

# DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der montanistischen Wissenschaften (Dr. mont.) im Studiengang „Industrieller Umweltschutz, Entsorgungstechnik und Recycling“ an der Montanuniversität Leoben

## Umwelttechnische Voraussetzungen für die regionale Baulandwidmung von Altablagerungen

**Erarbeitung von kostenoptimierten umwelttechnischen Freigabebedingungen für eine höherwertige Nutzung von Altablagerungen anhand des NÖ Raumordnungsgesetzes unter Berücksichtigung der Situation in ausgewählten Regionen der EU**

**Vorgelegt von:**

Dipl.-Ing. Erwin Huter

82 40 129

**Betreuer/Gutachter:**

O.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr. Karl E. Lorber

Ao.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr. Andreas P. Loibner

Leoben, 25. April 2013

## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

## **AFFIDAVIT**

I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume.

## DANKSAGUNG

Keine Schuld ist dringender, als die, Dank zu sagen (Marcus Tullius Cicero 106 v. Chr.).

Dank zu sagen meiner Familie, die viele Wochenenden und Abende ohne mich verbracht hat.

Dank zu sagen vielen Fachkollegen für die anregende Diskussion zu den Fachbereichen.

Dank zu sagen für die fachlich und menschlich ausgezeichnete Betreuung durch meinen Doktorvater O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Karl Lorber und meinem Zweitbetreuer Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Andreas Loibner, mit dem mich mehr als nur der gemeinsame Geburtstag fachlich verbindet.

Dank zu sagen Herrn Dipl.-Ing. Christian Holzer, dem zuständigen Sektionschef der Sektion VI - "Stoffstromwirtschaft, Abfallmanagement und stoffbezogener Umweltschutz" im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), der das Forschungsprojekt EVAPASSOLD durch seine fachliche und finanzielle Unterstützung erst ermöglichte.

Dank zu sagen den zuständigen Abteilungsleitern der Ämter der oberösterreichischen und niederösterreichischen Landesregierung, Herrn Dipl.-Ing. Karl-Heinz Lehner und Herrn Dipl.-Ing. Ludwig Lutz, die es mir ermöglichten das Forschungsprojekt EVAPASSOLD durch personelle und finanzielle Unterstützung zu begleiten. Dem Land OÖ danke ich auch für die zur Verfügungstellung der Daten des Folgeprojektes „Nationalpark Kalkalpen – frei von Verdachtsflächen“, das meine Arbeit erst ermöglichte.

Ganz besonderen Dank an Herrn Dr. Gerhard Bonelli, den Fachbereichsleiter Umwelt und Energie der NÖ Landesakademie, der von Anfang an das Forschungsprojekt EVAPASSOLD unterstützt hat und ohne dessen Einsatz das Projekt nie umgesetzt worden wäre.

Dank auch allen anderen Mitstreitern des Projektteams von EVAPASSOLD, insbesondere Herrn Dr. Michael Mayer und Herrn Dipl.-Ing. Dietmar Müller, die mich zum Abschluss dieser Arbeit ermunterten. Und nicht zuletzt Dank an em. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Werner Wruss für seine fachliche und moralische Unterstützung.

## Kurzfassung

### Umwelttechnische Voraussetzungen für die regionale Baulandwidmung von Altablagerungen

#### Erarbeitung von kostenoptimierten umwelttechnischen Freigabebedingungen für eine höherwertige Nutzung von Altablagerungen anhand des NÖ Raumordnungsgesetzes unter Berücksichtigung der Situation in ausgewählten Regionen der EU

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens zur Überprüfung der Annahmen des Erstbewertungsschemas von Verdachtsflächen im Bundesland Niederösterreich (EVAPASSOLD) wurden insgesamt 25 Flächen exemplarisch aufwendig nach gleichen Vorgaben von Wissenschaftlern untersucht. Darauf aufbauend erfolgte ein vereinfachter Praxistest an weiteren 15 Flächen im Bundesland Oberösterreich. Diese Untersuchungsergebnisse von insgesamt 40 Altablagerungen mit 124 Datensätzen wurden mit statistischen Methoden für vergleichende Betrachtungen und Auswertungen herangezogen, um vereinfachende und kostengünstige **Methoden zur Bewertung von Altablagerungen zu entwickeln** und/oder Faktoren für eine sichere Ersteinschätzung zu erarbeiten.

Zusammenfassend konnte die Aussage getroffen werden, dass ab einer akkumulierten **Niederschlagssumme** während des Betriebes ( $h_{NB}$ ) der **untersuchten Altablagerungen** **> 25.000 mm** keine Überschreitungen der Grenzwerte von Bodenaushubdeponien auftreten.

Aufgrund der durchgeführten statistischen Auswertungen bei den, für den Abbau von organischen Verbindungen wesentlichen Parametern TOC, Ammonium und den Bodenluftparametern lässt sich zudem aus fachlicher Sicht feststellen, dass unter bestimmten Einschränkungen bei Altdeponien (Altablagerungen nach ÖNROM S 2088-1) bei Erreichen bzw. Überschreiten des Wertes

$$h_{NB}/T \text{ (Summe Niederschlag}_{\text{Betrieb}}/\text{Tiefe)} > 4,4 \text{ [m/m]}$$

eine Bebauung mit nur geringem Gefahrenpotential möglich ist.

Folgende Einschränkungen gelten für diese Aussage:

- Hausmüllablagerungen kleiner bis mittlerer Orte;
- Keine Hinweise auf toxisch wirkende Ablagerungsmaterialien;
- Ablagerungsvolumen < 50.000 m<sup>3</sup>;
- mittlere Ablagerungstiefe < 5 m.

## Abstract

### Environmental Assessment for Redeveloping Former Small Municipal Landfill Sites

For managing of potentially contaminated sites in the province of Lower Austria, one specific focus are former small municipal landfill sites. In 1997, a guideline describing the procedure of preliminary risk assessments regarding groundwater, surface water, air and soil was developed by experts at the water management department of the regional government. By 1998, the guideline was declared compulsory.

