommen organische Phosphorverbindungen, festgelegt (s. Tabelle 6). Wird der Maßnahmenwert überschritten, kann das untersuchte Gebiet zum Maßnahmengebiet für Bodenschutz erklärt werden.

Tabelle 6: Vorsorge- und Maßnahmenwerte des koreanischen Bodenschutzgesetzes für Ackerland und Industriegebiet

(Einheit : mg/kg)

Schadstoffe	Grenzwerte für Vorsorge		Grenzwerte für Maßnahme	
	Ackerland	Industriegebiet	Ackerland	Industriegebiet
Cd	1,5	12	4	30
Cu	50	200	125	500
As	6	20	15	50
Hg	4	16	10	40
Pb	100	400	300	1.000
Cr ⁺⁶	4	12	10	30
Organische Phosphorverb.	10	30	-	-
PCB	-	12	-	30
CN	2	120	5	300
Phenol	4	20	10	50
Mineralöl	-	80	-	200

5.2.7 Kontrolle der bodengefährdenden Einrichtungen

5.2.7.1 Produktions- und Vorratseinrichtungen von Erdölprodukt

Produktions- und Vorratseinrichtungen von Erdölprodukt mit einem Volumen von über 20.000 Liter werden als bodengefährdende Einrichtungen kontrolliert (§11 BodSchG). Gemäß §11 BodSchG zu überwachende Erdölprodukt sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Gemäß §11 BodSchG verwaltete Erdölprodukt

Erdölprodukt	Bemerkung
Erste Erdölprodukte	Entzündungspunkt unter 21°C, z.B. Azeton und Benzin
Zweite Erdölprodukte	Entzündungspunkt über 21 bis 70 °C, z.B. Brennöl und Leichtöl
Dritte Erdölprodukte	Entzündungspunkt über 70 bis 200 °C, z.B. Schweröl
Vierte Erdölprodukte	Entzündungspunkt über 200 °C, z.B. Maschinenöl

5.2.7.2 Produktions- und Vorratseinrichtungen von Schadstoffen

In Bezug auf §10 Gesetz für gefährliche Chemikalien (GgefChem) werden Produktions- und Vorratseinrichtungen von Schadstoffen mit einem Volumen von über 3 m³, die nach §2 BodSchG geregelt werden, als bodengefährdende Einrichtungen kontrolliert.

Betroffene Schadstoffe sind Cd und Verbindungen, Cu und Verbindungen, As und Verbindungen, Hg und Verbindung, Pb und Verbindung, CN und Verbindungen, Cr⁺⁶ und Verbindungen, Organische Phosphorverbindungen, Phenol, PCB.

5.2.7.3 Anmeldung bodengefährdender Einrichtungen

5.2.7.3.1 Meldepflichtige und Meldestelle

Diejenigen, die bodengefährdende Einrichtungen errichten, sind verpflichtet, die Art der Einrichtung und den Maßnahmenplan zur Verhinderung der Bodenveränderung dem zuständigen Oberbürgermeister oder Gouverneur zu melden. Der Meldepflichtige muß diese Einrichtung vor dem Beginn des Baues melden. Ist die Einrichtung bereits in Betrieb, muß sie bis zum 5. 7. 1996 eingetragen werden.

5.2.7.3.2 Meldedokumente

Der Meldepflichtige muß folgende Dokumente dem zuständigen Bürgermeister, Gouverneur eines Bezirks oder Kreises vorlegen;

- a) Anmeldeformular des Anhangs des Bodengesetzes zu bodengefährdenden Einrichtungen
- b) Plan und Einzelposten der Einrichtung
- c) Seitenansicht und Grundriß
- d) Einzelposten der Menge und Dichte der Schadstoffe
- e) Plan der Maßnahme gegen Bodenbelastung
- f) 1: 1.200 Karte der Umgebung der Einrichtung, die durch diese Einrichtung beeinträchtigt werden kann.

5.2.8 Verwaltungspflicht anderer Bodenbelastungsquellen

Die anderen Bodenbelastungsquellen oder Einrichtungen, die nach §11 BodSchG nicht geregelt werden, können im Sinne des BodSchG im Bodenmeßnetz eingetragen und jährlich für die Bodenveränderung untersucht werden (s. Tabelle 8). Werden die Bodenverunreinigungen durch solche Einrichtungen festgestellt, ist die Detailuntersuchung durchzuführen.

Tabelle 8: Sonstige Bodenbelastungsquelle bzw. Einrichtungen

Bodenbelastungsquelle	Untersuchungsgebiet bzw. Einrichtungen
Ablagerung	Altablagerung
Industrieeinrichtung	Gußwerk, Oberflächenveredlung von Metallen, Textilgewerbe, Recyclingfirma, Kläranlagen und Herstellung von Zement, Glas, Farbe, Batterie, Leder, Schuhe, Holzschutzmittel und Pestizide usw.
Militärische Gebiete	Munitionslagerstätten, Tanklager, Munitionsablagerung, Militärhafen u. -flughafen, Bunker usw.
Andere Bodenbelastungsquelle	Abgebautes Bergwerk, Kraftwerk, Transportkanalbereich von Schadstoffen, Viehzüchtereier, Unfallgebiet, Einrichtungsgebiet mit grundwassergefährdenden Stoffen, Verbrennungsanlage, Chemikalienvorratsanlage, Wäscherei usw.

5.2.9 Bestimmung und Verwaltung des Maßnahmengebiets für Bodenschutz

5.2.9.1 Begriffsbestimmung

Die über die Maßnahmenwerte belasteten oder altlastverdächtigen Flächen können vom Umweltminister als Bodenschutzmaßnahmengebiet bestimmt werden. In einem solchen Gebiet wird die Bodennutzung eingeschränkt. Zur effektiven Sanierung belasteter Gebiete werden Sanierungsmaßnahmen durchgeführt.

5.2.9.2 Bestimmung des Maßnahmengebiets

Nach der fachlichen Besprechung der Bodenkommission kann der Umweltminister durch die Verhandlung von zuständigen Zentralbehörden und Oberbürgermeistern die altlastverdächtigen Flächen als Maßnahmengebiet bestimmen, wenn nach den Ergebnissen der Detailuntersuchung die Maßnahmenwerte überschritten sind (§17 Abs. 1 BodSchG).

5.2.9.3 Verwaltung des Maßnahmegebiets

5.2.9.3.1 Einschränkung der Bodennutzung

Die Oberbürgermeister bzw. Gouverneure können die Bodennutzung oder die Gründung einer Einrichtung beschränken, die die Verdachtsfläche beeinflussen kann (§20 Abs. 1 BodSchG).

5.2.9.3.2 Tätigkeitsbeschränkung in einem Maßnahmegebiet

Das BodSchG regelt spezielle Anforderungen an die Beseitigung von belasteten Materialien bzw. Chemikalien auf ein Maßnahmegebiet.

In einem Maßnahmegebiet dürfen:

- die Sonderschadstoffe im Sinne des § 2 Abs. 3 Wasserschutzgesetz
 - Abfälle im Sinne des § 2 Abs. 1 Abfallgesetz
 - Schadstoffe im Sinne des § 2 Abs. 2 Gesetz für schädliche Chemikalien
 - Düngemittel im Sinne des § 2 Abs. 1 Düngemittelgesetz
- nicht abgelagert werden.

Ausnahmsweise ist die Düngung zur organischen Agrikultur erlaubt.

5.2.9.3.3 Beschränkung der Gründung einer bodenbelastenden Einrichtung

Im Maßnahmegebiet kann die Gründung einer bodenbelastenden Einrichtung bzw. die Produktion, die die nach diesem Gesetz geregelten Stoffe herstellt, beschränkt werden.

5.2.10 Sanierung von belasteten Flächen

Zur zukünftigen Nutzung von belasteten Flächen kann der Oberbürgermeister oder Gouverneur Sanierungsmaßnahmen durchführen oder durchführen lassen. Der Verursacher einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ist verpflichtet, die durch schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten verursachten Bodenbelastungen zu sanieren.

5.3 Abfallmanagementgesetz (AbfMaG)

5.3.1 Einleitung

Das Abfallmanagementgesetz betrifft vor allem die Schutzgüter Boden und Grundwasser, die von zu entsorgenden Stoffen betroffen sein können. Zur hygienischen Abfall- und Fäkalienentsorgung wurde in den 60er Jahren das Müllbeseitigungsgesetz festgesetzt. Wegen der niedrigen sozialen und wirtschaftlichen Situation war das Gesetz unwirksam zur systematischen Abfallbeseitigung. 1986 wurde das Abfallmanagementgesetz erlassen, das die bisherigen Regelungen im Müllbeseitigungsgesetz und neue Bestimmungen über den Industrieabfall enthielt.

1992 wurde die Förderungsregelung für die in der Deponieumgebung sitzenden Bewohner in das Abfallmanagementgesetz hinzugefügt. Ein wesentlicher Schritt auf dem Weg von der Abfallbeseitigung zur Abfallwirtschaft wurde mit der Ergänzung des Abfallmanagementgesetzes durch das Abfallrecyclinggesetz vollzogen. Hierdurch erfolgte die rechtliche Umsetzung des Umdenkungsprozesses, indem das Abfallmanagementgesetz nicht mehr die bloße Abfallbeseitigung regelt, sondern vorrangig auf die Vermeidung und Verwertung von Abfällen abzielt.

Das Gesetz definiert Abfälle als bewegliche Sachen, deren sich der Besitzer entledigen will oder deren geordnete Entsorgung zur Wahrung des Wohls der Allgemeinheit, insbesondere des Schutzes der Umwelt, geboten ist. Für besonders gefährliche Abfälle, die nach der § 2 Nr. 4 AbfMaG festgelegt sind, gelten besondere Anforderungen. Gemäß § 2 AbfMaG sind Abfälle als Stoffe definiert, die in menschlicher Lebenshaltung oder in geschäftlicher Tätigkeit nicht mehr nutzbar sind. Abfälle werden nach der Durchführungsbestimmung des AbfMaG in Hausmüll (allgemeine Abfälle), hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und bestimmte Abfälle (Sonderabfälle) unterteilt. Unter hausmüllähnlichen gewerblichen Abfällen sind Abfälle zu verstehen, die außerhalb von Haushaltungen, insbesondere in Gewerbebetrieben anfallen, die nach Art und Menge mit dem Hausmüll entsorgt werden können.

Bei Sonderabfällen handelt es sich um solche Abfälle, die nach ihrer Art oder Zusammensetzung nicht mit dem Hausmüll entsorgt werden können. Zu diesen Sonderabfällen gehören nur Abfälle, die aus gewerblichen und sonstigen wirtschaftlichen Unternehmen anfallen und für die menschliche Gesundheit und Umwelt gefährlich sind. Für Sonderabfälle, die wegen ihrer besonders gefährlichen Eigenschaften nur bedingt einer Verwertung zugeführt werden können, können insbesondere spezielle Deponien, Verbrennungsanlagen, Zwischenlager und Sammelstellen sowie Behandlungsanlagen in Betracht kommen.

5.3.2 Nachträgliche Verwaltung einer geschlossenen Deponie

Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle werden gemäß § 6 Abs. 1 AbfMaG verbrannt oder direkt abgelagert. Nach dem auf § 6 Abs. 1 AbfMaG bezogenen Anhang 4 muß Hausmüll auf eine kontrollierte Deponie abtransportiert werden, die ein Sickerwassersammelsystem, eine Sickerwasser- und Deponiegasentsorgungsanlage besitzt. Ausgenommen sind Hausmülldeponien für Abfälle, die kein Sickerwasser und Deponiegas hervorrufen. Sonderabfälle müssen von den Abfallerzeugern oder deren Stellvertretern, die nach AbfMaG definiert sind, beseitigt werden. Sonderabfälle werden nach der Abfallart auf verschiedene Weise beseitigt und zuletzt abgelagert. Die zur geordneten Ablagerung von Sonderabfällen geeignete Deponie hat dafür erforderliche Einrichtungen wie Drainage-, Sickerwassersammelungs-, Sickerwasserbeseitigungs- und Deponiegassammlungssysteme zu besitzen.

Aufgrund der 1991 beschlossenen Verwaltungsbestimmungen des AbfMaG müssen die geschlossenen Hausmülldeponien mit über 10.000 m² Gesamtfläche und Sonderabfalldeponien von den zuständigen Behörden verwaltet werden. Die für die Deponieverwaltung erforderlichen Kosten werden durch die von Anlagebetreibern hinterlegte Verwaltungsbürgschaft getragen.

Zur Untersuchung der Grundwasserkontamination müssen drei Grundwasseruntersuchungspegel im Abstrombereich und einer im Anstrombereich angeordnet werden. Zur Verhinderung des Sickerwasseraustritts hat die Deponiebodenschicht die

Anforderung an den Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k < 1,0 \times 10^{-7}$ cm/s zu erfüllen oder dementsprechende Kunststoffdichtungsbahnen zu erhalten. Das von der Deponie ausgegangene Sickerwasser muß in einem Sickerwasserbecken gesammelt und in einer eigenen Anlage gereinigt werden. Dieses gilt nicht, wenn ein Kanalanschluß an eine kommunale Kläranlage vorhanden ist, so daß das Sickerwasser in solcher Anlage behandelt werden kann. Das Sickerwasser ist angemessen zu behandeln und ins Gewässer abzuleiten. Nach Abschluß der Deponie sind die Rekultivierungsmaßnahmen durchzuführen. Mit mindestens 60cm kulturfähigem Boden muß die Deponie endgültig abgedeckt werden, danach ist die Begrünungsmaßnahme der Deponieoberfläche auszuüben. Schließlich sind erforderlich:

- Untersuchung des Oberflächenwassers gemäß Anhang 1 Satz 3 des Grundgesetzes für Umweltpolitik,
- Untersuchung des Grundwassers gemäß Anhang 3 des Verordnung für die Erhaltung des Grundwassers,
- Untersuchung des Bodens gemäß Anhang 1 des Bodenschutzgesetzes,
- Untersuchung der Luft gemäß Anhang 1 Satz 1 des Luftschutzgesetzes,
- Unterhaltung vorhandener Entgasungseinrichtungen und
- Beseitigung von Schäden, z.B. durch Erosion und Rutschung.

5.4 Wasserschutzgesetz (WaSchG)

5.4.1 Einleitung

Der Wasserschutz verbindet das Schutzgut Wasser mit dem Ziel der Erhaltung oder Herstellung einer bestimmten Wasserqualität. Dem Wasserschutz dienen unmittelbar oder mittelbar zahlreiche Regelungen anderer Umweltbereiche. Das Wasserschutzgesetz wird insbesondere durch das Gewässerrecht, das Trinkwasserrecht, Meeresschutzgesetz und Fäkalienbeseitigungsgesetz ergänzt.

Nach dem Wasserschutzgesetz und Naturschutzgesetz kann zum Wohl der Allgemeinheit und zum Schutz der Wasserversorgung vor nachteiligen Einwirkungen das Trinkwasserschutzgebiet festgesetzt werden. Dazu gehören:

- Spezielles Schutzgebiet (ein stark kontrolliertes Trinkwasserschutzgebiet)

- Trinkwasserschutzgebiet I und II
- Naturschutzgebiet

Das Schutzgebiet I dient dem unmittelbaren Schutz der Fassungsanlage und das Schutzgebiet II befindet sich in der Umgebung der Schutzzone I. Das spezielle Schutzgebiet wird vom Umweltminister zur speziell sicheren Trinkwassergewinnung festgesetzt. Ein Naturschutzgebiet dient der Erhaltung und Förderung der natürlichen Lebensgrundlagen von Pflanzen und Tieren sowie der Sicherung von natürlichen Landschaften.

Zum Schutz des Gewässers, Bodens und der menschlichen Gesundheit kann der Umweltminister die Grenzwerte von Insektenvernichtungsmitteln in Gewässern und im Boden bestimmen. Folgende Tabellenwerte wurden am 29. 12. 1995 zur Beschränkung der Landwirtschaft und Fischerei festgesetzt:

Tabelle 9: Grenzwert zur beschränkten Landwirtschaft und Fischerei

a. Landwirtschaft

Anwendungsbereich	Spezielle Schadstoffe	Grenzwert
Boden (Reisfeld)	1. Cd u. Verbindungen 2. Cu u. Verbindungen 3. As u. Verbindungen	Unter 1 mg/kg im geernteten Reis Unter 125 mg/kg im Boden Unter 15 mg/kg im Boden

b. Fischerei

Anwendungsbereich	Spezielle Schadstoffe	Grenzwert
Gewässer	1. Hg 2. Cu 3. Pb 4. Cr ⁺⁶ 5. CN	Unter 0,005 mg/l Unter 0,01 mg/l Unter 0,1 mg/l Unter 0,05 mg/l Unter 0,1 mg/l

5.4.2 Grenzwert zum Schutz des Grundwassers

Infolge steigender Belastung durch Landwirtschaft, Siedlungen, Verkehr und Industrie kommt es immer häufiger zu einer Grundwasserverunreinigung durch Stoffe anthropogenen Ursprungs. Aus der Landwirtschaft gelangen Pflanzenschutzmittel und Nährstoffe in das Grundwasser. Wird dieses Wasser für Trinkwasserzwecke genutzt, ist beim Überschreiten der Grenzwerte eine Aufbereitung unerlässlich. Zur rechtlichen Erhaltung des Grundwassers wurden nach Paragraph 4 des Wasserwerkgesetzes die Grenzwerte beschlossen (s. Tabelle 10).

Tabelle 10: Grenzwerte für Grundwasserqualität

		(mg/l)		
	Arte der Verunreinigungen	Hauswirtschaftliches Wasser	Landwirtschaftliches Wasser	Industrielles Wasser
Generale Verunreinigungen	PH	5,8 - 8,5	6,0 - 8,5	5,0 - 9,0
	CSB	6 oder weniger	8 oder weniger	10 oder weniger
	Zahl der Colibakteriengruppe	5.000 oder weniger (MPN/100ml)	-	-
	Nitrat-Nitrogen	20 oder weniger	20 oder weniger	40 oder weniger
	Chlorin-Ion	250 oder weniger	250 oder weniger	500 oder weniger
Toxische Verunreinigungen	Cd	0,01 oder weniger	0,01 oder weniger	0,02 oder weniger
	Pb	0,05 oder weniger	0,05 oder weniger	0,1 oder weniger
	Kohlenstoff	darf sich nicht nachweisen lassen	Darf sich nicht nachweisen lassen	2 oder weniger
	Quecksilber	darf sich nicht nachweisen lassen	Darf sich nicht nachweisen lassen	darf sich nicht nachweisen
	Organischer Phosphor	darf sich nicht nachweisen lassen	Darf sich nicht nachweisen lassen	2 oder weniger
	Phenol	0,005 oder weniger	0,005 oder weniger	0,01 oder weniger
	Blei	0,1 oder weniger	0,1 oder weniger	0,2 oder weniger
	Chrom ⁶⁺	0,05 oder weniger	0,05 oder weniger	0,1 oder weniger
	Trichloräthylen	0,03 oder weniger	0,03 oder weniger	0,06 oder weniger
Tetrachloräthylen	0,01 oder weniger	0,01 oder weniger	0,02 oder weniger	

In Korea entstehen jährlich ca. 2,6 Milliarden Tonnen Grundwasser (9 % des gesamten Wasserverbrauchs). Zur Datengewinnung der Grundwasserbelastung und zur Maßnahmenfestlegung hat das koreanische Umweltministerium seit 1993 zweimal jedes Jahr den Stand der Grundwasserbelastung untersucht. Diese Untersuchung findet nach Art der Bodennutzung, z.B. Landwirtschaft, Deponie, Metallbergwerk, Stadtgebiet und Ölvorratseinrichtung an 780 Meßpunkten statt. Laut des Untersuchungsergebnisses von 1996 überschritten 7,2 % aller Meßpunkte die Grundwassergrenzwerte. Im Stadt- und Landwirtschaftsgebiet zeigte sich die NO₃-N-Belastung höher als in anderen Gebieten. Im Industriegebiet wurde teilweise ein spezieller Schadstoff wie z.B. Trichlorethylen nachgewiesen. Zum Grundwasserschutz können zahlreiche Maßnahmen wie Ausweisung von Wasserschutzgebieten, Einschränkung der landwirtschaftlichen Nutzung in Wasserschutzgebieten, Sicherung von Deponien durch eine Basisabdichtung und Abtragen des Bodens bei Kontamination mit wassergefährdenden Stoffen eingesetzt werden.

5.4.3 Grenzwerte für Wasserqualität der Flüsse und Binnenseen nach dem koreanischen Umweltpolitik-Grundgesetz

Umweltqualität ist ein wesentlicher Teil der Lebensqualität und kann Begriffe wie gebauter Umweltbereich oder Raumqualität meinen. Umweltqualität wird politisch festgelegt in Umweltqualitätszielen, die in rechtlich verbindliche Umweltqualitätsstandards umgesetzt werden. Die Erreichung der Ziele wird gegenüber Umweltqualitätskriterien gemessen und anhand des Zustandes von Umweltindikatoren ermittelt. Umweltqualitätsziel ist umweltpolitisch Vorgabe, die auf das Erreichen oder Erhalten einer bestimmten Umweltqualität gerichtet ist.

Umweltqualitätsstandards sind auch politisch festgelegte Werte, die in der Praxis unterschritten und eingehalten werden muß, um ein Umweltqualitätsziel zu erreichen. Umweltqualitätsstandards müssen also naturwissenschaftlich begründet sein und dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis entsprechen. Um die Gesundheit der Bevölkerung und eine Verbesserung der Lebensqualität zu sichern, hat das koreanische Umweltministerium medienrelevante Umweltstandards bestimmt (s. Tabelle 11 und 12). In § 3 UPGG (Umweltpolitik-Grundgesetz) wird die zu schützende Umwelt als natürliche Umwelt und Lebensumgebung definiert.

Tabelle 11: Grenzwert für Wasserqualität der Flüsse

Klassifikation		Anwendungsbereich	Grenzwert				
			pH	BSB (mg/l)	Schwebstoff (mg/l)	Sauerstoffgehalt (mg/l)	Zahl der Colibakteriengruppe (MPN/100ml)
	I	Trinkwasserquelle I und Naturschutz	6,5 - 8,5	1 oder weniger	25 oder weniger	7 oder mehr	5 oder weniger
	II	Trinkwasserquelle II, Fischereiwasser I und zum Schwimmen	6,5 - 8,5	3 oder weniger	25 oder weniger	5 oder mehr	1.000 oder weniger
Lebensumgebung	III	Trinkwasserquelle III, Fischereiwasser II und Industrielles Wasser I	6,5 - 8,5	6 oder weniger	25 oder weniger	5 oder mehr	5.000 oder weniger
	IV	Industrielles Wasser II und Landwirtschaftliches Wasser	6,0 - 8,5	8 oder weniger	25 oder weniger	2 oder mehr	-
	V	Industrielles Wasser III und zum Schutz der Lebensumgebung	6,0 - 8,5	10 oder weniger	kein schwimmender Müll	2 oder mehr	-
Für die menschliche Gesundheit	Für alle klasse		Cd : 0,01 mg/l As : 0,05 mg/l CN : darf sich nicht nachweisen lassen. Pb : 0,1 mg/l Cr ⁺⁶ : 0,05 mg/l Hg : darf sich nicht nachweisen lassen. Tenside : 0,5 mg/l PCB : darf sich nicht nachweisen lassen. Organischer Phosphor : darf sich nicht nachweisen lassen.				

Tabelle 12: Grenzwert für Wasserqualität der Binnenseen

Klassifikation		Anwendungsbereich	Grenzwerte						
			PH	BSB (mg/l)	Schwebstoff (mg/l)	Sauerstoffgehalt (mg/l)	Zahl der Colibakteriengruppe (MPN/100ml)	T-P (mg/l)	T-N (mg/l)
Lebensumgebung	I	Trinkwasserquelle I und Naturschutz	6,5 - 8,5	1 oder weniger	1 oder weniger	7 oder mehr	5 C	0,010 oder weniger	0,200 oder weniger
	II	Trinkwasserquelle II, Fischereiwasser I und zum Schwimmen	6,5 - 8,5	3 oder weniger	5 oder weniger	5 oder mehr	1.000 oder weniger	0,030 oder weniger	0,400 oder weniger
	III	Trinkwasserquelle III, Fischereiwasser II und Industrielles Wasser I	6,5 - 8,5	6 oder weniger	15 oder weniger	5 oder mehr	5.000 oder weniger	0,050 oder weniger	0,600 oder weniger
	IV	Industrielles Wasser II und Landwirtschaftliches Wasser	6,0 - 8,5	8 oder weniger	15 oder weniger	2 oder mehr	-	0,100 oder weniger	1,0 oder weniger
	V	Industrielles Wasser III und zum Schutz der Lebensumgebung	6,0 - 8,5	10 oder weniger	kein schwimmender Müll	2 oder mehr	-	0,150 oder weniger	1,5 oder weniger
Für die menschliche Gesundheit	Für alle klasse		Cd : 0,01 mg/l As : 0,05 mg/l CN : darf sich nicht nachweisen lassen. Pb : 0,1 mg/l Cr ⁺⁶ : 0,05 mg/l Hg : darf sich nicht nachweisen lassen. Tenside: 0,5 mg/l PCB : darf sich nicht nachweisen lassen. Organischer Phosphor : darf sich nicht nachweisen lassen.						

5.4.4 Emissionsstandard für die allgemeinen und speziellen Verunreinigungen

Gewässerbelastung verursacht eine Veränderung der physikalischen, chemischen und biologischen Beschaffenheit von Gewässern durch Wasserinhaltsstoffe im allgemeinen anthropogenen Ursprungs (z.B. Schwermetalle, Nitrat, Pestizide u.a.), so daß die verschiedenartige Nutzung der Gewässer eingeschränkt oder unmöglich ist. In diesem Sinne vermeidet das koreanische Wasserhaushaltsgesetz schädliche Umwelteinwirkungen durch Wasserverunreinigungen. Ziel und Zweck dieses Gesetzes ist es, Menschen sowie Tiere, Pflanzen u.a. Sachen vor schädlichen Umwelteinwirkungen und auch vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen. Schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne dieses Gesetzes sind Verunreinigungen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit herbeizuführen. Eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in ein Gewässer darf nur erteilt werden, wenn die Schadstofffracht des Abwasser minimiert wird. Das Anforderungsniveau bestimmt sich nach der Konzentration der Inhaltsstoffen. Der Umweltminister bestimmt die Emissionsgrenzwerte, die auf die unterschiedlichen Bereiche, d.h. Reingebiet, Gebiet A, Gebiet B und Sondergebiet angewandt werden (s. Tabelle 13, 14a und 14b).

Das Wasserhaushaltsgesetz regelt auch Abwasserbehandlungsanlagen sowie deren Einzugsbereich, die anzuwendende Reinigungsmethode und der Träger der Maßnahme. Bedeutsam sind Anlagen, deren wasserwirtschaftliche oder sonstige für die Planung maßgebliche Auswirkungen über den örtlichen Bereich hinausgehen. Dies ist bei Anlagen, in denen Abwasser von mehr als 2.000 m³/d behandelt wird, in jedem Fall anzunehmen. Durch Festlegung von Emissionsgrenzwerten von Abwässern muß verhindert werden, daß tolerierbare Werte der Emissionsbelastung durch Produktionstätigkeit oder Ansiedlung überschritten werden. Die Begrenzung der Emissionen erfolgt dem Vorsorgegrundsatz entsprechend in der Weise, daß der Einsatz aller möglichen Mittel zur Emissionsminderung sichergestellt wird.

Tabelle 13: Emissionsgrenzwerte¹⁾ für die allgemeinen Verunreinigungen

Emissionsmenge pro Tag		Über 2.000 m ³ /d			unter 2.000 m ³ /d		
Bereich		BSB (mg/l)	CSB (mg/l)	Schwebstoff (mg/l)	BSB (mg/l)	CSB (mg/l)	Schwebstoff (mg/l)
Reingebiet	Entsprechend der Wasserqualität I	30 oder weniger	40 oder weniger	30 oder weniger	40 oder weniger	50 oder weniger	40 oder weniger
Gebiet A	Entsprechend der Wasserqualität II	60 oder weniger	70 oder weniger	60 oder weniger	80 oder weniger	90 oder weniger	80 oder weniger
Gebiet B	Entsprechend der Wasserqualität III, IV, V	80 oder weniger	90 oder weniger	80 oder weniger	120 oder weniger	130 oder weniger	120 oder weniger
Sondergebiet	Industriewassersanierungsgebiet	30 oder weniger	40 oder weniger	30 oder weniger	30 oder weniger	40 oder weniger	30 oder weniger

1) Emissionsgrenzwerte sind gesetzliche Kontrollwerte der sogenannten „End of Pipe“

Tabelle 14a: Emissionsgrenzwerte für die speziellen Verunreinigungen

Parameter Bereich	pH	Extrakt aus Normalnukleinsäure		Phenol (mg/l)	CN (mg/l)	Cr (mg/l)	Lösliches Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)	Hg (mg/l)	Organischer Phosphor (mg/l)	As (mg/l)
		Mineralöl (mg/l)	Öl u. Fett (mg/l)										
Reingebiet	5,8 - 8,6	Unter 1	Unter 5	unter 1	unter 0,2	unter 0,5	unter 2	unter 1	unter 0,5	unter 0,02	n.n. ¹⁾	unter 0,2	unter 0,1
Gebiet A	5,8 - 8,6	Unter 5	Unter 30	unter 3	unter 1	unter 2	unter 10	unter 5	unter 3	unter 0,1	Unter 0,005	unter 1	unter 0,5
Gebiet B	5,8 - 8,6	Unter 5	Unter 30	unter 3	unter 1	unter 2	unter 10	unter 5	unter 3	unter 0,1	Unter 0,005	unter 1	unter 0,5
Sondergebiet	5,8 - 8,6	Unter 5	Unter 30	unter 3	unter 1	unter 2	unter 10	unter 5	unter 3	unter 0,1	Unter 0,005	unter 1	unter 0,5

1) darf sich nicht nachweisen lassen.

Tabelle 14b: Emissionsgrenzwerte für die speziellen Verunreinigungen

Parameter Bereich	Pb (mg/l)	Cr ⁺⁶ (mg/l)	Lösliches Mn (mg/l)	F (mg/l)	PCB (mg/l)	Zahl der Colibakteriengruppen (Zahl/ml)	Färbung Grad	Temp. °C	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	Trichloräthylen (mg/l)	Tetraäthylen (mg/l)	Tenside (mg/l)
Gebiet A	Unter 1	Unter 0,5	Unter 10	Unter 15	Unter 0,003	unter 3.000	Unter 300	Unter 40	Unter 60	unter 8	Unter 0,3	Unter 0,1	unter 5
Gebiet B	Unter 1	Unter 0,5	Unter 10	Unter 15	Unter 0,003	unter 3.000	Unter 400	Unter 40	Unter 60	unter 8	Unter 0,3	Unter 0,1	unter 5
Sondergebiet	Unter 1	Unter 0,5	Unter 10	Unter 15	Unter 0,003	unter 3.000	Unter 400	Unter 40	Unter 60	unter 8	Unter 0,3	Unter 0,1	unter 5

1) darf sich nicht nachweisen lassen.

5.5 Gesetz für gefährliche Chemikalien (GgefChem)

Das Gesetz ist darauf gerichtet, durch die angemessene Verwaltung gefährlicher Chemikalien den Menschen und die Umwelt vor schädlichen Einwirkungen zu schützen. Das Gesetz für gefährliche Chemikalien ist nicht ausschließlich der Umweltpflege gewidmet, da es auch besondere giftrechtliche und arbeitsschutzrechtliche Bestimmungen trifft. In seiner umweltpfleglichen Zielsetzung ist es umweltmedienübergreifend ausgerichtet, berücksichtigt mit dem Schutzgut Naturhaushalt die ökologischen Zusammenhänge und verwirklicht insbesondere das umweltpolitische Vorsorgeprinzip.

Definition und weitere Begriffe enthält §2 Nr.2 GgefChem. Gefährliche Stoffe sind die Chemikalien, die auch in geringer Menge den Menschen und die Umwelt gefährden. Im GgefChem sind 431 gefährliche Stoffe und 98 speziell gefährliche Stoffe festgesetzt. Ziel dieser Einstufung ist die Bestimmung aller physikalisch-chemischen und toxikologischen Eigenschaften eines Stoffes, die bei normalem Umgang oder Gebrauch eine Gefahr darstellen könnten (vgl. Kommission der europäischen Gemeinschaften, S. xiii) [26]. Die aufgrund dieses Gesetzes kontrollierten Chemikalien müssen folgende Ansprüche befriedigen (s. Tabelle 15):

Tabelle 15: Toxikologische Kriterien für gefährliche Stoffe und speziell gefährliche Stoffe

	Orales Einnehmen (LD ₅₀ mg/kg Körpergewicht)	Hautaufnahme (LD ₅₀ mg/kg Körpergewicht)	Einatmung (LC ₅₀ ppm oder mg/l)	Anmerkung
G.S	Unter 300	unter 1000	Unter 2000	431 Stoffarten
S.G.S	Unter 15	unter 50	Unter 100	98 Stoffarten

G.S : gefährliche Stoffe

S.G.S : speziell gefährliche Stoffe

Nach § 6 GgefChem sind Hersteller und Einführer eines chemischen Stoffes verpflichtet, bestimmte Nachweise über Prüfungen zu erbringen. Die zuständige Behörde prüft, ob dieser Stoff schädliche Einwirkungen auf den Menschen oder die Umwelt hat. Ohne Prüfnachweis kann der Hersteller oder Einführer keinen chemischen Stoff behandeln. Ob ein Stoff gefährlich ist, muß nach § 3 der Durchführungsverordnung des GgefChem entschieden werden. Die

Stoffgefährlichkeitsprüfung wird durch die Einrichtung der Prüfungskommission realisiert. Hat die Prüfungskommission so geurteilt, daß der geprüfte chemische Stoff für die menschliche Gesundheit oder Umwelt gefährlich sei, kann der Umweltminister die Herstellung und Einführung eines solchen Stoffes beschränken (§ 9 Abs. 2 GgefChem). Keine Anmeldepflicht besteht in den Fällen des § 2 Durchführungsverordnung des GgefChem, es handelt sich um Ausnahmen für Stoffe in geringfügigen Mengen von 100 Kg pro Jahr und für Stoffe zu Forschungszwecken.

6 Bewertungsablauf für Gefährdungsabschätzung

6.1 Bewertungsphase und Beweismiveau

Die Entscheidung einer Bewertungsphase und eines Beweismiveaus bei der schrittweisen Bewertung wurde in Anlehnung an den Ablauf der Bewertung von Baden-Württemberg durchgeführt. Es umfaßt die vier grundlegenden Schutzgüter: Grundwasser, Oberflächenwasser, Boden und Luft. Dabei sind die Bilanzgrößen (Stoffgefährlichkeit, örtliche Verhältnisse, Belastungs- und Nutzungscharakteristik) zu berücksichtigen, um die Wirkungen des Schadstoffes auf das Schutzgut zu bewerten. Bei der Bewertung von Verdachtsflächen ist der Kenntnisstand am jeweiligen Standorten unterschiedlich. In diesem Bewertungsverfahren sind deshalb vier Beweismiveaus nacheinander eingerichtet. Das Ablaufschema der Bewertungsphase und der Entscheidung des Handlungsbedarfs ist in Bild 1 dargestellt. Aufgrund des verschiedenen Informationsstandes der jeweiligen Standorte wird das Beweismiveau nachfolgend vierstufig eingestuft.

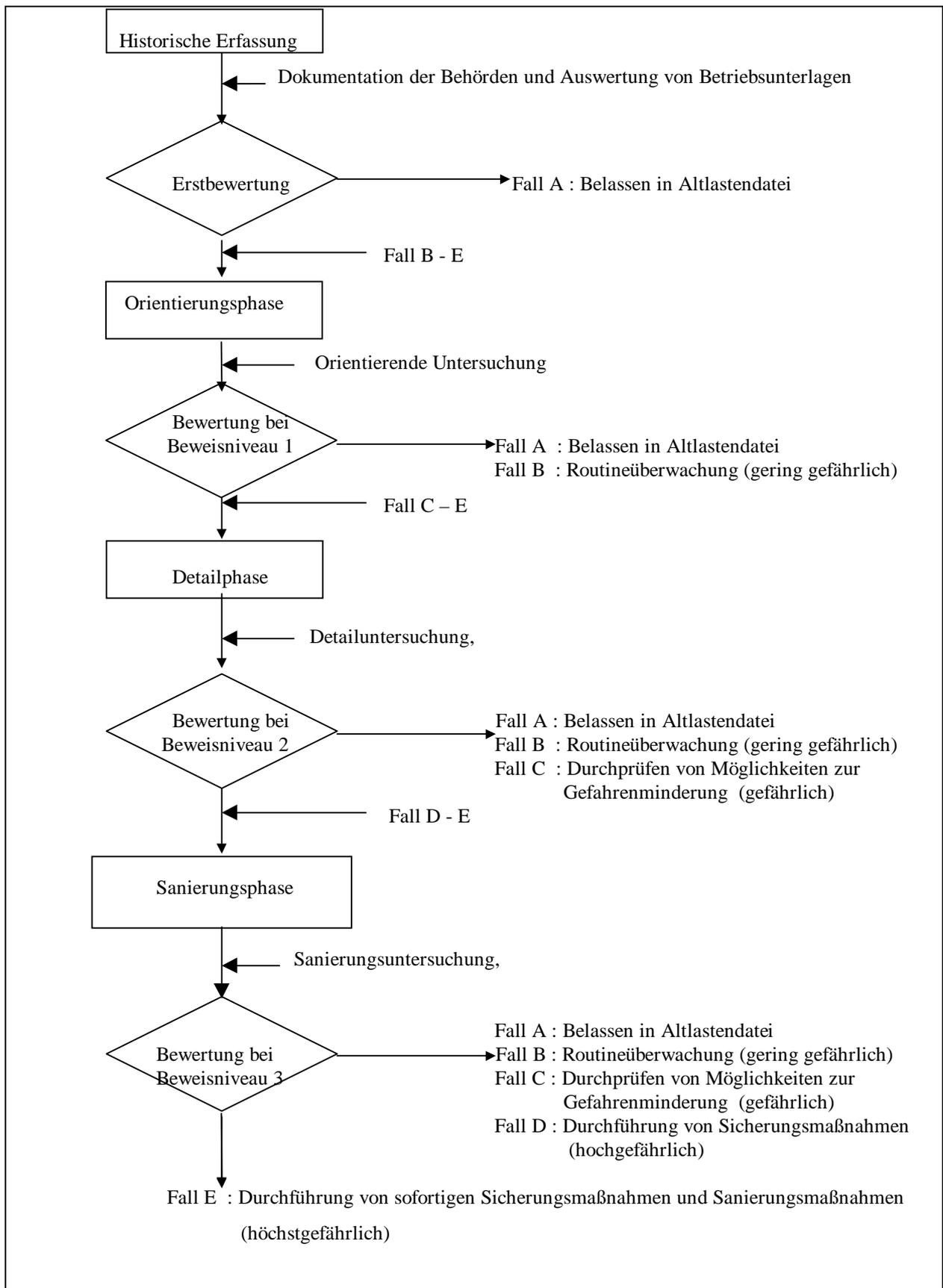


Bild 1 : Ablauf der Bewertungsphase und der Entscheidung des Handlungsbedarfs

- Historische Erkundung und Erstbewertung

Nach jeder Untersuchungsphase erfolgt eine Bewertung und eine Entscheidung, in welchem Umfang weitere Untersuchungen notwendig sind. Die Erstbewertung erfolgt auf einem niedrigen Beweismiveau. Eine Erstbewertung bedeutet eine Bewertung, die vor allem aus einer Dokumentation der Behörden und Auswertung von Betriebsunterlagen besteht, d.h., die erste Bewertung beurteilt mögliche Gefährdungen aufgrund vorliegender Informationen und Unterlagen zum Standort und seiner Umgebung. Die historische Erkundung sammelt ohne technische Erkundungsmaßnahmen alle verfügbaren Informationen über die Verhältnisse vor Ort und die vorangegangenen Nutzungen, sie besteht also im wesentlichen aus dem Studium von Akten, Unterlagen, Karten und einer Ortsbegehung. Aufgrund der Erstbewertung wird abgeschätzt, ob weitere orientierende Untersuchungen erforderlich sind.

- Orientierungsphase (Orientierende Untersuchung, Beweismiveau 1)

Die orientierende Erkundung muß erste fundierte Kenntnisse über Art und Umfang des Gefährdungspotentials und das räumliche Ausmaß der Kontamination liefern. Es muß hierbei von wenig aufwendigen Untersuchungen, möglichst vorhandenen oder einfach herzustellenden Meßstellen ausgegangen werden, um eine Bewertung der Stoffgefährlichkeit und örtliche Verhältnisse für Stoffeintrag, -austrag, -transport und -wirkung zu erreichen und um beurteilen zu können, ob eine Gefährdung am Standort vorliegt. Bei der orientierenden Untersuchung sollte das Gefährdungspotential für alle relevanten Belastungspfade - Grundwasser, Oberflächengewässer, Boden und Luft - abgeschätzt werden. In der praktischen Durchführung bedeutet dies: Entnahme und Analyse einiger Bodenproben, ggf. einige Grundwassermeßstellen, Analytik einiger GW-Proben etc. Es ist möglich zu entscheiden, ob die Verdachtsfläche weiter zu untersuchen ist. Die Art und der Umfang der Kontamination sind aber noch nicht umfassend bekannt.

- Detailphase (Detailuntersuchung, Beweisniveau 2)

Die Detailphase beinhaltet die Durchführung von vertieften Untersuchungen am Standort, die auf den Erkenntnissen der orientierenden Untersuchung basieren. Die Detaillerkundung liefert umfassende Kenntnisse über Art und Ausmaß der Schadstoffbelastung und über die expositions- und emissionsrelevanten Verhältnisse vor Ort. Als Ergebnis der Detailuntersuchung fällt die Entscheidung, ob eine Sanierung stattfinden muß. Für die Detailuntersuchung ist somit ein hinreichend engmaschiges Netz von Erkundungsmaßnahmen, Probenahmen usw. vor Ort einzurichten bzw. durchzuführen, um tatsächlich ein belastbares Ergebnis und ausreichende Planungssicherheit zu erreichen. Die Detailphase entscheidet über weiteren Handlungsbedarf (z.B. Überwachung, Sicherung und Sanierung).

- Sanierungsphase (Sanierungsuntersuchung, Beweisniveau 3)

Die Sanierungsphase beinhaltet die Durchführung der Sanierungsuntersuchungen und legt die Sanierungsziele für Verdachtsflächen fest. Durch Sanierungsuntersuchungen ist die Verdachtsfläche so weit erkundet, daß alternative Sicherungs- und Sanierungsvorschläge entwickelt und beurteilt werden können. Die Sanierungsuntersuchung ist eine echte Planungsleistung, nämlich ein Variantenvergleich über die verschiedenen möglichen Verfahren und Maßnahmen zur Erreichung des Sanierungsziels. Hier werden Aussagen zu Effektivität, Kosten und Dauer von Sanierungsverfahren zusammengestellt, und es wird in Form eines Konzeptes ein Vorschlag für die Sanierung selbst erarbeitet. Die Ergebnisse dieser Untersuchung dienen zur behördlichen Entscheidung über Art und Umfang der Kontrollen, Sanierungsziele und Sanierungsalternativen.

6.2 Bewertungsschritte und Verfahrensablauf

Die Gefährdungsabschätzung von Altlastverdachtsflächen erfolgt in hierarchisch strukturierten voneinander unabhängigen Schritten. Entsprechend dem erarbeiteten Informationsstand werden die Abschnitte historische Erkundung, Orientierungsphase und Detailphase unterschieden und jeweils mit einer Bewertung geschlossen. Die Lösung der Altlastenproblematik hängt im wesentlichen von der zuverlässigen Erkennung der wirklichen

Problemstandorte und ihrer sachgerechten Überwachung bzw. Sanierung ab. Voraussetzung hierzu sind problemspezifische Untersuchungsstrategien für die Vielzahl der Altablagerungen und Altstandorte sowie ein standardisiertes Konzept zur differenzierten, standortspezifischen Bewertung von Kontaminationen [64]. Zu Beginn der Untersuchungen an einer unbekanntem Verdachtsfläche steht die Sammlung und Auswertung vorhandener Unterlagen. Zur Erfassung schutzgutgefährdender Verdachtsfläche wird eine flächendeckende historische Erhebung durchgeführt. Die systematische Erfassung sämtlicher im Gebiet einer kommunalen Gebietskörperschaft gelegenen Altablagerungen und gefahrenverdächtigen Altstandorte ist grundlegende Voraussetzung zur Ermittlung von Altlasten. Ziel der Erfassung ist es, möglichen Gefahren und Beeinträchtigungen vorbeugen zu können, Altablagerungen und Altstandorte örtlich und räumlich abzugrenzen und exakt in Karten und durch Beschreibungen darzustellen [63] und alle sonst vorhandenen Kenntnisse und Aufzeichnungen als Grundlage insbesondere für die Gefährdungsabschätzung zusammenzuführen, aufzubereiten und zu dokumentieren.

Die standortspezifisch vorzunehmende historische Erkundung hat das Ziel, über die Verdachtsfläche alle verfügbaren Informationen zusammenzutragen und auszuwerten. Sie müssen Auskunft über Alter, Ausdehnung, Volumen, Inhalt und die hydrogeologische Situation im Bereich der Standorte geben. Trotz der enormen Unterschiede der jeweiligen Altablagerungen in bezug auf Abfallzusammensetzung, Volumen, Alter und den am Standort herrschenden hydrogeologischen Bedingungen muß eine einheitliche optimierte Untersuchungs- und Bewertungsstrategie gefunden werden. In dieser Phase werden auch Art und Umfang der Boden- bzw. Grundwasserverunreinigung mittels der bestehenden Aktenlage, der Auswertung hydrogeologischer Unterlagen und einer Ortsbegehung eingegrenzt. Diese Erkenntnisse bilden die Entscheidungsgrundlage für eine Flächenauswahl, bei denen prioritär Boden- und Grundwasseruntersuchungen erforderlich sind. Danach werden die aus verschiedenen Informationsquellen stammenden Hinweise zum Gefährdungspotential kontaminierter Flächen systematisch in einem Altlastkataster gesammelt.

In einer orientierenden Phase laufen Untersuchungen an, nach deren Abschluß diejenigen Flächen ausgewählt werden können, auf denen in einer Detailuntersuchungen für notwendig erachtet werden. Anschließend wird mit Hilfe des Bewertungsverfahrens das Gefährdungspotential dieser Flächen bestimmt. Ziel der Untersuchung ist es, eine grobe Einschätzung der Gefahrensituation vorzunehmen, so daß entschieden werden kann, ob weitere

Untersuchungen notwendig werden oder aber der Altlastverdacht bereits ausgeräumt werden kann. Die anschließende Orientierungsphase dient der weiteren Klärung der Situation und beinhaltet erstmals physikalische und chemische Untersuchungen, die auch die Beprobung des Aquifers einschließen. Nach Abschluß der Orientierungsphase können Art und Ausmaß der Grundwasserbeeinflussung beurteilt werden und somit auch bei allen Verfahren und über eine Beendigung der weiteren Bearbeitung entschieden werden.

Untersuchungen im Rahmen der Detailphase werden dann notwendig, wenn in der Orientierungsphase der Altlastverdacht nicht ausgeräumt werden konnte bzw. sich der Altlastverdacht bestätigte. In der Detailphase wird der Informationsumfang des jeweiligen Standortes so weit verfeinert, daß Grobziele von Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen festgelegt werden können. Nach Beendigung der Detailphase wird eine abschließende Bewertung vorgenommen. Nach dem Bewertungsergebnis wird der weitere Bearbeitungsschritt entschieden, insbesondere die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen zur Gefahrenminderung oder von Sanierungsmaßnahmen geprüft und deren Sanierungsziele festgelegt. Während des Verfahrens wird mit Abschluß der Bewertung die Bearbeitungspriorität der Standorte und zusätzlich ein flächenspezifischer Handlungsbedarf bestimmt.

Das Gefährdungspotential eines Standortes ergibt sich aus den Teilbereichen Stoffgefährlichkeit, örtlichen Verhältnissen, humantoxikologischen Risiken und Nutzungscharakteristik, die am Standort und in der Standortumgebung bestimmt werden. In detaillierter Form werden für die Teilbereiche und den zugehörigen Belastungspfaden zur Ermittlung der jeweiligen Einflußgrößen und deren Bedeutung für die Umwelt beschrieben. Die Betrachtung der Schutzgüter wird wegen der unterschiedlichen Wirkung eines Stoffes auf die Schutzgüter getrennt vorgenommen. Das Gefährdungspotential einer Verdachtsfläche hängt davon ab, in welchem Ausmaß gefährliche Stoffe von dem Standort über die Umweltbereiche Wasser, Boden und Luft zu einem Schutzgut gelangen. Die Stoffeigenschaften, die Standortbedingungen und die Nutzungen auf der Verdachtsfläche und im Umfeld bestimmen Art und Umfang der Freisetzung, die Ausbreitung und die Wirkung der Stoffe. Das jeweilige Gefährdungspotential einer Verdachtsfläche kann als Funktion der fünf unabhängigen Kriterien beschrieben werden. Sie erfassen die Verhältnisse am Standort und in seiner Umgebung [60]. Die Ermittlung der Stoffgefährlichkeit ist eine Grundvoraussetzung für

die Verdachtsflächen von Altlasten.

Im ersten Verfahrensschritt wird eine Stoffgefährlichkeit für das schadstoffbelastete Abfall- und Bodenmaterial ermittelt, die als S-Wert bezeichnet wird. Die Stoffgefährlichkeit ist als Bewertungsansatz für jedes Schutzgut zu bestimmen. Das Volumen bzw. der Flächenraum der Altlasten, die Müllzusammensetzung einer Altablagerung, Stofftoxizität und -flüchtigkeit am Standort spielen bei der Ermittlung der Stoffgefährlichkeit wichtige Rolle. Für die Ermittlung der Stoffgefährlichkeit für das Schutzgut Luft sind Art und Konzentration des Schadgases einschließlich Spurenstoff im Schadgas und Geruchsintensität von Bedeutung. Im Zusammenhang mit Volumen bzw. Flächenraum wird die Stoffgefährlichkeit zwischen 0 und 10 gewählt [34].

Im zweiten Verfahrensschritt wird berücksichtigt, wieviel vom Schadstoff den Gefahrenherd verläßt, wieviel von dem ausgetragenen Schadstoff beim betrachteten Belastungspfad ankommt und wie sich Art und Menge des Schadstoffes beim Transport verändern. Der Einflußgröße der örtlichen Verhältnisse wird in absoluten Größen abgeschätzt. Bei Abschätzung der möglichen Abbau- und Rückhalteeffekte in der ungesättigten und gesättigten Zone werden in den Verfahrensschritten zur Anpassung an die örtlichen Verhältnisse folgende Faktoren berücksichtigt:

- Oberflächenabdichtung, Zwischenabdeckung (Art, Qualität, Rissigkeit, Bewuchs)
- Fremdwasserzutritt
- Klima (Niederschlagsmenge, Verdunstungsrate)
- Entwässerung der Sohle oder von dichten Zwischenschichten
- Fließgeschwindigkeit der Gewässer
- Verhältnisse des Abflusses (Wasservolumen, Abflußrate und Geschwindigkeit)
- Aufbau und insbesondere Homogenität des Untergrunds (Porengrößenverteilung, Wasserdurchlässigkeit und Klüftigkeit)
- Physikalisch-chemische Eigenschaften (Gesteinszusammensetzung, pH-Wert, Redoxpotential, Ionenaustauschkapazität, Tongehalt, Humusgehalt, Art und Menge der organischen Substanzen, Sorptionseigenschaften)
- Konvektion (Transport von Wasser), Dispersion (Konzentrationsänderung infolge unterschiedlicher Fließgeschwindigkeiten des Wassers in den Poren) und Diffusion (Molekularbewegung der Teilchen im Wasser)

Die Niederschlagsmenge, Rückhaltwirkung des Sohlmaterials, Sohlabdichtung und Oberflächendeckung der Altlasten sind die wichtigen Faktoren für Schadstoffaustrag. Für Schadstoffeintrag sind der Grundwasserflurabstand, die Beschaffenheit und Durchlässigkeit des Bodenmaterials und Abbau- und Sorptionsvorgänge und Remobilisierung des umgehenden Schadstoffes von Bedeutung. Die Transport-, Abbau- und Sorptionsfähigkeit der Schadstoffe hängen von der Mächtigkeit, Geschwindigkeit und der Beschaffenheit und den Eigenschaften des Schutzgutes ab. Dabei hat der pH-Wert wesentlichen Einfluß auf eventuelle Mobilisierungsvorgänge. Die Auswirkungen dieser Einflüsse werden im Bewertungswert (V-Wert) erfaßt.

Danach wird die Immissionssituation des betrachteten Belastungspfads in die Bewertung einbezogen. Bei Beurteilung der Belastungscharakteristik verschiedener Umweltmedien sind altlastrelevante gesetzliche Regelwerke in die Gefährdungsabschätzung herangezogen. Die Bewertung dieser Sachverhalte wird im Bewertungswert (B-Wert) erfaßt.

Bei Ermittlung des humantoxikologischen Risikos werden die schädlichen Wirkungen der Stoffe sowie die Beziehung von Konzentration und Wirkung betrachtet. Die zu untersuchenden Wirkungen umfassen akute Toxizität, chronische Toxizität, Mutagenität und Kanzerogenität. Die Ermittlung des humantoxikologischen Risikos werden im Bewertungswert (H-Wert) erfaßt.

Im fünften Verfahrensschritt dieses Verfahrens sind die Standortnutzungen zu berücksichtigen. Es werden die Empfindlichkeit des Schutzgutes gegenüber den eingetragenen Schadstoffen und die Schutzwürdigkeit der Nutzung berücksichtigt. Die Bedeutung der Schutzgüter hängt davon ab, ob und in welcher Art eine derzeitige oder zukünftige Nutzung besteht bzw. vorgesehen ist und welche Beeinträchtigungen der Nutzungen durch den Gefahrenherd zu erwarten sind. Wenn das Grundwasser als Trinkwasser verwendet wird, der Gefahrenherd im Wasserschutzgebiet liegt und sich am Standort sensible Bodennutzungen und ständiger Aufenthalt von Menschen befinden, ist die Bedeutung eines Standortes besonders hoch. Die zu berücksichtigenden Standortnutzungen sind ;

- Trinkwassergewinnung,
- Wasserschutzgebiet einer Trinkwasserfassung,

- Erholungs- und Freizeitraum,
- Landwirtschaftliche Nutzung,
- Kinderspielplatz,
- Wohngebiet,
- ständiger Aufenthalt von Menschen,
- Lebensraum von Tieren und Pflanzen und
- Erzeugung von pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln.

Die Ermittlung der Nutzungscharakteristik ist im Bewertungswert (N-Wert) erfaßt.

Im einzelnen werden bei dem Bewertungsansatz fünf Schritte berücksichtigt, die auf vier Schutzgüter angewandt werden. Wenn mehrere Schutzgüter bei einer gefahrenverdächtigen Fläche betroffen sind, wird für jedes Schutzgut eine Gefahreinschätzung durchgeführt. Nach der Höhe des maßgeblichen Risikos sind die Dringlichkeit einzelner Maßnahmen und die Prioritäten der Vielzahl von Altlasten festzulegen. Das Gefährdungspotential einer Verdachtsfläche ergibt sich aus der additiven Verknüpfung der Punkte, die sich aus den fünf Bewertungsgruppen ergeben. Alle bewertungsrelevanten Fakten werden in einem Bewertungsbogen belegt. Die Punktzahlen aus den Einzelbewertungen werden summiert und aus Gründen der Anschaulichkeit auf maximal 10 Punkte normiert. Die Gesamtpunktzahl liegt demzufolge im Bereich von 0 bis 10 Punkten. Eine Entlassung der Altablagerung aus der Altablagerungsdatei ist dabei nicht vorgesehen. Nach der summarischen Verknüpfung dieser Kategorien ist das Gefährdungspotential bestimmt und die Bearbeitungspriorität kann festgelegt werden. Das sich daraus ergebende maßgebliche Risiko bestimmt zusammen mit dem Beweismiveau den Handlungsbedarf.

Die Gesamtübersicht des Bewertungsverfahrens ist in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16 : Gesamtübersicht des Bewertungsverfahrens

Bewertungs- schritte	Bewertungsparameter	Schutzgüter			
		Grundwasser	Boden	Oberflächen- gewässer	Luft
Stoffgefährli- chkeit (S-Wert)	Stoffgefährlichkeit für Altablagerung aufgrund der Volumenklasse und Abfallarten	•	•	•	•
	Stoffgefährlichkeit für Altablagerung aufgrund der Volumenklasse und des Müllanteils				•
	Gefährdungsklasse für Altstandorte nach Stoffinventar und Flächenklasse	•	•	•	•
	Gefährdungsklasse für Altstandorte nach Brancheninventar und Flächenklasse	•	•	•	•
	Stoffgefährlichkeit für Altstandorte und Altablagerung aufgrund des Stoffinventars und der Flächenklasse (Schutzgut Luft)				•
Ermittlung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert)	Sickerwasserneubildung	•			
	Durchlässigkeitsbeiwert (k_f)	•	•		
	Sicherungseinrichtungen	•	•	•	•
	pH-Wert und Absorbierbarkeit der Schadstoffe		•		
	Redoxpotentials bei gegebenen pH-Werte	•			
	Humusgehalt	•			
	Tongehalt	•			
	Kationenaustauschkapazität		•		
	Bioakkumulation der Schadstoffe		•		
	Relative Bindungsstärke		•		
	Berücksichtigung der Erosionsgefährdung und Standortneigung		•	•	
	Abstand zwischen Altlastensohllage und Grundwasseroberfläche	•			
	Geschwindigkeit und Mächtigkeit des Grundwassers im Zusammenhang mit Dispersion	•			
Menge und Abflußrate der Niederschläge			•		
Abflußgeschwindigkeit und Abstand zwischen Altlast und Gewässer			•		
Ermittlung der Fließgeschwindigkeit und der Fließmenge der Gewässer			•		
Ermittlung der Belastungs- charakteristik (B-Wert)	Sickerwasserzusammensetzung (nur für Altablagerung)	•			
	Belastungscharakteristik (B-Wert) für Grundwasser	•			
	Belastungscharakteristik (B-Wert) für Boden		•		
	Belastungscharakteristik (B-Wert) für Oberflächengewässer			•	
	Belastung des von Altlasten abfließenden Wassers			•	
	Flußbelastung und Binnenseebelastung			•	
Belastungscharakteristik (B-Wert) für Luft				•	
Ermittlung des toxikol- ogischen Risiks (H- Wert)	Akute Toxizität	•	•	•	•
	Chron. Toxizität	•	•	•	•
	Mutagenität	•	•	•	•
	Kanzerogenität	•	•	•	•
Ermittlung der Nutzungs- charakteristik (N-Wert)	Nutzungscharakteristik für Schutzgut Grundwasser, Boden, Oberflächenwasser und Luft	•	•	•	•

- Punkte bedeuten, daß die einzelnen Bewertungsparameter im Rahmen der betroffenen Schutzgüter berücksichtigt werden müssen.

Mit Hilfe des neu geschaffenen Bewertungsmodells werden kontaminierte Flächen hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials bewertet und die Ergebnisse detailliert aufgezeigt. Durch eine mehrstufige, voneinander unabhängige Informationserhöhung muß eine schrittweise Bewertungssicherheit erreicht werden. Dabei ist zu prüfen, ob bereits nach dem ersten bzw. zweiten Bewertungsschritt Standorte erkannt werden können.

Das Bewertungsmodell gestattet generell eine Anwendung bei Altablagerungen und Altstandorten. Mit dem vorliegenden Bewertungsmodell werden zwei Verdachtsflächen in Korea hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials auf die Schutzgüter Grundwasser, Oberflächengewässer, Boden und Luft überprüft. Die hohe Anzahl von Verdachtsflächen macht es notwendig, daß eine prioritätensetzende Bewertung dieser Flächen erfolgt und so die Standorte hinsichtlich ihrer Sanierungsbedürftigkeit geordnet werden können. Die Standortsituationen von zwei Verdachtsflächen werden in Kapitel 13 vorgestellt. Dies umfaßt deren Stoffinventar, die örtlichen Verhältnisse, Belastungscharakteristik und nutzungsspezifischen Gegebenheiten am Standort und seiner Umgebung. Mit Hilfe des neu geschaffenen Verfahrens werden diese Standorte bewertet und deren Ergebnisse zusammengefaßt.

7 Ermittlung der Stoffgefährlichkeit (S-Wert) zur Gefährdungsabschätzung von Altstandorten und Altablagerungen

Die Abschätzung der Gefährlichkeit des Schadstoffes ist Ausgangspunkt der Bewertung von Altlastenverdachtsfällen. Die Stoffgefährlichkeit (S-Wert) liegt zwischen 0 (ungefährlich) und 10 (höchstgefährlich). Wurden in einer Altlast mehrere Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen nachgewiesen, so ist die Gefährdungsabschätzung in der Regel mit dem höchsten S-Wert vorzunehmen. Da in vielen Fällen die Beurteilung der Stoffgefährlichkeit eines abgelagerten Stoffes die Gefährlichkeit für die Schutzgüter ermöglicht, kann nach dieser Weise ein hypothetischer Handlungsbedarf abgeleitet werden.

Zur Ermittlung der Stoffgefährlichkeit für Altablagerungen sind die Volumenklassen und die abgelagerten Abfallarten zu berücksichtigen. Für die Altstandorte steht die Stoffgefährlichkeit für Branchen und chemische Stoffe oder Stoffgruppen zur Verfügung (Anhang II und III). Mögliche Rückhalteeffekte werden in den nachfolgenden Verfahrensschritten zur Anpassung an die örtlichen Verhältnisse eingehend berücksichtigt.

7.1 Stoffgefährlichkeit (S-Wert) für Ablagerungen aufgrund der Volumenklasse und Abfallarten

Die Bewertung der Stoffcharakteristik beruht auf Informationen über das vorhandene Deponievolumen und abgelagerte Abfallmaterial. Welche Stoffe aus einer Altablagerung in welchen Mengen in bestimmte Emissionsräume emittiert werden können und welche Gefährdungen sie dann für Schutzgüter im Umfeld der Altablagerung darstellen, hängt von folgenden Faktoren ab: ob ein Stoff abgelagert wurde, in welchen Mengen dies geschieht, welche physikalisch-chemischen Eigenschaften ein Stoff hinsichtlich seines pfadspezifischen Migrationsverhaltens im Abfallkörper hat, welche lokalen Untergrundbedingungen vorhanden sind, und wie toxisch ein Stoff ist [64]. Da mit wachsendem Deponievolumen auch die Menge wassergefährdender Stoffe zunimmt und die ökotoxikologischen Kennwerte dieser

Inhaltsstoffe nur unzureichend bekannt sind, sind nun auch direkte Angaben über das stoffliche Inventar einer Deponie nicht mehr notwendig.

In einer Vielzahl von Fällen wurde in Korea bei der Prüfung der Deponierbarkeit eines Stoffes über dessen Gefährdungspotential für die Umwelt entschieden. Dabei handelte es sich vielfach um die Ablagerung von Stoffen in einer Hausmülldeponie, die nach Abfallmanagementgesetz betrieben wird. Das Abfallmaterial einer Altablagerung wird so bewertet, als ob es in einer solchen Hausmülldeponie lagern würde. Die Stoffgefährlichkeit für Schutzgut Grundwasser, Boden und Oberflächengewässer wird aufgrund der Deponievolumenklassen und Abfallarten abgeschätzt. Die Verteilungstendenz der Deponievolumen stellt eine positive Normalverteilung dar. Diese Normalverteilung von Deponien wird in 5 Deponievolumenklassen eingeteilt und in die Bewertung eingeführt. Die Volumenklassen verknüpfen sich mit dem Parameter Abfallart, die in der untersuchten Deponie abgelagert ist. Erdaushub und Bauschutt sind gering gefährlich, Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, deren Ablagerung in die Hausmülldeponie nach dem Abfallmanagementgesetz erlaubt ist, sind mittel gefährlich, deponierbare Sonderabfälle z.B. Klärschlämme, deren Ablagerung unter einer Sondergenehmigung erlaubt ist, hoch gefährlich und nicht deponierbare Sonderabfälle wie schwermetallhaltige Industrieabfälle sind sehr hoch gefährlich ermittelt.

Datenbasis für die Ermittlung der S-Wert sind die Entscheidungen bei der Prüfung über die Deponierbarkeit von Stoffen auf geordneten Hausmülldeponien. Zur Ermittlung des Stoffgefährdungspotentials wird das Stoffinventar nach Menge und Eigenschaften geprüft. Aus der abgelagerten Müllzusammensetzung läßt sich für jede Deponie ein Risiko ableiten, wobei zur Differenzierung Zahlenwerte von 0 bis 10 gewählt werden. Diese S-Werte dienen als Maß für die Stoffgefährlichkeit in einer Ablagerung. In Korea werden die Altablagerungen in zwei Deponietypen (Hausmülldeponie und Sonderabfalldeponie) klassifiziert. Um die Deponierbarkeit von Stoffen bzw. Abfallarten zu beurteilen, muß zunächst ihre Stoffgefährlichkeit gegenüber Boden, Grundwasser, Oberflächengewässern und Luft bestimmt werden. Aufgrund dieser Stoffgefährlichkeit läßt sich entscheiden, ob diese Stoffe bzw. Abfallarten in eine Hausmülldeponie oder Sondermülldeponie abgelagert werden. In der Hausmülldeponie können Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und in der Sonderabfalldeponie die Rückstände aus den Sonderabfallentsorgungsanlagen abgelagert werden. Aufgrund der vom März 1991 beschlossenen Verwaltungsbestimmungen des AbfMaG

müssen die geschlossenen Hausmülldeponien mit Volumen von über 10.000 m² Gesamtfläche und jede Sonderabfalldeponie von zuständigen nachträglich verwaltet werden. Nach der historischen Erkundung sind die Informationen über die Menge und Arten der in der Altablagerung abgelagerten Stoffe zusammengetragen. Zur Abschätzung des Gefährdungspotentials der abgelagerten Abfallarten wird nach der Tabelle 17 die Stoffgefährlichkeit (S-Wert) bestimmt.

Tabelle 17: Stoffgefährlichkeit für Ablagerungen aufgrund der Abfallarten und Volumenklasse (S-Wert)

Volumenklasse	Stoffcharakteristik			
	Erdaushub/ Bauschutt	Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall	Deponierbarer Sonderabfall	Nicht deponierbarer Sonderabfall
1 bis 1.000m ³	0,5	1,0	3,0	5,0
1.001 bis 10.000m ³	1,5	2,5	4,0	6,5
10.001 bis 100.000m ³	2,5	4,0	6,0	8,0
100.001 bis 1.000.000m ³	3,5	5,5	8,0	9,0
> 1.000.000 m ³	5,0	7,0	9,0	10,0

7.2 Stoffgefährlichkeit für Ablagerungen aufgrund der Volumenklasse und des Müllanteils

In Hausmülldeponien finden physikalische, chemische und biochemische Reaktionen statt, wobei diese den wesentlichen Einfluß auf die Emissionen von Deponien haben. Für eine kurze Phase nach der Ablagerung kommt es zunächst zu aeroben Abbauprozessen im Deponiekörper. Nachdem der im Deponiekörper enthaltene Sauerstoff verbraucht ist, erfolgt der weitere Abbau unter anaeroben Bedingungen. Mit Erreichen des stabilen Gleichgewichtszustandes in der Methan-Phase wird ein Deponiegas gebildet, das zu ca. 99 Vol.-% aus den geruchsfreien Komponenten Methan (CH₄; 50–60 Vol.-%) und Kohlendioxid (CO₂; 40–50 Vol.-%) besteht. Neben diesen Hauptkomponenten befinden sich jedoch noch eine Vielzahl von Spurenstoffen im Deponiegas, die nur selten 1 Vol.-% übersteigen, jedoch die Geruchsbelästigung und die örtlichen Schadwirkungen bestimmen. An anorganischen Bestandteilen des Deponiegas sind neben den genannten Hauptbestandteilen noch Schwefelwasserstoff und Ammoniak zu nennen. Menge und Qualität des Deponiegas sind vorwiegend vom Anteil der Kohlenstoff-Verbindungen im Abfall abhängig.

Die auf Hausmülldeponien und vergleichbaren Deponien abgelagerten Abfälle bestehen aus einem Gemisch von organischen und anorganischen Feststoffen, die mit unterschiedlichen Feuchtegehalten inhomogen im Deponiekörper verteilt sind. Durch chemisch-physikalische und biologische Prozesse kommt es im Deponiekörper zu Umsetzungen, die zur Produktion von Deponiegas und zur Anreicherung des Sickerwassers mit Inhaltsstoffen führen. Für die Umsetzungsprozesse ist Wasser erforderlich, da Wasser als Wärmetransportmedium und zur Nährstoffumlagerung benötigt wird. Nach Zusammensetzung, Verdichtung, Feuchtigkeit etc. der abgelagerten Stoffe laufen im Deponiekörper aerobe und anaerobe Prozesse ab. Bei hochverdichteten Deponien tritt der aerobe Prozeß nur in der obersten nicht abgedeckten Müllschicht ein, da der aus der Einbauphase vorhandene Sauerstoff sehr schnell verbraucht wird. Bei der vollständigen Oxidation werden im wesentlichen Wasser und Kohlendioxid erzeugt. Über die unvollständige Oxidation kommt es bei abnehmendem Sauerstoffgehalt dann zum anaeroben Abbau bis hin zur sog. Stablen Methanphase. In der Stufe „saure Gärung“ werden die komplexen organischen Müllinhaltsstoffe durch fakultativ anaerobe Bakterien unter anderem zu Fettsäuren, Alkohol, Kohlendioxid und Wasserstoff abgebaut. Neben diesen Hauptkomponenten wird eine Reihe weiterer Gase mit unterschiedlichen Konzentrationen gefunden. Bei Hausmüll sind diese Konzentrationen in der Regel sehr gering [63]. Die Dauer der Deponiegasproduktion kann nur geschätzt werden. Über den Reaktionsablauf wird angenommen, daß ein erheblicher Anteil der organischen Substanz in einer mittleren Zeit von ca. 20 Jahren abgebaut wird und nach dieser Zeit die intensive Gasentwicklung abgeschlossen ist.

In der Tabelle 19 wird ein Überblick über die ermittelten Komponenten aus Deponiegasen gegeben. Bei einem anaeroben biologischen Abbau von Hausmüll können zunächst Methan und Kohlendioxid als typische Abbauprodukte gelten, wobei in der ersten Abbauphase auch Spurengehalte von niedrigen Fettsäuren nachzuweisen sind. Aus dem Verhältnis Kohlendioxid/Methan lassen sich außerdem Rückschlüsse auf das Alter der Ablagerung ziehen. Beim Nachweis von Spurengehalten, insbesondere aromatische Verbindungen, Lösemittel u.a. chlorierte Kohlenwasserstoffe, ist die Möglichkeit einer Ablagerung von produktionsspezifischen Abfällen nicht auszuschließen. An konzentrierten Gasaustritten, z. B. an Spalten in der Deponieabdeckung, können daher Geruchsbeeinträchtigungen auftreten. Diese sind aufgrund von Gasmigration auch über größere Entfernungen nicht auszuschließen.

Das Gefährdungspotential von Altablagerungen für das Schutzgut Luft kann durch die aus Deponiekörper entstehende Gasmenge ermittelt werden. Die Gasentstehung in der Deponie nimmt im Lauf der Zeit ab. Der wichtigste Faktor für die Gasentstehung im Deponiekörper ist der organische Müllanteil des abgelagerten Materials. Der Müllanteil in einer Deponie wird durch folgende Formel im Prozent berechnet;

$$(\text{Haumüll}/(\text{Erdaushub} + \text{Bauschutt} + \text{Hausmüll})) * 100$$

Zur Ermittlung der Stoffgefährlichkeit für Schutzgut Luft wurde der Parameter Müllanteil mit dem Parameter Volumenklasse verknüpft. Zur Bewertung der Stoffgefährlichkeit für Luft wurden die Faktoren „Einrichtung zur Deponiegassammlung“ und „Nutzungsmöglichkeit von Deponiegas“ in die Bewertung eingeführt. Zur Abschätzung des Gefährdungspotentials der abgelagerten Abfallarten kann nach der Tabelle 18 die Stoffgefährlichkeit (S-Wert) für Schutzgut Luft bestimmt werden.

Tabelle 18: Stoffgefährlichkeit für Ablagerungen aufgrund der Volumenklasse und des Müllanteils

Volumenklasse	Müllanteil (%) ¹⁾			
	Unter 40	40 - 60	60 – 80	Über 80
1 bis 1.000m ³	0,5	1,0	3,0	5,0
1.001 bis 10.000m ³	1,5	2,5	4,0	6,5
10.001 bis 100.000m ³	2,5	4,0	6,0	8,0
100.001 bis 1.000.000m ³	3,5	5,5	8,0	9,0
> 1.000.000 m ³	5,0	7,0	9,0	10,0

1) (Hausmüll/(Erdaushub + Bauschutt + Hausmüll)) * 100

- Ist eine geeignete Einrichtung zur Deponiegassammlung vorhanden, Abminderung um 2
- Ist keine geeignete Einrichtung zur Deponiegassammlung vorhanden, Erhöhung um 2
- Gibt es Nutzungsmöglichkeit von Deponiegas, Abminderung um 1
- Gibt es keine Nutzungsmöglichkeit von Deponiegas, Erhöhung um 1

Neben der Berücksichtigung der Entstehungsmöglichkeit des Deponiegases wurden bei der Ermittlung der Stoffgefährlichkeit Spurenstoffe, die im Deponiegas enthalten sind, zuschlagsweise zur Bewertung zugeführt. Zuschläge für Spurenstoffe zur Ermittlung der Stoffgefährlichkeit für Schutzgut Luft werden aufgrund der Tabelle 19 ermittelt.

Tabelle 19: Zuschläge für Spurenstoffe zur Ermittlung der Stoffgefährlichkeit [29]

Stoff	Konzentrationsbereich mg/m ³	Zuschlag
Dichlormethan	100 < x ≤ 150	+0,1
	150 < x ≤ 250	+0,2
	250 < x ≤ 350	+0,3
	350 < x	+0,5
Trichlormethan	5 < x ≤ 15	+0,1
	15 < x ≤ 30	+0,2
	30 < x ≤ 50	+0,3
	50 < x	+0,5
1,1-Dichlorethan	1 < x ≤ 3	+0,1
	3 < x ≤ 5	+0,2
	5 < x ≤ 8	+0,3
	8 < x	+0,5
Trichlorethen	50 < x ≤ 100	+0,1
	100 < x ≤ 200	+0,2
	200 < x ≤ 250	+0,3
	250 < x	+0,5
Tetrachlorethen	100 < x ≤ 150	+0,1
	150 < x ≤ 250	+0,2
	250 < x ≤ 350	+0,3
	350 < x	+0,5
Trichlorfluorethan	3000 < x ≤ 4000	+0,1
	4000 < x ≤ 5000	+0,2
	5000 < x ≤ 6000	+0,3
	6000 < x	+0,5
Dichlorfluormethan	5 < x ≤ 15	+0,1
	15 < x ≤ 30	+0,2
	30 < x ≤ 50	+0,3
	50 < x	+0,5
Trichlortrifluormethan	1500 < x ≤ 2500	+0,1
	2500 < x ≤ 3500	+0,2
	3500 < x ≤ 4000	+0,3
	4000 < x	+0,5
Dichlortetrafluorethan	1500 < x ≤ 2500	+0,1
	2500 < x ≤ 3500	+0,2
	3500 < x ≤ 4000	+0,3
	4000 < x	+0,5
Tetrachlormethan	5 < x ≤ 15	+0,1
	15 < x ≤ 30	+0,2
	30 < x ≤ 50	+0,3
	50 < x	+0,5
1,2-Dichlorethen (cis oder trans)	200 < x ≤ 400	+0,1
	400 < x ≤ 600	+0,2
	600 < x ≤ 800	+0,3
	800 < x	+0,5
Vinylchlorid	1 < x ≤ 2	+0,1
	2 < x ≤ 3	+0,2
	3 < x ≤ 5	+0,3
	5 < x	+0,5
1,1,1-Trichlorethan	400 < x ≤ 600	+0,1
	600 < x ≤ 800	+0,2
	800 < x ≤ 1000	+0,3
	1000 < x	+0,5
Schwefelwasserstoff	1 < x ≤ 5	+0,1
	5 < x ≤ 10	+0,2
	10 < x ≤ 15	+0,3
	15 < x	+0,5
Mercaptane	0,1 < x ≤ 0,3	+0,1
	0,3 < x ≤ 0,6	+0,2
	0,6 < x ≤ 1,0	+0,3
	1,0 < x	+0,5

7.3 Stoffgefährlichkeit (S-Wert) für Standorte aufgrund des Stoffinventars und Brancheninventars

7.3.1 Gefährdungsklasse für Standorte nach Stoffinventar und Brancheninventar

Die Stoffgefährlichkeiten im Standort umgegangenen Schadstoffe wurden aufgrund der toxikologischen Aspekte beurteilt. Die berücksichtigten Schadstoffe können im Form einzelner chemischen Stoffe oder einer Stoffgruppen vorliegen. Bei der Bewertung von Standorten wird zunächst geprüft, welche Informationen über deren stoffliche Zusammensetzung vorliegen. Sind die vorhandenen Stoffe im Standort bekannt, so werden Stoffinventar und Flächengröße nach Anhang III und folgender Tabelle 20 ermittelt. Sind die Eigenschaften der Stoffe im Standort unbekannt, so werden Brancheninventar und Flächengröße nach Anhang II, der das Branchen-Schlüsselverzeichnis einbeziehen, und folgender Tabelle berücksichtigt. Wegen des meist eingegrenzten Stoffinventars bei Standorten können diese bereits bestimmten Branchen zugeordnet und deren charakteristische Produktions- bzw. Abfallstoffe von vornherein genannt werden. Der konkrete Wert ergibt sich aus dem jeweils vorhandenen Schadstoffspektrum, das von den jeweiligen am Standort vorhandenen technologischen Verfahrensschritten der Branche abhängt.

Tabelle 20: Stoffgefährlichkeit für Altstandorte aufgrund des Stoffinventars und der Flächenklasse (S-Wert)

Gefährdungsklasse nach Stoffinventar ¹⁾ und Brancheninventar ²⁾	Standortflächen (m ²)						
	1 bis 10	11 bis 100	101 bis 1.000	1.001 bis 5.000	5.001 bis 10.000	10.001 bis 100.000	> 100.000
1	0,1	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
2	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0
3	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
4	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	7,5
5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
6	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0

1) Im Anhang III liegen in Form der Stoffgefährlichkeit für chemische Stoffe und Stoffgruppen die Gefährdungsklassen vor.

2) Im Anhang II liegen in Form der Stoffgefährlichkeit für Branchen die Gefährdungsklassen vor.

7.3.2 Stoffgefährlichkeit (S-Wert) für Standorte aufgrund des Stoffdampfdruck und der Flächenklasse (Schutzgut Luft)

Der wichtige Faktor bei der Beurteilung der Stoffgefährlichkeit eines Stoffes für den Belastungspfad Luft ist die Flüchtigkeit dieses Stoffes. Als dimensionslose Gleichgewichtskonstante ist die Henry-Konstante definiert als Quotient aus den Stoffkonzentrationen in der Gas- und Wasserphase. In der Ökochemie ist sie ein Ausdruck für die Volatilität (Flüchtigkeit) einer Chemikalie. Als maßgebliches ökochemisches Bewertungskriterium der Stoffverteilungstendenz zwischen Wasser und Luft kann die Henry-Konstante für Umweltchemikalien annähernd aus Dampfdruck und maximaler Wasserlöslichkeit berechnet werden. Das gilt strenggenommen nur für Stoffe mit geringer Wasserlöslichkeit und idealem Verhalten im Sinne der Gasgesetze. Die Henry-Konstante (H) kann aus dem Partialdruck des Stoffes in der Gasphase (Pi) und der Konzentration des gelösten Stoffes im Wasser (C_w) nach:

$$H = P_i / C_w \text{ -----(1)}$$

berechnet werden. Allgemein gilt, daß Stoffe mit einer Henry-Konstante von $\log H > 2$ (Pa m³/mol) eine relativ hohe Flüchtigkeit besitzen, Stoffe mit einer Henry-Konstante von $\log H < 0$ (Pa m³/mol) nur wenig flüchtig sind. Zur Ermittlung der Stoffgefährlichkeit von Schadstoffen in Altlasten kann der Dampfdruck oder die Henry-Konstante angewandt werden. In dieser Arbeit wird der Dampfdruck als Bewertungsansatz für das Schutzgut Luft berücksichtigt. Dabei wird Stoffen mit einem Dampfdruck unter 10⁻³ Pa die Bewertungszahl von 0,1 und Stoffen mit einem Dampfdruck über 10⁴ Pa die Bewertungszahl von 10 zugeordnet. Die dabei ermittelten Bewertungszahlen von Standortflächen und Dampfdruck werden auf 10 normiert. (s. Tabelle 21).

Tabelle 21: Stoffgefährlichkeit für Altstandorte aufgrund des Dampfdruckes des Schadstoffes und der Flächenklasse

<i>Dampfdruck (Pa)</i>	<i>Standortflächen (m²)</i>						
	<i>1 bis 10</i>	<i>11 bis 100</i>	<i>101 bis 1.000</i>	<i>1.001 bis 5.000</i>	<i>5.001 bis 10.000</i>	<i>10.001 bis 100.000</i>	<i>> 100.000</i>
<i>< 10⁻³</i>	0,1	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
<i>10⁻³ - 10⁻¹</i>	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0
<i>10⁻¹ - 10¹</i>	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
<i>10¹ - 10²</i>	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	7,5
<i>10² - 10⁴</i>	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
<i>> 10⁴</i>	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0

8 Ermittlung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert) zur Gefährdungsabschätzung von Altstandorten und Altablagerungen

Im nächsten Verfahrensschritt nach der Ermittlung der Stoffgefährlichkeit erfolgt die Ermittlung der örtlichen Verhältnisse. Im Bereich Standortcharakteristik liegt der Bewertungsschwerpunkt auf dem Abschnitt Geologie/Hydrogeologie des Standortes und seiner Umgebung.

Bei der Berücksichtigung des Schutzgutes wird die Wahrscheinlichkeit einer Gefährdung durch Inhaltsstoffe der Ablagerungen bewertet. In der Standortumgebung von Altlasten kann der Boden durch Verwehung von Altmaterial, durch oberflächlich abfließendes Sickerwasser oder durch aufsteigendes, verunreinigtes Grundwasser gefährdet sein [60]. Im einzelnen sind folgende Faktoren für die Abschätzung des Gefährdungspotentials von Böden von Bedeutung [36]:

- Aufbau und insbesondere Homogenität des Bodens (Porengrößenverteilung, Wasserdurchlässigkeit, Klüftigkeit, Gebirgsdurchlässigkeit, Korngröße, Filtereigenschaften)
- Physikalisch-chemische Eigenschaften (Gesteinszusammensetzung, Bodenfeuchtigkeit, pH-Wert, Redoxpotential, Ionenaustauschkapazität, Tongehalt, Kalkgehalt, Art und Menge der organischen Substanzen, Sorptionseigenschaften)
- Temperatur
- Volumen und Qualität der Bodenluft (CO₂ und O₂-Gehalt)
- Bodenleben (Bewuchs mit Mikroorganismen, Nährstoffsituation, Stoffwechselprodukte)

Wichtige Grundlage für eine Gefährdungsabschätzung ist die genaue Kenntnis der örtlichen hydrogeologischen Gegebenheiten im Bereich von Altablagerungen. Die hydrogeologischen Untersuchungen führen zu Angaben über den Gesteinaufbau des Untergrundes, die Tiefenlage und Schwankungen der Grundwasseroberfläche, die Gebirgsdurchlässigkeit, die Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit) des Grundwassers, die Grundwasserneubildung sowie die Lage der Altablagerung zum Grundwasserkörper und zu Vorflutern.

Bei der Bewertung von Emissionen muß berücksichtigt werden, daß Emissionsort (Altablagerung) und Nutzungsort/Expositionsort in den allermeisten Fällen nicht identisch sind.

Es müssen daher die Transferpotentiale der Prioritätskontaminanten von Emissionsort zum Nutzungsort/Expositionsort, d.h. vor allem ihre Persistenz und Mobilität, ermittelt werden. Zusätzlich zu den substanzspezifischen Transferpotentialen müssen die standortspezifischen Transferpotentiale der Prioritätskontaminanten, wie z. B. die geologische Beschaffenheit des Untergrundes, die hydrogeologischen Verhältnisse, die Vegetationsverhältnisse, die klimatischen Daten usw., im Umfeld des Standortes ermittelt werden [64].

Die Möglichkeit des Schadstofftransports aus Verdachtsflächen zum Schutzgut ist von der Durchlässigkeit, Rückhaltwirkung und der Porengröße des Bodens abhängig. Daneben hat der pH-Wert wesentlichen Einfluß auf eventuelle Mobilisierungsvorgänge. Der wichtigste Transportvorgang ist die Durchsickerung der ungesättigten Bodenzone, die durch die Klüfte, Spalten, Kapillaren und Poren des Untergrunds erfolgt. Für die Ermittlung des Schadstofftransports und die Wirkung des Schadstoffes sind insbesondere die Transportstrecke und -geschwindigkeit von Bedeutung. Die Ausbreitung des Schadstoffes in Poren, Klüften oder Spalten des Aquifers erfolgt durch [36]:

- Konvektion (Transport von Wasser)
- Dispersion (Konzentrationsänderung infolge unterschiedlicher Fließgeschwindigkeiten des Wassers in den Poren)
- Diffusion (Molekularbewegung der Teilchen im Wasser)
- Sickerung (Ausbreitung nach Schwerkraft bzw. Dichteunterschieden)

Bei der Bewertung der örtlichen Verhältnissen werden die Bedingungen, unter denen abgelagerte Stoffe am Standort und in der Standortumgebung freigesetzt und transportiert werden, erfaßt und bewertet. Dabei sind die Kenntnis der vorhandenen geogenen und anthropogenen Sperrschichten bzw. Abdichtungen im Umfeld der Verdachtsfläche zur Abschätzung des Ausbreitungsverhaltens der Schadstoffe von Bedeutung. Für die Bestimmung des Transferpotentials einer organischen Kontaminante, die aus dem Abfallkörper ins Grundwasser wandert, müßten alle damit zusammenhängenden Parameter, z.B. Wasserlöslichkeit, Dampfdruck, Absorbierbarkeit und Henry-Konstante, berücksichtigt werden [64]. Das Transferpotential organischer Substanzen wird - anders als bei den anorganischen Stoffen - aus einem stoffspezifischen Mobilitäts- und Akkumulierbarkeitspotential ermittelt. Hierfür werden die für den entsprechenden Pfad maßgeblichen physikalisch-chemischen Stoffkenndaten herangezogen. Gemäß der

Verfahrensweise werden die zugeordneten Punkte der entsprechenden Teilbewertungen aufsummiert und anschließend das Mittel genommen. Die maximale Punktzahl ist auf 10 begrenzt (s. Kapitel 12).

8.1 Ermittlung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert) für die Schutzgüter GW, OG, Boden und Luft

8.1.1 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Sickerwasserneubildung

Die anfallenden Sickerwassermengen sind bei kontaminierten Flächen in erster Linie durch die örtlichen Gegebenheiten bestimmt. Beispielsweise beeinflussen Niederschlagshöhe am Standort, Verdichtungsgrad, Verweildauer, Alter und Rekutivierungsqualität der Deponie die Sickerwassermenge entscheidend, bei denen Niederschlagsmenge, Durchlässigkeitsrate und Abflußrate als quantifizierbare Größe zur Abschätzung der Sickerwassermenge herangezogen werden. Die Sickerwassermenge wird mit Hilfe der Wasserhaushaltsgleichung ermittelt.

Für den Niederschlag N gilt:

$$N = V + E + A_o + A_u \text{ -----}(2)$$

mit V = Verdunstung, E = Evapotranspiration, A_o = oberird. Abfluß,

A_u = unterird. Abfluß (Grundwasserneubildung bzw. Sickerwasserbildung bei einer Deponie).

Bei genauerer Betrachtung werden Reserveänderungen infolge Speicherung im ungesättigten oder gesättigten Untergrund sowie ein unterirdischer Zustrom oder Abstrom berücksichtigt.

Eine allgemeine Wasserhaushaltsgleichung lautet :

$$N = V + E + A_o + A_u \pm A_{gw} \pm S_b \pm S_g \text{ -----}(3)$$

mit A_{gw} = Grundwasserzustrom/-abstrom, S_b = Speicherung im ungesättigten Bereich, S_g = Speicherung im gesättigten Bereich.

Im Deponiesickerwasser kommt der hohe Gehalt an organischen Inhaltsstoffen zum Ausdruck. Von besonderer Bedeutung sind akkumulierende Verbindungen, wie sie in der Gruppe der Halogenkohlenwasserstoffe vertreten sind. Der Anteil an schwer abbaubaren Verbindungen nimmt mit zunehmendem Alter der Deponie zu. Bei den anorganischen Sickerwasserinhaltsstoffen fällt die hohe Konzentration des Ammonium-Stickstoffes und eine hohe Belastung durch Chlorid und Sulfat auf. Der Gehalt an toxischen Schwermetallen ist bei

Hausmülldeponien meist niedrig, kann dagegen im Sickerwasser von Sonderabfalldeponien hohe Werte erreichen. Durch in den Untergrund übertretendes Sickerwasser aus Altlasten können insbesondere Grundwassergewinnungsanlagen für Trink- und Brauchwasser gefährdet werden, wenn diese im Abstromgebiet der Altlast gelegen sind. Darüber hinaus ist eine kritische Belastung oberirdischer Gewässer denkbar, die Auswirkungen auf vorhandene oder beabsichtigte Nutzungen haben kann. Zur Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Sickerwasserneubildung wird nach der Tabelle 22 die jährlich entstehende Sickerwassermenge beurteilt.

Tabelle 22: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Sickerwasserneubildung

<i>Sickerwasserneubildung (mm/a)</i>	<i>Gefährdungsklasse</i>
<i>> 700</i>	9
<i>700 - 600</i>	8
<i>600 - 500</i>	7
<i>500 - 400</i>	5
<i>400 - 300</i>	3
<i>300 - 200</i>	2
<i>200 - 100</i>	1
<i>< 100</i>	0,5

8.1.2 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (k_f)

Die Wasserleitfähigkeit wassergesättigter Böden oder Lockergesteine wird als k_f -Wert - gesättigte Wasserleitfähigkeit oder Durchlässigkeitsbeiwert- bezeichnet. Die Grundwasserleiter transportieren das Wasser aus den Einzugsgebieten in die Abflußgebiete und wirken auf diese Weise wie mit Sand oder anderen durchlässigen Stoffen gefüllte Wasserleitungen. Der Durchlässigkeitsbeiwert wird vorwiegend auf die Durchströmbarkeit mit Boden oder Grundwasser angewandt. Die Porosität von Böden ermöglicht eine Durchströmung mit Flüssigkeiten und Gasen in Richtung eines Potentialgradienten. Die komplizierte Porengeometrie verursacht mikroskopische Unterschiede in der Strömungsgeschwindigkeit. Diese Unterschiede sind jedoch bei makroskopischer Betrachtung zu vernachlässigen. Unter dem Einfluß der Schwerkraft fließt Grundwasser im Rahmen des natürlichen Grundwasserabflusses in Richtung auf den Vorfluter oder bei Grundwasserentnahme in Richtung auf den Brunnen. Die Fließgeschwindigkeit hängt dabei u.a. wesentlich von der Porosität des Grundwasserleiters ab. Die makroskopische Bewegung von Flüssigkeiten durch einen Boden wird durch das Gesetz von Darcy beschrieben:

$$Q = k_f \times F \times \Delta h / \Delta z \quad : \text{Gesetz von Darcy} \text{-----}(4)$$

$$Q = F \times v_f \quad : \text{Bewegungsgleichung} \text{-----}(5)$$

Hierbei:

Q = In der Zeiteinheit abfließendes Wasservolumen (m^3/s)

F = Querschnittsfläche (m^2)

Δh = Druckdifferenz als Differenz der Standrohrspiegelhöhe (m)

Δz = Höhendifferenz zwischen Beginn und Ende der Fließstrecke (m)

$\Delta h / \Delta z$ = Grundwassergefälle

v_f = Geschwindigkeit nach Darcy oder Filtergeschwindigkeit

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert (m/s)

Da die Wassermenge Q direkt proportional zum Gefälle $\Delta h / \Delta z$ ist, ist die Grundwasserbewegung laminar - d.h., die Wasserteilchen bewegen sich auf diskreten Stromlinien und vermischen sich nicht mit Teilchen benachbarter Stromlinien. Wenn wir diese Gleichung nach k_f auflösen, erhalten wir

$$k_f = Q / F \times \Delta z / \Delta h \text{ (m/s)} \text{-----}(6)$$

Nach Kombinierung von beiden Gleichungen verbleibt

$$F \times v_f = k_f \times F \times \Delta h / \Delta z \text{-----}(7)$$

$$v_f = k_f \times \Delta h / \Delta z \text{-----}(8)$$

Damit entspricht die Einheit der Durchlässigkeit der einer Geschwindigkeit. Die Variablen drücken aus, daß ein bestimmtes Wasservolumen Q in einer bestimmten Zeiteinheit bei einem bestimmten Gefälle (z.B. 1 Meter pro Meter Fließweg) durch eine bestimmte Fläche (z.B. 1 Quadratmeter) strömt.