Reacting on first experiences of implementing this guideline, a scientific follow-up project "Evaluation and Preliminary Assessment of old Landfills" (EVAPASSOLD) was launched by the year 2000. In this project, a comprehensive investigation of 25 old municipal landfills was conducted. Starting from these results, a first simplified investigation approach was developed and tested at 15 additional landfills. Thus, the final evaluation referred to 124 data sets from a total of 40 sites. As a result, practically suitable (i.e. simple and cost-effective) investigation techniques and factors controlling risks at the stage of preliminary assessments have been identified.

With regard to redevelopment one essential conclusion is, if during the operation period of a municipal landfill the total precipitation exceeded 25,000 mm, limit values for unpolluted soil and inert waste are met. Furthermore, according to a statistical analysis with regard to parameters characterising degradation processes, in particular TOC, ammonium and landfill gas components like methane and carbon dioxide, a simple indicator for safe redevelopments is suggested by the criterion:

Total precipitation during the operation period/depth of deposit > 4.4 [m/m]

i.e.:  $h_{NB} / T$ .

Hence referring to the scope of the study, the boundary conditions in applying this indicator criterion need to be recognised:

- municipal solid waste of small villages only;
- no hints on hazardous wastes;
- total deposition volume < 50,000 m<sup>3</sup>;
- average deposition depth < 5 m.

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>6</b>
1.1 Problemstellung .....	6
1.2 Zielsetzung .....	6
<b>2 GRUNDLAGEN UND RAHMENBEDINGUNGEN .....</b>	<b>8</b>
2.1 Raumordnung .....	8
2.1.1 Ist-Situation in Österreich .....	8
2.1.1.1 Ausgangssituation .....	8
2.1.1.2 Niederösterreich .....	8
2.1.1.3 Andere österreichische Bundesländer .....	9
2.1.2 Raumordnerische Regelungen in ausgewählten Ländern der EU .....	12
2.1.2.1 Deutschland .....	12
2.1.2.2 Großbritannien .....	15
2.2 Umweltgesetzliche Grundlagen .....	16
2.2.1 Österreich .....	16
2.2.1.1 Altlastensanierungsgesetz (ALSAG) .....	16
2.2.1.2 Wasserrechtsgesetz (WRG) .....	20
2.2.1.3 Gewerbeordnung (GewO) .....	23
2.2.1.4 Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) .....	23
2.2.1.5 Deponieverordnung (DVO) .....	26
2.2.1.6 Bundesabfallwirtschaftsplan (BAWP) .....	29
2.2.1.7 Umweltförderungsgesetz (UFG) .....	30
2.2.1.8 Bundes-Umwelthaftungsgesetz (B-UHG) .....	31
2.2.1.9 Bodenschutz in Österreich .....	33
2.2.2 EU-Richtlinien .....	34
2.2.2.1 EU Deponierichtlinie (DepRL) .....	34
2.2.2.2 EWG-Grundwasserrichtlinie (GWRL) .....	35
2.2.2.3 EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) .....	35
2.2.2.4 EG-Grundwasserrichtlinie (GWRL) .....	36
2.2.2.5 EU-Abfallrahmenrichtlinie (ARR) .....	38

2.2.2.6	Umwelthaftungsrichtlinie (UH-RL) .....	39
2.2.2.7	Bodenschutzstrategie der EU-Kommission .....	39
2.2.3	Umweltgesetzliche Regelungen in ausgewählten Ländern der EU.....	41
2.2.3.1	Deutschland .....	41
2.2.3.2	Großbritannien .....	45
2.3	Grenzwertdiskussion.....	46
2.3.1	Österreichische Regelwerke .....	46
2.3.1.1	ÖNORM S 2072 .....	46
2.3.1.2	ÖNORM S 2088-1.....	47
2.3.1.3	ÖNORM S 2088-2.....	47
2.3.1.4	ÖNORM S 2088-3.....	48
2.3.2	Grenzwertregelungen der EU .....	48
2.3.2.1	Deponierichtlinie .....	48
2.3.3	Grenzwertregelungen in ausgewählten Ländern der EU .....	49
2.3.3.1	Deutschland .....	49
2.3.3.2	Großbritannien .....	50
2.4	Derzeitige Vorgangsweise bei Altablagerungen (Altlastenmanagement).....	50
2.4.1	Situation in Niederösterreich .....	50
2.4.1.1	Leitfaden Verdachtsflächen 1998 .....	50
2.4.1.2	Aktuelle Vorgangsweise zum Altlastenmanagement in Niederösterreich... 57	
2.4.2	Altlastenmanagement in anderen österreichischen Bundesländern .....	58
2.4.2.1	Burgenland .....	58
2.4.2.2	Oberösterreich .....	59
2.4.2.3	Kärnten .....	59
2.4.2.4	Salzburg.....	60
2.4.2.5	Steiermark .....	60
2.4.2.6	Tirol.....	61
2.4.2.7	Vorarlberg .....	62
2.4.2.8	Wien .....	62
2.4.3	Altlastenmanagement in ausgewählten Länder der EU.....	63
2.4.3.1	Deutschland .....	63
2.4.3.2	Großbritannien .....	63
<b>3</b>	<b>UNTERSUCHUNGSMETHODIK ZUR EVALUIERUNG DES NÖ LEITFADENS VERDACHTSFLÄCHEN .....</b>	<b>66</b>

3.1	Veranlassung des Projektes EVAPASSOLD .....	66
3.2	Konzeption des Projektes EVAPASSOLD .....	68
3.3	Auswahl von Altablagerungen und Untersuchungsmethodik zur vertieften Untersuchung der Phasen I+II .....	69
3.3.1	Standort- und Rahmenbedingungen der untersuchten Altablagerungen .....	70
3.3.2	Festlegung von Altablagerungen zur vertieften Untersuchung .....	72
3.3.3	Arbeitsprogramm zur Vor-Ort-Untersuchung der Altablagerungen .....	72
3.3.4	Arbeitsprogramm zur Vorerkundung der Altablagerungen und Zusammenführung verfügbarer Informationen .....	75
3.3.5	Erwartete Ergebnisse des Vorhabens .....	82
3.3.6	Arbeitsplan und Verteilung der Aufgaben des Projektes EVAPASSOLD .....	83
3.4	Auswahl von Altablagerungen und Untersuchungsmethodik zur vertieften Untersuchung der Phase III .....	84
<b>4</b>	<b>UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE ZUR EVALUIERUNG DES NÖ LEITFADENS VERDACHTSFLÄCHEN .....</b>	<b>88</b>
4.1	Historische Erkundung und Luftbildanalyse .....	88
4.1.1	Aktenstudium .....	88
4.1.2	Erstbegehung .....	89
4.1.3	Befragung .....	90
4.1.4	Luftbildanalyse .....	91
4.2	Hydrogeologische Standortsituation und Klima .....	92
4.3	Bodenluftuntersuchungen .....	96
4.4	Erkundung durch Schürfe und Entnahme von Feststoffproben .....	101
4.5	Untersuchungen von Feststoffproben sowie Grund- und Sickerwasser .....	104
4.5.1	Bodenproben .....	104
4.5.2	Abfallfeststoffproben .....	104
4.5.3	Sickerwasser- und Eluatuntersuchungen .....	105
4.5.3.1	Sickerwasseruntersuchungen .....	105
4.5.3.2	Eluatuntersuchungen .....	106
4.5.4	Grundwasseranalysen .....	106
4.6	Ökotoxizitätstests (Bioassays) .....	107
4.6.1	Pflanzentest .....	107
4.6.2	Regenwurmtest .....	108



4.6.3	Leuchtbakterientest.....	109
4.6.4	Algentest.....	109
4.6.5	Daphnientest akut und chronisch.....	109
4.6.6	Genotoxizitätstest .....	110
4.6.7	Auffälligkeiten an der Vegetation.....	110
4.6.8	Analysen auf Ökotoxizität (Bioassays) .....	110
4.7	Statistische Auswertung der chemischen und ökotoxikologischen Analytik	111
4.8	Elutionsversuche und Tests zur biologischen Aktivität.....	113
4.8.1	Elutionstests und Auslaugversuche .....	113
4.8.2	Biologische Aktivität im Respirometer .....	113
4.9	Emissionsuntersuchungen in Deponiesimulationsreaktoren (DSR).....	114
4.10	Vorgehen zur Absicherung der Erstbewertung im Bedarfsfall als Teil einer Risikobewertung .....	122
4.10.1	Schritt 1: Erstabschätzung .....	122
4.10.2	Schritt 2: Bodenluftuntersuchung oder Schürferkundung .....	124
4.10.3	Schritt 3: Analysen der Feststoffproben inkl. Bioassays (Ökotests).....	125
<b>5</b>	<b>PRAXISTEST DER ERGEBNISSE IN DEN GEMEINDEN DES OÖ NATIONALPARK KALKALPEN .....</b>	<b>126</b>
5.1	Aufbau des Praxistests .....	126
5.2	Ergebniskontrolle des Praxistests .....	127
5.2.1	Prüfung der Daten.....	128
5.2.2	Statistische Auswertungen der beiden Datenmengen .....	129
5.2.3	Vergleich der beiden Datenmengen .....	130
5.2.4	Weiteres Prüfkriterium für Vergleichbarkeit der Datenmengen .....	134
<b>6</b>	<b>DISKUSSION DER ZUSAMMENGEFÜHRTEN ERGEBNISSE AUS EVALUIERUNG UND PRAXISTEST IM INTERNATIONALEN VERGLEICH ..</b>	<b>138</b>
6.1	Deskriptive Statistik.....	138
6.1.1	Ergebnisse der Feststoffuntersuchungen.....	140
6.1.2	Ergebnisse der Eluatuntersuchungen .....	142
6.1.3	Ergebnisse der Respirometeruntersuchungen .....	144
6.1.4	Ergebnisse der Bodenluftuntersuchungen .....	145
6.1.5	Auswertung der Überschreitungen der Prüf- und Maßnahmenswellenwerte für alle Standorte .....	147

6.2	Clusteranalysen .....	161
6.3	Einzelauswertungen der Parameter bzw. Parametergruppen.....	167
6.3.1	Ablagerungsalter.....	168
6.3.2	Niederschlagsdaten .....	169
6.3.3	Niederschlag/Ablagerungstiefe ( $h_{NB}$ -Faktor).....	170
<b>7</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN .....</b>	<b>179</b>
7.1	Erstbewertung/Erstabschätzung von Altablagerungen .....	179
7.2	Bewertung des Gefährdungspotentials unter Einbeziehung der Nutzung ...	185
7.3	Empfehlungen für die Praxis .....	190
7.3.1	Empfehlungen für die Behörden.....	190
7.3.2	Empfehlungen für die weitere Vorgangsweise .....	192
7.4	Ausblick .....	199
<b>8</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>202</b>
<b>9</b>	<b>VERZEICHNISSE .....</b>	<b>209</b>
9.1	Literatur.....	209
9.2	Abkürzungsverzeichnis .....	222
9.3	Tabellen .....	225
9.4	Abbildungen .....	227

# 1 Einleitung

Bei der Ausweisung von Grünland in Bauland (Wohnen, Industrie, Gewerbe) ist nach dem Niederösterreichischen Raumordnungsgesetz [NÖ ROG 2007] eine Prüfung hinsichtlich möglicher Gefahrenmomente aus Verdachtsflächen oder Altlasten durchzuführen, ob diese der Umwidmung nicht entgegenstehen.