Die Durchlässigkeit unterscheidet sich nicht nur nach Gesteinstyp, sondern sie wechselt auch bei gleichartigem Gestein von Ort zu Ort. Wenn sie innerhalb eines Gebietes im wesentlichen gleichbleibt, spricht man von einem homogenen Grundwasserleiter. Andernfalls handelt es sich um einen heterogenen Aufbau. Die Durchlässigkeit kann auch an irgendeiner Stelle im Grundwasserleiter richtungsabhängig variieren. Die Durchlässigkeit einer Gesteinsart ist normalerweise in horizontaler Richtung größer als in vertikaler Richtung. Das gilt besonders

für Lockergestein und geschichtetes Sedimentgestein [18]. Die k_f -Werte schwanken bei verschiedenen Böden zwischen 10^{-3} u. 10^{-9} m/s, wobei Sande immer relativ hohe Werte aufweisen, während bei Lehmen und Tonen in Abhängigkeit vom Aggregationsgrad der gesamte Bereich auftreten kann. Für mineralische Dichtschichten werden k_f -Werte von $5 \cdot 10^{-10}$ m/s vorgeschrieben. Zur Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit im Boden wird nach der Tabelle 23 der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f) beurteilt.

Tabelle 23: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (k_f)

Durchlässigkeitsbeiwert ($k_f = m/s$)	Gefährdungsklasse
$> 10^{-4}$	9
$10^{-4} - 10^{-5}$	8
$10^{-5} - 10^{-6}$	7
$10^{-6} - 10^{-7}$	5
$10^{-7} - 10^{-8}$	3
$10^{-8} - 10^{-9}$	2
$< 10^{-9}$	0,5

8.1.3 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Anzahl der fehlenden Sicherungseinrichtungen

In der Vergangenheit wurden Abfälle in der Regel ohne vorherige Planung, ohne die aus heutiger Sicht erforderlichen Sicherheitseinrichtungen, ohne wirksame Kontrolle und ohne Dokumentation durch Bestandspläne abgelagert. Bei Altablagerungen, die entsprechend früheren Gesichtspunkten ohne Basisabdichtung und häufig auf durchlässigem Untergrund, teilweise sogar im Grundwasserbereich angelegt worden sind, kann das Sickerwasser in die umgebenden Gesteine und in das Grundwasser übertreten. Entsprechend gilt es für Altstandorte. Sofern die Basis einer Altlast oberhalb der Grundwasseroberfläche gelegen ist, passiert das Sickerwasser zunächst die ungesättigte Bodenzone und den Kapillarraum, bevor das Grundwasser erreicht wird.

Inwieweit eine Sickerwasserausbreitung im Untergrund erfolgen kann, ist abhängig von den örtlichen hydrogeologischen Gegebenheiten. Nur wenige geologische Formationen aus stark tonigen Materialien weisen eine absolute Dichtigkeit gegenüber Wasser auf. Ansonsten erfolgt eine Wasserbewegung bei Lockergesteinen über den freien Porenraum und bei Festgesteinen im wesentlichen über die Trennfugen [63]. Aufgrund von Viskositäts- oder Dichteunterschieden können sich z.B. Sickerwässer abweichend von den hydrodynamischen Bedingungen des unbeeinflussten Grundwassers ausbreiten. So sinken Sickerwässer höherer

Dichte zunächst bis zur Basis des Grundwasserleiters ab und bewegen sich danach zu ihr parallel. Spezifisch leichtere Medien reichern sich dagegen an der Grundwasseroberfläche an und können sich kontinuierlich in Richtung des Gefälles ausbreiten. Als wichtige Parameter für das Verhalten bzw. für die Minderung von Schadstoffen im Grundwasser gelten Verdünnung, chemische Ausfällung, mechanische Filterung Adsorption und Ionenaustausch und mikrobieller Abbau. Zur sichernden Verhinderung von Gas- und Sickerwasseraustritten in Altlasten sind nach AbfMaG (Kapitel 5.3) die folgenden Sicherungseinrichtungen geregelt. Sind jene erforderlichen Einrichtungen in zu abschätzenden Altlasten vorhanden, wird das Gefährdungspotential auf 0 (ungefährlich) bewertet (s. Tabelle 24).

- Sohlabdichtung
- Zwischenschichten
- Fremdwasserzuflußabwehr
- Entwässerungssystem
- Sickerwassersammelsystem
- Oberflächenabdeckung
- Abwehrwand
- Gassammelsystem
- Begrünung
- Regenwasservorratstank

Tabelle 24: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Anzahl der fehlenden Sicherungseinrichtungen

<i>Zahl der fehlenden Einrichtungen</i>	<i>Gefährdungsklasse</i>
< 2	1
2	3
3	4
4	6
5	7
6	8
7	9
> 7	10

8.1.4 Einfluß der pH-Werte und Absorbierbarkeit der Schadstoffe auf den Gefährdungsgrad

Die in Ablagerungen von Siedlungsabfällen im allgemeinen nach kurzer Zeit einsetzende Phase der sauren Gärung ist durch die Bildung von niederen Fettsäuren, die z.T. mit dem Sickerwasser ausgetragen werden, gekennzeichnet. Dabei kann die organische Belastung hohe Konzentration erreichen. Verbunden damit ist eine Absenkung des pH-Wertes, wodurch eine verstärkte Löslichkeit einer Reihe von Metallverbindungen ausgelöst wird. Zusätzlich werden in dieser Zeit die primär löslichen Stoffe, also Salze der Basen- und Erdbasenmetalle, aus den Abfällen ausgewaschen. Durch Reduktion von Schwefelverbindungen kann Schwefelwasserstoff entstehen [63]. In den an die saure Gärung anschließenden Phasen der Methangärung laufen wesentlich vielschichtigere Prozesse ab. Während in der sauren Phase Lösungsprozesse überwiegen, laufen anschließend parallel Festlegungsprozesse ab. Im allgemeinen ist dann sowohl die organische als auch die anorganische Belastung niedriger. Bei geringem Alter der Ablagerung liegt aber die organische Substanz in leichter abbaubarer Form vor als bei steigendem Alter.

Der Absorptionskoeffizient (K_d) ist ein Ausdruck für den Grad der Akkumulation. Als Gleichgewichtskonstante ist der Absorptionskoeffizient definiert als Quotient der Konzentration am Feststoff (Adsorbens; C_F) und der Konzentration im Wasser (C_w):

$$K_d = C_F/C_w \text{ -----(9)}$$

Lipophile Stoffe werden vorzugsweise durch die organische Substanz von Boden und Sediment adsorbiert. Der auf den organischen Kohlenstoff-Gehalt bezogene Sorptionskoeffizient (K_{OC}) ergibt sich aus:

$$K_{OC} = K_d * 100/C_{org. (\%)} \text{ -----(10)}$$

Die K_{oc} -Werte können dabei für die verschiedenen Chemikalien von Werten <50 (für Benzol) bis >50 000 (für einige PAKs) schwanken. Zur Ermittlung des Einflusses des Sorptionskoeffizienten der Schadstoffe und des pH-Wertes auf die Gefährdungsklasse werden die Bewertungsmaßstäbe der Tabelle 25 in die Bewertung eingeführt.

Tabelle 25: Einfluß des Sorptionskoeffizienten der Schadstoffe und des pH-Wertes auf die Gefährdungsklasse

Sorptionskoeffizient (Koc)	Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom pH-Wert		
	pH < 5	5 < pH < 9	pH > 9
niedrig (< 10 ²)	9	7	5
mittel (10 ² < ... < 10 ³)	7	5	3
hoch (> 10 ³)	5	3	1

8.1.5 Einfluß der pH-Werte und des Redoxpotentials auf den Gefährdungsgrad

Die Bodenacidität beeinflusst die chemischen, physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften und das Pflanzenwachstum direkt oder indirekt und beruht auf dem Gehalt der Böden an gelösten und festen Säuren, von denen H⁺-Ionen in der Bodenlösung auftreten. Gelöste Säuren in der Bodenlösung sind vor allen Kohlensäure, organische Säuren und die starken Säuren Schwefelsäure und Salpetersäure, die durch Oxidation von beim Abbau N- und S-haltiger organischer Substanzen freigesetztem N und S gebildet werden [48]. Reduktions- und Oxidationsreaktionen von Stoffen sind an einer Vielzahl chemischer und biologischer Vorgänge im Boden beteiligt. Sie beeinflussen die Bindungsformen und biologische Verfügbarkeit sowie die Verlagerung und den Transport der Stoffe in Böden. Als Maß für das Verhältnis der Konzentration der oxidierten und reduzierten Stoffe in einem System dient das Redoxpotential Eh (in Volt) [48]. Das in der Bodenlösung herrschende Redoxpotential ist von großem Einfluß auf die Bindung der Metalle. Ein sauerstoffreicher und gut durchlüfteter Boden besitzt allgemein ein hohes Redoxpotential von über 400 mV, ein sauerstoffarmer bis -- freier Boden ein niedriges bis negatives Potential. Bei negativen Redoxpotentialen (0 bis - 200mV), d.h. bei fehlendem Sauerstoff, bilden viele Metalle schwerlösliche Sulfide. Sulfidhaltige Böden vermögen dann Metalle fest zu binden [14]. Zur Ermittlung des Einflusses des Redoxpotentials der Schadstoffe und des pH-Wertes auf die Gefährdungsklasse werden die Bewertungsmaßstäbe der Tabelle 26 in die Bewertung eingeführt.

Tabelle 26: Einfluß der pH-Werte und des Redoxpotentials auf den Gefährdungsgrad

Redoxpotential	Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom pH-Wert		
	pH < 5	5 < pH < 9	pH > 9
Über + 50 mV	9	7	5
-50 mV < ... < +50 mV	7	5	3
Unter -50 mV	5	3	1

8.1.6 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Humusgehalt und pH-Wert

Die Gesamtheit der festen organischen Substanz des Bodens wird als Humus bezeichnet. Huminstoffe bilden Teilchen geringer Größe (<2µm), haben eine große spezifische Oberfläche und vermögen Wasser und andere Moleküle sowie Ionen reversibel anzulagern. Metallionen können darüber hinaus mit den organischen Verbindungen in festen Komplexen vorliegen (s. Tabelle 27).

Tabelle 27: Einfluß der Bodenbestandteile (Humus und Ton) auf die Relative Bindungsstärke für Metallionen bei Grenz-pH [14]

Metall	Grenz-pH	Substratbedingte Bindungsstärke unterhalb Grenz-pH durch	
		Humus	Ton
Cd	6	4	2
Mn	5,5	2	3
Ni	5,5	3-4	2
Co	5,5	3	2
Zn	5,5	2	3
Al	5,5	5	4
Cu	4,5	5	3
Cr (III)	4,5	5	4
Pb	4	5	4
Hg	4	5	4
Fe (III)	3,5	5	5

*Relative Bindungsstärke: 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = stark, 5 = sehr stark

*Oberhalb Grenz-pH erfolgt starke Akkumulation durch Oxidbildung und Bindung von Hydroxokomplexen

Huminstoffe begünstigen die Bildung und Stabilität eines grobporigen Aggregatgefüges und besitzen eine hohe Wasserkapazität. Neben festen organischen Substanzen treten im Bodenwasser gelöste organischen Substanzen auf, die als DOM bezeichnet werden [48]. Huminstoffe wirken als Speicher für austauschbar gebundene Nähr- und Schadstoffe. Die Kationenaustauschkapazität der Huminstoffe ist stark pH-abhängig. Ihre potentielle Kationenaustauschkapazität (bei pH 8,1) liegt mit 1800–30000 mg Ionenäquivalent/kg Boden erheblich höher als die von Tonmineralen. Die Kationenaustauschkapazität sinkt mit abnehmendem pH-Wert stark ab. Die Kationenaustauscheigenschaften der Tonminerale werden durch die Verbindung mit Huminstoffen offenbar kaum verändert. Dagegen können organische Stoffe wirksam mit der Sorption anorganischer Anionen an Tonminerale und Oxide konkurrieren. Zur Ermittlung des Einflusses des Humusgehalts im Standort und des pH-Wertes auf die Gefährdungsklasse werden die Bewertungsmaßstäbe der Tabelle 28 in die Bewertung eingeführt.

Tabelle 28: Einfluß der pH-Werte und des Humusgehalts auf den Gefährungsgrad

<i>Humusgehalt</i>	<i>Gefährungsklasse in Abhängigkeit vom pH-Wert</i>		
	pH < 5	5 < pH < 9	pH > 9
<i>0-5 %</i>	9	8	6
<i>5-10 %</i>	7	6	4
<i>10-20 %</i>	5	4	3
<i>20-30 %</i>	4	3	2
<i>Über 30 %</i>	3	2	1

8.1.7 Ermittlung der Gefährungsklasse in Abhängigkeit vom Tongehalt und pH-Wert

Hauptbestandteile der Tone und Tongesteine sind die Tonminerale. Die Tonminerale entstehen entweder bei der Verwitterung direkt durch Zerkleinerung der Gesteine und Minerale, oder sie bilden sich neu aus Zerfalls- und Lösungsprodukten verschiedener Silicate im Verwitterungs- und Sedimentationsmilieu. Die Art der Tonminerale und der Anteil an Teilchen unter 2 mm beeinflussen die kolloidchemischen Eigenschaften der Böden entscheidend. Tonminerale spielen bei Nährstoffsorption und Ionenaustauschvorgänge im Boden eine wichtige Rolle. Tonminerale und Huminstoffe verbinden sich unter geeigneten Bedingungen zu den Ton-Humus-Komplexen. Die Ausdehnung und die Oberflächenladung der äußeren Oberflächen und Zwischengitterflächen von Tonen ist von entscheidender Bedeutung für die Quantität der spezifischen Retention der Schadstoffe. Zur Ermittlung des Einflusses des Tongehalts im Standort und des pH-Wertes auf die Gefährungsklasse werden die Bewertungsmaßstäbe der Tabelle 29 in die Bewertung eingeführt.

Tabelle 29: Einfluß der pH-Werte und des Tongehalts auf den Gefährungsgrad

<i>Tongehalt t</i>	<i>Gefährungsklasse in Abhängigkeit vom pH-Wert</i>		
	pH < 5	5 < pH < 9	pH > 9
<i>0 – 10 %</i>	9	8	6
<i>10 – 20 %</i>	7	6	4
<i>20 – 30 %</i>	5	4	3
<i>30 – 40 %</i>	4	3	2
<i>über 40 %</i>	3	2	1

8.1.8 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Kationenaustauschkapazität

Für eine Festlegung der zur Beurteilung von Schadstoffbelastungen erforderlichen Werte sind die Gesamtgehalte eines Schadstoffes häufig nicht geeignet. Es ist erforderlich, zwischen den ökologisch relevanten mobilen und den mobilisierbaren Fraktionen sowie der nicht reaktiven immobilen Schadstofffraktion zu differenzieren. Die am Sorptionsprozeß beteiligten Feststoffe werden Austauscher genannt (v.a. Tonminerale, Huminstoffe sowie Eisen- und Manganoxide). Die Austauschkapazität ist abhängig von der Oberfläche sowie der Art und Dichte der an der Oberfläche wirksamen Ladungen. Eine der Oberflächenreaktionen von Körnern im Boden ist Ionensorption. Die Ionensorption umfaßt Prozesse, die von der Größe und Art der festen Oberfläche abhängen. Die auf die Masseneinheit einer Substanz bezogene Oberfläche nennt man spezifische Oberfläche (in m^2/g). Die geladene Oberfläche der Sorbenten wird durch Anlagerung von Ionen gleichhoher und entgegengesetzter Ladung neutralisiert, also die negativ geladene durch Kationen und die positiv geladene Oberfläche durch Anionen. Während also die Kationensorption mit steigendem pH-Wert ansteigt, steigt auch die Anionensorption mit sinkendem pH-Wert an. Außerdem nimmt sie, wie auch die Kationensorption, mit steigender Salzkonzentration zu.

Die Kationen wie Schwermetalle können an negativ geladenen Bodenbestandteilen durch elektrostatische Bindung adsorbiert werden. Die Sorption ist stets mit der Desorption anderer Kationen verbunden. Die Kationen sind gegeneinander austauschbar (Kationenaustauscher). Die austauschbaren Kationen bilden den Kationenbelag der Böden, ihre Summe die Kationenaustauschkapazität. Die variable negative Ladung wächst mit steigendem pH an. Die Kationenaustauschkapazität bei pH 7 (Summe aus permanenter und variabler Ladung) wird als potentielle und die Kationenaustauschkapazität beim pH-Wert des Bodens als effektive Kationenaustauschkapazität bezeichnet.

In folgender Tabelle 30 ist der relative Eintausch von Kationen aufgeführt. Die Eintauschstärke der Kationen nimmt mit steigender Wertigkeit, $\text{Na}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{Th}^{4+}$, und bei gleicher Wertigkeit mit steigendem Radius der nackten Ionen, $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Rb}^+ < \text{Cs}^+$, zu.

Tabelle 30: Größe und Hydratationsenergie von Kationen und ihre relative Sorption [48]

	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Rb ⁺	Cs ⁺	Mg ³⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Ba ²⁺	Al ³⁺	La ³⁺	Th ⁴⁺
Ionenradius (nm)	0,076	0,102	0,138	0,152	0,167	0,072	0,100	0,118	0,135	0,054	0,103	0,094
Hydratationsenergie (kJ Mol⁻¹)	503	419	356	335	314	1802	1571	1425	1341	4647	3268	-
Relative Eintauschstärke (%)	24	26	41	74	78	72	74	74	75	85	86	98

Die Kationenaustauschkapazität der Böden wird durch Art und Gehalt an Tonmineralen und Humus und dem pH-Wert bestimmt und variiert daher in einem weiten Bereich. Wird der pH-Wert saurer Böden erhöht, so steigen nach dem Anteil variabler Ladung die Kationenaustauschkapazität und damit die Menge austauschbarer Kationen an [48]. Zur Ermittlung des Einflusses der Kationenaustauschkapazität im Standort und des pH-Wertes auf die Gefährdungsklasse werden die Bewertungsmaßstäbe der Tabelle 31 in die Bewertung eingeführt.

Tabelle 31: Einfluß der pH-Werte und Kationenaustauschkapazität auf die Gefährdungsklasse

<i>KAK_{pot} (mmol_c kg⁻¹)</i>	<i>Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom pH-Wert</i>		
	PH < 5	5 < pH < 9	PH > 9
<i>0 – 100</i>	9	8	6
<i>100 – 200</i>	7	6	4
<i>200 – 300</i>	5	4	3
<i>300 – 400</i>	4	3	2
<i>Über 400</i>	3	2	1

8.1.9 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Bioakkumulation der Schadstoffe

Die Bioakkumulation umfaßt die Biokonzentration, bei der die Substanzen über Haut, Kiemen oder Lunge von einzelnen Organismen direkt aus dem umgebenden Medium aufgenommen werden, und die Biomagnifikation, bei der die Substanzen über die Nahrung aufgenommen werden. Der Quotient aus der Konzentration eines angereicherten Stoffes im Organismus und der Konzentration in der Umgebung wird als Bioakkumulationsfaktor oder Biokonzentrationsfaktor (BCF) bezeichnet. Der Verteilungskoeffizient einer Substanz

zwischen Wasser und 1-Octanol (Pow bzw. K) kann zur Ermittlung der Bioakkumulation der Stoffe dienen. Pow steigt mit zunehmender Fettlöslichkeit und abnehmender Wasserlöslichkeit. Je größer Pow ist, desto eher kann eine Bioakkumulation in Körperfetten stattfinden. Zur Ermittlung der Bewertungszahl des Oktanol/Wasser-Verteilungskoeffizienten werden die Stoffdaten logarithmiert und anschließend normiert. Zur Normierung des Oktanol/Wasser-Verteilungskoeffizienten wird folgendermaßen vorgegangen. Der höchste festgestellte Wert (log) liegt bei 6.88 so daß alle Stoffe mit einem Pow-Wert über 10^5 (log-Pow 5) die Bewertungszahl 9 erhalten, da sie am besten von allen akkumuliert werden. Die Bewertungszahl 2-3 erhalten dagegen alle Stoffe, die sich mindestens genauso gut in Wasser lösen wie in Oktanol, also einen log-Pow von 1 haben (s. Tabelle 32).

Tabelle 32: Einfluß der Bioakkumulation von Schadstoffen auf den Gefährdungsgrad

<i>Pow(bei 20 °C)</i>	<i>Gefährdungsklasse</i>
$> 10^5$	9
$10^3 - 10^5$	8
$10^2 - 10^3$	7
$10 - 10^2$	6
$5 - 10$	5
$1 - 5$	3
$10^{-1} - 1$	2
$< 10^{-1}$	0,5

8.1.10 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Relativen Bindungsstärke

Böden vermögen Metalle in unterschiedlichem Maße zu binden. Die Bindung erfolgt durch Adsorption an Austauschern und durch chemische Fällung nach Reaktion mit bodeneigenen Stoffen. Durch organische Stoffe des Bodens werden Metalle als metallorganische Komplexe gebunden, so daß die Metallionen immobilisiert werden. Die Bindung von Metallen im Boden ist stark vom pH-Wert der Bodenlösung abhängig und ist allgemein bei neutraler Bodenreaktion deutlich intensiver als bei stark saurer Bodenreaktion. Auch das Redoxpotential von Böden ist von großem Einfluß auf die Bindung der Metalle. Bei negativen Redoxpotentialen bilden viele Metalle schwerlösliche Sulfide, die Metalle fest binden. Zur Ermittlung des Einflusses der Bodenacidität auf die relative Bindungsstärke von Metallen bei sandigen Böden mit geringem Humusgehalt (< 2%) werden die Bewertungsmaßstäbe der Tabelle 33 berücksichtigt. Dabei werden die synergistischen Wirkungen zwischen verschiedenen Metallen nicht betrachtet.

Tabelle 33: Einfluß der Bodenacidität auf die relative Bindungsstärke von Metallen bei sandigen Böden mit geringem Humusgehalt (< 2%) (DVWK1988, S. 4; verändert)

Metalle	Gefährdungspotential bei pH-Werten von									
	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7-8
Cd	10	10-8	8	8-6	6	4	4-2	2	2-0	0
Mn	10	8	8-6	6	4	4-2	2	2-0	0	0
Ni	10	8	8-6	6	4	4-2	2	2-0	0	0
Co	10	8	8-6	6	4	4-2	2	2-0	0	0
Zn	10	8	8-6	6	4	4-2	2	2-0	0	0
Al	8	8-6	6	4	2	2-0	0	0	0	0
Cu	8	8-6	6	4	2	2-0	0	0	0	0
Cr (III)	8	8-6	6	4	2	2-0	0	0	0	0
Pb	8	6	4	2	0	0	0	0	0	0
Hg	8	6	4	2	0	0	0	0	0	0
Fe (III)	8-6	6-4	4-2	0	0	0	0	0	0	0

- Abbaubarkeit der Schadstoffe
 Erhöhung um + 2 ; niedrige Abbaubarkeit
 um 0 ; mittlere Abbaubarkeit
 um - 2 ; hohe Abbaubarkeit

8.1.11 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Erosionsgefährdung und Standortneigung

Die Erosionswirkung steigt mit der Wasserströmungsgeschwindigkeit und sinkt mit der Größe der transportierbaren Partikel und deren Bindungsstärke im Boden. Da tonreiche Böden stabile Aggregate bilden, ist die Erodierbarkeit feinsandiger Böden und tonarmer Schluffböden am höchsten. Erosion ist ein natürlicher Vorgang, der jedoch durch die Bodenbewirtschaftung des Menschen verstärkt wird. Die Menge erodierten Bodenmaterials pro Fläche und die Form des Bodenabtrags hängen dabei von zahlreichen Faktoren ab. Mit dem Oberflächenabfluß werden Schadstoffe und meist festes Bodenmaterial abgeschwemmt. Auf bewachsenen oder humusreichen Böden ist der Oberflächenabfluß wesentlich geringer als auf unbewachsenen und humusarmen Böden. Der Oberflächenabfluß durch Wassererosion wird beeinflusst durch die Eigenschaften der Böden, die Neigung eines Hanges und die Bewirtschaftung sowie Art und Wirkung von Bodenschutzmaßnahmen. Durch flächenhaften Abtrag verringert sich der Wasserspeicherraum, der Nährstoffvorrat und die Filterstrecke bis zum Grundwasser. Bei extremer Wassererosion kann eine Einstellung der Nutzung notwendig werden. Die Wassererosionsgefährdung kann bei ca. 1 % Hangneigung beginnen. Nach dem AbfMaG Koreas ist die Hangneigung unter 2 % festgesetzt. Zur Ermittlung des Einflusses der Standortneigung und Erosionsgefährdung des Standortbodens auf die Gefährdungsklasse werden die Bewertungsmaßstäbe der Tabelle 34 berücksichtigt.

Tabelle 34: Einfluß der Standortneigung auf den Gefährungsgrad

<i>Standortneigung</i>	<i>Gefährungspotential</i>
Über 4,0 %	9
2,0 <...< 4,0 %	7
1,0 <...< 2,0 %	5
0,5 <...< 1,0 %	3
Unter 0,5 %	1

- Ist die Erosionsgefährdung in der Altlast vorhanden, Erhöhung um 2
- Ist keine Erosionsgefährdung in der Altlast vorhanden, Abminderung um 2

8.2 Ermittlung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert) für die pfadspezifischen Schutzgüter

8.2.1 Ermittlung der Gefährungsklasse in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Altlastensohllage und Grundwasseroberfläche (Schutzgut Grundwasser)

Die wasserungesättigte Zone wird nach oben durch die Erdoberfläche, nach unten durch die Grundwasserzone begrenzt. Die belebte Bodenzone der ungesättigten Zone erstreckt sich von der Erdoberfläche bis maximal ein oder zwei Meter in die Tiefe und ist der Bereich, der das Pflanzenwachstum ermöglicht. Der Hohlraumgehalt und die Durchlässigkeit dieses Bereiches sind meist höher als bei tiefergelegenen Schichten. Unterhalb der belebten Bodenzone liegt der Zwischenbereich, dessen Mächtigkeit nach Dicke der Bodenzone und dem Abstand zum Kapillarraum örtlich verschieden ist. Der unterste Teil der ungesättigten Zone wird vom Kapillarraum erreicht, der ein Übergangsbereich zwischen ungesättigter und gesättigter Zone ist. [18]. Unterhalb der ungesättigten Zone gibt es nahezu ausnahmslos einen Bereich, in dem alle zusammenhängenden Hohlräume mit Wasser gefüllt sind. Der Zustrom in die gesättigte Zone geschieht durch Sickerwasser, das von der Erdoberfläche aus durch die ungesättigte Zone nach unten gelangt. Hohlraumanteil und spezifisches Rückhaltevermögen in verschiedenen Böden sind in Tabelle 35 dargestellt. Rückhaltevermögen (Retentionsvermögen) ist eine Eigenschaft stationärer Phasen (z.B. Aktivkohlefilter oder Boden), in mobilen Phasen (Wasser, Luft) bewegliche Stoffe festzuhalten bzw. die Wanderungsgeschwindigkeit der beweglichen Stoffe im Vergleich zur Geschwindigkeit der mobilen Phase herabzusetzen. Der

migrierende Stoff paßt nicht in das Hohlräumssystem der stationären Phase. Folglich lagert sich der Stoff an der Anströmseite der stationären Phase ab. Das Rückhaltevermögen der stationären Phase beruht in diesem Fall auf ihrer mechanischen Undurchlässigkeit. Dieser Fall ist bei Filtern und semipermeablen Membranen realisiert. Der migrierende Stoff löst sich in der stationären Phase, seine Wanderungsgeschwindigkeit wird von seiner Löslichkeit und dem Volumen der beteiligten Phasen bestimmt. Verschiedene Dünnschicht- und Gaschromatographie-Verfahren nutzen dieses Verhalten [72].

Tabelle 35: Hohlraumanteil und spezifisches Rückhaltevermögen in verschiedenen Böden

Gesteinsmaterial	Hohlraumanteil (Vol. %)	spezifisches Rückhaltevermögen
Boden	55	15
Ton	50	48
Sand	25	3
Kies	20	1
Kalkstein	20	2
Sandstein (halbverfestigt)	11	5
Granit	0,1	0,01
Basalt (jung)	11	3

Hydrologen unterscheiden bei dem im Boden gespeicherten Wasser zwischen dem Anteil, der unter Einwirkung der Schwerkraft abfließt (spezifische Ergiebigkeit), und dem Teil, der als Film auf der Gesteinsoberfläche oder in sehr kleinen Hohlräumen zurückbleibt (Haftwasseranteil, spezifisches Rückhaltevermögen). Je kleiner die Teilchengröße, um so größer der gesamte Porenraum, um so kleiner das nutzbare Porenvolumen und um so größer die Adsorptionswasserführung [60]. Die physikalischen Kräfte, die die Ursache für das spezifische Rückhaltevermögen bilden, sind dieselben Kräfte, die für die Höhe und den Feuchtigkeitsgehalt beim kapillaren Aufstieg verantwortlich sind. Die spezifische Ergiebigkeit sagt aus, wieviel Wasser für den menschlichen Gebrauch nutzbar ist, und das spezifische Rückhaltevermögen, wieviel Wasser nach dem Abfluß unter Wirkung der Schwerkraft als Haftwasser im Gestein verbleibt [18]. Zur Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Altlastensohllage und Grundwasseroberfläche werden die Bewertungsmaßstäbe der Tabelle 36 berücksichtigt.

Tabelle 36: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Altlastensohllage und Grundwasseroberfläche

<i>Abstand (m)</i>	<i>Gefährdungsklasse</i>
Unter Altlastensohllage	9
0 - 2	8
2 - 5	6
5 - 10	5
10- 50	3
50-100	2
> 100 m Grundwasseroberfläche	0,5

8.2.2 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und Mächtigkeit des Grundwassers (Schutzgut Grundwasser)

Grundwasserleiter (Aquifere) sind Gesteine, die Grundwasser enthalten und geeignet sind, es weiterzuleiten. Gesteine, die weder Wasser speichern noch leiten, werden als Aquifugen, solche, die zwar Wasser speichern, aber nicht leiten als Aquicluden bezeichnet [60]. Sind an einem Ort mehrere Grundwasserleiter in der Vertikalen durch Grundwassernichtleiter getrennt, so spricht man von Grundwasserstockwerken. Dabei unterscheidet man wiederum Aquifere mit freier Oberfläche, die nach oben, von der wasserungesättigten Zone begrenzt, hineinragen, halbgespannte Aquifere, die nach oben und ggf. auch nach unten von halbdurchlässigen Schichten begrenzt sind, und gespannte Aquifere, die sowohl nach oben als auch nach unten durch undurchlässige Schichten abgeschlossen werden.

Das Vermögen eines Grundwasserleiters Wasser zu speichern, wird durch den Speicherkoeffizienten beschrieben. Dieser ist definiert als das dimensionslose Verhältnis aus dem Volumen an Wasser, das bei einer Änderung der Grundwasserspiegellhöhe um 1 m über einer Einheitsfläche von 1 m² des Grundwasserleiters aus dem Vorrat entlassen oder eingespeichert wird, zum Volumenprodukt aus 1 m Spiegeländerung. Bei gleicher Absenkung gibt der gespannte Aquifer bedeutend weniger Wasser ab als der freie. Bei einem Grundwasserleiter mit freiem Spiegel spielt die Elastizität des Grundwasserleiters und des Wassers keine Rolle, so daß für diesen der Speicherkoeffizient dem nutzbaren Porenvolumen entspricht. Jede Senkung des freien Grundwasserspiegels bedeutet eine Entleerung des nutzbaren Porenraumes. Die Bewegungsgeschwindigkeit von Grundwasser spielt für viele Probleme

eine große Rolle, besonders für den Umweltschutz. Die Bewegungsgeschwindigkeit von Grundwasser wird von den meisten viel zu hoch geschätzt, besonders von denen, die sich Grundwasser in unterirdischen Adern oder Flüssen mit einer Fließgeschwindigkeit vorstellen [18]. Die Gleichung für die Grundwassergeschwindigkeit kann aus dem Gesetz von Darcy und der allgemeinen Bewegungsgleichung für Flüssigkeiten abgeleitet werden (s. Kapitel 8.1.2).

Die Geschwindigkeit stellt die durchschnittliche Geschwindigkeit durch die Querschnittsfläche dar. In dieser Gleichung ist der Hohlraumanteil nicht berücksichtigt, sondern nur die Durchlässigkeit und das Grundwassergefälle. Nach der Berücksichtigung des Hohlraumanteils (n_o) erhalten wir

$$v_a = v_f / n_o = k_f / n_f \times \Delta h / \Delta z \quad (v_a = \text{Abstandsgeschwindigkeit}) \text{-----(11)}$$

Die Darcy-Gleichung gilt nur für Strömungsgeschwindigkeiten, bei denen eine Reynolds-Zahl von 10 nicht überschritten wird. Für praktische Aufgaben, z.B. zur Auswertung von Pumpversuchen und für Grundwassermodelle, ist die Einheit Transmissivität $T = k_f \times M$ zweckmäßig, wobei M die Mächtigkeit des grundwassererfüllten Grundwasserleiters in Meter ist. Im Kapillarraum bewegt sich das Wasser in derselben Richtung wie das Grundwasser, also auch nach oben und unten. Im Falle der Grundwasserverschmutzung durch Schadstoffe mit geringerer Dichte als Wasser wie Mineralöl ist diese vertikale Wasserbewegung von Bedeutung. Nach dem Verfahren werden Geschwindigkeit des Grundwassers und Mächtigkeit der Grundwasserdeckschicht miteinander verknüpft (s. Tabelle 37).

Tabelle 37: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und Mächtigkeit des Grundwassers

Geschwindigkeit des Grundwassers (m/d)	Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Mächtigkeit des Grundwassers (m)						
	0 - 0,5	0,5 - 1	1 - 2	2 - 5	5 - 10	10 -50	> 50
> 50	10	9	8	7	6	5	4
10 - 50	9	8	7	6	5	4	3
5 - 10	8	7	6	5	4	3	2
1 - 5	7	6	5	4	3	2	1
0,5 - 1	6	5	4	3	2	1	0,5
0,1 - 0,5	5	4	3	2	1	0,5	0,3
< 0,1	4	3	2	1	0,8	0,3	0,1

8.2.3 Einfluß der Dispersion auf die Gefährdungsklasse der Grundwassergeschwindigkeit (Schutzgut Grundwasser)

Dispersion ist eine fluidmechanische Verteilung von Schadstoffen im Grundwasser. Der Vorgang der mechanischen Dispersion ist immer an einen konvektiven Flüssigkeitstransport gebunden. Die Unterschiede in der Fließgeschwindigkeit innerhalb eines Untergrundsystems sind auf drei Ursachen zurückzuführen [9]:

- lokale Ablenkung der Strömung aus der Hauptfließrichtung infolge des festen Korngerüsts oder an Verwerfungszonen,
- Ausbildung eines ungleichförmigen Geschwindigkeitsprofils innerhalb einer Großpore oder Kluft infolge ungleichmäßiger Morphologie und
- Ausbildung eines ungleichförmigen Geschwindigkeitsprofils durch Aufeinanderfolgen unterschiedlich großer Porenräume oder in Kluftsystemen mit unterschiedlicher Größenordnung.

In körnigen Materialien und im geklüfteten Gestein herrscht laminare Strömung. Bei laminarem Fließen in der gesättigten Zone bewegen sich die Wasserpartikel geordnet entlang der Stromlinien. Konvergieren die Stromlinien an den Engstellen zwischen den Gesteinspartikeln, was eine transversale Dispersion zur Folge hat. Die Dispersion spielt eine wichtige Rolle bei der Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen, da eine Vermischung der Teilchen senkrecht zur Grundwasserfließrichtung verursacht wird. Geschwindigkeit und Richtung der Schadstoffe durch Dispersion werden von der Filtration, der Korngrößenverteilung, dem Ionenaustausch und den verschiedenen untergrundlichen Vorgängen beeinflusst. Zur Ermittlung des Einflusses der Dispersion auf die Gefährdungsklasse der Grundwassergeschwindigkeit wird die Dispersität der Tabelle 38 berücksichtigt.

Tabelle 38: Einfluß der Dispersion auf die Gefährdungsklasse der Grundwassergeschwindigkeit

Dispersität	Erhöhung der Gefährdungsklasse nach Dispersität
niedrig (0 - 0,5 cm ² /s)	- 2
mittel (0,5 - 1,5 cm ² /s)	+ 0
hoch (über 1,5 cm ² /s)	+2

8.2.4 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Menge und Abflußrate der Niederschläge (Schutzgut Oberflächengewässer)

Die lokale Messung des Niederschlag erfolgt im allgemeinen mit konstruierten Auffanggefäßen (Regenmesser). Die Angabe der Niederschlag-Höhe erfolgt in mm (entspricht l/m²) und bedeutet die Tiefe der Wasserschicht, die sich auf einer ebenen Fläche gebildet hätte, wenn das Wasser nicht verdunstet, versickert od. abgelaufen wäre. Die Niederschlag-Menge nimmt u.a. wegen der Abhängigkeit des Wasserdampf-Gehalts der Luft von der Temperatur Polen ab. Die Abnahme erfolgt jedoch nicht gleichförmig, vielmehr treten wegen der modifizierenden Einflüsse starke Inhomogenitäten in der globalen Niederschlag-Verteilung auf. Soweit es nicht verdunstet, wird es entweder Grundwasser oder Oberflächenwasser. Von unbelasteten Flächen ablaufendes Niederschlagswasser wird versickert oder über ein Kanalnetz einer Kläranlage, im Falle von Trennkanalisation dem Vorfluter unmittelbar zugeleitet.

Ein Teil des Niederschlags fällt auch direkt in die oberirdischen Gewässer. Für den Abfluß ist die Form und zeitliche Verteilung des Niederschlags von großer Bedeutung. Tritt er als Schneefall auf, so wird er zunächst zurückgehalten u. fließt verzögert ab. Bei größerer Intensität des Regenereignisses kommt es zu direktem Oberflächenabfluß. In natürlichen oder künstlichen Vorflutern ist der Abfluß sichtbar und wird als das Wasservolumen aus einem Einzugsgebiet meßbar, das den Abflußquerschnitt in der Zeiteinheit durchfließt. Bei dieser Messung wird nur der Anteil des Abflusses erfaßt, der sich bereits im Vorflutensystem befindet. In vielen Fällen entspricht dieser Abfluß nicht dem Gesamtabfluß eines Einzugsgebietes, da ein vorhandener Grundwasserabstrom nicht mitbestimmt werden kann. Der Abfluß in einem Vorfluter ist naturgemäß bei der Beurteilung von Schadstoffeinträgen von großer Bedeutung. Die Abflußrate einer versiegelten Fläche ergibt sich dabei aus der Materialdurchlässigkeit, dem Fugenteil und dessen Ausbildung, der Unterbaubeschaffenheit sowie dem Gefälle der versiegelten Oberfläche. Flächen geringen Versiegelungsanteils können aufgrund niedriger Verdunstungsraten höhere Versickerungsraten aufweisen als unversiegelte und bewachsene Böden. Zur Ermittlung des Einflusses der Menge und Abflußrate der Niederschläge auf die Gefährdungsklasse werden die Tabelle 39 und Formel 2 (Kapitel 8.1.1) angewandt.

Tabelle 39: Einfluß der Menge und Abflußrate der Niederschläge auf die Gefährdungsklasse

<i>Niederschlagsmenge(mm/a)</i>	<i>Gefährdungsklasse nach der Abflußrate der Niederschläge (%)</i>				
	Über 50	40	30	20	Unter 20
<i>> 1500</i>	10	9	8	7	6
<i>1500 – 1300</i>	9	8	7	6	5
<i>1300 – 1100</i>	8	7	6	5	4
<i>1100 – 900</i>	7	6	5	4	3
<i>< 900</i>	6	5	4	3	2

8.2.5 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Abflußgeschwindigkeit und dem Abstand zwischen Standort und Gewässer (Schutzgut Oberflächengewässer)

Über Fließgewässer erfolgt der oberirdische Abfluß des über die Erdoberfläche oder durch Drainagen in sie gelangte Niederschlagswassers od. als Quellwasser zutage getretenen Grundwassers in die Gewässer oder in abflußlose Seen. Fließgewässer verfrachten Stoffe im wesentlichen in gelöster Form, sowie aufgrund der Schleppkraft auch ungelöstes Material. Klima und Niederschlagsmenge bestimmen mit, welche Mengen löslicher Substanzen aus anstehendem Boden in die Fließgewässer gelangen. Abwassereinleitungen und Düngung benachbarter Felder können den Stoffhaushalt von Fließgewässer nachhaltig prägen. Die unterschiedlichen Nutzungen der Fließgewässer führen zu Gewässerbelastungen oder grundlegenden Veränderungen des Gewässers. In besiedelten Gebieten dienen Fließgewässer einerseits der Wasserentnahme und andererseits als Vorfluter für die Aufnahme von Abwasser, wodurch sich über eine gewisse Fließstrecke eine erhebliche Belastung des Sauerstoff-Haushaltes des Gewässers und Minderung der Gewässergüte ergeben kann. Zur Ermittlung des Einflusses der Abflußgeschwindigkeit und des Abstands zwischen Altlast und Gewässer auf die Gefährdungsklasse werden die Maßstäbe der Tabelle 40 angewandt.

Tabelle 40: Einfluß der Abflußgeschwindigkeit und des Abstands zwischen Altlast und Gewässer auf die Gefährdungsklasse

<i>Abstand (m) zwischen Altlast und Gewässer</i>	<i>Gefährdungsklasse nach der Abflußgeschwindigkeit (m/s)</i>				
	Über 1	1 - 0,5	0,5 - 0,2	0,2 - 0,1	0,1 - 0
<i>1 – 10</i>	10	9	8	7	6
<i>10 – 100</i>	9	8	7	6	5
<i>100 – 1000</i>	8	7	6	5	4
<i>1000 – 3000</i>	7	6	5	4	3
<i>Über 3000</i>	6	5	4	3	2

- Ist die Abwasserbeseitigungsanlage im Abstrombereich der Altlast vorhanden, Abminderung um 2
- Ist keine Abwasserbeseitigungsanlage im Abstrombereich der Altlast vorhanden, Erhöhung um 2

8.2.6 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit und der Fließmenge der Gewässer (Schutzgut Oberflächengewässer)

Ein natürliches oder künstlich angelegtes Oberflächengewässer, welches keine oder eine nur geringe Fließgeschwindigkeit besitzt, kann durch die umgegangenen wassergefährdenden Stoffe kritisch beeinträchtigt werden. Bei Fließgeschwindigkeiten unter 0,2 m/s sinken die vom Gewässer mitgeführten Schwebstoffe ab und verbleiben dort bis zum nächsten Anstieg der Fließgeschwindigkeit bei höherer Wasserführung. Größeres und spezifisch schwereres Material kann sich bereits früher, z.T. in strömungsberuhigten Zonen absetzen. Je nach Korngröße und Dichte kommt es zu einer fraktionierten Sedimentation.

Im Staubereich wird aus einem fließenden, ein fast stehendes Gewässer mit Erwärmung, schwindender Wiederbelüftung und ohne regelmäßige natürliche Wasserstandsschwankungen. Solche Gewässer führen zu verstärkter Primärproduktion mit der Folge von Sekundärverschmutzung und Sauerstoff-Zehrung sowie zu einer Beeinträchtigung der biologischen Selbstreinigung des Gewässers. Entsprechend der vertikalen Gliederung der Gewässer erfolgt die biologische Selbstreinigung im Gegensatz zu den Fließgewässern in vertikaler Richtung. Im oligosaprobien Bereich eines Gewässers ist der Sauerstoff-Spiegel hoch, der Gehalt an organischen Substrat und Bakterienpopulationen niedrig. Nach Einleitung eines mit abbaubaren organischer Stoffen belasteten Abwassers ändert sich das Bild im darauf folgenden Streckenabschnitt. Eine zu hohe Belastung eines Gewässers mit Abwasser kann zu starkem Sauerstoff-Mangel und zum Erliegen des Selbstreinigungsvermögens führen. Zur Ermittlung des Einflusses der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit werden die Maßstäbe der Tabelle 41 in die Bewertung eingeführt.

Tabelle 41: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit und der Fließmenge der Gewässer

<i>Fließmenge (m³/s)</i>	<i>Gefährdungsklasse nach Fließgeschwindigkeit (m/s)</i>				
	Über 1	1 - 0,5	0,5 - 0,2	0,2 - 0,1	0,1 - 0
<i>Unter 1</i>	10	9	8	7	6
<i>1 - 5</i>	9	8	7	6	5
<i>5 - 10</i>	8	7	6	5	4
<i>10 - 100</i>	7	6	5	4	3
<i>Über 100</i>	6	5	4	3	2

8.2.7 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit vom Luftdurchlässigkeitsbeiwert (k_f) (Schutzgut Luft)

Die Bodenluft füllt alle nicht durch Wasser gefüllten Bodenporen aus. Da das Bodenwasser immer die feineren Porenbereiche ausfüllt, bleibt die Luftdurchlässigkeit solange erhalten, wie durchgängige, luftgefüllte grobe Poren vorhanden sind. Der Luftgehalt hängt von der Körnung, der Lagerungsdichte und dem Wasserhaushalt des Bodens ab. Die Durchlässigkeit eines wasserfreien Bodens für Luft ist aufgrund der Viskositätsdifferenzen wesentlich höher als die Durchlässigkeit desselben Bodens im wassergesättigten Zustand für Wasser. Als Luftkapazität eines Bodens wird der Vol.-Anteil der mit Gasen gefüllten Bodenporen am Bodenvol. (in %) bei Feldkapazität bezeichnet. Sie beträgt bei mittlerer Lagerungsdichte in Sanden 15–30, in Schluffen und Lehmen 7–10 und in Tonen 4–7% des Bodenvolumens. Durch Verdichtung oder Wassersättigung über die Feldkapazität hinaus nimmt der Luftgehalt weiter ab. Zur Ermittlung des Einflusses des Luftdurchlässigkeitsbeiwerts auf die Gefährdungsklasse werden die Maßstäbe der Tabelle 42 in die Bewertung eingeführt.

Tabelle 42: Einfluß des Luftdurchlässigkeitsbeiwerts auf die Gefährdungsklasse

Durchlässigkeitsbeiwert (m/s)	Gefährdungsklasse
$> 10^{-4}$	9
$10^{-4} - 10^{-5}$	8
$10^{-5} - 10^{-6}$	7
$10^{-6} - 10^{-7}$	5
$10^{-7} - 10^{-8}$	3
$10^{-8} - 10^{-9}$	2
$< 10^{-9}$	0,5

- Gibt es Erstickungs- und Explosionsgefahr in Altlasten, Erhöhung um 1
- Gibt es keine Erstickungs- und Explosionsgefahr, Abminderung um 1
- Gibt es Erosionsgefahr in Altlasten, Erhöhung um 1
- Gibt es keine Erosionsgefahr, Abminderung um 1
- Sind umschlossene Räume auf Altlasten vorhanden, Erhöhung um 1
- Sind keine umschlossenen Räume auf Altlasten vorhanden, Abminderung um 1

9 Ermittlung der Belastungscharakteristik (B-Wert) zur Gefährdungsabschätzung von Altstandorten und Altablagerungen

Da die Gefährdungsabschätzung von Altablagerungen und Altstandorte fast ausschließlich auf den Wirkungen der emittierten Stoffe hinsichtlich umliegender Schutzgüter, Nutzungen, Schadstoffexpositionen basiert, ist die möglichst genaue Erfassung der Emissionssituation im Bereich eines Standortes von Bedeutung. Bei der hohen Anzahl von möglichen Stoffen, die durch Altablagerungsemissionen in die Schutzgüter gelangen, ist es nicht möglich, alle diese Substanzen zu erfassen und zu bewerten. Nach den Grenzwerten von umweltrelevanten Regelwerken können repräsentative Kontaminanten ermittelt werden.

Bei der Abschätzung der Belastungscharakteristik werden die Richtwerte aus Wasser- und Abfallmanagementgesetz, Luftschutzgesetz und Bodenschutzgesetz als Bewertungsmaßstäbe herangezogen. Die nachgewiesenen Verunreinigungen werden entsprechend ihrem Auftreten in Grundwasser, Boden, Oberflächengewässer und Luft unterschiedlich bewertet. Mit den nach Tabelle ermittelten Werten werden den untersuchten Stoffen Punkte zugewiesen. In den Bewertungsbogen wird aber nur der Stoff mit der höchsten ermittelten Punktzahl bzw. der am gefährlichsten eingestufte Schadstoff übernommen, wobei dieser eine max. Punktzahl von 10 erreichen kann.

9.1 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Sickerwasserzusammensetzung

Der Gehalt an gelösten Stoffen des Sickerwassers hängt u.a. von der Zusammensetzung der abgelagerten Abfälle, dem Alter der Deponie, der Einbautechnik und von klimatischen Bedingungen ab. Sonderabfall-Sickerwasser ist häufig stärker mit Salzen, Chlorid, Sulfat und Ammonium-Verbindungen, dagegen oft geringer mit organischen Stoffen belastet, die toxischen Belastungen mit Cadmium, Eisen, Nickel, Kupfer, Chrom und Zink im Sickerwasser von Sonderabfalldeponien sind meist höher als bei den Hausmülldeponien. Der Anteil schwerabbaubarer Stoffe nimmt mit zunehmendem Alter der Deponie zu. Auch hohe Konzentration von polychlorierten Biphenylen (PCB), Dibenzodioxinen und -furanen und Pestiziden können in Sickerölen auftreten.

Die geologische Barriere muß ein Körper mit möglichst geringer Durchlässigkeit und möglichst großer Fähigkeit zur Bindung von Sickerwasserinhaltsstoffen sein. Bei Lockergestein im Untergrund haben bindige Materialien wie Ton, Tonstein, Mergel und

Mergelstein eine genügende Barriereeigenschaft und ihr Rückhaltevermögen von Schadstoffen hängt ab von Kornverteilung, Lagerungsdichte, Kornvolumen, Feinkornanteil und Tonmineral-Gehalt. Auch in der weiteren Umgebung einer Deponie müssen natürliche Schutzbarrieren vorhanden sein, die bei eventuellen Leckagen eine weitreichende Verfrachtung von Schadstoffen und eine Kontamination von Grundwasserleitern verhindern können.

Bei der Sickerwasserbehandlung fallen Rückstände bzw. Konzentrate an, die stark mit Schadstoffen belastet sind und ihrerseits weiter behandelt werden müssen. Häufig werden die Rückstände wieder auf die Deponie verbracht. Dadurch können weitere organische Stoffe mineralisiert werden. Zur Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Sickerwasserzusammensetzung werden die Maßstäbe der Tabelle 43 und die Grenzwerte für Sickerwasserzusammensetzung vom AbfMaG in die Bewertung eingeführt.

Tabelle 43: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Sickerwasserzusammensetzung

<i>Kriterien</i>	<i>Gefährdungsklasse</i>				
	Anzahl der Kontaminationen				
	Über 4	4	3	2	1
<i>Überschreitung der Grenzwerte für Gebiet B</i>	10	9	8	7	6
<i>Überschreitung der Grenzwerte für Gebiet A</i>	8	7	6	5	4
<i>Überschreitung der Grenzwerte für Reingebiet</i>	6	5	4	3	2

Zu- und Abschläge :

- Gibt es eine Mischungsmöglichkeit zwischen Sickerwasser und Oberflächenwasser, Erhöhung um 1
- Gibt es keine Mischungsmöglichkeit zwischen Sickerwasser und Oberflächenwasser, Abminderung um 1

9.2 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Grundwasserbelastung (B-Wert) (Schutzgut Grundwasser)

Durch steigende Belastung durch Landwirtschaft, Siedlungen, Verkehr und Industrie kommt es immer häufiger zur Grundwasserverunreinigung durch Stoffe anthropogenen Ursprungs. Im Gebiet von Siedlungen kann das Grundwasser durch Leckagen in Abwassersystemen oder Heizölanlagen gefährdet sein. Stoffe der unterschiedlichsten Art, insbesondere jedoch Chlorkohlenwasserstoffe, sind an alten Industriestandorten (Altlasten) im Grundwasser zu finden. Auch undichte Deponien tragen mit ihrem Sickerwasser zur Grundwasserverunreinigung bei. Aus der Landwirtschaft gelangen Pflanzenschutzmittel und

mineralische Nährstoffe (Nitrat) in das Grundwasser. Wird dieses Wasser für Trinkwasserzwecke genutzt, ist beim Überschreiten der Grenzwerte eine Aufbereitung unerlässlich.

Bei der Bewertung einer Grundwasserbeeinflussung durch Altablagerungen wird die im Trinkwasserbrunnen nachgewiesenen Stoffkonzentration ermittelt. Zur Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Grundwasserbelastung werden die Maßstäbe der Tabelle 44 und die Grenzwerte für Grundwasserqualität in Tabelle 10 (in Kapitel 5.4) des umweltpolitischen Grundgesetzes in die Bewertung eingeführt. Die Grundwasserförderung für diese Nutzungen aus einem nicht belasteten und einem belasteten Grundwasserleiter kann, abhängig von der Entfernung zum Schadensherd, mit bis zu 10 Punkten bewertet werden. Nach dem Bewertungsmodell werden die Trinkwassernutzung für Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft und Privaten Bereich unterschieden.

Tabelle 44: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Grundwasserbelastung

<i>Kriterien</i>	<i>Gefährdungsklasse nach Anzahl der Kontaminationen</i>				
	Über 4	4	3	2	1
<i>Grenzwerte für industrielle Nutzung</i>	10	9	8	7	6
<i>Grenzwerte für landwirtschaftliche Nutzung</i>	8	7	6	5	4
<i>Grenzwerte für hauswirtschaftliche Nutzung</i>	6	5	4	3	2

9.3 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Bodenbelastung (B-Wert) (Schutzgut Boden)

Eine Bodenkontamination erfolgt durch Ablagerung von Stoffen, die nicht an Ort und Stelle im Boden entstanden sind, sich nicht durch natürliche Bodenbildungsprozesse oder durch natürliche Einträge dort angereichert haben. Hierzu können punktuelle Belastungen sowie Eintrag von Schadstoffen als Folge der menschlichen Nutzung beitragen. Aufgrund intensiver Sorptions-, Bindungs-, und Mineralisierungsprozesse ist der Boden jedoch in der Lage, Belastungen mit Fremdstoffen in beträchtlichem Umfang abzubauen. Schäden durch Bodenkontamination treten auf, sofern wichtige Funktionen des Bodens als Naturkörper, Wurzelraum und Filterkörper nachhaltig gestört sind. Von daher ist eine Bewertung der Bodenkontamination in Bezug auf Konzentration und Schädigung eines Stoffes vorzunehmen.

Nach Eigenschaften der Böden und Schadstoffen kann ein Stofftransport von den Böden in die Nahrungskette, über das Grundwasser und die Oberflächengewässer in das Trinkwasser

sowie in die Atmosphäre erfolgen. Zur Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Bodenbelastung werden die Maßstäbe der Tabelle 45 und die Vorsorge- und Maßnahmengrenzwerte für Ackerland und Industriegebiet in Tabelle 6 (in Kapitel 5.2) des koreanischen Bodenschutzgesetzes in die Bewertung eingeführt. Nach den Bodennutzungen wie Ackerland und Industriegebiet werden die Grenzwerte für zehn Parameter außer organischen Phosphorverbindungen festgelegt. Wird der Grenzwert überschritten, kann das untersuchte Gebiet zum Maßnahmensgebiet für Bodenschutz erklärt werden.

Tabelle 45: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Bodenbelastung (B-Wert)

<i>Kriterien</i>	<i>Gefährdungsklasse</i>					<i>Gefährdungsklasse</i>				
	Anzahl der Kontaminationen					Anzahl der Kontaminationen				
	Über 4	4	3	2	1	Über 4	4	3	2	1
<i>Überschreitung der Maßnahmenwerte</i>	10	9	8	7	6	8	7	6	5	4
<i>Überschreitung der Vorsorgewerte</i>	8	7	6	5	4	6	5	4	3	2

9.4 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Gewässerbelastung (Schutzgut Oberflächengewässer)

9.4.1 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Abflußwasserbelastung

Die Belastung des Niederschlagswasser ist ein Bild der Belastung der Luft. Alle Luftverunreinigungen können auch im Niederschlagswasser nachgewiesen werden. Mit einigen Kontaminanten ist das Niederschlagswasser oft höher belastet als Oberflächenwasser. Das Spektrum der in Niederschlagswasser nachgewiesenen Kohlenwasserstoffe reicht von den Alkanen über die einfachen Aromaten bis zu den polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK). Die Konzentrationen sowohl anorganischer als auch organischer Inhaltsstoffe schwanken sehr stark, so daß sich keine mittleren Werte angeben lassen. Oberflächenabfluß ist ein Teil des von Böden abfließenden Niederschlagswassers, das nicht in den Boden versickert. Mit dem Oberflächenabfluß werden Nährstoffe und meist festes Bodenmaterial abgeschwemmt. Im Gegensatz zur Auswaschung erfolgt beim Oberflächenabfluß kein selektiver Nährstofftransport. Auf bewachsenen oder humusreichen Böden ist der Oberflächenabfluß wesentlich geringer als auf unbewachsenen und humusarmen Böden. Insgesamt ist der Nährstoffanteil der Oberflächenwässer durch Oberflächenabfluß erheblich größer als der durch Auswaschung über das Bodenwasser. Der Oberflächenabfluß

durch Wassererosion wird beeinflusst durch die Menge und Dichte der Niederschläge, die Eigenschaften und Inhaltsstoffen der Böden, der Länge und Neigung eines Hanges, der Fruchtfolge und Bewirtschaftung sowie Art und Wirkung von Bodenschutzmaßnahmen. Dichte und feuchte Böden mit geringem Wasserspeichungsvermögen sowie steile Hänge begünstigen den Oberflächenabfluß. Deckende Pflanzenbestände schützen allerdings vor Oberflächenabfluß. Zur Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Abflußwasserbelastung werden die Maßstäbe der Tabelle 46 und die Emissionsgrenzwerte für die allgemeinen und speziellen Verunreinigungen in Tabelle 13, 14a und 14b (in Kapitel 5.4) des umweltpolitischen Grundgesetzes in die Bewertung eingeführt.

Tabelle 46: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Abflußwasserbelastung (B-Wert)

<i>Kriterien</i>	<i>Gefährdungsklasse nach Anzahl der Kontaminationen</i>				
	Über 4	4	3	2	1
<i>Grenzwerte für Sondergebiet</i>	10	9	8	7	6
<i>Grenzwerte für Gebiet B</i>	9	8	7	6	5
<i>Grenzwerte für Gebiet A</i>	8	7	6	5	4
<i>Grenzwerte für Reingebiet</i>	7	6	5	4	3

9.4.2 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Gewässerbelastung (B-Wert) : Fluß- und Binnenseebelastung

Die komplexe Zusammensetzung der Sedimentpartikel zeichnet sich durch das Auftreten vielfältiger Überzüge aus Eisen- und Manganoxiden bzw. organischen Oberflächenfilmen aus. In diesem sehr reaktiven Bereich spielen sich Wechselwirkungen zwischen gelösten und kolloidalen Schad- und Belastungsstoffen ab. Eine besondere Bedeutung kommt dabei den Huminstoffen zu, die einerseits beim Abbau Nähr- und Schadstoffe freisetzen und für Organismen verfügbar machen, andererseits durch Bindung die Bioverfügbarkeit von Metallen und organischen Substanzen verringern. Der Begriff Eutrophierung wird für den Vorgang der Überdüngung von Oberflächengewässern durch natürliche oder künstliche Nährstoffanreicherung und die dadurch auftretende Störung des biologischen Gleichgewichts verwandt. Zur Eutrophierung kommt es bei einem erhöhten Angebot algen- und pflanzenverfügbarer Nährstoffe und dadurch zu einer Steigerung der Primärproduktion. Die Eutrophierung erfolgt insbesondere durch die Zunahme der Initialfaktoren Stickstoff und Phosphor. Die Nährsalze Nitrat und Phosphat können in großen Mengen durch Abwassereinleitungen und Oberflächenabschwemmungen aus überdüngten landwirtschaftlichen

Flächen in die Oberflächengewässer gelangen. Da in stehenden oder langsam fließenden Gewässern die in den abgestorbenen Organismen enthaltenen Nährstoffe mit diesen sedimentieren und nicht ausgetragen werden, sondern nach der Zersetzung der organischen Substanz wieder verfügbar sind, kommt es zu einer ständigen Erhöhung der Produktivität. In Extremfällen sinkt der Sauerstoff-Gehalt unter 1 mg/l, u.U. bis zur Nachweisbarkeitsgrenze ab, so daß Fische u.a. höhere Wasserorganismen ersticken. Ziel des Gewässerschutzes ist es, die Gewässerbelastung durch Abwasser und Abfälle, aber auch z.B. durch intensive landwirtschaftliche Bewirtschaftung zu begrenzen. Dadurch müssen die Belastungen der Gewässer so gering werden, daß ihre Fähigkeit zur Selbstreinigung nicht überfordert und eine der natürlichen Gewässerbeschaffenheit entsprechende Gewässergüte erreicht wird.

In § 3 UPGG (Umweltpolitik-Grundgesetz) wird die zu schützende Umwelt als natürliche Umwelt und Lebensumgebung (anthropogene Umwelt) definiert. Zwischen natürlicher und anthropogener Umwelt gibt es viele Übergänge und außerdem räumliche Durchdringungen. Um die Wasserqualität der Flüsse und Binnenseen zu erreichen, wurden die Emissionsgrenzwerte festgesetzt. Der Umweltminister bestimmt die Emissionsgrenzwerte, die auf die unterschiedlichen Bereiche d.h., Reingebiet, Gebiet A, Gebiet B und Sondergebiet angewandt werden. Zur Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Gewässerbelastung werden die Maßstäbe der Tabelle 47 und die Emissionsgrenzwerte für die allgemeinen und speziellen Verunreinigungen in Tabelle 11 und 12 (in Kapitel 5.4) des umweltpolitischen Grundgesetzes in die Bewertung eingeführt.

Tabelle 47: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Gewässerbelastung (B-Wert) : Fluß- und Binnenseebelastung

<i>Kriterien</i>	<i>Gefährdungsklasse nach Anzahl der Kontaminationen</i>				
	Über 4	4	3	2	1
<i>Grenzwerte für industrielle Nutzung III</i>	10	9	8	7	6
<i>Grenzwerte für industrielle Nutzung II</i>	9	8	7	6	5
<i>Grenzwerte für industrielle Nutzung I</i>	8	7	6	5	4
<i>Grenzwerte für hauswirtschaftliche Nutzung II</i>	7	6	5	4	3
<i>Grenzwerte für hauswirtschaftliche Nutzung I</i>	6	5	4	3	2

- Gibt es Akkumulations- und Rücklösungsmöglichkeit von Schadstoffen im Sediment, Erhöhung um 1
- Gibt es keine Akkumulations- und Rücklösungsmöglichkeit von Schadstoffen im Sediment, Abminderung um 1

9.5 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Luftbelastung (B-Wert) (Schutzgut Luft)

Eine Bewertung möglicher Gesundheitsgefahren durch Deponiegas zeigt, daß durch die Hauptbestandteile Methan, Kohlendioxid und ggf. Schwefelwasserstoff akute Schäden entstehen können. Methan-Luft-Gemische sind explosiv und Vergiftungen sind möglich. Dies ist aber nur der Fall, wenn in Gruben oder Schächten eine erhebliche Ansammlung von Deponiegas erfolgt. Über mögliche langfristige Gesundheitsschäden durch Deponiegas können wegen der Zahl der auftretenden Stoffe keine bestimmten Aussagen gemacht werden. Ein MAK-Wert (Abk. für maximale Arbeitsplatzkonzentration) ist die höchstzulässige Konzentration eines Stoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnisse die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt. MAK-Werte dienen dem Schutz der Arbeitnehmer vor Gesundheitsschäden durch Gefahrstoffe und werden in ml/m³ (ppm) oder in mg/ m³ angegeben. Da die Konzeption der Festlegung von MAK-Werten allgemein anerkannt ist, werden von ihnen häufig Grenzwerte für andere Bereiche abgeleitet. Dies ist nur dann zulässig, wenn die einzelnen Substanzen unter Berücksichtigung ihrer speziellen Eigenschaften und den jeweiligen Expositionsbedingungen betrachtet werden. Durch die gesetzliche Ordnung ist der Arbeitgeber verpflichtet die Einhaltung von MAK-Werten am Arbeitsplatz zu überwachen. Bei Überschreitungen von MAK-Werten über die Dauer und Höhe der zulässigen Spitzenwerte hinaus ist daher mit gesundheitlichen Schäden zu rechnen und sind technische bzw. organisatorische Maßnahmen zu treffen. Zur Ermittlung der Luftbelastung werden die Grenzwerte für Luftqualitätsgrenzwerte im Anhang des Umweltpolitik-Grundgesetzes verwendet. Zur Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Luftbelastung werden die Maßstäbe der Tabelle 48 und die Grenzwerte für Luftqualitätsgrenzwerte im Anhang IV der Arbeit (Quelle : das koreanische Luftschutzgesetz) in die Bewertung eingeführt.

Tabelle 48: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Luftbelastung (B-Wert) (Schutzgut Luft)

<i>Kriterien</i>	<i>Gefährdungsklasse nach Anzahl der Kontaminationen</i>				
	Über 4	4	3	2	1
1- Stunde-Mittelwert	10	9	8	7	6
8-Stunden-Mittelwert	10	9	8	7	6
Tagesmittelwert	9	8	7	6	5
3-Monate-Mittelwert	9	8	7	6	5
Jahresmittelwert	8	7	6	5	4

- Wurde die Geruchbelastung festgestellt, Erhöhung um 2,0

10 Ermittlung des humantoxikologischen Risikos (H-Wert) zur Gefährdungsabschätzung von Altlasten (Schutzgut GW, OG, Boden und Luft)

Zur Risikobewertung eines Stoffes gehören u.a. die Ermittlung schädlicher Wirkungen sowie die Ermittlung der Beziehung von Konzentration und Wirkung. Die zu untersuchenden Wirkungen umfassen akute Toxizität, chronische Toxizität, Mutagenität und Kanzerogenität. Die akute Toxizität ist die Giftigkeit bei einmaliger Verabreichung eines Wirkstoffes, im Unterschied zur subakuten und chronischen Toxizität. Die akute Toxizität wird oft als LD₅₀ bzw. bei flüssiger Lösung und Atemgiften als LC₅₀ ausgedrückt. Zur Bewertung der akuten Toxizität bezieht sich die LC₅₀ bzw. LD₅₀ auf die einmalige Applikation beim oralen und inhalativen Aufnahmepfad für das Versuchstier. Die chronische Toxizität ist die Giftigkeit bei Verabreichung oder Einwirkung eines Stoffes über einen längeren Zeitraum (bis zu mehreren Jahren). Zur Bewertung der chronischen Toxizität wird der ermittelte oder geschätzte „No Observable Adverse Effect Level“ (NOAEL) für die längerfristige Exposition gegenüber dem Stoff herangezogen. Mutationen sind die Folge struktureller Veränderungen der genetischen Information einer Zelle. Die Veränderungen können einzelne oder mehrere Gene, einzelne oder mehrere Chromosomen oder Abschnitte betreffen. Unter Mutagenität versteht man das Vermögen eines Stoffes oder eines physikalischen Faktors, bleibende Veränderungen der genetischen Information von Zellen auszulösen. Kanzerogenität bezeichnet das Vermögen eines Stoffes oder physikalischen Faktors, bei Mensch oder Tier Krebs zu erzeugen. In dem multifaktoriellen und mehrstufigen Prozeß der Krebsentstehung durch physikalische oder chemische Kanzerogene ist es hilfreich, trotz gelegentlich unscharfer Übergänge Initiation (genotoxisches Ereignis, welches zur Veränderung der genetischen Information führt), Promotion (Entstehung von Verformen von Krebszellen aus initiierten Zellen) und Progression (krebsige Entartung der Zelle) zu unterscheiden [34]. Die Expositionsermittlung bezieht sich zum Schutz der menschlichen Gesundheit auf die jeweiligen Bevölkerungsgruppen, die wahrscheinlich gegenüber dem Stoff exponiert werden (Arbeitnehmer, Verbraucher, über die Umwelt indirekt exponierte Bevölkerung), zum Schutz der Umwelt auf den Umweltbereich (Wasser, Boden, Luft), der gegenüber dem Stoff wahrscheinlich exponiert wird.

Zur Ermittlung der Humantoxizität von in jeweiligen Verdachtsflächen existierenden Schadstoffen werden die vom Institut für Wassergefährdende Stoffe (IWS) entwickelten

Stoffgefährlichkeiten übernommen (siehe Anhang VII). Das vom IWS entwickelte Bewertungsmodell ist für die vergleichende Bewertung von Rüstungsalastverdachtsflächen entwickelt worden. Es läßt sich jedoch auch grundsätzlich für die Bewertung von anderen Altstandorten verwenden [34]. Aufgrund des vorhandenen umfangreichen Datenmaterials kann eine Auswahl nach vorrangig zu untersuchenden Stoffen erfolgen. Zur Bewertung eines Stoffes wird die akute und chronische Toxizität, Karzinogenität und Mutagenität herangezogen. Die maximal mögliche Bewertungszahl für das Toxizitätspotential eines Stoffes beträgt 10 (s. Anhang VII).

11 Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Standortnutzung (N-Wert)

Die gegenwärtige oder für die Zukunft geplante Nutzung im Bereich eines kontaminierten Standorts ist ein wesentlicher, wenn auch nicht der einzige Parameter bei der Beurteilung eines Sanierungsbedarfs. Da sehr unterschiedliche Nutzungen möglich sind, können sich unterschiedliche Qualitätsansprüche an das Grundwasser und den Boden ergeben. Die akute Gefährdung der Gesundheit, z.B. von Trinkwasserverbrauchern durch eine Grundwasserkontamination stellt allerdings einen eindeutigen Sanierungsbedarf dar [64]. Kontaminierten Standorte können und ihre Auswirkungen sollten so bewertet werden, daß die gegenwärtig abschätzbaren Gefahren für Umwelt und Mensch aufgrund des derzeitigen Kenntnisstandes erfaßt werden. Neben einer getrennten Bewertung der einzelnen Belastungspfade erfolgt auch eine Abgrenzung der Nutzungssituation am Standort und in der Standortumgebung. Bewertet wird die Lage der kontaminierten Fläche zum einen zu privaten oder öffentlich betriebenen Trinkwasserbrunnen und zum anderen zu Naturschutzgebieten. Beim Verfahren werden die Nutzungen durch den Menschen bewertet.

Neben der Berücksichtigung der Schutzgüter ist gleichzeitig eine nutzungsbezogene Bewertung von Bodenbelastung erforderlich. Für eine uneingeschränkte multifunktionale Bodennutzung sind unbelastete oder wenig belastete Böden erforderlich, auf denen im ländlichen Bereich alle landwirtschaftlichen Nutzungsformen und im urbanen Bereich auch empfindliche Nutzungen wie als Spiel- und Sportplatz oder als Kleingarten möglich sind. Im Naturschutzgesetz werden neben Lage, Größe, Grenzen und Schutzzweck die speziellen

Verbote, zulässige Handlungen, notwendige Schutz- und Pflegemaßnahmen aufgeführt. Städtliche und industrielle Bodennutzung sind meist mit hoher Belastung der Teilbereiche verbunden. Landwirtschaftliche Nutzungen bedeuten Agrarökosysteme, die einer regelmäßigen Regulierung durch den Menschen bedürfen. Ein Industriegebiet hat Auswirkungen auf die Umwelt wie z.B. erhöhte Emissionen von Schadstoffen und Staub, erhöhte Verkehrsbelastung mit den dadurch verursachten Emissionen und Beeinflussung des Wasserhaushaltes, insbesondere der Wasserqualität.

Die Erklärung zum Wasserschutzgebiet ist eine rechtliche Maßnahme für das Einzugsgebiet einer Wassergewinnungsstelle, das zum Schutz des Wassers besonderen Nutzungsbeschränkungen unterliegt. Nach dem Wasserschutzgesetz Koreas können zum Wohl der Allgemeinheit und zum Schutz der Wasserversorgung vor nachteiligen Einwirkungen Wasserschutzgebiete festgesetzt werden. Hierzu können bestimmte Handlungen verboten oder für beschränkt zulässig erklärt werden oder auch Duldungspflichten zu Lasten von Grundstückseigentümern eingeführt werden. In vielen Fällen werden Wasserschutzgebiete zum Schutze des Trinkwassers erstellt. Die nachhaltigsten Gefahren gehen von Industrie- und Gewerbebetrieben, menschlichen Ansiedlungen, Abfallbeseitigungsanlagen, Massentierhaltung, Verkehrsanlagen und dem Bergbau aus.

Nachteilige Veränderungen ergeben sich u.a. durch pathogene Viren und Bakterien sowie durch organische und anorganische Stoffe, z.B. Halogenkohlenwasserstoffe, Mineralölprodukte, Tenside, Trübungs- und Farbstoffe, Schwermetalle, Stickstoff-Verbindungen, Cyan-Verbindungen und auch Temperaturveränderungen. Die Auswirkungen nachteiliger Vorgänge sind von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Abbau und Retention von Schadstoffen erfordert Raum und Zeit. Entsprechend sind Wasserschutzzonen in einzelne Schutzzonen gegliedert, mit zur Fassungsanlage hin höheren Nutzungsbeschränkungen. Die spezielle Trinkwasserschutzzone I (Fassungsbereich) dient dem unmittelbaren Schutz der Fassungsanlage. Die Schutzzone I (engere Schutzzone) dient insbesondere zum Schutz gegenüber pathogenen Keimen und Schwermetallen. Nach vorliegenden Erkenntnissen sind die notwendigen Absterbe-, Sorptions- und Filtervorgänge im Grundwasser durch eine Aufenthaltszeit von mindestens 50 Tagen gegeben. Die Bemessung der Zone richtet sich daher nach der Fließgeschwindigkeit des Gewässers. In dieser Zone sind z.B. menschliche Ansiedlung oder z.B. Kiesgruben gefährlich. In Korea wird jedoch im allgemeinen die

Festsetzung von Trinkwasserschutzzonen vom Umweltminister festgesetzt. Sie betragen normalerweise mehrere Hundert Meter von geschützten Gewässern. Die Schutzzone II dient dem Schutz vor Verunreinigungen, die durch die Reinigungswirkung des Gewässers oder des Bodens nicht oder kaum beseitigt werden.

Der Grundwasserschutz ist Bestandteil des Wasserschutzgesetzes Koreas. Diese Gesetze regelt z.B. die Ausweisung von Wasserschutzgebieten. Maßnahmen zum Grundwasserschutz sind: Erstellung eines Grundwassers-Bewirtschaftungsplanes, Ausweisung von Wasserschutzgebieten, Einschränkung der landwirtschaftlichen Nutzung in Wasserschutzgebieten, generelle oder auf Schutzgebiete bezogene Beschränkungen oder Verbote von Pflanzenschutzmitteln und Abtragen des Bodens bei Kontamination mit wassergefährdenden Stoffen. Die Nutzung eines Grundwassers findet in der Regel nicht am Quellort der Kontamination, sondern in einer gewissen Entfernung statt. Auf dem Weg vom Quell- zum Nutzungsort verändert sich die Konzentration der Kontaminanten durch Verdünnungs-, Adsorptions- und Abbauprozesse.

Die Bedeutung des Schutzgutes Grundwasser hängt davon ab, ob und in welcher Art eine derzeitige oder zukünftige Nutzung besteht, welche Wasserqualität dafür erforderlich und welche Beeinträchtigungen der Nutzungen durch die Verdachtsfläche zu erwarten sind. Wenn das Grundwasser als Trinkwasser verwendet wird und der Gefahrenherd im Wasserschutzgebiet oder Zustrombereich der Entnahmestelle liegt, ist die Bedeutung eines Grundwasservorkommens besonders hoch. Die Entfernung der Kontaminationsquelle vom Nutzungsort stellt dabei einen wichtigen Beurteilungsfaktor dar. Die Zuordnung der Punkte zu den verschiedenen Nutzungen basiert auf die Empfindlichkeit der Standortnutzungen.

Zur Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Standortnutzung werden die Maßstäbe der Tabelle 49 die Bewertung eingeführt. Mit den nach Tabelle ermittelten Werten für Nutzungscharakteristik werden den untersuchten Stoffen Punkte zugewiesen. In den Bewertungsbogen wird aber nur die Nutzung mit der höchsten ermittelten Punktzahl übernommen, wobei dieser eine maximale Punktzahl von 10 erreichen kann.

Tabelle 49: Ermittlung der Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der Standortnutzung
(N-Wert)

<i>Schutzgebiet</i>	<i>Gefährdungsklasse nach der Entfernung zum Schutzgebiet (m)</i>					
	Innerhalb	1 -10	10 – 100	100 – 500	500 – 1.000	>1.000
Schutzgut Grundwasser. Boden und Oberflächengewässer						
Trinkwassererfassung	10	9	8	7	6	5
Spezielle Trinkwasserschutzzone I	9	8	7	6	5	4
Trinkwasserschutzzone I	8	7	6	5	4	3
Trinkwasserschutzzone II	7	6	5	4	3	2
Landwirtschaftsgebiet	7	6	5	4	3	2
Kinderspielplätze	7	6	5	4	3	2
Freizeit- u. Erholungsplatz u. Fischerei	6	5	4	3	2	1
Naturschutzgebiet	6	5	4	3	2	1
Wohngebiet u. Siedlungsflächen	6	5	4	3	2	1
Gewerbe u. Industriegebiet	5	4	3	2	1	0,5
Schutzgut Luft						
Kinderspielplätze	10	9	8	7	6	5
Wohngebiet u. Siedlungsflächen	9	8	7	6	5	4
Freizeit- u. Erholungsplatz	8	7	6	5	4	3
Naturschutzgebiet	7	6	5	4	3	2
Landwirtschaftsgebiet	6	5	4	3	2	1
Gewerbe u. Industriegebiet	5	4	3	2	1	0,5

Zu- und Abschläge :

- Ist eine alternative Versorgungsmöglichkeit vorhanden, Abminderung um 2
- Ist keine alternative Versorgungsmöglichkeit vorhanden, Erhöhung um 2
- Ist das Grundwasser oder Gewässer als Trinkwasser in der Zukunft nicht vorgesehen, Abminderung um 2
- Ist das Grundwasser oder Gewässer als Trinkwasser vorgesehen, Erhöhung um 2
- Befindet sich die Altlast im Überschwemmungsgebiet, Erhöhung um 2
- Befindet sich die Altlast nicht im Überschwemmungsgebiet, Abminderung um 2
- Ist die Erzeugung von pflanzlichen Nahrungsmitteln in der Zukunft vorgesehen, Erhöhung um 2
- Ist die Erzeugung von pflanzlichen Nahrungsmitteln nicht vorgesehen, Abminderung um 2
- Sind schutzwürdige Tiere bzw. Pflanzen in der Umgebung der Altlast vorhanden, Erhöhung um 2
- Sind keine schutzwürdigen Tiere bzw. Pflanzen in der Umgebung der Altlast vorhanden, Abminderung um 2
- Ist das Gewässer landwirtschaftlich verwendet, Erhöhung um 1
- Ist das Gewässer industriell verwendet, Erhöhung um 0,5
- Gibt es in zu berücksichtigendem Gewässer Fischerei, Erhöhung um 1

12.2 Handlungskonzepte

Die Dringlichkeit der Sanierung einer Verdachtsfläche richtet sich insbesondere nach den festgelegten Schutzziele und dem Stellenwert, dem die einzelnen gefährdeten oder beeinträchtigten Schutzgütern beigemessen wird. Nach allgemeinem gesellschaftlichen Konsens, der auch in rechtlichen Normen zum Ausdruck kommt, wird dem Schutz von Leben und Gesundheit des Menschen vorrangige Bedeutung beigemessen [60]. Aufgrund der Bewertung eines Einzelpfades bzw. aller Gefährdungspfade kann die Untersuchungsdringlichkeit der kontaminierten Flächen bestimmt und damit eine Zuordnung in eine der fünf Bearbeitungsstufen erfolgen. Die sich aus den einzelnen Bewertungsabschnitten ergebende Punktzahl wird aufsummiert und das Mittel genommen. Nach einer schematisierten Bewertung der Verdachtsfläche wird diese fünf Gefährdungspotentialklassen zugeordnet.

- Fall A (Punkte zwischen 0-2) : Belassen in Kataster (ungefährlich)
- Fall B (Punkte zwischen 2-4) : Routineüberwachung (gering gefährlich)
- Fall C (Punkte zwischen 4-6) : Durchprüfen von Möglichkeiten zur Gefahrenminderung (gefährlich)
- Fall D (Punkte zwischen 6-8) : Durchführung von Sicherungsmaßnahmen (hochgefährlich)
- Fall E (Punkte zwischen 8-10) : Durchführung von sofortige Sicherungsmaßnahmen und Sanierungsmaßnahmen (höchstgefährlich)

Schadensfälle der Kategorie Fall E werden als sehr kritisch betrachtet und als vorrangig zu bearbeitend angesehen. Der Kategorie Fall A werden Schadensfälle zugewiesen, bei denen aufgrund der Untersuchungsergebnisse noch keine kritische Bewertung durchgeführt wird. Werden durch ein Standort mehrere Schutzgüter beeinträchtigt, wird für jedes Schutzgut der Handlungsbedarf getrennt ermittelt. Ein Standort, bei dem sich ein Handlungsbedarf E ergibt, werden prioritär behandelt.

- Fall E (Punkte zwischen 8-10) : Durchführung von sofortige Sicherungsmaßnahmen und Sanierungsmaßnahmen (höchstgefährlich)

Die durchgeführte Gefährdungsabschätzung zeigt einen sofortigen Sicherungs- und

Sanierungsbedarf des Standortes auf. Die notwendigen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen sind mit physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Verfahren durchzuführen. Dabei können Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr, Sanierungsuntersuchung und Sanierungsdurchführung durchgeführt werden. Für die Sanierung einer Altlast mag der Aushub der Schadstoffe und deren Ablagerung auf einer geeigneten Deponie zwar als das naheliegende Verfahren erscheinen. Tatsächlich handelt es sich aber nur in Ausnahmefällen um die bestmögliche Lösung. Beim Ausräumen der Schadstoffe können u.U. nicht vorhersehbare neue Gefahren oder Beeinträchtigungen entstehen.

- Fall D (Punkte zwischen 6-8) : Durchführung von Sicherungsmaßnahmen (hochgefährlich)

Der Handlungsbedarf Fall D zeigt eine Durchführung von Sicherungsmaßnahmen von Standorten auf. Dabei können Sofortmaßnahme zur Gefahrenabwehr, Sicherungsuntersuchung und Zusammenstellung der Sicherungsdurchführung durchgeführt werden. Stellt eine Altablagerung oder ein Altstandort aufgrund der Gefährdungsabschätzung bei der bestehenden Nutzung eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung dar, ist diese Gefahr durch geeignete Schutz- oder Sicherungsmaßnahmen abzuwehren.

- Fall C (Punkte zwischen 4-6) : Durchprüfen von Möglichkeiten zur Gefahrenminderung (gefährlich)

Aufgrund des Bewertungsergebnisses ist eine direkte Gefahr für die Umwelt derzeit nicht zu erwarten und eine Sanierungsmaßnahme nicht sofortig notwendig. Wenn die abgelagerten Stoffe aufgrund empfindlicher Nutzung und ungünstiger Standortgegebenheiten zu einer Erhöhung des Gefährdungspotentials führen können, ist entsprechend dem bisherigen Untersuchungsergebnissen eine Gefahrenminderung notwendig. Gefahrenminderungen kommen in Betracht, wenn sie eine ausreichende Sicherheit gegen die bestehende Gefahr gewährleisten und Sanierungsmaßnahmen einen geringeren Erfolg versprechen oder einen unverhältnismäßig hohen Aufwand erfordern würden. Die Gefahrenminderungen können insbesondere auch als Zwischenlösung bis zur Durchführung von Sanierungsmaßnahmen geboten sein. Bei dem weiteren Untersuchungsprogramm muß der Belastungspfad, die Auswahl der zu untersuchenden Stoffparameter und die genauen Probenahmestellen festgelegt werden.

- Fall B (Punkte zwischen 2-4) : Routineüberwachung (gering gefährlich)

Eine Einordnung der Verdachtsfläche in den Handlungsbedarf Fall B zeigt nach einem durchlaufenen Standortuntersuchungsprogramm keine Notwendigkeit für eine sofortige Sicherungs- und Sanierungsmaßnahme auf, so daß eine standortspezifische Routineüberwachung erforderlich ist. Die regelmäßige Überwachung hat zum Ziel, durch wiederkehrende Beobachtungen und Untersuchungen sicherzustellen, daß Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung rechtzeitig erkannt werden. Sie ist insbesondere erforderlich, wenn nach der Untersuchung und Beurteilung hinreichende Anhaltspunkte dafür bestehen, daß im Laufe der Zeit auch ohne Nutzungsänderung eine latente Gefahr besteht.

- Fall A (Punkte zwischen 0-2) : Belassen in Kataster (ungefährlich)

Standorte, die dieser Klasse zugeteilt werden, weisen nur ein sehr geringes Gefährdungspotential auf. Da jedoch weiterhin ein Restrisiko besteht, verbleiben diese Flächen im Altlastkataster. Bei Nutzungsänderungen im Umfeld der Standorte kann gegebenenfalls auch eine neue Bewertung der Standorte in Betracht gezogen werden.

13 Anwendungsbeispiele des entwickelten Bewertungsverfahrens auf altlastverdächtige Flächen

13.1 Anwendungsbeispiel des entwickelten Bewertungsverfahrens auf Deponie Saenggok

13.1.1 Allgemeine Standortbeschreibung

Die zu untersuchende Deponie liegt im westlichen Teil der Großstadt Pusan ca. 1,5 km vom Großfluter Nakdong entfernt. Der Lageplan der Deponie Saenggok wird in Bild 2 skizziert. Das Entsorgungsgebiet Pusan ist die zweitgrößte Großstadt in Korea. Zur Stadt Pusan gehören insgesamt 12 Bezirke, zusammengefaßt mit etwa 3.892.000 Einwohnern auf 749 km² Fläche. Die Stadt gehört mit 5198 Einwohnern/km² zu den sehr dicht besiedelten Flächenkreisen.

In die Deponie Saenggok werden im Zeitraum von 1996 bis 1999 Haumüll, Gewerbeabfälle und Industrieabfälle mit wenig kritischer Zusammensetzung deponiert. Als Grundlage der Entsorgungsplanung für Deponien in der Großstadt Pusan kann von einem Abfallanteil ausgegangen werden, welcher bei 1.6 Mio. Tonnen/Jahr liegt. Die geplante Deponie Saenggok wird eine insgesamt abzudichtende Fläche von etwa 330.000 m² mit einem Gesamtdeponievolumen von 10 Millionen m³ haben, was einer Verfülldauer von etwa 5,5 Jahren entspricht. Die Gesamtinvestitionskosten für die Deponie, einschließlich Rekultivierung, betragen etwa 100 Millionen DM. Die Deponie ist teilweise begrünt und rekultiviert. Im Grundwasserabstrom der Deponie befinden sich mehrere Grundwassernutzungen. Die Deponie ist mit einer lehmigen Zwischenschicht (ca. 30cm) abgedeckt. Um das Niederschlagswasser abzuleiten, sind um die Deponie Niederschlagswassersammler eingerichtet.

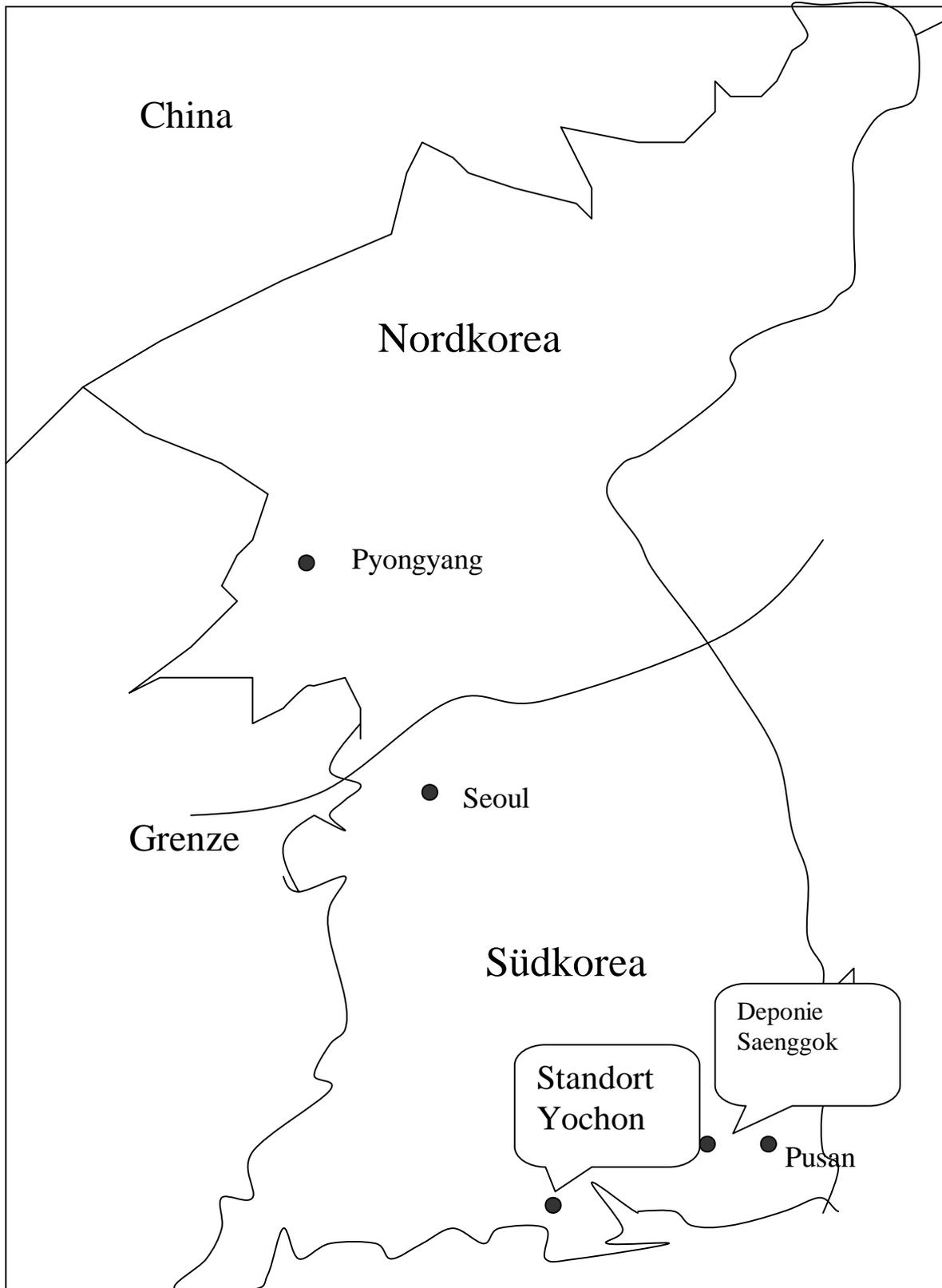


Bild 2 : Lageplan der Altlasten Yochon und Saenggok

13.1.2 Standortsuche und Genehmigungsverfahren

Um eine Nachfolgedeponie für die damalige Hausmülldeponie zu finden, beschloß die Großstadt Pusan im Jahre 1992 mit der Standortsuche für eine neue Deponie zu beginnen. Systematisch wurden seitens der Stadtverwaltung im gesamten Stadtbereich potentielle Standorte überprüft. Ein neuer Standort war von den Besitzverhältnissen der Grundstücke her relativ einfach verfügbar, so daß beschlossen wurde den Standort Saenggok zu benutzen. Bereits im Rahmen des raumplanerischen Verfahrens wurden am Standort Saenggok geologische Erkundungen durchgeführt, welche einem Nachweis der Eignung aus geologischer Sicht dienen sollten.

Die Unterlagen zur Beantragung des Planfeststellungsverfahrens wurden im Dezember 1992 erarbeitet und das Verfahren im Oktober 1993 durch die Stadtregierung beim Ministerium für Bau und Verkehr beantragt. Im Oktober 1993 wurden die Ausführungsplanungen erstellt, und es ist beabsichtigt, 1995 mit den Geländevorbereitungen auf der Deponiefläche zu beginnen. Als Auflagen und Empfehlungen für die weiteren Planungen sind im Abschlußbescheid zum raumplanerischen Verfahren bereits Forderungen hinsichtlich der weiteren hydrogeologischen Untersuchung des Deponiestandes sowie des Umfeldes enthalten.