## 1.1 Problemstellung

Wenn Altablagerungen (Altdeponien) einer höherwertigen Baulandwidmung zugeführt werden sollen, sind als fachliche Entscheidungsgrundlage meist zeitraubende und kostenintensive Untersuchungen erforderlich. Es liegen von vielen bereits umgewidmeten Flächen Untersuchungen unterschiedlicher Qualität bei verschiedenen Stellen (Ämter der Landesregierungen, Fachabteilungen der Bezirksbehörden, privaten Investoren) vor. Es ist im Rahmen einer wissenschaftlichen Aufarbeitung nicht möglich, all diese Datensätze einzusehen und zu bearbeiten. Daher können derartige Untersuchungen nicht als Basis für verallgemeinernde Aussagen herangezogen werden.

Aus dem Forschungsprojekt EVAPASSOLD liegen von insgesamt 25 Verdachtsflächen detaillierte Untersuchungsergebnisse vor. Diese sind sehr gut dokumentiert und qualitätsgesichert. Das Land OÖ hat aufbauend auf diesen Ergebnissen weitere 15 Verdachtsflächen vereinfacht untersucht. Es steht damit ein Datenpool für vergleichende Untersuchungen und statistische Auswertungen zur Verfügung, der bisher unbenutzt war.

Um eine rasche Bearbeitung von derartigen Altablagerungen zu erzielen und diese wieder in das kommunale Flächenmanagement einbringen zu können, sind vereinfachte Ansätze erforderlich. Diese müssen in relativ kurzer Zeit zu Ergebnissen führen, um eine Umwidmung beantragen zu können. Die Kosten dafür dürfen nicht all zu hoch sein, um weder die Investoren abzuschrecken, noch es den Gemeinden zu erschweren zu Entscheidungsgrundlagen zu kommen. Nur so kann es gelingen, die Flächeninanspruchnahme für Siedlungen zu reduzieren und so zu einer nachhaltigen Bodenpolitik zu kommen.

## 1.2 Zielsetzung

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens zur Überprüfung der Annahmen des Erstbewertungsschemas von Verdachtsflächen im Bundesland Niederösterreich (EVAPASSOLD) wurden insgesamt 25 Flächen exemplarisch aufwendig nach gleichen Vorgaben von Wissenschaftlern untersucht.

Darauf aufbauend erfolgte ein vereinfachter Praxistest an weiteren 15 Flächen im Bundesland Oberösterreich.

Diese vorliegenden Untersuchungsergebnisse von insgesamt 40 Altablagerungen mit 124 Datensätzen sollte als Basis für vergleichende Betrachtungen und Auswertungen

herangezogen werden, um Faktoren, die für eine sichere Ersteinschätzung dienen können, zu erarbeiten.

Da diese Daten aus verschiedenen klimatischen Bereichen stammten, musste zuerst untersucht werden, ob diese Daten einer gemeinsamen Grundmenge angehören. Weiters sollte geprüft werden, für welche Größen von Altablagerungen (Ablagerungsvolumen, Ablagerungstiefe) diese Daten Gültigkeit haben.

Mit statistischen Methoden sollte versucht werden, vereinfachende und kostengünstige Verfahren zu erkennen, die für eine sichere Ersteinschätzung herangezogen werden können. Damit soll es möglich sein, einfach, schnell und kostengünstig Altablagerungen zu bewerten, von denen keine oder nur eine fachlich vertretbar geringe Gefahr bei einer Verbauung ausgehen. So können für Gemeinden und Investoren Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden, die eine Umwidmung in Bauland erlauben.

Im Text wurde möglichst eine geschlechtsneutrale Bezeichnung gewählt. Wo dies nicht möglich war, wurde zur besseren Lesbarkeit die gebräuchlichste Form gewählt und nicht ausdrücklich die männliche und weibliche Form angeführt. In diesem Fall steht die gewählte Form für beide Geschlechter.

## 2 Grundlagen und Rahmenbedingungen

### 2.1 Raumordnung

#### 2.1.1 Ist-Situation in Österreich

##### 2.1.1.1 Ausgangssituation

Aufgrund der im Niederösterreichischen Raumordnungsgesetz [NÖ Raumordnungsgesetz 2007] erforderlichen Prüfung bei Widmung von Grünland in Bauland (Wohnen, Industrie, Gewerbe, Sondernutzung), ob Gefahrenmomente resultierend aus begründeten Verdachtsflächen und Altlasten vorliegen, die dieser höherwertigeren Nutzung entgegenstehen, sind basierend auf den erfolgten Erstabschätzungen nach dem NÖ Leitfaden [Amt der NÖ Landesregierung 1998] Gutachten für die Raumordnungsbehörde zu erstellen. Als Grundlage dafür sind dem Widmungswerber Untersuchungen vorzuschreiben, die eine Beurteilung der möglichen höherwertigen Folgenutzung ermöglichen und so eine Bebauung, teilweise mit Einschränkungen, erlauben.

Raumordnung ist in Österreich Länderkompetenz. Daher kann es in jedem Bundesland zu der Thematik Altlasten/Verdachtsflächen andere rechtliche Ausprägungen geben.

##### 2.1.1.2 Niederösterreich

Das Niederösterreichische Raumordnungsgesetz [NÖ Raumordnungsgesetz 2007], in der Fassung vom 7. 9. 2007, hat in § 15 Widmungen, Kenntlichmachungen und Widmungsverbote im Abs. 3 folgende Festlegung getroffen:

*„ Flächen, die auf Grund von Gegebenheiten ihres Standortes zur Bebauung ungeeignet sind, dürfen nicht als Bauland gewidmet werden, insbesondere: Zi. 5. „Flächen, die vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie (Umweltbundesamt) als Altlasten oder Verdachtsflächen im Sinne des Altlastensanierungsgesetzes, BGBl. Nr. 299/1989 in der Fassung BGBl. I Nr. 136/2004, erfasst wurden oder Flächen, die von Auswirkungen von Altlasten in gravierender Weise betroffen sind. Dies gilt nicht für Flächen, die zum Zwecke der Sanierung oder Sicherung als Bauland-Aufschließungszone gewidmet werden.“*

Erstmals wurde eine derartige Bestimmung im Jahr 1996 in das NÖ ROG aufgenommen. Diese lautete: *„Flächen mit bestehenden und begründet vermuteten Altlasten (Verdachtsflächen)“*.