13.1.3 Standortcharakteristik

Bereits zum oben erwähnten frühen Zeitpunkt wurden sehr weitgehende Forderungen an die Deponieplanung durch die Genehmigungsbehörden definiert. So wurde vor Planungsbeginn festgelegt, daß eine Kombinationsdichtung vorzusehen ist mit einer mineralischen Schicht von 1 m Stärke mit einer HDPE-Dichtungsbahn von 1,5 mm Stärke. Der geforderte Laborwert der Durchlässigkeit für die mineralische Dichtung wurde im Genehmigungsbescheid auf $1.0 \cdot 10^{-7}$ cm/s verringert. Weiterhin gefordert wurde eine Vorbehandlung des Sickerwassers vor Einleitung in den Sammler zu einer Gruppenkläranlage. Nach erfolgter Sickerwasservorbehandlung werden die Sickerwässer zusammen mit häuslichen Abwässern zum Hochpunkt des gesamten Areals, etwa im Bereich der Annahmestation, gepumpt und fließen von dort in freiem Zulauf zum Verbindungssammler und weiter zu einer Gruppenkläranlage. Der Grundwasserhaushalt der Deponie wird durch Niederschlag, Oberflächenabfluß, aktuelle Verdunstung und Versickerung bestimmt. Der Jahresmittelwert des Niederschlags im Umfeld der Deponie beträgt 1,369 mm/a. Die potentielle Verdunstung erreicht etwa 2,294 mm/a. Als aktuelle Verdunstung wird aber vermutet, daß etwa 400 mm/a

des Niederschlags verdunsten und 840 mm/a durch die Deponiefläche versickern. Die bedeutsamen Merkmale der klimatologischen und geologischen Kenngrößen über die Deponie Saenggok werden in Tabelle 50 dargestellt.

Tabelle 50 : Standortcharakteristik der Deponie Saenggok

Standortcharakteristik	Bemerkung über die Deponie Saenggok
Kreis, Gemeinde	Großstadt Pusan, Saenggok-Dong
Betreiber und Eigentümer	Stadt Pusan
Genehmigungsdatum	Oktober 1993
Durchschnittliche Temperatur	14,7 °C
Relative Feuchtigkeit	66,3 %
Durchschnittliche Windgeschwindigkeit	3,9 m/s
Niederschlagsmenge	1.369 (mm/a)
Potentielle Evapotranspiration	2.294 (mm/a)
Aktuelle Verdunstung	400 (mm/a)
Entsorgungsgebiet	3.892.000 Einwohner der Stadt Pusan
Abgelagerte Abfälle	Hausmüll, Gewerbeabfälle und Industrieabfälle mit wenig kritischer Zusammensetzung
Deponiefläche	330.000 m ²
Deponievolumen	10 Mio. m ³
Verfülldauer der Deponie	5,5 Jahre
Gesamtinvestitionskosten	100 Mio. DM
Deponieumgebung	Teilweise begrünt und rekultiviert
Deponieabdeckung	Mit der Lehmigen Zwischenschicht abgedeckt (ca. 30 cm)
Basisabdichtung der Deponie	HDPE-Dichtungsbahn von 1,5 mm (Durchlässigkeitbeiwert von $1,0 \cdot 10^{-7}$ cm/s)
Deponiesickerwasser	850 m ³ pro Tag, Vorbehandlung des Sickerwassers vor der Einleitung in die staatliche Kläranlage
Durchlässigkeitsbeiwert des Standortbodens	$2,64 \cdot 10^{-8}$ m/s nach, Standortboden besteht aus Fein- und Mittelsanden.
Erster Grundwasserleiter	4 m unter der Deponiebasis, Mächtigkeit von 0,5 m, Porenraum $n_o = 0,5$
Geschwindigkeit des ersten Grundwassers	29,4 m/d, das Deponiegelände befindet sich am Fuße eines Berges.
Humusgehalt im Boden	7 % des gesamten Bodens
Tongehalt im Boden	25 % des Bodens
Neigung des Deponiegeländes	Teilweise über 4 %
Grundwassernutzung und –belastung	20 Brunnen werden privat als häusliches Brauchwasser verwendet. Untersuchungsparameter Cl ⁻ und CSB überschreiten die gesetzlichen Grenzwerte.
Bodennutzung	Die Flächen im Umfeld der Deponie werden zur Zeit als Siedlungs- und Landwirtschaftsgebiet genutzt. Bodenveränderung im Umfeld der Deponie ist nicht kritisch beurteilt.
Oberflächenwasserbelastung und –nutzung	Das Oberflächenwasser wird zur Zeit als Erholungsraum und Fischerei benutzt. Untersuchungsparameter Schwebstoffe und Zahl der Colibakterien überschreiten die gesetzlichen Grenzwerte.
Luftbelastung	Untersuchungsparameter TSP, PM-10 und SO ₂ überschreiten die gesetzlichen Grenzwerte. Aufgrund der Umfrage der Einwohner wurde besonders im Sommer eine starke Geruchbelastung erwartet.

Zur Berechnung der Grundwasser- bzw. Sickerwasserneubildung wird von einer Fläche von 331.861 m² ausgegangen. Daraus ergibt sich, daß 850 m³ pro Tag als Sickerwasser anfallen. Das charakteristische Merkmal der klimatologischen Verhältnisse ist die Regenperiode im Sommer. Zwischen Juni bis September beträgt die Niederschlagshöhe 700 mm/a. In dieser Zeit liegt das Grundwasser deutlich höher als die Verlustgrößen, und der Grundwasserspeicher wird aufgefüllt.

Aufgrund der Bohrungen in der Tiefe von 5 bis 16 m und Pumpversuchen wird für den ersten Grundwasserleiter ein Durchlässigkeitsbeiwert von $2,64 \cdot 10^{-8}$ m/s angegeben. In der Deponie Saenggok wird der oberflächennahe erste Grundwasserleiter aus Fein- bis Mittelsanden aufgebaut. Die Grundwasseroberfläche des unbedeckten Grundwasserleiters befindet sich vier m unter der Ablagerungssohllage. Im Bereich des Betriebsgeländes beträgt die Mächtigkeit des Grundwasserleiters ca. 0,5 m. Aus Durchlässigkeitsbeiwert, Fließrichtung und Gefälle kann eine Abstandsgeschwindigkeit in Hinsicht auf den nutzbaren Porenraum ($n_0=0,5$) abgeschätzt werden. Im Standortbereich errechnet sich eine hohe mittlere Abstandsgeschwindigkeit von 29,4 m/d, da sich das Betriebsgelände am Fuße eines Berges befindet. Eine eindeutige Fließrichtung für den ersten Grundwasserleiter kann unter Zuhilfenahme der Höhenlinie eines geologischen Kartenwerks des Betriebsgeländes von SW nach NO abgeschätzt werden.

Der Humusgehalt im Boden des Werksgeländes beträgt 7 % des gesamten Bodens in der Deponie. Der Tongehalt, der bei Nährstoffsorption und Ionenaustauschvorgänge eines Bodens eine wichtige Rolle spielt, beträgt etwa 25 % des untersuchten Bodens. Das Betriebsgelände neigt sich teilweise über 4 % und zeigt teilweise in der Regenperiode des Sommers eine Standorterosion.

Ein Oberflächengewässer für das von der Deponieoberfläche abfließenden Regenwassers existiert etwa 700 m nordöstlich des Deponiestandortes und mündet in den Großfluß Nakdong, für den sich eine Fließgeschwindigkeit von 0,2 m/s und eine Abflußmenge von über 100 m³/s angeben läßt. Auf dem Betriebsgelände befinden sich keine geschlossenen Räume. Eine Deponiegasnutzung ist in der Zukunft nicht vorgesehen.

13.1.4 Belastungscharakteristik

- Grundwasser

Die Wasserversorgungsbrunnen befinden sich im näheren und weiteren Umfeld der Deponie und zum Teil auf der Deponiefläche. Seit dem Aufbau der Deponie sind die auf dem Betriebsgelände existierenden Brunnen (GW-3 und GW- 17) verschlossen worden. Auf der Gesamtdeponiefläche entstehen täglich 850 m³ Sickerwasser, die auf Grundwasserbelastung und Bodenverschmutzung einen wichtigen Einfluß ausüben. Zur Beurteilung der Belastungssituation des Grundwassers stehen die hydrochemischen Untersuchungen der Wasserversorgungsbrunnen im Umfeld der Ablagerung zur Verfügung (Anhang V). Es gibt 20 Brunnen, welche meistens von Einwohnern als Trinkwasserversorgungsanlagen verwendet werden. Für die Ermittlung der Grundwasserbelastungssituation wurden die in der Tabelle 10 aufgelisteten Grundwasserqualitätsstandards angewendet. Die Richtzahlen der Trinkwasserverordnung sind als zusätzliches Bewertungskriterium aufzufassen, da sie die Qualitätsanforderungen an Trinkwasser festlegen. Die Analysenergebnisse aus dem ersten Grundwasserleiter führen dazu, daß zwei Untersuchungsparameter Cl- und CSB der Meßbrunnen im näheren Umfeld eine Überschreitung der Grenzwerte für die landwirtschaftliche Grundwassernutzung zeigen.

Für den Parameter Colibakterien ergibt sich eine Überschreitung des Trinkwasserqualitätsstandards der Trinkwasserverordnung. Es bedeutet, daß sich bei den untersuchten Brunnen ein hygienisches Problem ergibt. Die erhöhte Anzahl der Colibakterien läßt sich auf Emissionen aus der Deponie und zum Teil auf Dünger aus der Viehzucht zurückführen. Aus diesem Grund kann ausgesagt werden, daß einige Wasserversorgungsbrunnen zur Trinkwassernutzung nicht geeignet sind. Wegen der mangelhaften Trinkwasserleitungen im untersuchten Bereich werden diese Brunnen noch für häusliche Zwecke verwendet.

Für den zweiten Grundwasserleiter der betroffenen Fläche können aufgrund der unzureichenden vorhandenen Informationen keine abschließenden Aussagen für eine Beeinträchtigung durch das Deponiegelände getroffen werden. In allen Grundwassermeßstellen werden die organischen Schadstoffe wie PAKs und MKW nicht analysiert. Im

Wasserschutzgesetz ist nicht festgelegt worden, ob die Grundwasserqualität nach dem Wasserrecht oder der Trinkwasserverordnung geregelt wird. Diese Entscheidung ist sehr wichtig, da zur Zeit landesweit vereinzelt liegenden Wasserversorgungsbrunnen ohne Aufbereitung als Trinkwasseranlagen verwendet werden.

Da die organischen Schadstoffe nicht oder nur selten analysiert worden sind, sind einige Richtwertüberschreitungen durch relevante Einzelstoffe nicht auszuschließen. Beim Feldparameter pH-Wert ist keine Überschreitung nach dem Grundwasserstandard aufzuweisen.

- Boden

Für die Beurteilung der Beeinflussungsgröße des Bodens durch die Deponie stehen die Analyseergebnisse der Bodenuntersuchungen von 20 Bodenmeßstellen zur Verfügung. Die Bodenmeßstellen liegen im näheren und weiteren Umfeld der Deponie. Der pH-Wert als Feldparameter und einige Schwermetalle wie Cu, Cd, As, Zn und Pb werden untersucht, während für Mineralölkohlenwasserstoffe sowie PAKs keine bodenchemischen Untersuchungen durchgeführt wurden.

Die Analyseergebnisse liegen im Anhang V vor. Für die Abschätzung der Bodenbelastungen wurden die Vorsorge- und Maßnahmenwerte des BodSchG (Tabelle 6) und die Grenzwerte eines Schadstoffgehaltes an Agrarprodukten herangezogen. Die Analyseergebnisse für Schwermetalle und Feldparameter pH-Wert zeigen im wesentlichen keine Überschreitung der Vorsorge- und Maßnahmenwerte des BodSchG. Es bedeutet, daß die Einflußgröße einer Bodenkontamination im Umfeld der Deponie durch den Schadstoffaustrag des Deponiekörpers nicht kritisch und daher zur landwirtschaftlichen Nutzung keine erhebliche Aufmerksamkeit notwendig ist.

Saure Niederschläge und zunehmende Sickerwässer können zu einer Mobilisierung der im Deponiekörper adsorbierten Schwermetalle führen, so daß eine zukünftige Bodenveränderung der Deponieumgebung nicht vollständig auszuschließen ist.

- Oberflächengewässer

Zur Gefährdungsabschätzung des von der Deponie abfließenden Oberflächengewässers werden die in Tabellen 13, 14a und 14b aufgelisteten Emissionsgrenzwerte in die Bewertung miteinbezogen. Die Bewertungen werden auf vier unterschiedliche Bereiche: Reingebiet, Gebiet A, Gebiet B und Sondergebiet angewandt. Auf das Reingebiet kommt eine strenge Immissionskontrolle. Für das Sondergebiet sind notwendigenfalls vom Umweltminister spezielle Immissionsgrenzwerte festzusetzen und einige Beschränkungsmaßnahmen der Wassernutzung durchzuführen. Zur Feststellung der Gewässeränderung durch die organischen Summenparameter CSB und BSB, die Schwermetalle Cd, Hg, Pb und Cr⁺⁶ und den hygienischen Parameter Zahl der Colibakterien wurden eine Vielzahl von Untersuchungen durchgeführt. Die Analysenergebnisse zeigen, daß sich bei SS und der Zahl der Colibakterien eine Richtwertüberschreitung des Sondergebiets ergibt, während sich für Schwermetalle keine Auffälligkeiten zeigen.

Für die Beeinträchtigungsabschätzung der Flußbelastung durch die Deponie sind die in Tabelle 11 stehenden Grenzwerte herangezogen. Bezüglich der Art der Gewässernutzungen ergeben sich fünf unterschiedliche Gebrauchswassergrenzwerte (Industrielle Wassernutzungen I und II und Trinkwassernutzungen I, II und III). Nach der Gewässeruntersuchung von sechs Gewässermeßstellen zeigten sich mehrere Überschreitungen der Grenzwerte des Wasserschutzgesetzes. Bei den Parametern Zahl der Colibakterien, SS und Sauerstoffgehalt waren einige Überschreitungen des Richtwertes von Trinkwasser III aufzuweisen. Für den organischen Summenparameter BSB ist in der Meßstelle W-3 eine Überschreitung des Richtwertes von industriellen Wassernutzungen III zu verzeichnen. Diese Überschreitung läßt sich nicht vollständig auf die Kontamination aus der Deponie zurückführen, da die Meßstelle W-3 zu weit von der Deponie entfernt liegt (über 4 km) und vermutlich schon von zahlreiche andere Emissionsquellen beeinflusst worden ist. Die Gewässer werden zur Zeit landwirtschaftlich und industriell genutzt. Das Abflußwasser mündet in den Kleinfluß Jisa, der auch in den Großfluß Nakdong einfließt. Diese Flüsse sind zur Zeit und in der Zukunft als Trinkwasserquelle nicht vorgesehen, werden aber gegenwärtig zum Zweck der Erholung und für die Fischerei genutzt.

- Luft

In der Deponie Saenggok wurden Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle sowie teilweise nicht kritische industrielle Abfälle abgelagert. Der Müllanteil am Gesamtvolumen beträgt über 85 % des abgelagerten Materials (Müll + Abdeckungsmaterial). Zur Zeit wird keine Einrichtung zur Deponiegassammlung aufgebaut, eine langfristige Nutzung von Deponiegas ist nicht vorgesehen.

Für die Beeinträchtigungsabschätzung des Luftpfades wurden die Analysenwerte der Luftbelastung von drei Meßstellen herangezogen, die im Anhang V aufgelistet sind. Als Summenparameter wurden TSP und PM-10, als Einzelparameter NO_3 , CO und O_3 und für die Belastungsabschätzung durch Schwermetalle Pb analysiert. Eine direkte Bodenluftmessung für aromatische Kohlenwasserstoffe, LCKW und MKW ist innerhalb von zwei km des Deponiekörpers nicht durchgeführt worden. Bislang ist auf dem Werksgelände keine Erstickungs- und Explosionsgefahr entstanden. Der Belastungsstand des Luftpfades durch Schadstoffaustrag vom Deponiekörper wurde nach den Richtwerten des Luftschutzgesetzes (Anhang IV) ermittelt. Die Gesamtbewertung zeigt, daß TSP, PM-10 und SO_2 die Jahresmittelwerte überschritten. Die Grenzwerte für eine Stunde, acht Stunden und Tagesmittelwerte werden von den untersuchten Parametern nicht erreicht.

Ein kleiner Teil der Deponiefläche ist mit Vegetation abgedeckt. Eine Staubentwicklung aus dem Deponiekörper ist daher zu erwarten. Insbesondere wird eine starke Staubentwicklung durch den Verkehr der Müllwagen eintreten. Für die Abschätzung der Geruchbelastung durch das von der Deponie ausgegangene Deponiegas wurden die Proben an 32 Meßstellen entnommen. An vier Meßstellen wurden die Geruchsbelastungen bemerkt. Bei den Werten der Meßstelle O-1 ist eine Überschreitung der Emissionsgrenzwerte festzustellen. Diese Meßstelle liegt in einer Wohnfläche, die sich von der Deponie etwa 400 m entfernt befindet. Aufgrund der Umfrage der Einwohner wurde besonders im Sommer eine starke Geruchbelastung erwartet.

13.1.5 Gesamtbewertung über Deponie Saenggok

Für die Gesamtbewertung der Ablagerung Saenggok wurden vier wichtige Schutzgüter (Grundwasser, Boden, Oberflächengewässer und Luft) berücksichtigt. Um eine Gesamtbewertung abzuleiten werden vier Zwischenbewertungspunkte summiert und der Mittelwert gebildet. Zwischenbewertungen der vier berücksichtigten Pfade werden durch fünf Bewertungsschritte (Stoffgefährlichkeit, Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse, Belastungscharakteristik, humantoxikologische Risikobewertung und Nutzungscharakteristik) erreicht. Wichtige Kriterien und Faktoren für Bewertungsschritte werden in Kapitel 7 bis 12 schrittweise geschrieben. Die Bewertungsergebnisse der Schutzgüter und der Handlungsbedarf des untersuchten Standortes sind in Tabelle 51 dargestellt.

Tabelle 51: Gesamtbewertung für Deponie Saenggok

Belastungspfade	Bewertungsparameter	Bewertungspunkt (0 bis 10)
Grundwasser	Stoffgefährlichkeit (S-Wert)	8,0
	Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert)	6,4
	Belastungscharakteristik (B-Wert)	5,0
	Humantoxikologische Risikobewertung (H-Wert)	9,5
	Nutzungscharakteristik (N-Wert)	10,0
Zwischenbewertung für Grundwasser	Arithmetisches Mittel	7,8
Boden	Stoffgefährlichkeit (S-Wert)	8,0
	Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert)	7,0
	Belastungscharakteristik (B-Wert)	2,0
	Humantoxikologische Risikobewertung (H-Wert)	9,5
	Nutzungscharakteristik (N-Wert)	5,0
Zwischenbewertung für Boden	Arithmetisches Mittel	6,3
Oberflächengewässer	Stoffgefährlichkeit (S-Wert)	8,0
	Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert)	7,1
	Belastungscharakteristik (B-Wert)	9,0
	Humantoxikologische Risikobewertung (H-Wert)	9,5
	Nutzungscharakteristik (N-Wert)	4,5
Zwischenbewertung für Oberflächengewässer	Arithmetisches Mittel	7,6
Luft	Stoffgefährlichkeit (S-Wert)	10,0
	Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert)	6,1
	Belastungscharakteristik (B-Wert)	8,0
	Humantoxikologische Risikobewertung (H-Wert)	7,2
	Nutzungscharakteristik (N-Wert)	3,0
Zwischenbewertung für Luft	Arithmetisches Mittel	6,9
Gesamtbewertung		7,2
Handlungsbedarf	Überwachung und Detailuntersuchung (hochgefährlich)	D (6-8)

Die Bewertungsergebnisse über die Belastungspfade Grundwasser der Deponie Saenggok zeigen eine deutliche Gefährdung bei der Nutzungscharakteristik (Punkt 10,0) und humantoxikologischer Risikobewertung (Punkt 9,5). Der hohe Wert bei der Nutzungscharakteristik ist auf ‚Trinkwassererfassung‘ und ‚keine alternative Versorgungsmöglichkeit‘ und bei humantoxikologischer Risikobewertung auf ‚kadmiumhaltiges Grundwasser‘ zurückzuführen. Ein Bewertungspunkt (7,8) ergibt sich als Zwischenbewertung über Grundwasser. Der Handlungsbedarf für Grundwasser lautet, ‚Durchführung von Sicherungsmaßnahmen‘, die als ‚hochgefährlich‘ bezeichnet wird.

Bei der Gefährdungsabschätzung vom Boden wurde eine auffällige Bewertungszahl (9,5) für den Parameter ‚humantoxikologische Risikobewertung‘ gezeigt, da kadmiumhaltiger Boden einen schädlichen Einfluß auf die menschliche Gesundheit ausüben kann. Eine bemerkenswert niedrige Punktzahl (2,5) für den Bewertungsparameter ‚Belastungscharakteristik‘ deutet auf eine nicht kritische Gefährdungsbeeinträchtigung durch Schadstoffausbreitung über die Bodenpfade hin. Es kann auch auf fehlende Bodenanalysenergebnisse zurückzuführen sein. Zwischenbewertung über die Bodenpfade ist als ‚D‘ bezeichnet, das dem Handlungsbedarf ‚Durchführung von Sicherungsmaßnahmen‘ entspricht.

Aufgrund der Analysenergebnisse des Oberflächengewässers im Abstrombereich des Deponiegeländes erlauben die analysierten Parameter eine wahrscheinliche Beeinträchtigung des Oberflächengewässers. Für den von der Deponie abfließenden Vorfluter sind für zwei Parameter (SS, Zahl der Colibakterien) die Emissionsgrenzwerte für Sonderwasserschutzgebiete überschritten. In diesem Gewässer sind Akkumulations- und Rücklösungsmöglichkeiten von Schadstoffen im Sediment und Mischungsmöglichkeiten zwischen Deponiesickerwasser und Gewässer vorhanden. Manchmal wurde das Lecken des Sickerwassers im Umfeld der Deponie in der Regenzeit des Sommers (Juni bis September) festgestellt. Das durchgeleckte Sickerwasser ließ sich mit Grundwasser und Oberflächengewässer vermischen und hat eine eindeutige Veränderung dieses Gewässers verursacht. Die daraus resultierende Handlungsempfehlung entspricht dem Handlungsbedarf ‚D‘, der als ‚hochgefährlich‘ bezeichnet wird.

Bei der Gefährdungsabschätzung der Luftpfade spielen im ersten Schritt das Deponieflächenmaß und der Müllanteil eine wichtige Rolle. Das massive Flächenmaß und der hohe Müllanteil der Deponie Saenggok wiesen einen auffälligen Beeinflussungsgrad der Luftpfade auf. Darüber hinaus wurden vier Punkte für die Zwischenbewertung zugeschlagen, da im Betriebsgelände keine Einrichtung zur Deponiegassammlung und Nutzungsmöglichkeit von Deponiegas vorhanden sind. Die festgestellte Geruchsbelastung im Umfeld der Deponie (besonders im Wohngebiet) trägt zur Erhöhung des Beeinträchtigungsgrades bei der Ermittlung der Luftbelastungscharakteristik bei. Die Zwischenbewertung der Gefährdungsabschätzung der Luftpfade ist als Handlungsbedarf ‚D‘ festzustellen, das eine ‚Durchführung von Sicherungsmaßnahmen‘ benötigt.

Die Gesamtbewertung für eine zu beurteilende Altlast kann durch das arithmetische Mittel der vier Zwischenbewertungszahlen von vier Belastungspfaden erreicht werden.

13.1.6 Gefährdungsabschätzung der Deponie Saenggok

13.1.6.1 Schutzgut Grundwasser

13.1.6.1.1 Allgemeine Angabe

Name der Altlast	Deponie Saenggok
Schutzgut	Grundwasser
Kreis, Gemeinde	Großstadt Pusan, Saenggok-Dong
Adresse	San 61 Saenggok-Dong, Kangseo-Gu, Pusan, Korea
Art der Verdachtsfläche	Hausmülldeponie
Altlastenkennziffer	
Inbetriebnahme	4. 1996 – 7. 2001
Betreiber	Stadt Pusan
Eigentümer	Stadt Pusan
Koordination	
Bewertungsdatum	14. 5. 1999

13.1.6.1.2 Stoffgefährlichkeit (S)

<i>Stoffgefährlichkeit</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Abfallarten	Hausmüll, Gewerbeabfälle und nicht kritische industrielle Abfälle	Tabelle 17	
Volumen	Volumen : 10.175.000 m ³ Fläche : 331.861 m ²		
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Stoffgefährlichkeit	Bewertung nach Tabelle 17 (S-Wert)		8,0

13.1.6.1.3 Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V₁-V_n)

Örtliche Verhältnisse	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Sickerwasserneubildung	Bewertung nach Tabelle 22 Niederschlag : 1.369 mm/a Sickerwasserneubildung : 839,5 mm/a 850 m ³ /d (Gesamtfläche)	Tabelle 22	9,0
Durchlässigkeitsbeiwert	Transmissivität : 14,7 m ² /d Durchlässigkeitsbeiwert (k _f): 29,4 m/d 3,4 * 10 ⁻⁴ m/s	Tabelle 23	9,0
Abstand zwischen Altlastensohlage und Grundwasseroberfläche	Grundwasseroberfläche befindet sich etwa unter 4 m der Altlastensohlage	Tabelle 36	6,0
Sicherungseinrichtungen	Es fehlt; Regenwasservorratstank Gassammelsystem Oberflächenabdichtung Begrünung	Tabelle 24	6,0
Geschwindigkeit und Mächtigkeit des Grundwassers	Filtergeschwindigkeit $v_f = k_f * \Delta h / \Delta z = 29,4 \text{ m/d} = 3,4 * 10^{-4}$ Abstandsgeschwindigkeit $v_a = v_f / n_o$ (n _o = 0,5) $= 6,8 * 10^{-4}$ Mächtigkeit = 0,5 m	Tabelle 37	8,0
Zu- u. Abschläge Dispersion	Mittel (0,5 – 1,5 cm)	Tabelle 38	+ - 0
pH-Wert und Absorbierbarkeit	pH = 6,3 Absorbierbarkeit : log K _{oc} Pb, As, Cd, CN, Hg = 4,5, Cr ⁺⁶ = 3,34	Tabelle 25	8,0
Humusgehalt	7 % bei pH 6,3	Tabelle 28	6,0
Tongehalt	25 % bei pH 6,3	Tabelle 29	4,0
Bioakkumulation der Schadstoffe	log Pow Pb, As, Cd, CN, Hg = 4,5, Cr ⁺⁶ =3,34	Tabelle 32	8,0
Relative Bindungsstärke	Cd = 2, As Pb = 0, CN, Hg = 0, Cr ⁺⁶	Tabelle 27	2,0
(Abbaubarkeit der Schadstoffe)	Niedrige Abbaubarkeit		(+ 2,0) = 4,0
Ermittlung des Gefährdungspotentials der örtlichen Verhältnisse	V-Wert		6,4

13.1.6.1.4 Belastungscharakteristik (B)

Belastungscharakteristik	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Grundwasserbelastung	GW-Nutzung Art der Überschreitung Industrielles Wasser : Landwirtschaftliches Wasser : CI, CSB Hauswirtschaftliches Wasser :	Tabelle 44	5,0
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Belastungscharakteristik	B-Wert		5,0

13.1.6.1.5 Humantoxikologische Risikobewertung (H)

<i>Gefährliche Stoffe</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Art der gefährlichen Stoffe	Besonders gefährliche Stoffe	Anhang VII	
	Art der Stoffe		
	As 10 10 7 10		
	Pb 4 7 9 8		
	Cd 10 10 9 8		
	Cr ⁺⁶ 7 10 10 10		
	Hg 10 10 9 7		
CN 10 7 8,5 7			
Ermittlung des humantoxikologischen Gefährdungspotentials	H-Wert		9,5

13.1.6.1.6 Nutzungscharakteristik (N)

<i>Nutzungscharakteristik</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Art der Nutzung	Art der Nutzung	Tabelle 49	3,0
(Alternative Versorgungsmöglichkeit ?)	Wohngebiet 400 m		
	Trinkwassererfassung 400 m		
(Grundwasser als Trinkwasser ?)	Nein		(+2,0)
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Nutzungscharakteristik	Ja		(+2,0) = 10,0
	N-Wert		10,0

13.1.6.2 Schutzgut Boden

13.1.6.2.1. Allgemeine Angabe

Name der Altlast	Deponie Saenggok
Schutzgut	Boden
Kreis, Gemeinde	Großstadt Pusan, Saenggok-Dong
Adresse	San 61 Saenggok-Dong, Kangseo-Gu, Pusan, Korea
Art der Verdachtsfläche	Hausmülldeponie
Altlastenkennziffer	
Inbetriebnahme	4. 1996 – 7. 2001
Betreiber	Stadt Pusan
Eigentümer	Stadt Pusan
Koordination	
Bewertungsdatum	14. 5. 1999

13.1.6.2.2. Stoffgefährlichkeit (S)

<i>Stoffgefährlichkeit</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Abfallarten	Hausmüll, Gewerbeabfälle und nicht kritische industrielle Abfälle	Tabelle 17	
Volumen	Volumen : 10.175.000 m ³ Fläche : 331.861 m ²		
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Stoffgefährlichkeit	Bewertung nach Tabelle (S-Wert)		8,0

13.1.6.2.3. Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V₁-V_n)

Örtliche Verhältnisse	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Sickerwasserneubildung	Bewertung nach Tabelle 22 Niederschlag : 1.369 mm/a Sickerwasserneubildung : 839,5 mm/a 850 m ³ /d (Gesamtfläche)	Tabelle 22	9,0
Durchlässigkeitsbeiwert	Transmissivität : 14,7 m ² /d Durchlässigkeitsbeiwert (k _f): 29,4 m/d 3,4 * 10 ⁻⁴ m/s	Tabelle 23	9,0
Sicherungseinrichtungen	Es fehlt; Regenwasservorratstank Gassammelsystem Oberflächenabdichtung Begrünung	Tabelle 24	6,0
Geschwindigkeit und Mächtigkeit des Grundwassers	Filtergeschwindigkeit $v_f = k_f * \Delta h / \Delta z$ = 29,4 m/d = 3,4 * 10 ⁻⁴ Abstandsgeschwindigkeit $v_a = v_f / n_o$ (n _o = 0,5) = 6,8 * 10 ⁻⁴ Mächtigkeit = 0,5 m	Tabelle 37	8,0
Zu- u. Abschläge Dispersion	Mittel (0,5 – 1,5 cm)	Tabelle 38	+ - 0
Humusgehalt	7 % bei pH 6,3	Tabelle 28	6,0
Tongehalt	25 % bei pH 6,3	Tabelle 29	4,0
Relative Bindungsstärke	Cu = 0, Cd = 2, As, Zn = 1, Pb = 0	Tabelle 27	2,0
(Abbaubarkeit der Schadstoffe)	Niedrige Abbaubarkeit		(+ 2,0) = 4,0
Standortneigung (Erosionsgefährdung)	Über 4 %	Tabelle 34	9,0 (+2,0) = 10,0
Ermittlung des Gefährdungspotentials der örtlichen Verhältnisse	V-Wert		7,0

13.1.6.2.4. Belastungscharakteristik (B)

Belastungscharakteristik	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Bodenbelastung	Nach Vorsorgewerte der Tabelle 6 und 45 Cd: Unterhalb der Vorsorgewerte (0,06-0,36 mg/kg) Cu: Unterhalb der Vorsorgewerte (3,14-17,4mg/kg) As: Unterhalb der Vorsorgewerte (0,1-0,25 mg/kg) Pb: Unterhalb der Vorsorgewerte (3,96-10,68mg/kg)	Tabelle 45	2,0
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Belastungscharakteristik	B-Wert		2,0

13.1.6.2.5. Humantoxikologische Risikobewertung (H)

Gefährliche Stoffe	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Art der gefährlichen Stoffe	Besonders gefährliche Stoffe Art der Stoffe Cu 7 7 9,5 7 As 10 10 7 10 Pb 4 7 9 8 Cd 10 10 9 8 Zn 4 4 7 7	Anhang VII	7,7 9,3 7,2 9,5 5,7
Ermittlung des humantoxikologischen Gefährdungspotentials	H-Wert		9,5

13.1.6.2.6. Nutzungscharakteristik (N)

<i>Nutzungscharakteristik</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Art der Nutzung	Art der Nutzung Trinkwassererfassung Landwirtschaftsgebiet Wohngebiet	Entfernung 400 m 300 m 400 m	Tabelle 49 7,0 4,0 3,0
Altlast im Überschwemmungsgebiet ?	Nein		(-2,0)
(Erzeugung von Nahrungsmitteln ?)	Ja		(+2,0)
(Schutzbedürftige Tiere bzw. Pflanzen ?)	Nein		(-2,0)
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Nutzungscharakteristik	N-Wert		5,0

13.1.6.3 Schutzgut Oberflächengewässer

13.1.6.3.1. Allgemeine Angabe

Name der Altlast	Deponie Saenggok
Schutzgut	Oberflächenwasser
Kreis, Gemeinde	Großstadt Pusan, Saenggok-Dong
Adresse	San 61 Saenggok-Dong, Kangseo-Gu, Pusan, Korea
Art der Verdachtsfläche	Hausmülldeponie
Altlastenkennziffer	
Inbetriebnahme	4. 1996 – 7. 2001
Betreiber	Stadt Pusan
Eigentümer	Stadt Pusan
Koordination	
Bewertungsdatum	14. 5. 1999

13.1.6.3.2. Stoffgefährlichkeit (S)

<i>Stoffgefährlichkeit</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Abfallarten	Hausmüll, Gewerbeabfälle und nicht kritische industrielle Abfälle	Tabelle 17	
Volumen	Volumen : 10.175.000 m ³ Fläche : 331.861 m ²		
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Stoffgefährlichkeit	Bewertung nach Tabelle (S-Wert)		8,0

13.1.6.3.3. Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V₁-V_n)

<i>Örtliche Verhältnisse</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Sickerwasserneubildung	Bewertung nach Tabelle 22 Niederschlag : 1.369 mm/a Sickerwasserneubildung : 839.5 mm/a 850 m ³ /d (Gesamtfläche)	Tabelle 22	9,0
Durchlässigkeitsbeiwert	Transmissivität : 14,7 m ² /d Durchlässigkeitsbeiwert (k _f): 29,4 m/d 3,4 * 10 ⁻⁴ m/s	Tabelle 23	9,0
Abstand zwischen Altlastensohllage und Grundwasseroberfläche	Grundwasseroberfläche befindet sich etwa unter 4 m der Altlastensohllage	Tabelle 40	6,0
Sicherungseinrichtungen	Es fehlt; Regenwasservorratstank Gassammelsystem Oberflächenabdichtung	Tabelle 24	6,0

Humusgehalt		Begrünnung 7 % bei pH 6,3	Tabelle 28	6,0
Tongehalt		25 % bei pH 6,3	Tabelle 29	4,0
Bioakkumulation Schadstoffe	der	Absorbierbarkeit : $\log Pow$ Pb, Cd, CN, Hg = 4,5, Cr ⁺⁶ = 3,34	Tabelle 32	8,0
Relative Bindungsstärke		Cu = 0, Cd = 2, As, Zn = 1, Pb = 0	Tabelle 27	2,0
(Abbaubarkeit Schadstoffe)	der	Niedrige Abbaubarkeit		(+ 2,0) = 4,0
Standortneigung (Erosionsgefährdung)		Über 4 % Ja	Tabelle34	9,0 (+2,0) = 10,0
Menge und Abflußrate der Niederschläge	der	Menge der Niederschläge : 1508,1 mm/a Abflußrate : 45%	Tabelle 39	9,0
Abflußgeschwindigkeit u. Abstand zwischen Altlast u. Gewässer	u.	Geschwindigkeit : 2 m/s Abstand : 700 m	Tabelle 40	8,0
(Abwasserbeseitigungsanlage ?)		Nein		(+2,0) = 10,0
Fließgeschwindigkeit und Fließmenge des Gewässers	und	Abstand : 1,5 km Fließmenge : über 100 m ³ /s Geschwindigkeit : 0,2 m/s	Tabelle 41	4,0
Ermittlung Gefährdungspotentials örtlichen Verhältnisse	des der	V-Wert		7,1

13.1.6.3.4. Belastungscharakteristik (B)

Belastungscharakteristik		Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertun g
(Mischungsmöglichkeit zwischen Sickerwasser und Grundwasser ?)		Ja		(+1,0)
Abflußwasserbelastung		Nach Tabelle 13, 14a, 14b und 46 Art der Nutzung Art der Überschreitung Reingebiet : Gebiet A : Gebiet B : Sondergebiet : SS, Colibakterien	Tabelle 46	7,0
Flußbelastung		Nach Tabelle 12 und 47 Art der Nutzung Art der Überschreitung Industrielles Wasser III : BSB Industrielles Wasser II : Industrielles Wasser II : SS, DO, Colibakterien Trinkwasser II : Trinkwasser I :	Tabelle47	6,0 6,0
(Akkumulations- Rücklösungsmöglichkeit von Schadstoffen im Sediment ?)	u. von	Ja		(+1,0)
Ermittlung Gefährdungspotentials Belastungscharakteristik	des der	B-Wert		9,0

13.1.6.3.5. Humantoxikologische Risikobewertung (H)

<i>Gefährliche Stoffe</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>	
Art der gefährlichen Stoffe	Besonders gefährliche Stoffe			
	Art der Stoffe			
	Pb	4 7 9 8	Anhang VII	7,2
	Cd	10 10 9 8		9,5
	CN	10 7 8,5 7		8,2
	Hg	10 10 9 7		9,1
Cr ⁺⁶	7 10 10 10	9,3		
Ermittlung des humantoxikologischen Gefährdungspotentials	H-Wert		9,5	

13.1.6.3.6. Nutzungscharakteristik (N)

<i>Nutzungscharakteristik</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Art der Nutzung	Art der Nutzung Trinkwassererfassung	Entfernung 400 m	Tabelle 49 7,0
(Altlast im Überschwemmungsgebiet ?)	Nein		(-2,0)
(Schutzwürdige Tiere bzw. Pflanzen ?)	Nein		(-2,0)
Gewässer (landwirtschaftlich verwendet ?)	Ja		(+1,0)
Gewässer (industriell verwendet ?)	Ja		(+0,5)
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Nutzungscharakteristik	N-Wert		4,5

13.1.6.4 Schutzgut Luft

13.1.6.4.1. Allgemeine Angabe

Name der Altlast	Deponie Saenggok
Schutzgut	Luft
Kreis, Gemeinde	Großstadt Pusan, Saenggok-Dong
Adresse	San 61 Saenggok-Dong, Kangseo-Gu, Pusan, Korea
Art der Verdachtsfläche	Hausmülldeponie
Altlastenkennziffer	
Inbetriebnahme	4. 1996 – 7. 2001
Betreiber	Stadt Pusan
Eigentümer	Stadt Pusan
Koordination	
Bewertungsdatum	14. 5. 1999

13.1.6.4.2. Stoffgefährlichkeit (S)

<i>Stoffgefährlichkeit</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Volumenklasse	Volumen : 10.175.000 m ³ Fläche : 331.861 m ²	Tabelle 18	
Müllanteil	Hausmüll, Gewerbeabfälle und nicht kritische industrielle Abfälle (über 85 %)		10,0
Einrichtung zur Deponiegassammlung ?	Nein		+2,0
Nutzungsmöglichkeit von Deponiegas ?	Nein		+2,0
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Stoffgefährlichkeit	Bewertung nach Tabelle (S-Wert)		10,0

13.1.6.4.3. Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V₁-V_n)

Örtliche Verhältnisse	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Sickerwasserneubildung	Bewertung nach Tabelle 22 Niederschlag : 1.369 mm/a Sickerwasserneubildung : 839,5 mm/a 850 m ³ /d (Gesamtfläche)	Tabelle 22	9,0
Luftdurchlässigkeitsbeiwert	Transmissivität : 14,7 m ² /d Durchlässigkeitsbeiwert (k _f): 29,4 m/d 3,4 * 10 ⁻⁴ m/s	Tabelle 23	9,0
Erstickungsgefahr ?	Nein		- 2,0
Explosionsgefahr ?	Nein		- 2,0
Umschlossene Räume auf Altlast ?	Nein		- 1,0 (9,0-5,0=4,0)
Sicherungseinrichtungen	Es fehlt; Regenwasservorratstank Gassammlungssystem Oberflächenabdichtung Begrünung	Tabelle 24	6,0
Humusgehalt	7 % bei pH 6,3	Tabelle 28	6,0
Tongehalt	25 % bei pH 6,3	Tabelle 29	4,0
Relative Bindungsstärke	Pb = 0	Tabelle 27	0,0
(Abbaubarkeit der Schadstoffe)	Niedrige Abbaubarkeit		(+ 2,0) = 4,0
Standortneigung (Erosionsgefährdung)	Über 4 % Ja	Tabelle 34	9,0 (+2,0) = 10,0
Ermittlung des Gefährdungspotentials der örtlichen Verhältnisse	V-Wert		6,1

13.1.6.4.4. Belastungscharakteristik (B)

Belastungscharakteristik	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Luftbelastung	TSP : Überschreitung des Jahresmittelwertes PM-10 : Überschreitung des Jahresmittelwertes SO ₂ : Überschreitung des Jahresmittelwertes	Tabelle 48	6,0
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Belastungscharakteristik	B-Wert		6,0

13.1.6.4.5. Humantoxikologische Risikobewertung (H)

Gefährliche Stoffe	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Art der gefährlichen Stoffe	Besonders gefährliche Stoffe Art der Stoffe Pb 4 7 9 8	Anhang VII	7,2
Ermittlung des humantoxikologischen Gefährdungspotentials	H-Wert		7,2

13.1.6.4.6. Nutzungscharakteristik (N)

<i>Nutzungscharakteristik</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Art der Nutzung	Art der Nutzung	Tabelle 49	.
	Entfernung		
	Kinderspielplatz 400 m Wohngebiet u. Siedlungsflächen 400 m Landwirtschaftsgebiet 300 m		
(Altlast im Überschwemmungsgebiet ?)	Nein		(-2,0)
(Schutzwürdige Tiere bzw. Pflanzen ?)	Nein		(-2,0)
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Nutzungscharakteristik	N-Wert		3,0

13.2 Anwendungsbeispiel des entwickelten Bewertungsverfahrens auf Altstandort Yochon

13.2.1 Allgemeine Standortbeschreibung

Der Standort Yochon liegt in der Stadt Yochon im Süden Koreas und grenzt an das Meer. Der Lageplan des Standortes Yochon wird in Bild 2 (s. Kapitel 13.1.1) skizziert. Zur umweltfreundlichen Verwaltung von Industriebetrieben der Stadt Yochon hat die regionale Regierung ein gemeinschaftliches Industriegebiet aufgebaut. In diesem Gebiet sind seit 30 Jahren mehrere Fabriken in Betrieb. Die Gesamtfläche des Gebiets beträgt 19,24 km² und erstreckt sich von Süden nach Norden.

LG, Daelim, Honam und Hangukhoahak sind die bedeutenden und flächendeckenden Fabriken im Industriegelände. In der Stadt Yochon leben etwa 77.942 Einwohner auf 107,9 km². 1995 wurden 10,6 % dieser Fläche industriell genutzt, während 68,3 % Waldfläche waren.

Die jahresdurchschnittliche Temperatur für die vergangenen 30 Jahre zeigt 13,9 °C und die Niederschlagshöhe liegt mit 1413,3 mm/a leicht höher als die des gesamten Landes mit 1300 mm/a. Der Wind kommt im Sommer aus vorwiegend aus Süden und im Winter aus Nordosten. Die jahresdurchschnittliche Windgeschwindigkeit beträgt etwa 4,3 m/s.

Die Chemieindustrieanlagen, insbesondere Raffinerien, die meistens Benzol, Toluol und Ethylen produzieren, sind die Hauptgegenstände der Gefährdungsabschätzung für den untersuchten Standort. Die auf leichtflüchtige organische Verbindungen bezogenen Umweltschadensfälle sind seit 30 Jahren häufig gemeldet worden.

13.2.2 Standortcharakteristik

Zur Berechnung der Grundwasser- bzw. Sickerwasserneubildung wird von einer Fläche von 19,24 km² ausgegangen. Ca. 282,7 mm/a des auf dieser Fläche niedergehenden Niederschlages fallen als Sickerwasser an. Aufgrund der Grundwasseruntersuchung wird für den Grundwasserleiter in der gesättigten Bodenzone ein Durchlässigkeitsbeiwert von 1,2 m/d ($1,38 \cdot 10^{-5}$ m/s) angegeben. Der Standort Yochon ist ein sehr dicht besiedeltes Industriegebiet, daher sind etwa 70 % der Gesamtfläche mit Betonpflaster bedeckt. Wegen der Oberflächenversiegelung am Standort kann die Grundwasserneubildung durch Versickerung der Niederschläge beträchtlich verhindert werden, wobei dies für die Schadstoffausbreitung ins Grundwasser positive Auswirkungen zeigen kann.

Der Grundwasserleiter bildet im wesentlichen aus mittel- bis feinkörnig ausgebildeten Sanden. Ein nutzbarer Porenraum berechnet sich für den Grundwasserleiter mit 20 bis 30 %. Die mittlere Fließgeschwindigkeit im Grundwasserleiter läßt sich mit $2,76 \cdot 10^{-5}$ m/s abschätzen. Die Fließrichtung für den ersten Grundwasserleiter wird von Südwesten nach Nordosten geschätzt. Im Standortbereich beträgt die Mächtigkeit des Grundwasserleiters etwa 20 m. Der Humusgehalt am Boden des Betriebsgeländes beträgt 4 % und der Tongehalt 14 % des freien Bodens (A_h-Horizont). Die bedeutsamen Merkmale der klimatologischen und geologischen Kenngrößen über den Standort Yochon werden in Tabelle 52 dargestellt.