Im §16 des NÖ ROG ist zur Sicherung einer geordneten Siedlungsentwicklung sowie zur Sicherung von Altlasten bzw. Verdachtsflächen eine Bestimmung geschaffen worden, um

Bauland in verschiedene Ausfließungszonen zu unterteilen, wenn zugleich im örtlichen Raumordnungsprogramm sachgerechte Voraussetzungen für deren Freigabe festgelegt werden. Diese Bestimmungen wurden im Jahr 1996 in das NÖ ROG aufgenommen.

Durch diese konkretisierende Freigabemöglichkeit bietet sich nun die Möglichkeit, aus heutiger Sicht nicht bebaubare Flächen als „Bauland Aufschließungszonen“ (Bauerwartungsflächen) zu widmen, wenn sachgerechte Voraussetzungen für deren Freigabe im örtlichen Raumordnungsprogramm festgelegt werden. Die Freigabe erfolgt durch Verordnung des Gemeinderates.

Der Gesetzgeber hat jedoch das Prozedere nicht näher festgelegt, wie festgestellt werden soll, dass „eine Sanierung“ durchgeführt wurde.

In der folgenden Novelle (1999) wurde der Begriff „Verdachtsflächen“ eingeschränkt auf jene Flächen, die vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) als Altlasten oder Verdachtsflächen im Sinne des Altlastensanierungsgesetzes [BGBL I 299 1989] erfasst wurden oder Flächen, die von den Auswirkungen von Altlasten in gravierender Weise betroffen sind. Zwischen den Flächen, die in NÖ in einer digitalen Datenbank als Verdachtsflächen geführt werden und jenen, die im Altlasten- und Verdachtsflächenkataster geführt werden, besteht nach Auskunft der Abteilung Wasserwirtschaft eine Diskrepanz von einigen 100 Flächen. Der Grund dafür liegt meist in der nicht ausreichenden Datenlage, um vom Umweltbundesamt, Fachbereich Altlasten, als prüfende Stelle, als Verdachtsfläche aufgenommen werden zu können.

In der NÖ Planzeichenverordnung vom 13.6.2002 [NÖ Planzeichenverordnung 2002] wurde für Altlasten bzw. Verdachtsflächen die Signatur AL bzw. VDFL im weißem Kreis, wenn möglich, und Umrandung der Fläche durch kleine starke Kreise auf einer Verbindungslinie zur Kenntlichmachung im Flächenwidmungsplan des örtlichen Raumordnungsprogramms festgelegt.

### **2.1.1.3 Andere österreichische Bundesländer**

Eine Recherche im Rechtsinformationssystem des Bundes (RIS) am 23. 10. 2012 zeigt folgende Situation auf:

Mit Ausnahme von Salzburg und Kärnten sind keine gesetzlich verordneten Regelungen für Verdachtsflächen und/oder Altlasten in den Landesgesetzen vorhanden.

#### **Burgenland:**

Im Burgenländischen Raumplanungsgesetz findet sich unter § 14 Abs. 1 nur der Hinweis, dass Gebiete, die sich unter anderem wegen der Bodenverhältnisse nicht für eine Bebauung eignen, nicht als Bauland gewidmet werden dürfen [Burgenländisches Raumplanungsgesetz 2010]. Im Zuge der Neuerstellung der Flächenwidmungspläne wird von der

Raumordnungsabteilung des Amtes der Burgenländischen Landesregierung bei der Abteilung Umweltschutz [Hüller & Kummer 2010] bei Neuwidmungen eine Stellungnahme eingeholt. Je nach Wissensstand (Lage, Alter, Inhalt) über die Altablagerungen wird zur konkreten Fläche eine Stellungnahme abgegeben. Meist sind Untersuchungen zur Abklärung, ob die Fläche bebaubar ist, erforderlich.

#### **Oberösterreich:**

Im Oberösterreichischen Raumordnungsgesetz findet sich ebenso kein detaillierter Hinweis auf eine Prüfpflicht oder einen Versagenstatbestand zur Widmung als Bauland. Bauland darf nur auf Flächen ausgewiesen werden, die sich aufgrund der natürlichen Voraussetzungen als Bauland eignen [OÖ. Raumordnungsgesetz 1994].

Bei der geplanten Umwidmung von Verdachtsflächen oder Altlasten wird von der Abteilung Raumordnung des Amtes der OÖ. Landesregierung eine Stellungnahme der Abteilung Umweltschutz eingeholt. Es wird zur konkreten Fläche Stellung genommen. Bei Umwidmung sind entsprechende Untersuchungen durchzuführen [Bertha & Achleitner-Kastner 2010].

#### **Kärnten:**

Im Kärntner Gemeindeplanungsgesetz gibt es die Festlegung, dass nicht als Bauland insbesondere folgende Gebiete festgelegt werden dürfen, die nach § 3 Abs. 1 lit. b „*im Gefährdungsbereich von ... Altlasten u. ä. gelegen sind*“. Weiters sind Verdachtsflächen und Altlasten nach dem Altlastensanierungsgesetz im Flächenwidmungsplan kenntlich zu machen. Nach §15 Abs. 4 sind „*als Bauland festgelegte unbebaute Flächen, die im Gefährdungsbereich von Altlasten u. ä. gelegen sind, in Grünland rückzuwidmen, sofern nicht zu erwarten ist, dass diese Gefahren innerhalb eines Planungszeitraumes von 10 Jahren durch entsprechende Maßnahmen abgewendet werden.*“ [Kärntner Gemeindeplanungsgesetz 1995]. Nach Mitteilung des Amtes der Kärntner Landesregierung [Rabitsch 2010] wird bei einer geplanten Umwidmung von Verdachtsflächen oder Altlasten von der Abteilung Raumordnung des Amtes der Kärntner Landesregierung eine Stellungnahme der Abteilung 15 Umwelt eingeholt. Es wird zur konkreten Fläche je nach Wissensstand Stellung genommen. Bei konkreten Umwidmungen sind meist Untersuchungen erforderlich.