Tabelle 52 : Standortcharakteristik des Standortes Yochon

Standortcharakteristik	Bemerkung des Standortes Yochon
Kreis, Gemeinde	Stadt Yochon
Betreiber	Stadt Yochon
Eigentümer	Firmen : LG, Daelim, Honam, Hangukkoahak
Genehmigungsdatum	1. April 1974
Durchschnittliche Temperatur	13,9 °C
Relative Feuchtigkeit	59 %
Durchschnittliche Windgeschwindigkeit	4,3 m/s von Nordosten nach Südwesten
Niederschlagsmenge	1.413,3 (mm/a)
Potentielle Evapotranspiration	1767 (mm/a)
Aktuelle Verdunstung	650 (mm/a)
Eigenschaft des Standortes	Chemiefabrik für Petroleum (Produkten : Benzol, Toluol, Ethylen)
Standortfläche	19.240.000 m ²
Standortumgebung	Sehr dicht besiedelt. 10,6 % dieser Fläche industriell und 68,3 % Waldfläche genutzt.
Basisabdichtung des Standortes	Keine Basisabdichtung
Sickerwasserneubildung	282,7 m ³ pro Tag, keine Vorbehandlung des Sickerwassers
Durchlässigkeitsbeiwert des Standortbodens	1,38 * 10 ⁻⁵ m/s nach, Standortboden besteht aus Fein- und Mittelsanden.
Erster Grundwasserleiter	30 m unter der Standortbasis, Mächtigkeit von 20 m, Porenraum n _o = 0,2 bis 0,3
Geschwindigkeit des ersten Grundwassers	1,2 m/d
Humusgehalt im Boden	4 % des gesamten Bodens (A _n -Horizont)
Tongehalt im Boden	17 % des Bodens(A _n -Horizont)
Neigung des Standortgeländes	Unter 1 %
Grundwassernutzung und –belastung	59 Brunnen werden als häusliches und Industrielles Brauchwasser verwendet. Untersuchungsparameter Pb, Phenol und CSB überschreiten die gesetzlichen Grenzwerte.
Bodennutzung	Die Flächen im Umfeld des Standortes werden zur Zeit als Siedlungsgebiet, Industriegebiet, Gewerbe und Landwirtschaft genutzt. 70 % des gesamten Industriegebiets sind mit Betonpflaster bedeckt. Bodenveränderung im Umfeld des Standortes ist nicht kritisch beurteilt.
Oberflächenwasserbelastung und –nutzung	Das Oberflächenwasser wird zur Zeit als Erholungsraum und Fischerei benutzt. Untersuchungsparameter Schwebstoffe, Zahl der Colibakterien, pH, BSB, As, Cd und Sauerstoffbedarf überschreiten die gesetzlichen Grenzwerte.
Luftbelastung	Nach dem Untersuchungsergebnis wurden keine Überschreitungen nachgewiesen.

Der auf den organischen Kohlenstoff-Gehalt bezogene Sorptionskoeffizient (Koc) für Benzol, das in Bodenproben gemessen wurde, liegt bei 31. Daraus ergibt sich eine niedrige Adsorptionsfähigkeit und dadurch kann eine flächendeckende Schadstoffausbreitung vermutet werden. Der Verteilungskoeffizient von Benzol zwischen Wasser und 1-Octanol (Pow), der zur Ermittlung der Bioakkumulation eines Stoffes dienen kann, beträgt 2,17 (log Pow). Der Bioakkumulationsfaktor bzw. Biokonzentrationsfaktor (BCF), der aus dem Quotient von Konzentrationen zwischen Organismus und Umgebung berechnet wird, zeigt einen Wert von

10, d.h., Benzol ist eine fettlösliche (lipophile) Substanz und hat hohe Bioakkumulationsfähigkeiten für Flora und Fauna.

Eine Abflußrate der Niederschläge kann nur grob abgeschätzt werden. Etwa 60 % der Niederschläge von 1413,3 mm/a fließen über die abgedeckte Standortfläche in mehrere Vorfluter ab. Die Fließgeschwindigkeit ergibt sich ca. 0,5 m/s unter Bedingung der Standortneigung von 1 %. Die Fließmenge der Vorfluter beträgt 2 bis 7 m³/s und schwankt beträchtlich nach Jahreszeit.

Auf dem Werksgelände befinden sich mehrere umschlossene Räume, bei denen eine potentielle Erstickungs- und Explosionsgefahr vorhanden ist, da die im Werksgelände betriebenen Fabriken meistens giftige Chemieprodukte erzeugen und seit Jahrzehnten über einige Umfälle berichtet wird.

13.2.3 Belastungscharakteristik

- Grundwasser

Im Standort Yochon existieren insgesamt 59 angemeldete Wasserversorgungsbrunnen, davon werden 10 Brunnen als Trinkwasserversorgung, 26 Brunnen als hauswirtschaftliche Brauchwassernutzung und 13 Brunnen als industrielle Brauchwassernutzung verwendet. Die Brunnen für Trinkwassernutzung liegen etwa 1,3 bis 8,7 km vom Standort entfernt. Zur Gefährdungsabschätzung des Grundwassers stehen die Analysenergebnisse für 16 Grundwassermeßstellen und weitere Untersuchungsergebnisse für zwei Überwachungsbrunnen im Umfeld der Deponie zur Verfügung (Anhang VI). Toluol und Cyanid werden an meisten Meßstellen nachgewiesen, während für andere Schwermetalle und organische Verbindungen die Analysenergebnisse unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenze liegen.

Die Analysenwerte für Toluol (0,03 – 0,18 mg/l) bleiben unterhalb der Richtwerte der Trinkwasserverordnung und den Grundwassergrenzwerten. Aufgrund der Trinkwasserverordnung und Grundwassergrenzwerte darf im Grundwasser Cyanid nicht nachgewiesen werden. An sieben Meßstellen wurde jedoch Cyanid mit Werten von 0,012 bis 0,024 mg/l entdeckt. Die Analysenergebnisse der Grundwasserproben für zwei Grundwasserüberwachungsbrunnen überschreiten bei den Parametern CSB und Pb die Grenzwerte einer industriellen Grundwassernutzung und bei Phenol den Richtwert einer landwirtschaftlichen Grundwassernutzung.

- Boden

Zur Abschätzung der Beeinflussungsgrößen der Bodenveränderung durch Altlasten wurden Beprobungen an 24 Meßstellen durchgeführt. Die Bodenacidität des untersuchten Betriebsgeländes lag zwischen pH 4,5 bis 8,1. Die Analysenwerte für die Parameter Quecksilber und Zink überschritten geologische Hintergrundwerte mit den Faktoren 5 bis 10. Diese Werte liegen jedoch unterhalb der Vorsorgewerte für landwirtschaftliche Bodennutzung. Der Parameter Phenol und andere organischen Verbindungen weisen keine auffälligen Nachweiswerte auf.

Im näheren Umfeld des Standortes existieren verschiedene empfindliche Bodennutzungen wie Kinderspielplatz (50 m), Wohngebiet (50 m), Landwirtschaftsgebiet (50 m) und Trinkwassererfassung (1,3 km). Diese Bodennutzungen werden meistens durch Abgase und sinkende Stäube beeinträchtigt. Bodenveränderungen durch solche Stoffe sind noch nicht als kritisch nachzuweisen.

- Oberflächengewässer

Für die Gefährdungsabschätzung der von dem Standort abfließenden Gewässer stehen die in Tabellen 13, 14a und 14b aufgelisteten Grenzwerte zur Verfügung. Im Betriebsgelände existieren 36 Fabriken, die ihre Abwässer in die Flüsse ablaufen lassen. Die Abwässer werden vor Einleitung in die Flüsse durch firmeneigene Abwasserbehandlungsanlagen vorbehandelt und Schwermetalle und andere Schadstoffe entfernt. Die Analyseergebnisse der Abflußwasser und Flußbelastung in neun Meßstellen zeigen mehrere Überschreitungen der Emissionsgrenzwerte und der Gewässernutzungskriterien, die in fünf verschiedene Gewässernutzungen unterteilt werden. Zur Ermittlung der Abflußwasserbelastungen sind vier verschiedene Gewässerschutzklassen (Reingebiet, Gebiet A, Gebiet B und Sondergebiet) zu berücksichtigen. Die Untersuchungsergebnisse ergeben, daß einige Parameter pH, BSB, SS und die Zahl der Colibakterien die Emissionsgrenzwerte für Gewässerschutzklasse ‚Sondergebiet‘ überschreiten. Bei Arsen ist eine Überschreitung der Gewässerschutzklasse ‚Reingebiet‘ festzustellen. Bei der Beurteilung der Flußbelastung überschreiten die Parameter pH, SS und Kadmium die Gewässernutzungsgrenzwerte für industrielle Gewässernutzung III. Einige Überschreitungen für den Parameter Zahl der Colibakterien und Sauerstoffgehalt weisen die Analyseergebnisse bei Berücksichtigung der Gewässernutzungskriterien für industrielle Gewässernutzung I auf. Diese Abflußwasser- und Flußbelastungen sind auf die Altlast selbst

und zum Teil auf Emissionen aus dem Wohngebiet zurückzuführen. Diese Gewässer sind zur Zeit nur für landwirtschaftliche und industrielle Nutzungen (nicht für Trinkwasser) verwendet worden.

- Luft

Die Luftanalysenergebnisse für die Parameter SO₂, CO, NO₂, TSP, PM-10, O₃ und Pb, die nach dem Luftschutzgesetz zu regeln und deren Grenzwerte festzustellen sind, zeigen keine auffälligen Konzentrationen in der Luft, die gasförmigen Belastungen wie HF, HNO₃ und HCl in der Luft sind nicht höher als die der anderen Standorte. Zur Ermittlung der Stoffgefährlichkeit von Schadstoffen für den Belastungspfad Luft kann der Dampfdruck angewandt werden. Die in elf Meßstellen untersuchten Analysenergebnisse für organische Schadstoffe wie Methanol, Styrol, Vinylchlorid, Toluol, o-Xylol und 1,2-Dichlorethan weisen hohen Dampfdruck auf. Insbesondere sind die Dampfdrücke für Vinylchlorid (333,000 Pa) und Methanol (12,500) als hoch festzustellen. Solche leichtflüchtigen Schadstoffe spielen bei der Beurteilung der Beeinträchtigung der Schutzgüte Luft und der menschlichen Gesundheit eine wichtige Rolle. Vinylchlorid und Methanol besitzen sehr geringe Sorptionskoeffizienten (Vinylchlorid K_{oc} = 8,2 und Methanol K_{oc} = sehr gering), d.h., diese Schadstoffe können sich schnell in der Umgebung ausbreiten.

Der Quotient aus der Konzentration eines angereicherten Stoffes im Organismus und der Konzentration in der Umgebung wird als Biokonzentrationsfaktor (BCF) bezeichnet. Das untersuchte Toluol ergibt sich aus einem hohen BCF-Wert (ca. 148). Nach den Analysenergebnissen sind Benzol, Butadien und Vinylchlorid die wichtigsten Faktoren zur Ermittlung einer Kanzerogenität der organischen Verbindungen. Die Konzentration von Butadien in der Luft nimmt im Lauf der Zeit zu. Nach der Untersuchung wurde festgestellt, daß die Luft der Altlastumgebung durch solche Stoffe beeinträchtigt ist. Eine besondere Aufmerksamkeit ist auf Benzol, Vinylchlorid, Dichlorethan und Chloroform zu richten, da solche Stoffe bereits in geringer Menge eine schädlichen Wirkung auf die menschliche Gesundheit ausüben.

13.2.4 Gesamtbewertung für Altlast Yochon

Wegen des großräumigen Flächenmaßes der Altlast Yochon (ca. 19,2 km²) und des hohen Anteils von leichtflüchtigen organischen Verbindungen (insbesondere Vinylchlorid und Methanol) sind hohe Stoffgefährlichkeiten für Schutzgüter festzustellen (Bewertungspunkt 9,5 für GW, Boden, OG und 10,0 für Luft).

Bei der Abschätzung der Grundwasserbeeinträchtigung tragen die Bewertungsparameter ‚Stoffgefährlichkeit (Punkt 9,5)‘ und ‚humantoxikologische Risikobewertung (Punkt 7,2)‘ zur Zwischenbewertung für das Schutzgut Grundwasser bei. Die Zwischenbewertung für Grundwasser beträgt Punkt (6,7), d.h., die Durchführung von Sicherungsmaßnahmen sind erforderlich. Die Bewertungsergebnisse der Schutzgüter und der Handlungsbedarf des untersuchten Standortes sind in Tabelle 53 dargestellt.

Tabelle 53: Gesamtbewertung für Altstandort Yochon

Belastungspfade	Bewertungsparameter	Bewertungspunkt (0 bis 10)
Grundwasser	Stoffgefährlichkeit (S-Wert)	9,5
	Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert)	4,6
	Belastungscharakteristik (B-Wert)	7,0
	Humantoxikologische Risikobewertung (H-Wert)	7,2
	Nutzungscharakteristik (N-Wert)	5,0
Zwischenbewertung für Grundwasser	Arithmetisches Mittel	6,7
Boden	Stoffgefährlichkeit (S-Wert)	9,5
	Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert)	6,4
	Belastungscharakteristik (B-Wert)	4,0
	Humantoxikologische Risikobewertung (H-Wert)	9,5
	Nutzungscharakteristik (N-Wert)	3,0
Zwischenbewertung für Boden	Arithmetisches Mittel	6,5
Oberflächengewässer	Stoffgefährlichkeit (S-Wert)	9,5
	Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert)	6,3
	Belastungscharakteristik (B-Wert)	10,0
	Humantoxikologische Risikobewertung (H-Wert)	9,5
	Nutzungscharakteristik (N-Wert)	2,5
Zwischenbewertung für Oberflächengewässer	Arithmetisches Mittel	7,7
Luft	Stoffgefährlichkeit (S-Wert)	10,0
	Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V-Wert)	6,1
	Belastungscharakteristik (B-Wert)	+(2,0 Geruch)
	Humantoxikologische Risikobewertung (H-Wert)	8,0
	Nutzungscharakteristik (N-Wert)	2,5
Zwischenbewertung für Luft	Arithmetisches Mittel	6,7
Gesamtbewertung		6,9
Handlungsbedarf	Überwachung und Detailuntersuchung (hochgefährlich)	D (6-8)

Bei der Gefährdungsabschätzung vom Boden zeigt der Bewertungsparameter ‚humantoxikologische Risikobewertung‘ ein hohes Gefährdungspotential (Punkt 9,5). Für die Bewertungsparameter ‚Belastungscharakteristik‘ und ‚Nutzungscharakteristik‘ sind jeweils niedrige Bewertungszahlen (4,0 und 3,0) festzustellen, da nach Analysenergebnissen für den Boden keine Überschreitung der Richtwerte festzustellen ist. Die Zwischenbewertung über das Schutzgut Boden wird als ‚D‘ bezeichnet, das dem Handlungsbedarf ‚hochgefährlich‘ entspricht.

Die Oberflächengewässer im Umfeld der Altlast sind besonders durch die von der Altlast ausgehenden Schadstoffe beeinträchtigt worden. Die Analysenergebnisse weisen häufige Überschreitungen der Gewässerschutz- und Brauchwasserkriterien auf. Der Bewertungsparameter ‚Belastungscharakteristik‘ zeigte einen erheblichen Wert von 10,0, während der Bewertungsparameter ‚Nutzungscharakteristik‘ nicht kritisch abgeschätzt wurde. Die Bewertungszahl für das Schutzgut Oberflächengewässer beträgt 6,9. Der Handlungsbedarf für das Schutzgut OG wird als ‚D‘ bezeichnet, das die Durchführung von Sicherungsmaßnahmen benötigt.

Bei der Gefährdungsabschätzung der Luftpfade spielt die Flüchtigkeit der Schadstoffe eine wichtige Rolle. Die hohe Flüchtigkeit (für Vinylchlorid 333.000 Pa) erlaubt eine hohe Stoffgefährlichkeit (Punkt 10,0) für das Schutzgut Luft. Die hohe Giftigkeit der organischen Verbindungen trägt zur Erhöhung des Gefährdungspotentials bei Berücksichtigung des Bewertungsparameters ‚humantoxikologische Risikobewertung‘ bei. Die Zwischenbewertung des Schutzguts Luft ist als Handlungsbedarf ‚D‘ festzustellen, das die Durchführung von Sicherungsmaßnahmen benötigt.

13.2.5 Gefährdungsabschätzung der Altstandort Yochon

13.2.5.1 Schutzgut Grundwasser

13.2.5.1.1 Allgemeine Angabe

Name der Altlast	Standort Yochon
Schutzgut	Grundwasser
Kreis, Gemeinde	Stadt Yochon
Adresse	
Art der Verdachtsfläche	Industriegebiet
Altlastenkennziffer	
Inbetriebnahme	1969
Betreiber	Stadt Yochon
Eigentümer	LG, Daelim, Honam, Hangukhoahak
Koordination	
Bewertungsdatum	18. 5. 1999

13.2.5.1.2. Stoffgefährlichkeit (S)

Stoffgefährlichkeit	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Stoffinventar bzw. Brancheninventar Flächenklasse	Petroleumindustrie 19.240.000 m ²	Tabelle 20	.
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Stoffgefährlichkeit	Bewertung nach Tabelle (S-Wert)		9,5

13.2.5.1.3. Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V₁-V_n)

Örtliche Verhältnisse	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Sickerwasserneubildung	Niederschlag : 1.413,3 mm/a Sickerwasserneubildung : 282,7 mm/a	Tabelle 22	2,0
Durchlässigkeitsbeiwert	Durchlässigkeitsbeiwert (k _f): 1,2 m/d 1,38 * 10 ⁻⁵ m/s	Tabelle 23	8,0
Abstand zwischen Altlastensohlage und Grundwasseroberfläche	Grundwasseroberfläche befindet sich etwa unter 30 m der Altlastensohlage	Tabelle 36	3,0
Geschwindigkeit und Mächtigkeit des Grundwassers	Filtergeschwindigkeit $v_f = k_f * \Delta h / \Delta z = 1,2 \text{ m/d} = 1,38 * 10^{-5}$ Abstandsgeschwindigkeit $v_a = v_f / n_o$ (n _o = 0,3) $= 4,6 * 10^{-5}$ Mächtigkeit = 20 m	Tabelle 37	2,0
Zu- u. Abschläge Dispersion	Mittel (0,5 – 1,5 cm)	Tabelle 38	+ - 0
Humusgehalt	4 % bei pH 4,0 – 8,5	Tabelle 28	8,0
Tongehalt	17 % bei pH 4,0 – 8,5	Tabelle 29	6,0
Relative Bindungsstärke	Bei pH 4,0 – 8,5 Pb = 0, Fe = 0, Zn = 1	Tabelle 27	1,0
(Abbaubarkeit der Schadstoffe)	Niedrige Abbaubarkeit		+2,0
Ermittlung des Gefährdungspotentials der örtlichen Verhältnisse	V-Wert		4,6

13.2.5.1.4. Belastungscharakteristik (B)

Belastungscharakteristik	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Sickerwasserzusammensetzung	pH (Überschreitung der Grenzwerte)	Tabelle 43	4,0
Grundwasserbelastung	Nach Tabelle 10 und 44 GW-Nutzung Art der Überschreitung Industrielles Wasser : CSB, Pb Landwirtschaftliches Wasser : Phenol Hauswirtschaftliches Wasser :	Tabelle 44	7,0
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Belastungscharakteristik	B-Wert		7,0

13.2.5.2.3. Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V₁-V_n)

Örtliche Verhältnisse	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	
Sickerwasserneubildung	Niederschlag : 1.413,3 mm/a Sickerwasserneubildung : 282,7 mm/a	Tabelle 22	2,0
Durchlässigkeitsbeiwert	Durchlässigkeitsbeiwert (k _f): 1,2 m/d 1,38 * 10 ⁻⁵ m/s	Tabelle 23	8,0
pH-Wert und Absorbierbarkeit	PH = 4,0 – 8,5 Absorbierbarkeit : Koc Benzol 31	Tabelle 25	9,0
Humusgehalt	4 % bei pH 4,0 – 8,5	Tabelle 28	8,0
Tongehalt	17 % bei pH 4,0 – 8,5	Tabelle 29	6,0
Bioakkumulation der Schadstoffe	Bei pH 4,0 – 8,5 log Pow Hg 4,5 Benzol 2,17	Tabelle 32	8,0
Relative Bindungsstärke	Bei pH 4,0 – 8,5 Cd = 7, Pb = 2, Hg = 2 Al = 4, Zn = 6, Cu = 4	Tabelle 27	7,0
(Abbaubarkeit der Schadstoffe)	Niedrige Abbaubarkeit		+2,0
Standortneigung (Erosionsgefährdung)	Unter 1 % Nein	Tabelle 34	3,0 (- 2,0) = 1,0
Ermittlung des Gefährdungspotentials der örtlichen Verhältnisse	V-Wert		6,4

13.2.5.2.4. Belastungscharakteristik (B)

Belastungscharakteristik	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Sickerwasserzusammensetzung	pH (Überschreitung der Grenzwerte)	Tabelle 43	4,0
Bodenbelastung	Nach Vorsorgewerte der Tabelle 6 und 45 Überschreitung der Maßnahmenwerte Überschreitung der Vorsorgewerte	Tabelle 45	keine Überschreitung
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Belastungscharakteristik	B-Wert		4,0

13.2.5.2.5. Humantoxikologische Risikobewertung (H)

Gefährliche Stoffe	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Art der gefährlichen Stoffe	Besonders gefährliche Stoffe	Anhang VII	
	Art der Stoffe		
	Cu 7 7 9,5 7		
	As 10 10 7 10		
	Pb 4 7 9 8		
	Cd 10 10 9 8		
	Zn 4 4 7 7		
	Hg 10 10 9 7		
	Al 4 4 9 7,5		
	CN 10 7 8,5 7		
Benzol 4 4 10 10			
Ermittlung des humantoxikologischen Gefährdungspotentials	H-Wert		9,5

13.2.5.2.6. Nutzungscharakteristik (N)

<i>Nutzungscharakteristik</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>	
Art der Nutzung	Art der Nutzung	Tabelle 49		
	Trinkwassererfassung		1,3km	5,0
	Landwirtschaftsgebiet		50 m	5,0
	Wohngebiet		50 m	4,0
	Gewerbe-, bzw. Industriegebiet		5 m	5,0
Kinderspielplatz	50 m	5,0		
Altlast im Überschwemmungsgebiet ?	Nein		(-2,0)	
(Erzeugung von Nahrungsmitteln ?)	Ja		(+2,0)	
(Schutzwürdige Tiere bzw. Pflanzen?)	Nein		(-2,0)	
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Nutzungscharakteristik	N-Wert		3,0	

13.2.5.3 Schutzgut Oberflächengewässer

13.2.5.3.1 Allgemeine Angabe

Name der Altlast	Standort Yochon
Schutzgut	Oberflächengewässer
Kreis, Gemeinde	Stadt Yochon
Adresse	
Art der Verdachtsfläche	Industriegebiet
Altlastenkennziffer	
Inbetriebnahme	1969
Betreiber	Stadt Yochon
Eigentümer	LG, Daelim, Honam, Hangukkoahak
Koordination	
Bewertungsdatum	18. 5. 1999

13.2.5.3.2. Stoffgefährlichkeit (S)

<i>Stoffgefährlichkeit</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Stoffinventar bzw. Brancheninventar	Petroleumindustrie	Tabelle 20	
Flächenklasse	19.240.000 m ²		
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Stoffgefährlichkeit	Bewertung nach Tabelle (S-Wert)		9,5

13.2.5.3.3. Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V₁-V_n)

<i>Örtliche Verhältnisse</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Sickerwasserneubildung	Niederschlag : 1.413,3 mm/a Sickerwasserneubildung : 282,7 mm/a	Tabelle 22	2,0
Durchlässigkeitsbeiwert	Durchlässigkeitsbeiwert (k _f): 1,2 m/d 1,38 * 10 ⁻⁵ m/s	Tabelle 23	8,0
Humusgehalt	4 % bei pH 4,0 – 8,5	Tabelle 28	8,0
Tongehalt	17 % bei pH 4,0 – 8,5	Tabelle 29	6,0

Bioakkumulation Schadstoffe	der	Bei pH 4,0 – 8,5 log Pow Hg 4,5	Tabelle 32	8,0
Relative Bindungsstärke		Bei pH 4,0 – 8,5 Cd = 7 Pb = 0 Hg = 2 As	Tabelle 27	7,0
(Abbaubarkeit Schadstoffe)	der	Niedrige Abbaubarkeit		+2,0
Standortneigung (Erosionsgefährdung)		Unter 1 % Nein	Tabelle 34	3,0 (- 2,0) = 1,0
Menge und Abflußrate der Niederschläge	der	Menge der Niederschläge : 1413,3 mm/a Abflußrate : 30%	Tabelle 39	7,0
Abflußgeschwindigkeit u. Abstand zwischen Altlast u. Gewässer	u.	Geschwindigkeit : 0,5 m/s Abstand : 10 m	Tabelle 40	9,0
(Abwasserbeseitigungsanlage ?)		Ja		(-2,0) = 7,0
Fließgeschwindigkeit und Fließmenge des Gewässers	und	Abstand : 0,5 km Fließmenge : 5 m ³ /s Geschwindigkeit : 0,5 m/s	Tabelle 41	7,0
Ermittlung Gefährdungspotentials örtlichen Verhältnisse	des der	V-Wert		6,3

13.2.5.3.4. Belastungscharakteristik (B)

Belastungscharakteristik	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertun g
Sickerwasserzusammensetzung (Mischungsmöglichkeit zwischen Sickerwasser und Grundwasser ?)	pH (Überschreitung der Grenzwerte) Ja	Tabelle 43	4,0 (+1,0)
Abflußwasserbelastung	Nach Tabelle 13, 14a, 14b und 46 Art der Nutzung Art der Überschreitung Reingebiet : pH, BSB, SS, Colibakterien, As Gebiet A : Gebiet B : Sondergebiet : pH BSB, SS Colibakterien,	Tabelle 46	7,0 9,0
Flußbelastung	Nach Tabelle 11 und 47 Art der Nutzung Art der Überschreitung Industrielles Wasser III : BSB, pH, SS, Cd Industrielles Wasser II : Industrielles Wasser I : Colibakterien, DO Trinkwasser II : Trinkwasser I :	Tabelle 47	9,0
(Akkumulations- Rücklösungsmöglichkeit u. von Schadstoffen im Sediment ?)	Ja		(+1,0)
Ermittlung Gefährdungspotentials Belastungscharakteristik	des der	B-Wert	10,0

13.2.5.3.5. Humantoxikologische Risikobewertung (H)

Gefährliche Stoffe	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Art der gefährlichen Stoffe	Besonders gefährliche Stoffe	Anhang VII	9,3 7,2 9,5 9,1
	Art der Stoffe		
	As 10 10 7 10		
	Pb 4 7 9 8		
	Cd 10 10 9 8		
Hg 10 10 9 7			
Ermittlung des humantoxikologischen Gefährdungspotentials	H-Wert		9,5

13.2.5.3.6. Nutzungscharakteristik (N)

Nutzungscharakteristik	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Art der Nutzung	Art der Nutzung	Tabelle 49	5,0 5,0
	Entfernung		
	Trinkwassererfassung 1,3 km		
	Kinderspielplatz 50 m		
(Altlast im Überschwemmungsgebiet ?)	Nein		(-2,0)
(Schutzwürdige Tiere bzw. Pflanzen ?)	Nein		(-2,0)
Gewässer (landwirtschaftlich verwendet ?)	Ja		(+1,0)
Gewässer (industriell verwendet ?)	Ja		(+0,5)
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Nutzungscharakteristik	N-Wert		2,5

13.2.5.4 Schutzgut Luft

13.2.5.4.1 Allgemeine Angabe

Name der Altlast	Standort Yochon
Schutzgut	Luft
Kreis, Gemeinde	Stadt Yochon
Adresse	
Art der Verdachtsfläche	Industriegebiet
Altlastenkennziffer	
Inbetriebnahme	1969
Betreiber	Stadt Yochon
Eigentümer	LG, Daelim, Honam, Hangukhoahak
Koordination	
Bewertungsdatum	18. 5. 1999

13.2.5.4.2. Stoffgefährlichkeit (S)

Stoffgefährlichkeit	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Stoffinventar bzw. Brancheninventar	Petroleumindustrie	Tabelle 21	10,0
Flächenklasse	19.240.000 m ²		
Dampfdruck der Schadstoffe	Dampfdruck (Pa)		
	Benzol :	10.000	
	Methanol :	12.500	
	Styrol :	630	
	Toluol :	2900	
	o-Xylol :	670	
Vinylchlorid:	333.000		
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Stoffgefährlichkeit	Bewertung nach Tabelle (S-Wert)		10,0

13.2.5.4.3. Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (V₁-V_n)

Örtliche Verhältnisse	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Sickerwasserneubildung	Niederschlag : 1.413,3 mm/a Sickerwasserneubildung : 282,7 mm/a	Tabelle 22	2,0
Luftdurchlässigkeitsbeiwert	Luftdurchlässigkeitsbeiwert (k _f): 1,2 m/d 1,38 * 10 ⁻⁵ m/s	Tabelle 23	8,0
Erstickungsgefahr ?	Ja		+2,0
Explosionsgefahr ?	Ja		+2,0
Umschlossene Räume auf Altlast ?	Ja		+2,0 (=10,0)
PH-Wert und Absorbierbarkeit	pH = 4,0 – 8,5 Sorptionkoeffizient (Koc) Boden GW-Leiter Benzol : 31 89 Methanol : sehr gering Styrol : 270 –500 Toluol : 56,94 250 o-Xylol : 48-68 7 Vinylchlorid : 8,2 1,2-Dichlorid : 33	Tabelle 25	7,0
Humusgehalt	4 % bei pH 4,0 – 8,5	Tabelle 28	8,0
Tongehalt	17 % bei pH 4,0 – 8,5	Tabelle 29	6,0
Bioakkumulation der Schadstoffe	Bei pH 4,0 – 8,5 logPow Biokonzentrationsfaktor Benzol : 2,17 10 Methanol : -0,71 <10 Styrol : 2,98 13,5 Toluol : 2,75 148 o-Xylol : 3,16 6 Vinylchlorid : 1,27 5,7 1,2-Dichlorid : 1,46 9	Tabelle 32	7,0
(Abbaubarkeit der Schadstoffe)	Niedrige Abbaubarkeit		+2,0
Standortneigung (Erosionsgefährdung)	Unter 1 % Nein	Tabelle 34	3,0 (- 2,0) = 1,0
Ermittlung des Gefährdungspotentials der örtlichen Verhältnisse	V-Wert		6,1

13.2.5.4.4. Belastungscharakteristik (B)

Belastungscharakteristik	Bewertungsrelevante Bemerkung	Ermittlung nach	Bewertung
Luftbelastung	Benzol : Methanol : Styrol : Toluol : o-Xylol : Vinylchlorid : Dichlorid :	Tabelle 48	Keine betroffenen Stoffe
Geruchbelastung	Ja		+2,0
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Belastungscharakteristik	B-Wert		+2,0

13.2.5.4.5. Humantoxikologische Risikobewertung (H)

<i>Gefährliche Stoffe</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Art der gefährlichen Stoffe	Benzol : 4 4 10 10 Toluol : 4 4 8,5 7 o-Xylol : 4 4 6 7 Vinylchlorid 4 7 9,5 10	Anhang VII	7,6 6,2 5,4 8
Ermittlung des humantoxikologischen Gefährdungspotentials	H-Wert		8,0

13.2.5.4.6. Nutzungscharakteristik (N)

<i>Nutzungscharakteristik</i>	<i>Bewertungsrelevante Bemerkung</i>	<i>Ermittlung nach</i>	<i>Bewertung</i>
Art der Nutzung	Kinderspielplatz 50 m Wohngebiet 50 m Landwirtschaft 50 m Gewerbe-, bzw. Industriegebiet 5 m	Tabelle 49	8,0 7,0 4,0 5,0
Altlast im Überschwemmungsgebiet ?	Nein		
Schutzwürdige Tiere bzw. Pflanzen ?	Nein		
Ermittlung des Gefährdungspotentials der Nutzungscharakteristik	N-Wert		2,5

13.3 Zusammenfassung und Diskussion der Anwendungsergebnisse des entwickelten Bewertungsverfahrens auf Standorte

13.3.1 Klimatische und geologische Merkmale der beiden Standorte

Um eine Nachfolgedeponie zu finden, wurden systematisch von der Stadtverwaltung im gesamten Stadtbereich potentielle Standorte überprüft. Im Rahmen des raumplanerischen Verfahrens wurden am Standort Saenggok geologische Erkundungen durchgeführt.

Die Ermittlung der Stoffgefährlichkeit ist eine Grundvoraussetzung für die Verdachtsflächen. Die Stoffgefährlichkeit ist als Bewertungsansatz für jedes Schutzgut zu bestimmen. Das Volumen bzw. der Flächenraum der Altlasten, die Müllzusammensetzung einer Altablagerung und Stofftoxizität und -flüchtigkeit am Standort spielen bei der Ermittlung der Stoffgefährlichkeit wichtige Rolle. In die Deponie Saenggok wurden im Zeitraum von 1996 bis 1999 Hausmüll, Gewerbeabfälle und Industrieabfälle mit wenig kritischer Zusammensetzung deponiert. Die geplante Deponie Saenggok hat eine verfügbare Fläche von etwa 330.000 m² und ein Volumen von 10 Millionen m³. Das charakteristische Merkmal der klimatologischen Verhältnisse ist die Regenperiode im Sommer. Nach der Sickerwasservorbehandlung werden die Sickerwässer mit häuslichen Abwässern zusammengeleitet und fließen sie von dort in freiem Zulauf zu einer Aufbereitungsanlage.

Im entwickelten Verfahren wird berücksichtigt, wieviel vom Schadstoff den Gefahrenherd verläßt, wieviel von dem ausgetragenen Schadstoff beim betrachteten Belastungspfad ankommt und wie sich Art und Menge des Schadstoffes beim Transport verändern. Die Einflußgröße der örtlichen Verhältnisse wird in absoluten Größen abgeschätzt. Bei Abschätzung der möglichen Abbau- und Rückhalteeffekte in der ungesättigten und gesättigten Zone werden geologische Faktoren zur Anpassung an die örtlichen Verhältnisse berücksichtigt. Nach dem Untersuchungsergebnis der Deponie liegen die geologisch ungünstigen Umfeldbedingungen vor. Dieser Umstand wird in entsprechend hohe Bewertungszahlen umgesetzt. In der Deponie Saenggok besteht der oberflächennahe erste Grundwasserleiter aus Fein- bis Mittelsanden mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $2,64 \cdot 10^{-8}$ m/s. Die Grundwasseroberfläche des unbedeckten Grundwasserleiters befindet sich 4 m unter der Ablagerungssohllage. Im Bereich des Betriebsgeländes beträgt die Mächtigkeit des Grundwasserleiters ca. 0,5 m. Der

Humusgehalt im Boden beträgt 7 % des gesamten Bodens und der Tongehalt etwa 25 % des untersuchten Bodens. Das Betriebsgelände neigt sich teilweise über 4 % und zeigt teilweise in der Regenperiode des Sommers eine Standorterosion. Die bedeutsamen Merkmale der klimatologischen und geologischen Kenngrößen über die Deponie Saenggok werden in Tabellen 50 dargestellt.

Der Standort Yochon liegt in der Stadt Yochon und grenzt an das Meer. Die Chemiefabriken, die meistens Benzol, Toluol und Ethylen produzieren, sind die bedeutenden Kontaminationsquellen des untersuchten Standortes. Die jahresdurchschnittliche Temperatur ist 13,9 °C und die Niederschlagshöhe liegt mit 1413,3 mm/a. Aufgrund der Grundwasseruntersuchung wird für den Grundwasserleiter in der gesättigten Bodenzone ein Durchlässigkeitsbeiwert von 1,2 m/d angegeben. Wegen der Oberflächenversiegelung am Standort wird die Grundwasserneubildung durch Versickerung der Niederschläge beträchtlich verhindert. Der Grundwasserleiter besteht im wesentlichen aus mittel- bis feinkörnig ausgebildeten Sanden. Ein nutzbarer Porenraum berechnet sich für den Grundwasserleiter mit 20 bis 30 %. Die mittlere Fließgeschwindigkeit im Grundwasserleiter läßt sich mit $2,76 \cdot 10^{-5}$ m/s abschätzen. Da sich der untersuchte Standort mit großer Bedeutung für die Trinkwasserversorgung befindet, wird so die Grundwasserkontamination in der Bewertung entsprechend betrachtet. Der Humusgehalt am Boden des Betriebsgeländes beträgt 4 % und der Tongehalt 14 % des freien Bodens (A_n -Horizont). Die bedeutsamen Merkmale der klimatologischen und geologischen Kenngrößen über den Standort Yochon werden in Tabelle 52 dargestellt.

13.3.2 Vergleich und Fazit der Anwendungsbeispiele auf beiden Altlasten

- Deponie Saenggok

Das Gefährdungspotential eines Standortes ergibt sich aus den Teilbereichen Stoffgefährlichkeit, örtlichen Verhältnissen, humantoxikologischen Risiken und Nutzungscharakteristik, die am Standort und in der Standortumgebung bestimmt werden. In detaillierter Form werden für die Teilbereiche und den zugehörigen Belastungspfad zur Ermittlung der jeweiligen Einflußgrößen und deren Bedeutung für die Umwelt beschrieben.

Die in Kapitel 13 angegebenen Altlastensituationen umfaßt die Stoffinventare, die geologischen

Merkmale und nutzungsspezifischen Standortgegebenheiten. Mit Hilfe des entwickelten Bewertungsverfahrens werden diese Standorte bewertet. Für die Gesamtbewertung der Ablagerung Saenggok wurden vier wichtige Schutzgüter berücksichtigt. Im Grundwasserabstrom der Deponie befinden sich mehrere Grundwassernutzungen. Zur Beurteilung der Belastungssituation des Grundwassers stehen die hydrochemischen Untersuchungsergebnisse der Wasserversorgungsbrunnen im Umfeld der Ablagerung zur Verfügung (siehe Anhang V). Bei der Abschätzung des Gefährdungspotentials der Grundwasserkontamination werden die Grundwasser- und Trinkwassergrenzwerte als Bewertungsmaßstäbe herangezogen. Die Analysenergebnisse aus dem ersten Grundwasserleiter führen dazu, daß zwei Untersuchungsparameter CI und CSB der Meßbrunnen im näheren Umfeld eine Überschreitung der Grenzwerte zeigen. Für den Parameter Colibakteriengruppe ergibt sich eine Überschreitung der Trinkwassergrenzwerte der Trinkwasserverordnung. Für den zweiten Grundwasserleiter der betroffenen Fläche können aufgrund der unzureichenden vorhandenen Informationen keine abschließenden Aussagen für eine Beeinträchtigung durch das Deponiegelände getroffen werden. Die Bewertungsergebnisse über den Belastungspfad Grundwasser der Deponie Saenggok zeigen eine deutliche Gefährdung bei der Nutzungscharakteristik (Punkt 10,0), da im Grundwasserabstrom eine sensible Grundwassernutzung stattfindet. Ein Bewertungspunkt (7,8) ergibt sich als Zwischenbewertung für Grundwasser. Der Handlungsbedarf für Grundwasser ist da, es müssen Sicherungsmaßnahmen durchgeführt werden, da hier eine hochgefährliche Situation vorliegt.

Aufgrund des Untersuchungsergebnisses wird die Immissionssituation des Belastungspfads in die Bewertung einbezogen. Bei Beurteilung der Belastungscharakteristik verschiedener Umweltmedien sind altlastrelevante gesetzliche Regelwerke in die Gefährdungsabschätzung herangezogen. Für die Beurteilung der Beeinflussungsgröße des Bodens durch die Deponie stehen die Analysenergebnisse der Bodenuntersuchungen von 20 Bodenmeßstellen zur Verfügung. Der pH-Wert als Feldparameter und einige Schwermetalle wie Cu, Cd, As, Zn und Pb werden untersucht. Für die Abschätzung der Bodenbelastungen wurden die Vorsorge- und Maßnahmenwerte des BodSchG (Tabelle 6) herangezogen. Die Analysenergebnisse für Schwermetalle und Feldparameter pH-Wert zeigen im wesentlichen keine Überschreitung der Vorsorge- und Maßnahmenwerte des BodSchG. Die Einflußgröße der Bodenkontamination auf die Bodenveränderungen wurde als nicht kritisch geschätzt. Stoffe können entsprechend ihrer Toxizität und ihrer nachgewiesenen Konzentrationen im Boden eingestuft werden. Bei

Ermittlung des humantoxikologischen Risikos werden die schädlichen Wirkungen der Stoffe sowie die Beziehung von Konzentration und Wirkung betrachtet. Die zu untersuchenden Wirkungen umfassen akute Toxizität, chronische Toxizität, Mutagenität und Kanzerogenität. Bei der Gefährdungsabschätzung vom Boden wurde eine auffällige Bewertungszahl (9,5) für den Parameter humantoxikologische Risikobewertung gezeigt. Eine niedrige Punktzahl (2,5) für den Bewertungsparameter Belastungscharakteristik deutet auf eine nicht kritische Gefährdungsbeeinträchtigung durch Schadstoffausbreitung über die Bodenpfade hin.

Zur Gefährdungsabschätzung des Oberflächengewässers werden die in Tabellen 13, 14a und 14b aufgelisteten Emissionsgrenzwerte in die Bewertung miteinbezogen. Zur Feststellung der Gewässerveränderung wurden die organischen Summenparameter, die Schwermetalle und der hygienischen Parameter analysiert. Nach der Gewässeruntersuchung von sechs Gewässermeßstellen zeigten sich mehrere Überschreitungen der Grenzwerte des Wasserschutzgesetzes. Bei den Parametern Zahl der Colibakterien, Schwebstoffe und Sauerstoffgehalt waren einige Überschreitungen des Richtwertes der Trinkwasserverordnung aufzuweisen. Aufgrund der Analysenergebnisse des Oberflächengewässers im Abstrombereich des Deponiegeländes erlauben die analysierten Parameter eine wahrscheinliche Beeinträchtigung des Oberflächengewässers, wird diesem Standort ein hohes Gefährdungspotential zugewiesen (Punkt 9,0). Die daraus resultierende Handlungsempfehlung entspricht dem Handlungsbedarf ‚D‘, der als hochgefährlich bezeichnet wird.

Für die Beeinträchtigungsabschätzung des Luftpfades wurden die Analysenwerte der Luftbelastung von drei Meßstellen herangezogen, die im Anhang V aufgelistet sind. Als Summenparameter wurden TSP und PM-10, als Einzelparameter NO_3 , CO und O_3 und als Schwermetalle Pb analysiert. Der Belastungsstand des Luftpfades durch Schadstoffaustrag vom Deponiekörper wurde nach den Richtwerten des Luftschutzgesetzes (Anhang IV) ermittelt. Die Gesamtbewertung zeigt, daß die Parameter TSP, PM-10 und SO_2 die gesetzlichen Jahresmittelwerte überschritten. Eine Staubentwicklung aus dem Deponiekörper ist zu erwarten. Insbesondere wird eine starke Staubentwicklung durch den Verkehr der Müllwagen eintreten. Für die Abschätzung der Geruchbelastung durch das von der Deponie ausgegangene Deponiegas wurden die Proben an 32 Meßstellen entnommen. An vier Meßstellen wurden die starken Geruchsbelastungen bemerkt. Das massive Flächenmaß und der

hohe Müllanteil der Deponie Saenggok wiesen einen auffälligen Beeinflussungsgrad der Luftpfade auf. Darüber hinaus wurden vier Punkte für die Zwischenbewertung zugeschlagen, da im Betriebsgelände keine Einrichtung zur Deponiegassammlung und keine Nutzungsmöglichkeit von Deponiegas vorhanden sind. Die festgestellte Geruchsbelastung im Umfeld der Deponie (besonders im Wohngebiet) trägt zur Erhöhung eines Beeinträchtigungsgrades bei.

- Standort Yochon

Die Stoffeigenschaften, die Standortbedingungen und die Nutzungen auf der Verdachtsfläche und im Umfeld bestimmen Art und Umfang der Freisetzung, die Ausbreitung und die Wirkung der Stoffe. Das jeweilige Gefährdungspotential einer Verdachtsfläche kann als Funktion der fünf unabhängigen Kriterien beschrieben werden. Sie erfassen die Verhältnisse am Standort und in seiner Umgebung.

Die Bewertung des Gefährdungspotentials dieser Standort erfolgt nach dem neu entwickelten Bewertungsverfahren dieser Arbeit. Zur Gefährdungsabschätzung des Grundwassers stehen die Analysenergebnisse von 16 Grundwassermeßstellen und weitere Untersuchungsergebnisse von zwei Überwachungsbrunnen im Umfeld der Deponie zur Verfügung (Anhang VI). Toluol und Cyanid werden an meisten Meßstellen nachgewiesen, während die Analysenergebnisse der anderen Schwermetalle und organischen Verbindungen unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenze liegen. Die Analysenergebnisse der Grundwasserproben von zwei Grundwasserüberwachungsbrunnen überschreiten die Grenzwerte einer industriellen Grundwassernutzung bei den Parametern CSB und Pb. Wegen des großräumigen Flächenmaßes der Altlast Yochon und der hohen Leichtflüchtigkeit von organischen Verbindungen (insbesondere Vinylchlorid und Methanol) sind hohe Stoffgefährlichkeiten für Schutzgüter festzustellen. Weitere Merkmale sind die Grundwassernutzungen als Brauchwasser (häuslich und industriell) im Umfeld des Standortes. Für die hohe Bewertung des Standortes ist neben der hohen CSB und Bleibelastung auch die Grundwassernutzung als Brauchwasser verantwortlich. Bei der Abschätzung der Grundwasserbeeinträchtigung tragen die Bewertungsparameter Stoffgefährlichkeit und die humantoxikologische Risikobewertung zur Zwischenbewertung für das Schutzgut Grundwasser bei.

Zur Abschätzung der Beeinflussungsgrößen der Bodenveränderung durch Altlast wurden Beprobungen an 24 Meßstellen durchgeführt. Die Analysenwerte für die Parameter Quecksilber und Zink überschritten geologische Hintergrundwerte mit den Faktoren 5 bis 10. Der Parameter Phenol und andere organischen Verbindungen weisen keine auffälligen Nachweiswerte auf.

Es werden die Empfindlichkeit des Schutzgutes gegenüber den eingetragenen Schadstoffen und die Schutzwürdigkeit der Nutzung berücksichtigt. Die Bedeutung der Schutzgüter hängt davon ab, ob und in welcher Art eine derzeitige oder zukünftige Nutzung besteht bzw. vorgesehen ist und welche Beeinträchtigungen der Nutzungen durch den Gefahrenherd zu erwarten sind. Im näheren Umfeld des Standortes existieren verschiedene empfindliche Bodennutzungen wie Kinderspielplatz (50 m), Wohngebiet (50 m), Landwirtschaftsgebiet (50 m) und Trinkwassererfassung (1,3 km). Für den Bewertungsparameter Belastungscharakteristik wird eine niedrige Bewertungszahl festzustellen, da nach Analyseergebnissen für den Boden keine Überschreitung der Richtwerte aufzulegen ist. Bewertungsmerkmale sind einerseits die vorliegende Standortnutzung, andererseits aber auch die niedrigen Bodenkontaminationen. Die Zwischenbewertung über das Schutzgut Boden wird als D bezeichnet, das dem Handlungsbedarf ‚hochgefährlich‘ entspricht.