#### **Salzburg:**

Im Salzburger Raumordnungsgesetz findet sich im § 28 Abs. 3 Z. 4 ein Widmungsverbot für Bauland aufgrund der gegebenen oder erwarteten Umweltbelastungen oder –auswirkungen für eine widmungsgemäße Nutzung [Salzburger Raumordnungsgesetz 2009]. Aufgrund dieser Bestimmung wird bei geplanter Umwidmung von Verdachtsflächen oder Altlasten von der Abteilung Raumordnung des Amtes der Salzburger Landesregierung unter anderem eine Stellungnahme der Abteilung Umweltschutz eingeholt. Es wird zur konkreten Fläche Stellung genommen. Bei Umwidmung sind entsprechende Untersuchungen durchzuführen [Brunner 2010].

**Steiermark:**

In der Planzeichenverordnung 2007 [Steiermärkische Landesregierung 2007] sind Nutzungsbeschränkungen durch Altlasten aufgrund ihrer allenfalls erhöhten Bedeutung mittels durchgehender Randlinien und durchgehender Schraffurflächen mit dadurch hervorgehobener Sichtbarkeit darzustellen. Dies gilt ebenso für Flächen, die im Verdachtsflächenkataster als Verdachtsflächen eingetragen sind. Altstandorte hingegen werden aufgrund mangelnder Detailinformationen im Flächenwidmungsplan nicht grafisch dargestellt. In der Verordnung der steiermärkischen Landesregierung für das regionale Entwicklungsprogramm für die Planungsregion (politischer Bezirk) Hartberg 53/1995 in der Fassung von 2/2001 ist die „Freihaltung bestehender Altlasten bzw. Altlastenflächen“ als eines der Ziele und Maßnahmen genannt.

Im Raumordnungsgesetz der Steiermark befinden sich nur unter den Voraussetzungen für eine Baulandwidmung unter natürlichen Voraussetzungen (Bodenbeschaffenheit, Grundwasserstand, Hochwassergefahr, Klima, Steinschlag, Lawinengefahr u. dgl.) und keiner beabsichtigten Nutzung widersprechenden Immissionsbelastung (Lärm, Luftschadstoffe, Erschütterungen u. dgl.) allgemeine Hinweise. Bei der Überarbeitung eines örtlichen Entwicklungskonzeptes fragen die Planer bei der zuständigen Fachabteilung 17 C, Technische Umweltkontrolle, an. Es werden aus der Evidenzdatenbank des Landes Steiermark alle Altablagerungen bekannt gegeben [Winkler 2009].

**Tirol:**

Im Tiroler Raumordnungsgesetz dürfen nach § 37 Abs. 1 lit. b als Bauland unter anderem Flächen nur gewidmet werden, soweit diese aufgrund von Bodenbelastungen oder Immissionsbelastungen für eine widmungsgemäße Bebauung geeignet sind [Tiroler Raumordnungsgesetz 2006]. Im Zuge der Neuerstellung der örtlichen Raumordnungskonzepte werden von der Abteilung Raumordnung und Statistik seit dem Jahr 2000 bei der Abteilung Umweltschutz, Referat Abfallwirtschaft, Stellungnahmen eingeholt [Reitmeir 2010]. In diesen Stellungnahmen werden Daten zu den amtsbekannten Altablagerungen übermittelt. Grundlage dieser Daten sind Erhebungen aus den 1980er Jahren, weshalb es insbesondere hinsichtlich der genauen Lage entsprechend große Datenunschärfen (z.B. durch Änderung der Grundstücksnummern) gibt. Auf Grundlage dieser Unterlagen erfolgt in den Plänen der örtlichen Raumordnungskonzepte eine Kenntlichmachung von Verdachtsflächen/Altlasten (Symbol für Altablagerung). Aufgrund der Datenunschärfe ist, trotz Kenntlichmachung, nicht immer erkennbar, wie der unmittelbare Bereich einer Altablagerung genutzt werden soll. Es wird daher auf die von Altablagerungen ausgehenden Gefahren (i. w. Setzungen, Deponiegasproblematik) verwiesen, sobald erkennbar ist, dass im näheren Umfeld der Altablagerung bauliche Nutzungen (bzw. sensible Nutzungen) geplant sind. Höherwertige Nutzungen werden auf Altablagerungen eher selten umgesetzt. Die Nutzungen von Altablagerungen als Wohngebiet wird aus fachlicher Sicht abgelehnt [Reitmeir 2010].



**Vorarlberg:**

Nach § 13 des Vorarlberger Raumplanungsgesetzes haben die Gemeinden zu überprüfen, ob eine Fläche für eine Verbauung geeignet ist [Vorarlberger Gesetz über die Raumplanung 2008]. Es findet sich explizit kein Hinweis auf Gefahren im Gesetz. Befindet sich auf einer umzuwidmenden Fläche eine Verdachtsfläche, sollte ein Abfalltechnischer Sachverständiger beigezogen werden. Im Regelfall wird der Abfalltechnische Sachverständige erst im Bauverfahren beigezogen. Dieser hat zu beurteilen, ob eine Bebauung grundsätzlich möglich ist, ob weitere Untersuchungen zur Einschätzung erforderlich sind und darauf aufbauend eventuelle Nutzungsbeschränkungen bzw. Auflagen vorzuschreiben sind [Schweiger 2010].

**Wien:**

Alle bekannten Altablagerungen und Altstandorte sind in der Wiener Altstandorte Liste (WASTL) eingetragen und räumlich ungefähr grundstücksscharf dargestellt. Diese Liste wurde mit Stichtag 1991 dem BMLFUW gemeldet. Ein Teil dieser Liste wurde akzeptiert und in den Altlasten- und Verdachtsflächenkataster des BMLFUW aufgenommen und fast überall erfolgten Untersuchungen nach §§ 13 bzw. 14 ALSAG. In weiterer Folge wurden diese Flächen Altlasten, Beobachtungsflächen oder aus dem Kataster gestrichen. Bei Umwidmungen erfolgt routinemäßig eine Anfrage der zuständigen Raumordnungsabteilung MA 21. Es gibt jedoch keine gesetzliche Verpflichtung zur Freigabe dieser Flächen durch die zuständige Stelle der Wiener Gewässermanagement GmbH. Es erfolgt eine Stellungnahme mit der Vorgabe der Rahmenbedingungen für die Bebauung. Bei Flächen, wo die Stadt Wien Grundstücksbesitzer und/oder Bauträger ist, erfolgt eine Betreuung dieser Flächen. Ebenso bei Flächen, die als Altlast ausgewiesen sind. Bei privaten Investoren wird dies von Privatsachverständigen wahrgenommen.

Die Standorte sind primär nach Adresse und Grundstücksnummer auffindbar. Umriss-Polygone sind eher selten vorhanden. Es ist zukünftig eine koordinative Verortung vorgesehen, die derzeit jedoch noch nicht in Umsetzung ist [Enna 2011].

## **2.1.2 Raumordnerische Regelungen in ausgewählten Ländern der EU**

### **2.1.2.1 Deutschland**

Es werden von den gesetzlichen Regelungen der 16 Bundesländer exemplarisch jene von Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen dargestellt.

#### **Baden-Württemberg**

Im Baugesetzbuch [BGBl 2006] sind in § 1 bei der Aufstellung der Bauleitpläne unter Punkt 7. insbesondere die Belange des Umweltschutzes und hier unter c) umweltbezogene Auswirkungen auf den Menschen und seine Gesundheit zu berücksichtigen. Bauleitpläne sind der Flächennutzungsplan und der Bebauungsplan. Nach der Entscheidung des

Verwaltungsgerichtshofes Stuttgart vom 16. 7. 2007 [Verwaltungsgerichtshof 2007] muss die endgültige Klärung, ob eine bestimmte Fläche als Baugebiet überhaupt geeignet ist, im Flächennutzungsplan erfolgen. Es ist daher abzuwägen, ob die Probleme der Schadstoffverunreinigung des Bodens und der Geeignetheit des Baugrundes durch Auffüllungen in der erforderlichen Abwägung nach § 1 ausreichend gerecht berücksichtigt worden sind. *„Es muss sich der Bürger darauf verlassen können, dass der Rechtszustand, Baugebiet, verwirklicht werden kann.“*

## **Nordrhein-Westfalen**

### **Gemeinsamer Runderlass des Ministeriums für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport und des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz vom 14. 3. 2005. Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen, insbesondere Altlasten, bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren (ALTLASTENERLASS 2005) [Nordrhein-Westfälisches Ministerium 2005].**

Im gemeinsamen Runderlass „Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen, insbesondere Altlasten, bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren“, dem sogenannten ALTLASTENERLASS 2005 [Nordrhein-Westfälisches Ministerium 2005], werden die Verantwortlichkeiten der Behandlung von Altlasten in der Bauleitplanung geregelt. Die Amtsträger der Gemeinden haben die Pflicht, bei der Aufstellung von Bebauungsplänen von Altlasten ausgehende Gesundheitsgefährdungen für die Nutzer des Planungsgebietes zu verhindern. Demnach müssen die Gemeinden einen vorhandenen Altlastverdacht bei der Bauleitplanung (Flächennutzungspläne, Bebauungspläne) berücksichtigen und ggf. erforderliche Untersuchungen durchführen lassen. In diesem Zusammenhang sind auch die Ergebnisse aus der Überwachung von altlastverdächtigen Flächen und sanierten Flächen heranzuziehen.

Nach Ziffer 2.3.1. des Altlastenerlasses sind für das Gebot gerechter Abwägung im Zusammenhang mit der Berücksichtigung von Bodenbelastungen folgende Grundsätze zu beachten:

- Bei der Bauleitplanung sind insbesondere die allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse zu berücksichtigen (sog. bauleitplanerisches Vorsorgeprinzip). Für die Beurteilung von Bodenbelastungen und der von ihnen ausgehenden oder zu erwartenden Einwirkungen ist deshalb nicht erst die Schwelle, an der die Gefahrenabwehr einsetzt, maßgeblich.*
- Nach dem Gebot planerischer Konfliktbewältigung darf ein Bebauungsplan die von ihm ausgelösten Nutzungskonflikte nicht unbewältigt lassen. Die auf Grund der Planung ggf. erforderliche Behandlung der Bodenbelastung (Vorkehrungen im weiten, nicht nur technischen Sinne) muss technisch, rechtlich und finanziell möglich sein. Im Bebauungsplan sind soweit erforderlich die Festsetzungen zu treffen, die zur Behandlung der Bodenbelastung nach § 9 BauGB zulässig und geeignet sind.*