Die Analyseergebnisse der Abflußwasser und Flußbelastung in neun Meßstellen zeigen mehrere Überschreitungen der Emissionsgrenzwerte und Gewässernutzungskriterien. Die Untersuchungsergebnisse ergeben, daß einige Parameter pH, BSB, Schwebstoffe und die Zahl der Colibakterien die Emissionsgrenzwerte der Gewässerschutzklasse ‚Sondergebiet‘ überschritten. Bei Arsen ist eine Überschreitung der Gewässerschutzklasse ‚Reingebiet‘ festzustellen. Bei der Beurteilung der Flußbelastung sind für die Parameter pH, SS und Kadmium die Gewässernutzungsgrenzwerte der industrielle Gewässernutzung III (siehe Tabelle 13, 14a und 14b) zu überschreiten. Die Analyseergebnisse weisen häufige Überschreitungen der Gewässerschutz- und Brauchwasserkriterien auf.

Bei der Betrachtung der Teilbereiche unterscheiden sie sich in relativ großem Umfang. Der Bewertungsparameter ‚Belastungscharakteristik‘ zeigte einen erheblichen Wert von 10,0, während der Bewertungsparameter ‚Nutzungscharakteristik‘ nicht kritisch abgeschätzt wurde, da sich am Standort keine sensible Gewässernutzung befindet. Die Bewertungszahl für das Schutzgut Oberflächengewässer entspricht dem Handlungsbedarf ‚Durchführung von Sicherungsmaßnahmen‘.

Die Luftanalysenergebnisse für die Parameter SO₂, CO, NO₂, TSP, PM-10, O₃ und Pb, die nach dem Luftschutzgesetz zu regeln und deren Grenzwerte festzustellen sind, zeigen keine auffälligen Konzentrationen in der Luft. Zur Ermittlung der Stoffgefährlichkeit von Schadstoffen für den Belastungspfad Luft kann der Dampfdruck angewandt werden. Die in elf Meßstellen untersuchten Analysenergebnisse für organische Schadstoffe weisen hohen Dampfdruck auf. Insbesondere sind die Dampfdrücke für Vinylchlorid (333,000 Pa) und Methanol (12,500) als hoch festzustellen. Solche leichtflüchtigen Schadstoffe spielen bei der Beurteilung der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit eine wichtige Rolle. Dabei wird das Stoffgefährdungspotential hoch eingestuft (Punkt 10,0). Eine besondere Aufmerksamkeit ist auf Benzol, Vinylchlorid, Dichlorethan und Chloroform zu richten, da solche Stoffe bereits in geringer Menge eine schädlichen Wirkung auf die menschliche Gesundheit ausüben. Die hohe Flüchtigkeit (für Vinylchlorid 333.000 Pa) erlaubt eine hohe Stoffgefährlichkeit (Punkt 10,0) für das Schutzgut Luft. Die hohe Giftigkeit der organischen Verbindungen trägt zur Erhöhung des Gefährdungspotentials bei.

Das Gefährdungspotential einer Verdachtsfläche ergibt sich aus der additiven Verknüpfung der Punkte, die sich aus den fünf Bewertungsgruppen ergeben. Alle bewertungsrelevanten Fakten werden in einem Bewertungsbogen belegt. Die Punktzahlen aus den Einzelbewertungen werden summiert und aus Gründen der Anschaulichkeit auf maximal 10 Punkte normiert. Nach der Verknüpfung dieser Kategorien ist das Gefährdungspotential bestimmt und die Bearbeitungspriorität kann festgelegt werden. Das sich daraus ergebende maßgebliche Risiko bestimmt zusammen mit dem Beweisniveau den Handlungsbedarf.

Resultierend aus den einzelnen Bewertungsergebnissen zeigt sich in der Gesamtbewertung eine deutliche Gefährdungseinstufung und Priorität der jeweiligen Standorte (Handlungsbedarf D benötigt Durchführung von Sicherungsmaßnahmen).

14 Schlußfolgerung

Die systematische Erfassung von Verdachtsflächen und deren historische Erkundung stehen zu Beginn der Altlastenbearbeitung. Zur Erkundung und Untersuchung sowie Sanierung von Altlastverdachtsflächen ist die Anwendung einheitlicher und systematischer Bewertungsverfahren notwendig, da im Einzelfall die Beeinträchtigung durch Altlasten im Informationsstand und Belastungsaspekt sehr unterschiedlich ist und bei der Altlastenbearbeitung dauernd finanzieller und zeitlicher Aufwand erforderlich ist. Durch einheitliche Bewertungskriterien kann die Feststellung einer Bearbeitungspriorität gewährleistet und die Aussagen über den Handlungsbedarf getroffen werden. Um mehr Informationen zu erhalten, müssen detaillierte Untersuchungen durchgeführt werden (Erfassung, orientierende Untersuchung und Detailuntersuchung). Nach dem jeweiligen Bewertungsergebnis ist zu beurteilen, ob eine weitere fachliche Untersuchung für die Verdachtsfläche erforderlich ist.

In der vorliegenden Arbeit wird die Altlastenproblematik in Korea diskutiert und die Notwendigkeit koreanischer Bewertungsverfahren begründet. Im Kapitel 3 werden die Bewertungsmodelle der USA, Bundesrepublik und Japans analysiert. Im Kapitel 4 sind als Rahmenbedingungen zum Aufbau koreanischer Bewertungsverfahren die rechtlichen Grundlagen zu analysieren. In Kapitel 7 bis 12 wird das Bewertungsverfahren erläutert. Zur Entwicklung eines optimierten Bewertungsverfahrens für die koreanische Altlastproblematik wird eine Vielzahl von umweltrechtlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt.

Gefahrenverdächtige Flächen werden in Altstandorte und Altablagerungen eingeteilt. Der Verfahrensablauf wird voneinander unabhängig beschrieben, da die Ursache der Kontamination von Altstandorten und Altablagerungen unterschiedlich ist und beide nach unterschiedlichen gesetzlichen Aspekten geregelt werden.

Im ersten Schritt eines Bewertungsablaufs ist die Stoffgefährlichkeit zu definieren. Nach der abgelagerten Abfallart und dem branchenspezifischen Schadstoffinventar ist die Stoffgefährlichkeit zu ermitteln. Die Diskussion über die Altlastenproblematik besteht nicht nur in Altlasten selbst, sondern auch in Schutzgütern, deswegen werden in dieser Arbeit vier Belastungspfade Boden, GW, OG und Luft berücksichtigt und ihre Beeinträchtigungen

ermittelt. Ausgehend von einer Stoffgefährlichkeit schätzt man in weiteren Verfahrensschritten ab, wie weit sich die tatsächlichen örtlichen Verhältnisse risikomindernd bzw. -erhöhend auswirken. Bei einigen Bewertungsparametern werden Abweichungen mit Zu- oder Abschlägen bewertet. Unter Berücksichtigung eines Kontaminationszustandes werden die nachgewiesenen Stoffspektren im Boden, GW, OG und der Luft zur Bewertung herangezogen.

Das ermittelte Risiko wird entsprechend der Bedeutung des Schutzgutes im weiteren Verfahrensschritt gewichtet. Im Bewertungsverfahren dieser Arbeit werden die Einflußfaktoren für die humantoxikologische Risikoabschätzung mit den Stoffgefährlichkeiten berücksichtigt. Daraus resultierende Bewertungspunkte leiten ein maßgebendes Risiko sowie einen Handlungsbedarf bei Verdachtsflächen ab. Um das maßgebende Risiko zum Handlungsbedarf zu bekommen, ist es notwendig, das BN zu charakterisieren. Danach hat sich die Dringlichkeit nach der Höhe des maßgebenden Risikos zu richten. Zum Schluß ist für jedes Schutzgut ein gesonderter Bewertungsbogen anzulegen. Im letzten Schritt wird das neu entwickelte Bewertungsverfahren auf altlastverdächtige Flächen angewendet. Dadurch ist die Bewertungssicherheit und Nützlichkeit des neu geschaffenen Bewertungsmodells zur Gefährdungsabschätzung von Altlasten zu gewährleisten.

Das Gefährdungspotential einer Verdachtsfläche hängt davon ab, in welchem Ausmaß gefährliche Stoffe von dem Standort über die Umweltbereiche Wasser, Boden und Luft zu einem Schutzgut gelangen. Die Stoffeigenschaften, die Standortbedingungen und die Nutzungen auf der Verdachtsfläche und im Umfeld bestimmen Art und Umfang der Freisetzung, die Ausbreitung und die Wirkung der Stoffe. Das jeweilige Gefährdungspotential einer Verdachtsfläche kann als Funktion der fünf unabhängigen Kriterien Stoffcharakteristik, Standortcharakteristik, Belastungscharakteristik, humantoxikologische Charakteristik und Nutzungscharakteristik beschrieben werden. Das entwickelte Bewertungsverfahren kann mit Festlegung der Grundsätze der Bewertungskriterien für verschiedene Belastungspfade zur Prioritätensetzung bei der Gefährdungsabschätzung von Altablagerungen und Altstandorten dienen.

Das entwickelte Bewertungsverfahren hat folgende Merkmale:

- Das Bewertungsverfahren besitzt große Anwendungsmöglichkeiten auf koreanische Situationen, da beim Aufbau des Bewertungsverfahrens alle möglichen altlastrelevanten umweltrechtlichen Regelwerke berücksichtigt werden.
- Die Bewertungsalgorithmen des entwickelten Bewertungsverfahrens sind nicht kompliziert und voneinander unabhängig. Durch Änderung der individuellen Bewertungsparameter kann das Bewertungsverfahren weiterentwickelt und verbessert werden.
- Das Bewertungsverfahren beachtet verschiedene Schutzgüter (GW, Luft, OG und Boden). Für die jeweiligen Schutzgüter ist eine zusammenfassende Gefährdungsabschätzung möglich, und ein einzelner Handlungsbedarf kann abgeleitet werden.
- Das Bewertungsverfahren kann zur vergleichenden Abschätzung und Sanierungsprioritätensetzung mehrerer Verdachtsflächen zur Verfügung stehen.
- Das Bewertungsverfahren kann zu einer einfachen, übersichtlichen und nachvollziehbaren Dokumentation der Fakten führen.

Zur entwicklungsentsprechenden Auflösung der Altlastenproblematik in Korea werden folgende Punkte vorgeschlagen:

- Ein landesweit systematisches Bodeninformationssystem ist erforderlich (Bodeninformationssystem umfaßt Bodenbelastungsinformationssystem, Bodenveränderungsinformationssystem und Bodennutzungsinformationssystem).
- Die Art der durch BodSchG geregelten Schadstoffe (meistens Schwermetalle) muß sich auf organische Verbindungen einschließlich BTX ausdehnen.
- Ein landesweit einheitliches Bewertungsverfahren ist zur Gefährdungsabschätzung der Verdachtsflächen erforderlich. Dieses Bewertungsverfahren muß altlastrelevante gesetzliche Kriterien berücksichtigen.

- Die zur Durchführung der orientierenden und detaillierten Altlastenuntersuchung benötigten Untersuchungsparameter sind bei Altlastenbearbeitung zu erklären.
- Das Sanierungsziel einer Verdachtsfläche muß durch Feststellung des Flächennutzungsplanes bestimmt werden.
- Der Wissensverstand des Zentralen Umweltministeriums muß mit den Kenntnissen der lokalen zuständigen Umweltbehörden vereint werden, um eine fachgerechte und möglichst einheitliche Bewertung zu erreichen.
- Um systematische Maßnahmen zur Altlastenproblematik zu ergreifen, sind langfristig umweltpolitische Pläne aufzustellen.

Literaturverzeichnis

- [1] Bartels, E.; Abfallrecht: Eine systematische Darstellung, Schriftenreihe des Freiherr-vom-Stein-Institutes; Band 9, Münster 1987, S. 2; S.36-37
- [2] Böhm H. R.; Folgenutzungen kontaminierter Betriebsflächen unter besonderer Berücksichtigung der Sanierungsgrenzen, 18. Wassertechnisches Seminar, Darmstadt 1990, S. 1-34
- [3] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL); Altlasten: Anwendbarkeit von Richt- und Grenzwerten aus Vorschriften anderer Anwendungsbereiche bei der Untersuchung und Beurteilung von Altlasten, Bern 1996, S.12-67
- [4] Bundesanstalt für Arbeitsschutz; Verordnung über gefährliche Stoffe: Gefahrstoffverordnung und Anhänge I-VI, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund 1991, S. 2-12
- [5] Bundesbodenschutzgesetz; Bundesgesetzblatt 1998, 502 vom 17. März 1998, § 2 Begriffsbestimmung
- [6] Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie; Internationale Erfahrungen zur Altlastensanierung, Berlin 1995, S. 2.1.1; S. 2.11.3; S. 2.11.5; S.2.11.32-33; S. 2.6.3-4
- [7] BUWAL; Anwendbarkeit von Richt- und Grenzwerten aus Vorschriften anderer Anwendungsbereiche bei der Untersuchung und Beurteilung von Altlasten, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 1996, 5-32
- [8] Carl Heymanns Verlag KG; Verordnung über gefährliche Stoffe, Köln 1991, 6. Auflag, S.6-34
- [9] Czurda, Kurt A.; Deponie und Altlasten: Sickerwasser- und Grundwassersanierung, EF-Verl. Für Energie- und Umwelttechnik, Berlin 1992, S. 5-69
- [10] Gehrke, D.; Die Entwicklung von Sanierungskonzepten für Altstandorte, Fortschr.-Ber. VDI Reihe 4 Nr. 122. Düsseldorf 1993, S.3-21
- [11] Dahm, W.; Sickerwasserreinigung, Stand der Technik 1993/4, zukünftige Entwicklungen, Fließgewässer Verl. Für Energie- und Umwelttechnik; Berlin 1994, 4-54
- [12] Deutsche Forschungsgemeinschaft; Schadstoffe im Grundwasser; Langzeitsverhalten von Umweltchemikalien und Mikroorganismen aus Abfalldeponien im Grundwasser, Weinheim, S.23-54
- [13] Drescher, J.; Deponiebau, Berlin 1997, S.8-22
- [14] DVWK; Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren: Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen; Teil 1 : DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft; H.212, Hamburg; Berlin; Parey 1988, S. 1-8

- [15] Hans, H., Neumann N.; Altlasten: Erkennen, Bewerten, Sanieren, 2. Auflage, Berlin 1993, S.12-45
- [16] Hartge und Horn; Einführung in die Bodenphysik, Stuttgart 1991, S. 156
- [17] Haug, W.; Deponietechnik, STRABAG AG, Köln 1992, S.6-42
- [18] Heath R. C.; Einführung in die Grundwasserhydrologie: Originaltitel des United States Geological Survey Water-Supply Paper 2220, Oldenbourg 1988, S. 10-16; S. 28-31; S. 54-58
- [19] Holzwarth F.; Bodenschutz und Altlasten, 1998, S. 17 und 27
- [20] Institut für die internationale Umweltproblematik; Umweltrelevante Regelwerke, Korea 1997, Zweite Auflage, S.3-43
- [21] Kiehne, M.; Entwicklung eines Verfahrens zur Sanierung kontaminierter Böden, Diss. , Berlin 1996, S.34,65
- [22] Köller, H. von; Leitfaden Abfallrecht: Ein Ratgeber für Betriebsbeauftragte für Abfall, Entsorger und Verwaltung (Abfallberater); mit den Texten aller Bundesgesetze, Verordnungen und allgemeinen Verwaltungsvorschriften, Berlin 1993, 4. Auflage
- [23] Keller, A.; Vergleich von Bewertungssystemen zur Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren, Diplomarbeit an der TU Berlin, S.119; Berlin 1994, S.4-35
- [24] Kim, S; Untersuchung der Umweltveränderungen der Deponie Saenggok, Auftrag der Stadt Pusan, Pusan 1998, S.3-65
- [25] Kinner U. H., Kötter L. & Niclauß M.; Branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen: ein erster Schritt zur Gefährdungsabschätzung für ehemalige Betriebsgelände, Institut für Umweltschutz (INFU), Berlin 1986 , S.54
- [26] Kommission der europäischen Gemeinschaften; Rechtsvorschriften für gefährliche Stoffe: Einstufung und Kennzeichnung in der europäischen Gemeinschaft, Band 1, Brüssel und Luxemburg 1987, S. xiii
- [27] Kühn, W.& Sperling A.; Bericht zur Erfassung, Erstbewertung und Schätzung der Höhe von Notwendigen Sanierungskosten auf dem Betriebsgelände der Holzhandels- und Verarbeitung GmbH Satin, Umweltministerium M-V, Schwerin 1992, S.23,22,34
- [28] Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen; Gefährdungsabschätzung bei Altlasten, In Zusammenarbeit mit Bund der Wasser- und Kulturbauingenieure Landesverband Nordrhein-Westfalen e.V., KFAA Essen-Heidhausen 1986, S. 3-24
- [29] Landesanstalt für Umweltschutz; Handbuch Altlasten, Der Deponiegashauhalt in Altablagerungen - Leitfaden Deponiegas -; Karlsruhe 1992, S. 92-93
- [30] Lee; Umweltrecht, Seoul 1993, S. 4-10

- [31] Lee; Umweltschutz, Bodenschutz und Planung, Technische Universität Berlin, FAGUS-Schriften, Band 6; 1995 Berlin, S. 1; S. 343
- [32] Lersner, in; Otto Kimmnich u.a. (Hrsg.), Handwörterbuch des Umweltrechts, S. 818-824
- [33] Lewandowski J., Leitschuh S. & Koß V.; Schadstoffe im Boden: Eine Einführung in Analytik und Bewertung, Springer-Verlag 1997, S.3-56
- [34] Lühr, H. P-.; Stoffgefährlichkeit r_0 für die vergleichende Gefährdungsabschätzung von Altstandortverdachtsflächen, IWS-Schriftreihe Band 20, Berlin 1995, S. 9; S. 22; S. 26-40
- [35] Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen; Hinweise zur Ermittlung von Altlasten: Erfassung, Erstbewertung, Untersuchung und Beurteilung von Altablagerung und gefahrverdächtigen Altstandorten, Düsseldorf 1985, S.3-33
- [36] Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg; Altlasten-Handbuch, Teil I: Altlastenbewertung. - Wasserwirtschaftsverwaltung, Heft 18, Stuttgart 1987, S. 50-53; S. 111
- [37] Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg; Altlasten-Handbuch, Teil II: Untersuchungsgrundlagen. - Wasserwirtschaftsverwaltung, Heft 19, Stuttgart 1987, S. 2-24; S. 95
- [38] Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg und Umweltbundesamt; Zeitgemäße Deponietechnik III, Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft Band 35, Stuttgart 1989, S.23
- [39] Ministerium für Umwelt und Landesentwicklung Sachsen; Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 3: Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Grundwasser, Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden 1995a, S. 74
- [40] Ministerium für Umwelt und Landesentwicklung Sachsen; Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 4: Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Boden, Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden 1995b, S. 79
- [41] National Environmental Institute; Green Contribution 21, Endbericht; Seoul 1997, S. 53
- [42] National Environmental Institute; Untersuchungen der Umweltveränderungen in Industriegebiet Yochon; Seoul 1997, S3-231
- [43] Prusko, V.; Vergleich ausgewählter bundesdeutscher Verfahren zur Abschätzung des Grundwassergefährdungspotentials von Altablagerungen sowie Entwicklung und Anwendung eines optimierten Verfahren, Dissertation an der TU Berlin-FB 9; Berlin 1995, S. 22,27,33,43,66
- [44] Rettenberger, Von G. & Stegmann, R.; Erfassung und Nutzung von Deponiegas, Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 6; Bonn 1994, S. 12-32

- [45] Römer M.; Grundlagen zur Aufstellung einer optimierten Untersuchungsstrategie für Altlastverdachtsflächen, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Aachen 1996, S.34
- [46] Roth H.; Wasserhaushaltsgesetz: Textausgabe mit Erläuterungen und Ausführungsvorschriften sowie Einführung zum gesamten Recht der Wasserwirtschaft, Berlin 1988, S.16
- [47] Schachtschabel, P & Scheffer, F; Lehrbuch der Bodenkunde, 10. Aufl., Stuttgart: Enke 1979, S. 5-121
- [48] Schachtschabel, P & Scheffer, F; Lehrbuch der Bodenkunde, 14. Aufl., Stuttgart: Enke 1998, S. 104-116; S. 117-122; S. 45-86; S. 96; S. 87-103
- [49] Schwachheim, Jürgen F.; Unternehmenshaftung für Altlasten : die polizeirechtliche Verantwortlichkeit der Industrie unter besonderer Berücksichtigung des Verfassungsrechts, Köln 1991, S. 2; S. 4; S. 151; S. 152
- [50] Stegmann R.; Entwicklungstendenzen in der Deponietechnik unter Berücksichtigung abfallwirtschaftlicher Aspekte und der Nachsorge, Hamburger Berichte Band 12, Dokumentation der 1. Hamburger Abfallwirtschaftstage 'Deponietechnik' '98 vom 28.-29. Januar 1998
- [51] Storm, P.-C.; Umweltrecht: Einführung in ein neues Rechtsgebiet, Berlin 1987, Zweite Auflage, S. 14; S. 11; S. 85; S. 103
- [52] Thome-Kozmiensky, Karl J.; Deponie : Ablagerung von Abfällen, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin 1987, S.53,44,54
- [53] Thome-Kozmiensky, Karl J.; Deponie 4: Ablagerung von Abfällen, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin 1990,S.32.45
- [54] Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt; Altlastenleitfaden, Band I: Erfassung und Erstbewertung, Thüringer Landesanstalt für Umwelt, Eisenach 1995, S. 80
- [55] Umweltbundesamt; Internationale Erfahrungen der Herangehensweise an die Erfassung, Erkundung, Bewertung und Sanierung Militärischer Altlasten, Band 1; Berlin 1997a, S. 22,54,3,54
- [56] Umweltbundesamt; Internationale Erfahrungen der Herangehensweise an die Erfassung, Erkundung, Bewertung und Sanierung Militärischer Altlasten, Band 2; Berlin 1997b, Text 4, S. 21-54
- [57] Umweltbundesamt; Handlungsanleitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden, Texte 26; Berlin 1995, S.3-54
- [58] Umweltministerium; Umweltdatenbuch, Korea 1997a, S. 75

- [59] Umweltministerium; International Seminar on the Remediation Technologies of Contaminated Soil, Seoul 1997b, S. 5-17; S. 69-88
- [60] Weber, Hans H. & Neumaier, H.; Altlasten, Springer-Verlag, 2. Auflage; 1993, S. 113-130; S. 133-151; S. 83
- [61] Wilhelm, S.; Umweltrecht : Ein Grundriss, Heidelberg 1996, S. 4-65
- [62] Winkler, M.; Das Transportverhalten von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in der gesättigten Zone von Altlasten und Deponie, Aachen 1995, S. 5-25
- [63] Kerndorff, H. ; Entwicklung von Methoden und Maßstäben zur standardisierten Bewertung von Altablagerungsstandorten und kontaminierten Betriebsgeländen insbesondere hinsichtlich ihrer Grundwasserverunreinigungspotentiale, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes Berlin, S.23,61
- [64] Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen; Hinweise zur Ermittlung von Altlasten, Erfassung, Erstbewertung, Untersuchung und Beurteilung von Altablagerungen und gefahrverdächtigen Altstandorten, Düsseldorf 1985, S. 5-32
- [65] Borries H.-W. ; Altlastenerfassung und Erstbewertung, 1. Auflage, 1992, S. 3-23
- [66] Wilderer Peter A. & Faulstich M. ; Altlastensanierung in Bayern, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München 1997
- [67] Dreher P. ; Verwertung von Bodenmaterial, Beiträge zur Jahrestagung 1996 des Bundesverbandes Boden, Berlin 1997, S.23-43
- [68] Lück P. ; Qualitätssicherung bei der Altlastenbearbeitung, Umweltinstitut Offenbach, Springer-Verlag 1997, S.23-54
- [69] Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen ; Gefährdungsabschätzung bei Altlasten, Referate der Fortbildungsveranstaltung des Landesamtes für Wasser und Abfall NRW, Düsseldorf 1991, S. 2,43,54
- [70] Schulte-Hostede S.; Altlasten-Bewertung, Datenanalyse und Gefahrenbewertung, Aktualisierte Beiträge des Symposiums CONLIMES '94, Landsberg 1996, S.32
- [71] Brandt E. ; Altlasten, Bewertung, Sanierung und Finanzierung, 3. Auflage, Blottner, 1993, S.23.43
- [72] Czurda u. Wagner; Tone in der Umwelttechnik, Karlsruhe: Dtsch. Ton- u. Mineralgruppe am Lehrstuhl für Angewandte Geologie der Universität Karlsruhe 1988, Scheffer-Schachtschabel (13.), S. 90–139, 306

Anhang I

Nach AbfMaG festgesetzte Abfälle (Sonderabfall)

1. Altsäure (unter pH 2,0)
2. Altbasen (über pH 12,5)
3. Altöl (über 5 %)
4. Organische Lösungsmittel
 - A. Halogene (nach Verordnung des Umweltministers)
 - B. Außer Halogenen (nach Verordnung des Umweltministers)
5. Hochmolekulare Verbindungen
 - A. Kunstharz
 - B. Kunstgummi
 - C. Ölfarbe und Lackfarbe
6. Asbest
7. Metallische Schlacke (nach Verordnung des Umweltministers)
8. Staub (nach Verordnung des Umweltministers)
9. Gußschlacke
10. Keramischer Rest (nach Verordnung des Umweltministers)
11. Schlacke aus Verbrennungsanlagen (nach Verordnung des Umweltministers)
12. Verfestigungsrest (nach Verordnung des Umweltministers)
13. Altkatalysator (nach Verordnung des Umweltministers)
14. Absorbierungs- und Adsorptionsmittel (nach Verordnung des Umweltministers)
15. Agrarchemikalien
16. Polychlorierte Biphenyle
 - A. Flüssigkeit (über 50 mg/l)
 - B. Außer Flüssigkeit (über 50 mg/l im Eluat)
17. Schlamm (unter 95% Wassergehalt)
 - A. Klärschlamm (nach Verordnung des Umweltministers)
 - B. Prozeßschlamm (nach Verordnung des Umweltministers)
18. Sonstige Schadstoffe, die vom Umweltminister bestimmt werden

Halogene in Beziehung zu Nr.4 A

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 1. Dichloromethane | 2. Trichloromethane |
| 3. Tetrachloremethane | 4. Dichlorodifluormethane |
| 5. Trichlorofluoromethane | 6. Dichloroethane |
| 7. Trichloroethane | 8. Trichlorotrifluoroethylene |
| 9. Trichloroethylene | 10. Tetrachloroethylene |
| 11. Chlorobenzene | 12. Dichlorobenzene |
| 13. Monochlorophenol | 14. Dichlorophenol |
| 15. Trichlorophenol | |

Außer Halogenen in Beziehung zu Nr.4 B

1. Glyceroltriacetate
2. n-Butylalcohol
3. n-Hexane
4. Nitrobenzene
5. Decahydronaphthalene
6. Dimethylsulfide
7. Dimethylformamide
8. Diacetin
9. Diethyleneglycol
10. Diethylsulfoxide
11. Diethyleneether
12. Dioxan
13. Methanol
14. Methylacetate
15. Methylethylketone
16. Methylisocbuthylketone
17. Methylphenol
18. Benzene
19. Buthylacetate
20. Cyclohexanone
21. Cyclohexane
22. Acetone
23. Ethanol
24. Ethyleneglycol
25. Ethylglycol
26. Ethylbenzene
27. Ethylacetate
28. Ethylether
29. Ethylphenol
30. Buthanol
31. Propanol
32. Kerosene
33. Cresol
34. Xylene
35. Terpentin
36. Tetrahydronaphthalene
37. Tetrahydrofuran
38. Toluene
39. Triethyleneglycol
40. Phenol
41. Formaldehyde
42. Propyleneglycol
43. Pyridin

Anhang II

Stoffgefährlichkeit für Branchen

Schl.-Nr.	Branche	S-Wert-Bereich
I.	PRODUZIERENDES UND VERARBEITENDES GEWERBE	
0005	Bereich Gas, Bergbau, Folgeprodukte	2-6
0010	Gaserzeugung (öffentl. Versorgung)	5-6
0020	Steinkohlenbergbau	4-5
0021	Braunkohlenbergbau u. Brikettherstellung	4-5
0022	Eisenerzbergbau	3-6
0023	NE-Metallerzbergbau	4-6
0024	Kali- u. Steinsalzbergbau	2-3
0025	Gew. v. Erdöl, Erdgas	4-5
0030	Kokerei	5-6
0040	H. v. Steinkohlenbriketts	4-5
0045	Bereich Chemie	2-6
0050	H. v. Chem. Grundstoffen	2-6
0060	- Anorg. Grundstoffe u. Chemikalien	2-6
0070	- Handelsdünger	3-6
0080	- Organ. Grundstoffe u. Chemikalien	3-6
0090	- Kunststoffe, Synthet. Kautschuk	3-6
0100	H. v. Chem. Erzeugnissen f. Gewerbe, Landwirtschaft	2-6
0110	H. v. Anstrichmitteln, Druck- und Abziehfarben	4-6
0120	Sonstige Chem. Erzeugnisse	2-6
0130	Abdichtungsmaterial f. Bauzwecke	5-6
0140	Galvanische Chemikalien	4-6
0150	Gerbstoffe, Gerbstoffextrakte	4-5
0160	Härtemittel	5-6
0170	Härter f. Kunststoffe u. Erzeugnisse auf Kunststoffbasis	5-6
0180	Holzschutzmittel	3-6
0190	Industriereinigungsmittel	4-6
0200	Isoliermassen, -mittel	4-6
0210	Kühlmittel	5-6
0220	Klebstoffe	5-6
0230	Konservierungsmittel (auch Lebensmittel)	3-5
0240	Korrosionsschutzmittel	5-6
0250	Mineralöladditive	5-6
0260	Hydraulikflüssigkeit	5-6
0270	Saaten-, Pflanzenschutzmittel, Schädlingsbekämpfungsmittel	5-6
0280	Stabilisatoren f. Kunststoffe u. Erzeugnisse auf Kunststoffbasis	4-5
0290	Entrostungsmittel	4-5
0300	Schmiermittel	4-5

Schl.-Nr.	Branche	S-Wert Bereich
0310	Waschrohstoffe	4-5
0320	Weichmacher	4-6
0330	Explosivstoffe	5-6
0340	Desinfektionsmittel	5-6
0350	Riechstoffe	4-5
0380	Antioxydantien	4-5
0370	Abbeizmittel	4-6
0380	H. v. Pharmazeut. Erzeugnissen	4-6
0390	H. v. Seifen, Wasch- u. Körperpflegemitteln	3-5
0400	H. v. Fotochem. Erzeugnissen	4-6
0410	H. v. Chemiefasern	5-6
0420	Mineralölverarbeitung	5-6
0430	H. v. Kunststoffwaren	4-6
0440	H. v. Gummiwaren	4-6
0445	Bereich Steine, Erden, Zement, Asbest, Keramik, Glas	1-5
0450	Gewinnung von Steinen u. Erden	1-3
0460	H. v. Zement/Beton	2-4
0470	H. v. Kalk, Mörtel, gebranntem Gips	2-3
0480	H. v. Asbestzementwaren	3-4
0490	Verarbeitung v. Asbest	3-4
0500	Grobkeramik	2-5
0510	Ziegelei	2-4
0520	Feinkeramik	2-5
0530	H. u. Verarb. v. Glas	2-5
0535	Bereich Hochöfen, Hütten, Gießereien	3-6
0540	Hochofen, Stahl- u. Warmwalzwerke	3-6
0550	Schmiede-, Press- u. Hammerwerke	3-5
0560	NE-Leichtmetallhütten	4-5
0570	NE-Schwermetallhütten	4-6
0580	NE-Metallumschmelzwerke	4-6
0590	Eisen-, Stahl- u. Tempergießerei	4-6
0600	NE-Metallgießerei	4-6
0605	Bereich Metallverarbeitung Maschinenbau	3-6
0610	Ziehereien, Kaltwalzwerke	3-5
0620	Stahlverformung/Metallbau/Stahlbau/Metallverarbeitung 1)	3-5
0630	Oberflächenveredlung, Härtung	4-6
0640	Maschinenbau/Apparatebau 1)	3-4
0650	H. v. Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen 1)	3-4
0660	H. v. Kraftwagen u. deren Teilen 1)	3-5
0670	Schiffbau, Luft- u. Raumfahrzeugbau 1)	3-4
0680	Stahlbauerzeugnisse	3-4

1) Bei Galvanik und/oder Härterei: $r_0=6$

Schl.-Nr.	Branche	S-Wert-Bereich
0685	Bereich Elektro, Optik, Eisen, Metallwaren	3-6
0690	Elektrotechnik	3-6
0700	H. v. Batterien, Akkumulatoren	3-5
0710	Feinmechanik, Optik'	3-5
0720	H. v. Eisen-, Blech- u. Metallwaren/Draht ¹⁾	3-5
0730	H. v. Musikinstr., Spielwaren, Sportger., Schmuck u.a.	3-5
0735	Bereich Holzbe- und -verarbeitung	2-6
0740	Holzbearbeitung/Verarbeitung von Rohholz	2-3
0750	Holzimprägnierwerke	4-6
0760	Furnierwerke	4-5
0770	Sperrholzwerke	4-5
0780	Holzfasерplattenwerke	4-5
0790	Holzspanplattenwerke	4-5
0800	Holzverarbeitung; Großtischlerei	2-5
0805	Bereich Papier. Druckereien	3-6
0810	H. v. Zellstoff	4-6
0820	H. v. Papier, Pappe	3-6
0830	Druckerei/Vervielfältigung	4-6
0835	Bereich Leder. Schuhe	3-6
0840	Ledererzeugung	4-6
0850	Lederverarbeitung	3-5
0860	H. v. Schuhen	3-5
0865	Bereich Textilverarbeitung	2-6
0870	Textilgewerbe - Aufbereitung	4-6
0880	- Färberei	4-6
0890	- Druck	4-6
0900	- Ausrüstung	3-6
0910	Bekleidungs-gewerbe	2-4
0915	Bereich Ernährung, Futter	3-6
0920	Ernährungsgewerbe	3-6
0930	Futtermittel	3-5
0940	Brauereien	3-4
0950	Transformator-bau	4-6
0960	Kohle-meiler	4-5

Bei Galvanik und/oder Härterei: $r_0 = 6$

SchL-Nr.	Branche	S-Wert-Bereich
0870	Wachs-/Bohnerwachs-/Kerzenherstellung	5-6
0980	Schlackensteinherst., Aufbereitung von Schlacken	4-5
0990	Herstellg. v. Feuerlöschmitteln, Atemschutzgeräten	5-6
1000	Sohucreme/Pflegemittelproduktion	5-6
1010	Herstellung und Verarbeitung von Neonröhren	4-6
1020	Papierverarbeitung/Verwertung	3-4
1030	Teerverarbeitung	5-6
1040	Matratzenfabrikation	2-4
1050	Acetylenherstellung	5-6
1900	Prod. u. verarb. Gewerbe, nicht näher einzuordnen	1-6
II. GROSSHANDEL, DIENSTLEISTUNGSBETRIEBE, VERSORGUNGS EINRICHTUNGEN		
2000	Tierkörperverwertungsanstalt	3-6
2010	Fuhrpark/Autohandel/Motorradhandel	3-5
2020	Schlachthöfe	3-5
2030	Bahn, Güterbahnhöfe	4-5
2040	Flugplätze	4-6
2050	Kraftwerke und Fernwärmestationen	3-5
2060	Trafp-, Umformerstationen	4-6
2070	Handel u. Lagerung v. Mineralölprodukten und Altöl	4-6
2080	Tankstellen	5-6
2090	Schrottplätze, Autoverwertung	4-6
2100	Lager u. Großhandel v. tier.- u. pflanzl. Fetten	3-4
2110	Flüssiggaslager	3-4
2120	Speditionen	3-4
2130	Munitions- u. Sprengstofflager (zivil)	3-5
2140	Schießstände (zivil)	3-5
2150	Autoreparaturwerkstätten	3-5
2160	Autolackierereien	5-6
2170	Chemische Reinigungen	5-6
2180	Textilverwertung	3-4
2190	Industrieanstr., Fahrbahnmarkierg., Bautenschutz	4-6
2200	Lackierereien, Handel u. Lagerung von Lacken	4-6
2210	Lagerung von Holz/Holzprodukten	3-4
2220	Vulkanisieranstalten	4-6
2230	Eloxierbetriebe	4-5
2240	Galvano-Technik, Galvano-Anstalten	5-6
225	Reparaturwerkstätten gr. Betriebe	3-6
2260	Rost- u. Korrosionsschutzbetriebe	5-6
2270	Schlossereien, Heizung-/Sanitärbaugroßbetriebe mit Werkstätten	3-5
2280	Verzinkereien	3-6
2290	Müll/Fäkalientransp., Abfallumschlag und -behandlung	3-5
2300	Bauunternehmen, Baustoffhandel, Bauhof	3-4
2310	Lagerung und Großhandel v. Imprägnierstoffen	4-6

Schl.-Nr.	Branche	S-Wert Bereich
2320	Großhandel und Lagerung v. Kunststoffserzeugnissen	3-4
2330	Lagerung u. Großhandel v. Eisen-, Metall-, Stahlwaren	3-4
2340	Kläranlagen, kommunal	3-4
2350	Lagerung von Streusalz	2-3
2360	Maschinenreparaturfirmen	3-6
2370	Steinbearbeitung	3-4
2380	Lagerung/Großhandel von/mit Düngemitteln	4-5
2390	Kohlehandel	3-4
2400	Reifenhandel/ -Reparatur	3-4
2410	Dachdeckerbetr./Teerpappen-, Bitumenverarbeitung	4-5
2420	Großhandel und Lagerung v./mit Tapeten/Malereizubehör	3-6
2430	Dreherei/Schleiferei	3-5
2440	Lagerung und Handel von Hydraulikölen	5-6
2450	Materialprüfungsunternehmen	3-4
2460	Lagerung und Handel mit NE-Metallen	3-4
2470	Großhandel und Lagerung von/mit Verpackungen	2-4
2480	Verarb. von Kunststoffserzeugnissen	4-6
2490	Großhandel/Lagerung von/mit chem. Erzeugnissen	2-6
2500	Großhandel/Lagerung M mit pharmazeut. Produkten	2-6
2510	Lagerung und Großhandel von Eisenwaren	2-4
2520	Friedhöfe	3-4
2530	Gravieranstalten	4-6
2540	Großhandel/Lagerung von/mit Autoteilen, Zubehör	3-4
2550	Großhandel/Lagerung von Bergwerksprodukten	3-4
2560	Glas- und Gebäudereinigung	3-5
2570	Reparatur von Kälteaggregaten	4-6
2900	Großh., Dienstl., Vers.einr.; nicht näher einzuordnen	1-6
III. DEPONIEN		
Entfällt hier		
IV. LANDWIRTSCHAFT		
4000	Agrochemisches Zentrum	4-6
4010	Agrarflugplatz	4-5
4020	Landtechnik	3-6
4030	Silo und Speichereinrichtung	3-5
4040	Tieraufzucht (Rind, Schwein, Schaf)	3-5
4050	Güllehochlastfläche	4-5
4060	Lager für Schädlingsbekämpfungsmittel	4-6
4070	Hopfenanbau	3-5
4080	Trockenwerk	3-4

Bereich	Schl.-Nr.	Branche	S-Wert-
	4090	Geflügelhaltung	4-5
	4100	Obst- und Gemüseanbau	3-6
	4110	Zierpflanzenanbau	3-6
	4120	Weinanbau	3-6
	4900	Landwirtschaft, nicht näher einzuordnen	1-6
	V. RÜSTUNGSAITLASTEN, KRIEGSFOLGELASTEN, MILITÄRISCHE ALTLASTEN		
	5010	Pulver- u. Sprengstoffproduktionsstätten sowie -füllstellen (einschl. Vor- u. Zwischenprodukte)	5-6
	5020	Fabriken zur Herstellung von Zündmitteln und pyrotechn. Erzeugnissen	4-6
	5030	Kampfstofffabriken u. -füllstellen (einschl. Vor- und Zwischenprodukte)	5-7
	5040	Munitionsanstalten	4-6
	5050	Munitionslager	3-5
	5060	Schießplätze u. -stände sowie Truppenübungsplätze	3-6
	5080	Flugplätze	4-6
	5090	Tanklager (militär.)	4-6
	5100	Munitionsablagerungen (ungeordnet)	3-5
	5110	Vergrabungen von Munition (ohne Kampfstoffe)	3-5
	5120	Vergrabungen von Kampfmitteln (ohne Munition und Kampfstoffe)	3-5
	5130	Vergrabungen von Kampfstoffmunition u. Kampfstoffe	5-7
	5140	Munitionsfabriken	3-5
	5200	Delaborierungsplätze u. -anlagen (Entschärfungsstellen), Sprengplätze, Brandplätze	4-6
	5300	gesonderte Anlagen der reinen Abproduktentsorgung, Abwasser u. a. bei Rüstungsproduktion	3-6
	5900	Rüstungs- u. militär. Altlasten (allg., nicht näher einzuordnen)	2-6
	VI. IMMISSIONSFLÄCHEN		
	Entfällt hier		
	VII. TRANSPORTLEITUNGEN UND UNTERTAGESPEICHER		
	7000	Gasleitungen	4-5
	7010	Untergrundspeicher	2-6
	7020	Soleleitungen	2-3
	7030	Ölleitungen	5-6
	7040	Abwasserleitungen	4-6
	7900	Leitungen, Schadstoffe nicht näher bekannt	2-6

Anhang III

Stoffgefährlichkeit für chemische Stoffe und Stoffgruppen

Parameter	S-Wert
Σ PAK	5,0
darunter:	
Naphthalin	4,2
Acenaphtylen	4,5
Fluoren	4,5
Phenanthren	4,5
Anthracen	3,5
Fluoranthen	4,5
Pyren	4,5
Benz (a)anthracen	5,0
Chrysen	5,0
Benz (b)fluoranthen	5,0
Benz (k)fluoranthen	5,0
Benz (a)pyren	5,0
Dibenz (ah)anthracen	5,0
Indeno (1,2,3cd)pyren	5,0
Benz (ghi)perylen	4,5
Acenaphthen	4,5
PCB	5,5
PCDD/PCDF	6,0
Kohlenwasserstoffe DIN H 18	5,0
PBSM	6,0
Σ BTEX-Aromaten	6,0
Darunter:	
Benzol	6,0
Toluol	4,8
Ethylbenzol	3,0
Xylole	4,5
Σ LHKW	6,0
Darunter:	
Chlormethan	5,0
Dichlormethan	5,0
Trichlormethan	5,5
Tetrachlormethan	6,0
Dichlordifluormethan	4,0
Trichlorfluormethan	3,0
1,1-Dichlorethan	2,0
1,2-Dichlorethan	6,0
1,1,1-Trichlorethan	5,2
1,1,2-Trichlorethan	5,0
Hexachlorethan	4,0
Monochlorethan	6,0
1,1-Dichlorethan	3,0
1,1,1-Trichlorethan	6,0
Tetrachlorethan	6,0
Σ HCH	5,5
darunter:	
α - HCH	3,5

Parameter	S-Wert
β-HCH	4,0
γ-HCH	5,5
α-HCH	3,0
Acrylnitril	6,0
Ammoniak	4,8
Ammonium - Verbindungen	4,2
Antimon + Verbindungen	4,0
Arsen + Verbindungen	5,0
Barium +Verbindungen	4,5
Beryllium +Verbindungen	4,0
Blei+Verbindungen	4,0
Bor+ Verbindungen	3,0
Cadmium +Verbindungen	5,0
Calcium +Verbindungen	0,5
Chlorbenzol	4,5
Chlorid	2,0
Chlorphenole	4,5
Chlortoluol	4,5
Chrom +Verbindungen	4,5
Cyanid	5,8
Dichlorbenzol	4,5
2,4-Dichlorphenol	5,2
132-Dichlorpropan	5,2
DDT	5,5
2,4-Dinitrophenol	4,5
2,6-Dinitrophenol	4,5
Epichlorhydrin	6,0
Fluorid	4,2
Fluorosilikate	4,5
Hexachlorbenzol	5,0
Kobalt + Verbindungen	2,5
Kohlendioxid	2,0
Kresole	4,8
Kupfer +Verbindungen	4,2
Magnesium +Verbindungen	1,5
Molybdän +Verbindungen	1,0
Nickel + Verbindungen	4,0
Nitrat	1,5
Nitrit	4,8
Nitrobenzol	4,8
Pentachlorphenol	6,0
Phenol	4,8
Phthalate	4,2
Pyridin	4,0
Quecksilber + Verbindungen	5,5
Selen + Verbindungen	4,0
Sulfat	1,5
Sulfid	3,0
Tetraethylblei	5,8

Parameter	S-Wert
Thallium + Verbindungen	4,8
Thiocyanate	2,5
Trichlorbenzol	5,0
2,4,5-Trichlorphenol	5,2
Uran + Verbindungen	3,5
Vanadin + Verbindungen	4,0
Zink + Verbindungen	1,5
Zinn + Verbindungen	3,5
Rüstungsaltslasten	
Aminodinitrotoluol	3,0
1,3-Dinitrobenzol	5,3
2,4-Dinitrotoluol	6,0
2,6-Dinitrotoluol	4,5
2-Nitrotoluol	4,8
2,4,6-Trinitrophenol	4,8
2,4,6-Trinitrotoluol	5,0

Anhang IV

Grenzwerte der Luftqualität nach Luftschutzgesetz

Parameter	Grenzwerte
SO ₂	Jahresmittelwert : unter 0,03 ppm Tagesmittelwert : unter 0,14 ppm 1 Stunde-Mittelwert : unter 0,25 ppm
CO	8 Stunden-Mittelwert : unter 9 ppm 1 Stunde-Mittelwert : unter 25 ppm
NO ₂	Jahresmittelwert : unter 0,05 ppm Tagesmittelwert : unter 0,08 ppm 1 Stunde-Mittelwert : unter 0,15 ppm
TSP	Jahresmittelwert : unter 150 µg/m ³ Tagesmittelwert : unter 300 µg/m ³
PM-10	Jahresmittelwert : unter 80 µg/m ³ Tagesmittelwert : unter 150 µg/m ³
O ₃	Tagesmittelwert : unter 0,06 ppm 1 Stunde-Mittelwert : unter 0,1 ppm
Pb	3 Monate-Mittelwert : unter 1,5 µg/m ³

Anhang V

Untersuchungsergebnisse der Deponie Saenggok

Untersuchungsergebnisse der Luftbelastung

Parameter		TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ (PPM)	NO ₂ (PPM)	CO (PPM)	O ₃ (PPM)	pM-10 ¹⁾ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A - 1	1	125	0,027	0,020	0,37	0,021	87	0,091
	2	136	0,019	0,021	0,28	0,020	91	0,082
	3	154	0,017	0,026	0,31	0,019	106	0,069
	4	130	0,015	0,020	0,26	0,014	95	0,054
A - 2	1	99	0,018	0,015	0,36	0,019	66	0,084
	2	105	0,013	0,019	0,30	0,023	69	0,079
	3	98	0,015	0,016	0,27	0,020	71	0,055
	4	105	0,018	0,015	0,25	0,022	68	0,058
A - 3	1	139	0,031	0,029	0,55	0,034	98	0,151
	2	151	0,025	0,029	0,41	0,029	101	0,108
	3	141	0,019	0,023	0,34	0,023	97	0,085
	4	135	0,018	0,025	0,39	0,030	96	0,088

1) unter 10 μm

Untersuchungsergebnisse der Gewässerbelastung

Parameter	Einheit	W - 1				W - 2			
		1	2	3	4	1	2	3	4
pH	-	6,8	7,2	7,3	7,2	7,5	7,4	7,5	7,6
Temp.	°C	13,1	22,6	23,5	13,0	13,9	23,8	25,7	12,5
DO	mg/l	5,15	4,5	4,2	4,1	9,4	5,2	5,0	6,0
BOD	mg/l	8,3	7,6	6,2	6,8	6,2	5,7	5,3	5,7
COD _{Mn}	mg/l	12,7	10,8	7,8	9,0	8,7	8,2	6,4	7,4
SS	mg/l	37	22	23	30	20	17	27	24
T-N	mg/l	3,8740	2,9034	2,6120	2,4994	2,5292	2,2646	2,1336	2,2017
T-P	mg/l	0,1602	0,2206	0,1627	0,1286	0,1386	0,1108	0,1421	0,1162
Cd	mg/l	ND							
CN	mg/l	ND							
Hg	mg/l	ND							
Pb	mg/l	ND							
Pb	mg/l	ND							
Cr ⁺⁶	mg/l	ND							
Coli-Bak.	MPN/ 50ml	4500	3400	3700	560	320	5400	9300	1700

ND : Not Detected

(weiter)

Parameter	Einheit	W - 3				W - 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4
pH	-	8,0	7,7	7,7	7,5	6,9	6,8	7,1	7,2
Temp.	°C	14,6	24,9	26,4	13,0	13,8	24,3	26,5	13,3
DO	mg/l	10,3	5,0	4,7	4,9	8,9	4,8	5,0	6,2
BOD	mg/l	8,1	8,6	10,3	8,6	5,7	6,4	4,7	5,5
COD _{Mn}	mg/l	12,4	11,4	12,0	10,2	6,9	9,6	6,0	7,4
SS	mg/l	24	13	22	23	18	11	15	10
T-N	mg/l	1,7233	1,7927	1,8218	1,6032	0,9184	1,0276	1,3243	1,2202
T-P	mg/l	0,1652	0,1063	0,1159	0,1322	0,1063	0,1468	0,1727	0,1643
Cd	mg/l	ND							
CN	mg/l	ND							
Hg	mg/l	ND							
Pb	mg/l	ND							
Pb	mg/l	ND							
Cr ⁺⁶	mg/l	ND							
Coli-Bak.	MPN/ 50ml	2600	9200	3300	710	150	2400	1500	360

ND : Not Detected

(weiter)

Parameter	Einheit	W - 5				W - 6			
		1	2	3	4	1	2	3	4
pH	-	8,9	7,9	7,8	7,7	7,4	7,3	7,3	7,2
Temp.	°C	15,6	25,5	27,3	11,8	14,5	24,3	26,5	12,0
DO	mg/l	10,6	5,3	4,6	5,4	9,6	6,8	5,5	6,4
BOD	mg/l	8,7	7,4	11,3	9,8	4,1	3,5	3,9	4,7
COD _{Mn}	mg/l	11,4	8,4	14,0	10,6	4,9	4,6	5,2	6,0
SS	mg/l	14	12	30	18	11	9	7	13
T-N	mg/l	1,9234	1,8074	2,1324	2,2169	2,0630	1,7391	1,4361	1,4402
T-P	mg/l	0,2032	0,1102	0,1560	0,2061	0,2172	0,1237	0,1304	0,2285
Cd	mg/l	ND							
CN	mg/l	ND							
Hg	mg/l	ND							
Pb	mg/l	ND							
Pb	mg/l	ND							
Cr ⁺⁶	mg/l	ND							
Coli-Bak.	MPN/ 50ml	1700	2200	2400	550	810	9200	5400	400

ND : Not Detected

Untersuchungsergebnisse der Grundwasserbelastung

	Parameter	pH	Cl ⁻	NO ₃ -N	KMn O ₄	Cd	As	CN	Hg	Pb	Cr ⁺⁶	Bak.	Coli- Bak.
	Einheit	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Zahl/ ml	MPN/ 50ml
GW - 1	1	7,2	26,8	0,4721	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40,1	ND
	2	7,0	23,4	0,3127	4,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	64,7	ND
	3	7,1	21,6	0,3029	3,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	48,3	ND
	4	7,3	22,8	0,4117	3,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	36,8	ND
GW - 2	1	6,9	22,4	0,5958	2,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	68,2	ND
	2	7,1	20,8	0,9529	3,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	75,4	ND
	3	7,1	18,8	0,8731	4,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	52,6	ND
	4	7,2	20,6	0,6368	4,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	55,7	3,6
GW - 3	1												
	2												
	3												
	4												
GW - 4	1	7,8	82,6	0,7125	2,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	60,8	ND
	2	7,5	72,5	0,7310	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	54,9	3,6
	3	7,4	65,7	0,8130	4,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	43,2	ND
	4	7,3	67,2	0,7856	4,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	42,6	ND
GW - 5	1	7,0	30,5	1,3629	2,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	38,7	13
	2	7,2	24,3	1,3052	4,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	46,2	11
	3	7,3	22,8	1,4276	3,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	86,0	9,0
	4	7,3	20,0	1,3671	3,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	72,3	7,2
GW - 6	1	7,1	29,1	1,8642	3,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	59,3	ND
	2	7,1	28,8	1,7787	4,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	67,1	ND
	3	7,1	29,6	1,8472	2,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	72,2	ND
	4	7,0	27,9	1,9501	2,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	70,6	ND

ND: Not Detected

(weiter)

	Parameter	pH	Cl ⁻	NO ₃ -N	KMn O ₄	Cd	As	CN	Hg	Pb	Cr ⁺⁶	Bak.	Coli- Bak.
	Einheit	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Zahl/ ml	MPN/ 50ml
GW - 7	1	7,2	93,3	0,6317	3,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	113	17
	2	7,0	80,6	1,4325	4,3	ND	ND	ND	ND	0,004	ND	92,3	13
	3	7,0	92,1	1,3329	1,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	114,9	15,0
	4	7,1	98,4	1,1183	1,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	107,8	13,0
GW - 8	1	7,6	28,4	0,6964	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	52,4	6,1
	2	7,8	24,9	0,7210	2,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	75,6	5,4
	3	7,6	30,4	0,8307	2,8	ND	ND	ND	ND	0,004	ND	107,4	10,0
	4	7,4	27,8	0,8714	2,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	103,7	12,0
GW - 9	1	7,0	46,1	2,3134	2,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	60,9	14
	2	7,2	31,8	2,3059	2,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	36,8	31
	3	7,3	30,7	2,6821	2,2	ND	ND	ND	ND	0,002	ND	38,2	2,0
	4	7,3	33,6	2,4658	2,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40,2	1,8
GW - 10	1	6,7	60,7	2,5216	3,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	46,2	ND
	2	6,9	46,2	2,4171	4,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29,5	2,0
	3	7,0	43,6	2,1084	1,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	23,5	ND
	4	7,1	42,5	1,8780	2,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	25,5	ND
GW - 11	1	7,3	55,6	1,2537	2,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	26,3	ND
	2	7,2	38,1	1,3695	3,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	38,4	ND
	3	7,1	36,2	1,4529	3,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	32,6	ND
	4	7,2	39,7	1,3845	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	37,0	1,8
GW - 12	1	7,1	20,3	1,1660	3,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	83,6	170
	2	7,0	25,7	1,6516	3,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	108,2	58
	3	7,0	26,5	1,1768	2,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	23,1	ND
	4	7,1	30,3	1,2549	3,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20,4	ND

ND Not Detected

(weiter)

	Parameter	pH	Cl ⁻	NO ₃ -N	KMn O ₄	Cd	As	CN	Hg	Pb	Cr ⁺⁶	Bak.	Coli- Bak.
	Einheit	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Zahl/ ml	MPN/ 50ml
GW 13	1	7,4	39,2	2,6784	3,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	69,4	ND
	2	7,5	32,4	2,2213	3,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	62,5	ND
	3	7,3	33,7	2,3623	4,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	24,6	ND
	4	7,5	30,8	2,4340	4,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	21,9	ND
GW 14	1	7,0	40,5	2,0306	2,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	72,3	ND
	2	7,3	36,5	1,9136	3,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	63,7	ND
	3	7,4	35,4	1,4206	1,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	33,8	ND
	4	7,4	34,6	1,5483	2,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	37,8	3,7
GW 15	1	7,5	30,1	2,4765	2,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	48,8	ND
	2	7,7	25,3	2,6061	4,2	ND	ND	ND	ND	0,002	ND	28,5	ND
	3	7,6	23,6	2,4371	3,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	18,2	ND
	4	7,3	26,3	2,3665	3,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	18,9	ND
GW 16	1	7,4	23,7	2,0069	1,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40,4	ND
	2	7,5	17,9	1,7231	3,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	71,6	ND
	3	7,3	16,7	1,9839	2,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	46,6	ND
	4	7,5	18,2	1,7905	2,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	45,2	ND
GW 17	1	7,3	253,6	1,4342	8,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	81,6	23
	2												
	3												
	4												
GW 18	1	7,7	20,9	1,1355	2,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	85,2	48
	2	7,4	17,2	1,8713	2,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	67,8	23
	3	7,3	19,2	1,8134	2,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	50,8	3,6
	4	7,2	21,4	1,7720	2,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	53,0	5,5

ND:Not Detected

(weiter)

	Parameter	pH	Cl ⁻	NO ₃ -N	KMn O ₄	Cd	As	CN	Hg	Pb	Cr ⁺⁶	Bak.	Coli- Bak.
	Einheit	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Zahl/ ml	MPN/ 50ml
GW 19	1	7,5	33,4	1,1026	3,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	66,3	ND
	2	7,5	28,1	1,0644	5,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	59,2	ND
	3	7,6	29,6	1,1219	3,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	25,7	ND
	4	7,4	27,7	1,2533	3,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	22,4	ND
GW 20	1	7,4	126,3	0,9263	6,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	115	ND
	2	7,2	106,3	1,2861	7,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	124,9	8
	3	7,1	98,7	1,0427	6,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	30,6	14,0
	4	7,0	101,4	1,0236	7,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	31,8	17,0

ND : Not Detected

Untersuchungsergebnisse der Bodenbelastung

	Parameter	pH	TS	VS	Cu	Cd	As	Zn	Pb
	Einheit	-	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
S - 1	1	6,2	74,38	6,53	3,03	0,19	0,13	10,85	6,27
	2	6,3	72,69	6,94	2,86	0,15	0,09	9,76	4,94
	3	6,3	73,54	6,86	2,94	0,14	0,07	10,26	3,68
	4	6,4	74,65	6,94	2,74	0,16	0,09	8,54	3,87
S - 1.1	1	6,1	80,21	6,18	3,15	0,20	0,16	10,28	5,73
	2	6,4	75,78	7,14	3,06	0,16	0,13	8,95	3,27
	3	6,3	76,21	7,08	2,84	0,16	0,09	7,44	4,06
	4	6,3	75,30	7,36	3,08	0,15	0,11	8,20	4,57
S - 1.2	1	6,2	79,65	6,49	3,72	0,24	0,15	10,24	6,05
	2	6,2	78,41	7,86	2,97	0,21	0,11	9,62	5,29
	3	6,3	75,20	7,92	2,66	0,17	0,14	7,68	4,76
	4	6,5	75,82	7,41	3,16	0,15	0,12	7,36	4,33
S - 1.3	1	6,4	78,92	6,25	3,28	0,21	0,17	10,46	5,84
	2	6,3	79,41	7,01	3,12	0,14	0,14	9,14	3,78
	3	6,4	76,95	7,24	3,08	0,16	0,11	8,45	4,01
	4	6,4	76,27	6,95	2,80	0,14	0,09	7,78	4,28
S - 2	1	6,2	80,57	5,61	5,29	0,15	0,17	8,65	4,03
	2	6,5	78,46	6,11	3,97	0,17	0,15	7,55	4,27
	3	6,6	75,66	6,36	2,84	0,13	0,08	8,12	4,08
	4	6,5	73,86	6,78	2,66	0,12	0,10	8,62	3,82
S - 3	1	6,6	72,30	5,94	4,64	0,17	0,16	4,56	5,12
	2	6,4	76,24	6,26	4,26	0,19	0,11	5,26	5,36
	3	6,5	74,21	6,31	3,77	0,18	0,06	6,08	5,92
	4	6,4	75,63	7,04	3,19	0,17	0,07	7,14	6,30

(weiter)

	Parameter	pH	TS	VS	Cu	Cd	As	Zn	Pb
	Einheit	-	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
S - 4	1	6,3	78,10	6,03	4,52	0,15	0,14	5,60	4,08
	2	6,2	76,29	6,68	4,14	0,11	0,15	6,24	4,15
	3	6,1	78,62	6,50	3,96	0,16	0,13	5,44	4,12
	4	6,3	78,14	5,95	3,65	0,18	0,10	6,25	5,25
S - 5	1	6,5	75,24	5,10	4,89	0,21	0,14	7,21	5,51
	2	6,2	74,64	6,20	2,96	0,10	0,16	7,68	5,06
	3	6,2	73,61	6,24	3,28	0,11	0,19	7,96	4,87
	4	6,3	76,48	7,17	3,62	0,13	0,15	7,60	4,96
S - 6	1	6,9	84,29	3,26	4,08	0,23	0,12	8,63	8,06
	2	6,6	81,16	4,97	3,18	0,21	0,14	7,96	7,41
	3	6,5	80,18	4,88	3,26	0,19	0,11	6,88	6,72
	4	6,4	77,56	5,24	3,58	0,15	0,14	7,16	6,36
S - 7	1	7,0	81,87	4,49	6,14	0,19	0,18	10,50	7,61
	2	6,7	78,46	5,24	5,76	0,15	0,18	9,41	6,25
	3	6,9	72,12	6,20	4,88	0,11	0,16	7,92	5,74
	4	6,7	74,79	6,83	4,64	0,10	0,15	8,38	6,08
S - 8	1	6,8	74,36	4,87	4,26	0,13	0,13	9,33	4,95
	2	6,5	76,21	4,62	3,98	0,17	0,13	8,62	5,07
	3	6,5	73,32	5,76	3,62	0,18	0,15	6,96	4,98
	4	6,3	73,30	5,40	4,12	0,16	0,13	7,42	5,31
S - 9	1	6,7	85,20	5,06	5,29	0,18	0,14	9,56	5,87
	2	6,5	80,11	5,84	5,12	0,15	0,11	7,98	3,84
	3	6,6	78,54	5,96	5,42	0,14	0,13	6,84	4,14
	4	6,5	77,27	6,15	4,96	0,17	0,16	6,69	4,83

(weiter)

	Parameter	pH	TS	VS	Cu	Cd	As	Zn	Pb
	Einheit	-	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
S - 10	1	6,8	83,06	4,12	7,54	0,18	0,12	5,93	5,10
	2	6,7	80,08	5,04	6,18	0,17	0,13	6,24	5,17
	3	6,4	75,94	6,42	5,76	0,13	0,16	5,95	6,09
	4	6,6	74,67	6,03	6,47	0,12	0,18	6,35	7,15
S - 11	1	6,9	83,47	4,93	5,07	0,19	0,16	5,47	6,25
	2	6,6	78,94	5,43	5,16	0,20	0,15	5,01	5,46
	3	6,8	74,63	5,68	4,86	0,18	0,12	5,12	4,84
	4	6,6	75,18	6,20	5,33	0,17	0,14	6,07	5,64
S - 12	1	7,0	80,72	5,04	7,85	0,20	0,15	6,54	6,21
	2	6,7	79,15	5,62	6,44	0,17	0,18	5,48	4,75
	3	6,7	78,46	5,89	5,98	0,18	0,15	5,25	5,13
	4	6,5	75,08	5,35	6,23	0,19	0,12	5,83	5,58
S - 13	1	6,6	82,39	4,66	7,18	0,22	0,13	5,49	4,53
	2	6,6	74,67	5,03	7,01	0,20	0,11	5,08	7,07
	3	6,5	71,68	5,92	7,11	0,21	0,08	5,18	6,85
	4	6,5	73,19	5,69	6,86	0,20	0,11	5,47	5,92
S - 14	1	7,2	76,24	4,28	5,34	0,14	0,17	8,23	8,06
	2	6,8	79,36	4,31	3,83	0,17	0,19	7,26	4,62
	3	6,7	73,57	5,44	4,62	0,14	0,10	6,68	4,77
	4	6,6	75,22	5,84	5,07	0,16	0,08	7,23	5,09
S - 15	1	7,1	80,33	5,17	7,85	0,14	0,16	7,05	4,47
	2	6,6	80,00	5,29	4,19	0,17	0,20	5,78	3,89
	3	6,6	79,22	6,07	5,24	0,16	0,17	6,06	4,17
	4	6,5	78,60	5,97	6,48	0,15	0,12	6,64	4,64

(weiter)

	Parameter	pH	TS	VS	Cu	Cd	As	Zn	Pb
	Einheit	-	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
S - 16	1	6,8	79,28	6,07	15,26	0,13	0,18	5,89	5,25
	2	6,9	74,92	5,99	9,27	0,10	0,14	6,21	5,86
	3	6,8	73,75	6,45	8,86	0,14	0,14	7,14	5,14
	4	6,4	74,16	6,36	8,13	0,14	0,13	7,06	5,88
S - 17	1	6,9	87,56	3,12	12,50	0,18	0,21	7,54	4,18
	2	6,9	81,44	4,13	8,44	0,11	0,19	7,50	3,97
	3	7,0	78,94	4,50	7,42	0,11	0,17	6,98	4,06
	4	6,7	76,96	5,27	7,28	0,13	0,15	7,58	4,90
S - 18	1	6,8	82,15	5,63	7,48	0,22	0,18	8,16	5,19
	2	6,7	75,68	7,12	7,69	0,14	0,16	7,92	6,25
	3	6,8	79,62	6,28	6,77	0,16	0,13	6,46	6,41
	4	6,8	79,04	6,44	7,14	0,16	0,16	6,29	5,22
S - 19	1	6,6	81,69	4,03	10,72	0,29	0,20	7,74	6,18
	2	6,3	76,24	5,95	9,41	0,17	0,14	7,56	5,06
	3	6,6	74,87	6,22	8,62	0,12	0,17	6,77	5,36
	4	6,7	75,63	6,02	8,16	0,14	0,15	7,13	6,30
S - 20	1	6,8	83,60	3,54	7,38	0,26	0,21	7,43	5,97
	2	6,6	78,34	4,87	7,06	0,18	0,19	6,85	5,88
	3	6,4	73,45	5,44	7,13	0,14	0,21	6,48	5,70
	4	6,5	75,31	5,73	7,41	0,13	0,18	6,72	4,92

Anhang VI

Untersuchungsergebnisse der Altlast Yochon

Untersuchungsergebnisse von Oberflächengewässern

Parameter	Einheit	S1	S2	S3	S4
Temp.	°C	14,0	14,1	10,0	11,1
pH		7,0	7,2	6,9	6,8
DO	mg/l	11,4	9,0	11,2	5,0
Coli-Bak.	Zahl/100ml	4260	16780	229500	257900
BOD	mg/l	0,8	2,3	6,2	14,3
COD	mg/l	0,9	4,7	7,9	8,3
SS	mg/l	0,3	8,8	4,0	6,2
Cd	mg/l	ND	ND	ND	ND
As	mg/l	ND	ND	ND	ND
CN	mg/l	ND	ND	ND	ND
Pb	mg/l	ND	ND	ND	ND
Cr ⁺⁶	mg/l	ND	ND	ND	ND
Hg	mg/l	ND	ND	ND	ND

ND : Not Detected

(weiter)

Parameter	Einheit	S5	S6	S7	S8	S9
Temp.	°C	11,1	12,9	17,1	8,1	8,3
pH		6,5	7,6	7,5	6,8	7,8
DO	mg/l	9,8	13,6	10,0	8,5	11,0
Coli-Bak.	Zahl/100ml	10700	25750	32020	40840	620
BOD	mg/l	1,8	2,0	3,9	4,2	1,5
COD	mg/l	2,9	3,4	5,0	4,8	1,2
SS	mg/l	0,8	4,2	5,8	15,3	0,5
Cd	mg/l	ND	ND	ND		ND
As	mg/l	ND	ND	ND		ND
CN	mg/l	ND	ND	ND		ND
Pb	mg/l	ND	ND	ND		ND
Cr ⁺⁶	mg/l	ND	ND	ND		ND
Hg	mg/l	ND	ND	ND		ND

ND : Not Detected

Untersuchungsergebnisse des Trinkwassers

Parameter	Einheit	D1	D2	D3	D4
Temp.	°C	15,1	11,4	15,1	12,1
PH		5,7	6,5	6,6	7,6
Coli-Bak.	Zahl/100ml	60	60	ND	ND
Bak.-Zahl	Zahl/ml	210	630	20	70
KMnO ₄	mg/l	0,5	0,8	0,8	0,6
TS	mg/l	171	53	100	78
Cd	mg/l	ND	ND	ND	ND
As	mg/l	ND	ND	ND	ND
CN	mg/l	ND	ND	ND	ND
Pb	mg/l	ND	ND	ND	ND

Cr ⁺⁶	mg/l	ND	ND	ND	ND
Hg	mg/l	ND	ND	ND	ND
Cu	mg/l	ND	ND	ND	ND
Mn	mg/l	ND	ND	ND	ND
Al	mg/l	ND	ND	ND	ND
Fe	mg/l	0,02	ND	ND	ND
Se	mg/l	ND	ND	ND	ND
Zn	mg/l	0,03	ND	0,02	ND
	NTU	0,9	0,3	0,2	0,2
	mg/l	57	47	53	54
	mg/l	0,07	0,02	0,01	0,04
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	ND	ND	ND	ND
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	7,6	1,1	2,4	2,8
Cl ⁻	mg/l	20	6	13	7
SO ₄ ⁻²	mg/l	15,9	18,0	7,2	7,9
F ⁻	mg/l	0,53	0,32	0,28	0,55

ND : Not Detected

(weiter)

Parameter	Einheit	D5	D6	D7	D8	D9
Temp.	°C	13,1	15,5	12,1	13,0	14,2
pH		6,5	6,3	5,8	6,3	6,6
Coli-Bak.	Zahl/100ml	30	ND	1110	ND	5
Bak.-Zahl	Zahl/ml	70	100	370	90	30
KMnO ₄	mg/l	0,5	0,6	1,0	1,3	0,7
TS	mg/l	40	96	605	874	59
Cd	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND
As	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND
CN	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND
Cr ⁺⁶	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND
Hg	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND
Cu	mg/l	ND	ND	ND	0,012	ND
Mn	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND
Al	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND
Fe	mg/l	ND	ND	ND	ND	0,03
Se	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND
Zn	mg/l	ND	0,02	ND	ND	ND
	NTU	0,2	0,2	0,1	0,2	0,8
	mg/l	53	43	292	327	34
	mg/l	0,02	0,03	ND	0,01	0,04
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	ND	ND	0,01	0,02	ND
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	1,3	2,7	4,4	41,7	0,9
Cl ⁻	mg/l	4	10	164	151	8
SO ₄ ⁻²	mg/l	5,7	12,4	96,5	147,3	10,8
F ⁻	mg/l	0,25	0,44	0,10	0,07	0,35

ND : Not Detected

Untersuchungsergebnisse von Böden

(Einheit : mg/kg)

Parameter	Meßstelle	S1		S2		S3		S4		S5		S6	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
pH	1	6,35	5,12	8,13	5,53	4,56	5,63	6,37	5,27	5,30	5,51	5,27	5,63
	2	6,28	5,22	8,54	5,77	4,08	5,36	6,41	5,33	5,21	5,52	5,27	5,54
	Durch.	6,32	5,17	8,34	5,65	4,32	5,5	6,39	5,3	5,26	5,15	5,27	5,59
Cd	1	ND	0,15	ND	ND								
	2	ND											
	Durch.	ND	0,08	ND	ND								
Pb	1	2,79	ND	5,46	3,34	3,65	6,62	6,89	5,69	3,18	4,45	4,06	3,98
	2	1,61	5,09	ND	3,91	3,62	2,35	5,26	6,76	5,68	2,68	3,08	3,17
	Durch.	2,2	2,55	2,73	3,63	3,64	4,49	6,08	6,23	4,43	3,57	3,57	3,58
Cr ⁺⁶	1	ND											
	2	ND											
Hg	1	0,18	ND	ND	ND	0,06	ND	ND	0,02	0,11	0,01	ND	ND
	2	0,14	0,03	0,06	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,14	0,03	0,07	0,02
	Durch.	0,16	0,03	0,02	0,05	0,02	0,05	0,03	0,13	0,02	0,02	0,04	0,01
As	1	0,96	1,05	0,25	0,20	0,29	0,45	0,32	0,42	0,28	0,42	ND	0,29
	2	0,64	0,37	1,11	0,18	0,28	0,48	0,46	0,48	0,57	0,21	0,37	0,21
	Durch.	0,8	0,71	0,68	0,19	0,29	0,47	0,39	0,45	0,43	0,32	0,19	0,25
Al	1	ND	ND	301	372	256	ND	137	127	43	37	52	5,8
	2	ND	99	ND	445	388	11,4	ND	179	184	ND	43	65
	Durch.	ND	49	151	409	322	5,7	69	153	113	19	47	35
Zn	1	21	7,95	10,4	6,8	5,97	9,87	6,11	12	4,59	9,2	6,7	8,6
	2	16	3,0	7,8	5,99	2,24	5,83	4,93	5,48	2,99	13	6,56	5,56
	Durch.	19	5,48	9,1	6,4	4,11	7,85	5,52	8,79	3,79	11	6,63	7,08
Cu	1	1,64	0,5	2,58	1,43	1,09	3,55	4,95	3,3	0,82	3,98	2,76	2,12
	2	1,48	2,57	0,72	1,5	1,2	0,73	2,83	4,22	0,78	3,18	2,48	1
	Durch.	1,56	1,54	1,65	1,47	1,15	2,14	3,89	3,76	0,8	3,58	2,62	1,56
CN	1	ND	ND	ND	ND	0,16	ND						
	2	ND											
	Durch.	ND	ND	ND	ND	0,08	ND						
Phenol	1	ND											
	2	ND											
	1	ND											
	2	ND											
	1	ND											
	2	ND											
	1	ND											
	2	ND											

ND : Not Detected

(weiter)

(Einheit : mg/kg)

Parameter	Meßstelle	S7		S8		S9		S10		S11		S12	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
pH	1	6,11	6,01	5,31	5,06	5,12	6,85	6,15	4,51	6,48	5,66	-	-
	2	6,71	5,77	5,41	4,97	5,22	6,74	6,23	4,38	6,74	5,54	5,43	5,87
	Durch.	6,41	5,89	5,36	5,02	5,17	6,8	6,19	4,45	6,61	5,6	5,43	5,87
Cd	1	ND	0,24	0,15	ND	0,11	ND	0,2	ND	0,11	ND	-	-
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,13	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	0,12	0,08	ND	0,06	ND	0,17	ND	0,06	ND	ND	ND
Pb	1	3,59	ND	11	7,27	2,05	5,66	4	ND	3,1	2,98	-	-
	2	3,08	2,58	3,62	1,81	1,76	5,22	3,85	1,21	2,94	2,28	ND	ND
	Durch.	3,34	1,29	7,41	4,54	1,91	5,44	3,93	0,61	3,02	2,63	ND	ND
Cr ⁺⁶	1	ND											
	2	ND											
Hg	1	0,04	ND	ND	ND	1,13	0,29	0,15	0,14	0,58	0,46	-	-
	2	0,06	0,05	0,16	0,02	0,07	0,05	0,06	0,06	0,05	0,07	ND	ND
	Durch.	0,05	0,03	0,08	0,01	0,6	0,17	0,11	0,1	0,32	0,27	ND	ND
As	1	0,4	0,73	0,43	0,53	0,6	1,06	0,51	0,57	0,52	0,22	ND	ND
	2	0,28	0,39	0,28	0,1	0,53	0,21	1,11	0,55	0,44	0,16	ND	ND
	Durch.	0,34	0,56	0,36	0,32	0,57	0,64	0,81	0,56	0,48	0,19	ND	ND
Al	1	12	7,79	53	95	39	Nd	ND	392	ND	18	-	-
	2	9,7	20	8,53	34	27	ND	ND	509	ND	9,89	ND	ND
	Durch.	11	14	31	65	33	ND	ND	450	ND	14	ND	ND
Zn	1	7,42	21	16	4,71	8,85	4,8	9,42	6,37	18	7,59	-	-
	2	7,26	5,09	2,24	3,81	7,45	3,64	3,01	4,34	14	4,89	ND	ND
	Durch.	7,34	13	9,12	4,26	8,15	4,22	6,22	5,36	16	6,24	ND	ND
Cu	1	1,68	2,08	5,29	3,99	1,56	2,63	4,43	0,88	2,96	0,58	-	-
	2	1,75	1,27	1,2	0,76	1,41	2,41	3,81	0,87	2,41	Nd	ND	Nd
	Durch.	1,72	1,68	3,25	2,38	1,49	2,52	4,12	0,88	2,69	0,29	ND	ND
CN	1	ND	ND	ND	ND	0,24	ND	ND	0,31	ND	ND	-	-
	2	ND	0,1	ND	ND	ND	ND						
	Durch.	ND	ND	ND	ND	0,12	ND	ND	0,21	ND	ND	ND	ND
Phenol	1	ND											
	2	ND											
	1	ND	-	-									
	2	ND	0,8	ND									
	Durch.	ND	0,8	ND									
	1	ND											
	2	ND											
	1	ND											
	2	ND											

ND : Not Detected

Untersuchungsergebnisse des Sickerwassers und Abfluswassers

(Einheit : mg/l)

Parameter	Meßstelle	Sickerwasser (Yochon)	Abfluswasser (Yochon)	Sickerwasser (Daesung)	Abfluswasser (Yochon)	Standards (Abflusw asser)
pH	1	8,08	8,70	9,08	9,08	5,8-8,6
	2	8,63	8,27	8,02	7,63	
	3	9,2	8,19	7,91	7,78	
	Durch.	8,64	8,39	8,34	8,16	
BOD ₅	1	553	54	591	15	<=150
	2	427	38	444	4,05	
	3	189	17	203	4,23	
	Durch.	390	36	413	7,84	
COD _{cr}	1	1364	159	1175	87	
	2	1380	51	1754	62	
	3	931	165	934	19	
	Durch.	1225	125	1288	56	
COD _{Mn}	3	212	22	236	10,1	<=150
T-N	1	307	46	242	25	
	2	306	53	277	28	
	3	42	29	306	34	
	Durch.	218	43	275	29	
T-P	1	5,79	0,21	3,79	ND	
	2	4,66	ND	8,37	0,04	
	3	0,86	0,03	15,0	0,04	
	Durch.	3,77	0,08	9,13	0,03	
SS	1	341	75	118	17	<=100
	2	261	24	77	2	
	3	58	2	163	19	
	Durch.	220	34	119	13	
Coli.-Bak.	1	800000	800	800000	23	<=3000
	2	800000	800	500000	2	
	3	2	300	2	2	
	Durch.	5,300000	633	2,700000	8	
Cd	1	ND	ND	ND	ND	<=0,1
	2	ND	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	ND	ND	
	Durch.	ND	ND	ND	ND	

ND : Not Detected

(weiter)

	Meßstelle	Sickerwasser (Yochon)	Abflußwasser (Yochon)	Sickerwasser (Daesung)	Abflußwasser (Yochon)	Standards (Abflußw asser)
Parameter						
Pb	1	ND	ND	ND	ND	<1
	2	ND	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	16,3	ND	
	4	-	-	3,78	ND	
	Durch.	ND	ND	5,02	ND	
Cr ⁺⁶	1	ND	ND	ND	ND	<=0,5
	2	ND	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	ND	ND	
	Durch.	ND	ND	ND	ND	
Hg	1	ND	ND	ND	ND	<=0,005
	2	ND	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	0,003	ND	
	Durch.	ND	ND	0,001	ND	
As	1	ND	ND	ND	ND	<=0,5
	2	0,01	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	ND	ND	
	Durch.	0,003	ND	ND	ND	
Cr	1	ND	ND	ND	ND	<=2
	2	ND	ND	0,05	ND	
	3	ND	ND	0,04	0,03	
	Durch.	ND	ND	0,16	0,01	
Cu	1	ND	ND	0,015	ND	<=3
	2	0,012	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	0,2	ND	
	Durch.	0,004	ND	0,072	ND	
Zn	1	0,87	1,11	0,19	0,09	<=5
	2	0,12	0,09	1,02	0,12	
	3	0,3	0,33	6,43	0,16	
	Durch.	0,43	0,51	2,55	0,12	
Fe	1	5,4	0,48	24	0,51	<=10
	2	1,3	0,15	11	ND	
	3	0,3	0,41	143	0,03	
	Durch.	2,27	0,35	59	0,06	
Mn	1	5,14	0,82	1,95	3,04	<=15
	2	1,39	0,57	1,97	1,63	
	3	0,11	0,25	6,03	3,23	
	Durch.	2,21	0,55	3,32	2,63	
F	1	5,45	0,52	24	0,51	<=1
	2	5,45	0,52	36	0,61	
	3	1,09	0,7	33	1	
	Durch.	3,99	0,58	31	0,71	

ND : Not Detected

(weiter)

	Meßstelle	Sickerwasser (Yochon)	Abflußwasser (Yochon)	Sickerwasser (Daesung)	Abflußwasser (Yochon)	Standards (Abflußw asser)
Parameter						
CN	1	0,069	0,022	ND	ND	<=1
	2	Nd	0,018	0,018	ND	
	3	0,52	0,005	0,019	ND	
	Durch.	0,2	0,015	0,012	ND	
Phenol	1	4,22	0,10	1,18	ND	<=3
	2	3,77	0,014	0,79	0,01	
	3	0,8	ND	6,65	0,039	
	Durch.	2,93	0,038	2,87	0,016	
	1	ND	ND	ND	ND	
	2	ND	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	0,03	ND	
	Durch.	ND	ND	0,01	ND	
	1	ND	ND	0,18	0,05	
	2	0,05	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	0,18	ND	
	Durch.	0,017	ND	0,12	0,017	
	1	ND	ND	0,04	ND	
	2	ND	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	0,05	ND	
	Durch.	ND	ND	0,03	ND	
	1	ND	ND	0,07	ND	
	2	ND	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	0,05	ND	
	Durch.	ND	ND	0,04	ND	
PCB	1	ND	ND	ND	ND	<=0,005
	2	ND	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	ND	ND	
	Durch.	ND	ND	ND	ND	
TCE	1	ND	ND	ND	ND	<=0,3
	2	ND	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	0,026	ND	
	Durch.	ND	ND	0,009	ND	
PCE	1	ND	ND	ND	ND	<=0,1
	2	ND	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	0,048	ND	
	Durch.	ND	ND	0,016	ND	
	1	ND	ND	ND	ND	<=1
	2	ND	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	ND	ND	
	Durch.	ND	ND	ND	ND	
	1	24	2	5	2	<=5
	2	19	2	12	1,1	
	3	1,8	9	0,5	0,6	
	Durch.	15	4,33	5,67	1,23	

ND : Not Detected

Untersuchungsergebnisse Meßpegel (Grundwasser)

(Einheit : mg/l)

	Meßstelle	Yochon	Yochon	Yochon	Daesung	Daesung	Daesung	Daesung	Daesung
Parameter		Y1	Y2	Y3	D1	D2	D3	D4	D5
pH	1	7,11	7,05	7,14	7,52	7,82	6,73	7,02	6,95
	2	6,92	6,39	6,26	7,18	7,08	6,24	6,68	6,47
	Durch.	7,02	6,72	6,7	7,35	7,45	6,49	6,85	6,71
COD _{cr}	1	7,33	10	20	6	2,33	2,33	3,33	4,33
	2	1	6,5	26	7	1,5	1	1	4,5
	Durch.	4,17	8,37	23	6,5	1,92	1,67	2,17	4,42
COD _{Mn}	2	0,6	3,2	9,69	2,83	1,41	1,01	1,21	5,05
NO ₃ -N	1	1,3	1,02	0,63	1,46	0,31	0,52	0,19	0,31
Cd	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cd	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	1	ND	ND	ND	0,093	ND	ND	0,12	0,18
	2	ND	ND	ND	0,47	ND	ND	ND	0,92
	3	ND	ND	ND	ND	0,03	ND	0,029	0,022
	Durch.	ND	ND	ND	0,19	0,01	ND	0,05	0,37
Cr ⁺⁶	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hg	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
As	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F	1	-	-	-	0,46	0,43	-	0,37	0,4
Fe	1	-	-	-	0,17	0,11	-	0,16	ND
Zn	1	-	-	-	5,04	5,32	-	7,26	6,77

ND : Not Detected

(weiter)

(Einheit : mg/l)

	Meßstelle	Yochon	Yochon	Yochon	Daesung	Daesung	Daesung	Daesung	Daesung
Parameter		Y1	Y2	Y3	D1	D2	D3	D4	D5
CN	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phenol	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,009
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	3	-	-	-	0,007	-	-	-	0,007
	Durch.	ND	ND	ND	0,002	ND	ND	ND	0,005
	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1	ND	ND	ND	ND	0,05	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	0,025	ND	ND	ND
	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Durch.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND : Not Detected

Anhang VII

Humantoxikologische Risikobewertung für Klasse I : 'Gefährliche Stoffe' (Lühr 1995; verändert, umgerechnet auf 10)

Rang Nr.	Stoffname	k ₁ -Wert Akute Toxizität	k ₂ -Wert Chron. Toxizität	K ₃ -Wert Mutagenität	k ₄ -Wert Kanzerogenität	H-Wert Stoffgefährlichkeit
1	Anthracen	1	1	7	7	5
2	Butylbenzyl-Phthalat (BBP)	1	4	5	8	5,1
3	3 - Nitrotoluol	4	4	5	7	5,1
4	1,3,5,-Trimethylbenzol (Mesitylen)	1	4	7	7	5,1
5	2 - Nitrotoluol	7	4	5	5	5,4
6	Xylol	4	4	6	7	5,4
7	Polychlorierte Naphthaline (PCN)	4	1	7,3	7	5,4
8	Diethyl - Phthalat (OEP)	4	1	8	7	5,7
9	1,1,1,-Trichlorethan (=Methylchloroform, MC)	4	4	7	7	5,7
10	Zink und Verbindungen	4	4	7	7	5,7
11	Fluoren	5	4	7	7	5,9
12	Ethylbenzol	4	4	7,7	7	5,9
13	4 - Nitrotoluol	7	4	5,3	7	6
14	Acenaphthen	1	4	9,5	6	6
15	1, 2 - Dichlorethen	4	4	8	7	6
16	Benzin	1	4	9	7	6,1
17	o-, m- Dichlorbenzol	4	4	8,5	7	6,2
18	Naphthalin	4	4	8,5	7	6,2
19	Toluol	4	4	8,5	7	6,2
20	Phenanthren	4	5	8	7	6,2
21	Dibutyl - Phthalat (DBP)	1	4	9,5	7	6,3
22	1, 2 - Dichlorpropan	4	4	7,8	8	6,3
23	1, 1 - Dichlorethan	4	4	9	7	6,4
24	Monochlorphenole	4	4	9	7	6,4
25	Trichlorethen(= Trichlorethylen)	1	4	9	8	6,4
26	2, 4, 5 - Trichlorphenol	4	4	8,3	8	6,4
27	Dichlormethan	1	4	8,2	9	6,4
28	p- Dichlorbenzol	4	4	8,5	8	6,5
29	Phenol	4	4	8,5	8	6,5
30	Ammonium u. V.	4	4	9	7,5	6,5
31	Chlorbenzol	4	4	9	7,5	6,5
32	Tetrachlorethen (PER)	1	4	8,5	9	6,5
33	Hexogen	7	7	5	7	6,6
34	2, 4, 6 - Trinitrotoluol	7	7	5	7	6,6
35	2, 4 - Dinitrotoluol	4	7	5,3	9	6,6
36	Chloroform	4	4	8	9	6,7
37	Dichlorphenole	4	7	8	7	6,7
38	Hexachlorbenzol	4	7	7	8	6,7
39	Kresole	7	4	8	7	6,7
40	Tetrachlorphenole	7	4	8	7	6,7
41	Fluoranthren	4	4	9,2	8	6,7
42	Diethylhexyl-Phthalat (DEHP)	1	7	7,2	9	6,8
43	1, 3- Dinitrobenzol	7	7	6	7	6,8
44	1, 1, 2 - Trichlorethan	4	4	9,5	8	6,8

Humantoxikologische Risikobewertung für Klasse II : 'Sehr gefährliche Stoffe' (verändert, umgerechnet auf 10)

Rang Nr.	Stoffname	k ₁ -Wert Akute Toxizität	k ₂ -Wert Chron. Toxizität	K ₃ -Wert Mutagenität	k ₄ -Wert Kanzerogen ität	H-Wert Stoffgefährli- chkeit
45	Tetrachlormetan	4	4	9	9	7
46	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	1	7	8	9	7
47	1,2 - Dichlorethan	4	4	9,3	9	7,1
48	1,1 - Dichlorethen (Vinylidenchlorid)	4	7	8,5	8	7,1
49	beta - Hexachlorcyclohexan	4	7	8,5	8	7,1
50	1, 2, 4- Trichlorbenzol	4	7	8,5	8	7,1
51	Blei u. V.	4	7	9	8	7,2
52	1,1, 2, 2 - Tetrachlorethan	4	7	9	8	7,2
53	2-Amino-4-Nitrotoluol	7	5	7,5	9	7,3
54	gamma - Hexachlorcyclohexan	7	7	7,5	8	7,4
55	2, 4 - Dinitrophenol	7	7	8,5	7	7,4
56	Fluoride	7	7	8,5	7	7,4
57	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)	4	5	9,5	9,5	7,4
58	Mineralöle	1	7	8,5	10	7,5
59	2, 4, 6 - Trichlorphenol	4	7	9	9	7,5
60	Hexachlorcyclohexan, Gemisch	7	5	8,5	9	7,5
61	Benzol	4	4	10	10	7,6
62	Aldrin	7	7	7,5	9	7,7
63	Kupfer u. V.	7	7	9,5	7	7,7
64	2, 6- Dinitrotoluol	7	7	7,7	9	7,7
65	Acrylnitril	7	7	8	9	7,8
66	Antimon u. V.	7	7	8	9	7,8
67	alpha - Hexachlorcyclohexan	7	7	8,5	9	7,9
68	DDT	7	7	8,7	9	8
69	Dinitrotoluole	7	7	8,7	9	8
70	Vinylchlorid	4	7	9,5	10	8
71	Selen und Verbindungen	7	7	10	8	8,1
72	Thallium und Verbindungen	10	7	8	7	8,1
73	Epichlorhydrin (= 1 - Chlor - 2, 3 - epoxypropan)	7	7	9,2	9	8,1
74	Cyanide	10	7	8,5	7	8,2
75	Vanadium und Verbindungen	10	7	8,5	7	8,2
76	Asbest	7	5	10	10	8,3
77	1, 2 - Dibromethan	7	7	10	9	8,4
78	Nitrobenzol	10	7	8,3	8	8,4
79	Tetraalkylbleiverbindungen	10	7	8,5	8	8,4

Humantoxikologische Risikobewertung für Klasse III: 'Besonders gefährliche Stoffe' (verändert, umgerechnet auf 10)

Rang Nr.	Stoffname	k1-Wert Akute Toxizität	k2-Wert Chron. Toxizität	K3-Wert Mutagenität	k4-Wert Kanzerogen ität	H-Wert Stoffgefährli chkeit
80	Vanadiumpentoxid	10	7	9,5	7	8,5
81	Nickel u. V.	7	7	9,8	10	8,6
82	Teer und Teeröle	10	5	8,5	10	8,6
83	Benzo (a)pyren	7	7	10	10	8,6
84	Beryllium u. V.	10	7	8,3	9	8,6
85	Quecksilber, anorganisch	10	10	9	7	9,1
86	Quecksilber, organisch	10	10	9	7	9,1
87	Arsen u. V.	10	10	7	10	9,3
88	Chrom (VI)	7	10	10	10	9,3
89	Pentachlorphenol (PCP)	10	10	8,8	9	9,5
90	Cadmium u. V.	10	10	9	9	9,5
91	Polychlorierte Dibenzo - p - Dioxine	10	10	9	10	9,8

Lebenslauf

Angaben zur Person : Park, Jinho

Geburtsdatum/-ort : 02.9.1968
Pusan / Korea

Staatsangehörigkeit : koreanisch

Familienstand : verheiratet , zwei Kinder

Religion : evangelisch

Schulbildung : 1975-81 Grundschule in Pusan
1981-84 Mittelschule Bansong in Pusan
1984-87 Gymnasium Dongrae in Pusan

Ausbildung und berufliche Tätigkeit : 1987-92 Studium der Umwelttechnik
an der Kyoungsung Universität in Korea
Abschluß : „Bachelor-Ingenieur“

1992-94 Studium der Umwelttechnik
an der Seoul Universität in Korea
Abschluß: „Master of City Planning“
Thema : „The Effect Estimation of Nonpoint
Source Pollutants on Water Quality of
,Paldang’ Reservoir“

1993-94 Mitarbeiter für das Projekt
„Methoden zur Optimierung der
Deponie Kimpo in Korea“

2.1995 Zulassung zum Studium an der TU Berlin

7.1995 Abschluß: Deutschkurs an der TU Berlin

seit 7.1996 Doktorand beim Institut für Wassergefährdende
Stoffe (IWS) an der TU Berlin
Leiter: Prof. Dr.-Ing. H.- P. Lühr

M. Sc. Jinho Park