- *Die Gemeinde hat zu prüfen, ob der Bebauungsplan vor der Behandlung der Bodenbelastung in Kraft gesetzt werden kann oder ob die Behandlung der Bodenbelastung parallel zum Planverfahren durchgeführt wird und der Bebauungsplan erst nach deren Abschluss in Kraft gesetzt werden kann.*
- *Vor Behandlung der Bodenbelastung kann der Bebauungsplan in Kraft gesetzt werden, wenn:*
  - *durch Festsetzungen im Bebauungsplan oder durch sonstige öffentlich-rechtliche Sicherungen (wie der Eintragung von Baulasten oder dem Abschluss öffentlich-rechtlicher Verträge) sichergestellt ist, dass von der Bodenbelastung keine Gefährdungen für die vorgesehenen Nutzungen ausgehen können, oder wenn*
  - *eine Kennzeichnung ausreichend ist, weil die Durchführung der Maßnahmen nach den Umständen des Einzelfalls künftigen Verwaltungshandeln überlassen werden kann. Dabei erfordert das Gebot der planerischen Konfliktbewältigung, dass die technische und wirtschaftliche Machbarkeit der erforderlichen Bodenbehandlung hinreichend genau prognostiziert werden kann und dass die rechtliche Umsetzung durch die nachfolgenden Verwaltungsverfahren (z.B. bauaufsichtliches Verfahren) gesichert ist.*
- *Es ist ferner zu berücksichtigen, dass durch den Vollzug des Bebauungsplans nicht eventuell später erforderliche Maßnahmen auf Grund anderer Rechtsvorschriften (z. B. aus Gründen des Grundwasserschutzes) erschwert werden.*
- *Die Nutzungskonflikte sollen möglichst innerhalb des Plangebietes gelöst werden. Konfliktbereiche dürfen nicht durch eine zu enge Planbegrenzung ausgeklammert werden. Ist die Konfliktbewältigung nur in verschiedenen Bebauungsplänen möglich, so sind diese auf der Grundlage eines Gesamtkonzepts sachlich und zeitlich aufeinander abzustimmen.*
- *Die Abwägung kann auch zu dem Ergebnis führen, dass eine Planung, deren Realisierung in keinem vernünftigen Kosten- und Nutzenverhältnis steht, eingestellt wird oder eine weniger schutzbedürftige Nutzung ausgewiesen wird.*

Aus den oben dargelegten Vorgaben folgt nach Band 24 der Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, LUA NRW [Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen 2006], dass diese Flächen mindestens bis zum Abschluss der Sanierung überwacht werden müssen. Je nach Fallgestaltung kann auch eine anschließende Überwachung bzw. Nachsorge erforderlich werden.

### 2.1.2.2 Großbritannien

Auf nationaler Ebene gibt es mehrere sogenannte Planning Policy Statements (PPS) des Departments for Communities and Local Government (DCLG). Das PPS1, genannt Delivering Sustainable Development [DCLG 2005], gibt grundsätzlich Vorgaben für ehemalige Deponien in der Raumplanung. PPS1 besagt, dass im Bebauungsplan Umweltthemen, wie Milderung der Auswirkungen des Klimawandels durch die Reduzierung von Treibhausgas-Emissionen und die Kontaminierung des Bodens zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung, zu berücksichtigen sind. PPS1 empfiehlt den lokalen Behörden in den Entwicklungsplänen die effiziente Nutzung von ehemaligen Baulandflächen und anderen Flächen zu fördern. Vorgabe dafür sind unter anderem die Verbesserung der Lebensräume für Pflanzen und Tiere und die Notwendigkeit in und um die städtischen und ländlichen Siedlungen die Bereitstellung und Erhaltung von guter Bodenqualität [DCLG 2005]. PPS23 "Planning and Pollution Control" [DCLG 2004] prognostiziert, dass viele kontaminierte Flächen für die weitere Planung gesichert werden sollten. Dies geschieht in Zusammenarbeit mit den lokalen Abfall-Verbänden und den Stellen des Umweltbundesamtes (Environmental Agency), die die Voraussetzungen dafür erstellen. Die National Brownfield Strategy [English Partnerships 2003] spielt hierbei eine wichtige Rolle. Es wurden Vorgaben entwickelt, die Themen wie Hochwasserschutz und Kontaminationen regeln. Es wurde erkannt, dass brachliegende Flächen, auch ehemalige Deponien, in Gemeinden zu sozialen und gesundheitlichen Belastungen führen können. Daher wird der Wiedernutzbarmachung, bzw. im englischen Sprachgebrauch „Umnutzung“ (reuse) genannt, und der Sanierung von Flächen der Vorrang gegeben, wenn nicht naturschutzfachliche oder hydrogeologische Bedenken bestehen. Entwicklung von Bauland ist auf kontaminierten Flächen oder in der Nähe dieser nur zu ermöglichen, wenn nachgewiesen wird, dass Maßnahmen ergriffen werden, um das Land zu sanieren und eine Bebauung zu ermöglichen. Dies ist in der Baugenehmigung detailliert darzustellen.

Die Local Planning Authorities sind zuständig für die Umwidmungen. Es gibt viele Grundbesitzer, die Flächen „umnutzen“ (engl.: reuse) wollen. Bei der Baubewilligung kann die Environmental Agency und die zuständige Behörde für Deponien zugezogen werden. In diesem Fall sind eine ausführliche Gefährdungsabschätzung über den Luft- und Wasserpfad durchzuführen. Viele Flächen werden jedoch nach persönlicher Mitteilung von Nathanail auf Eigenverantwortung der Grundbesitzer in Absprache mit der Behörde [Nathanail 2012] „umgenutzt“. Die Verantwortung liegt dann jedoch beim Grundbesitzer. Dieser hat ausdrücklich zu erklären, dass er auch Kontaminationen berücksichtigt hat [National House-Building Council 2008].

Altablagerungen (historic landfills) sind nach dem Environmental Protection Act 1990, Part 2A [Great Britain Parliament 1990] zu kontaminierten Standorten erklärt worden. Die Verwaltungsbehörde (County) ist dann zuständig. Eine Baulandwidmung muss dann von dieser Behörde ausgesprochen werden. Dazu sind detaillierte Untersuchungen erforderlich.

Hier ist vor einer Baulandnutzung im Radius von 250 m um das zu errichtende Gebäude ein Gutachten zu erbringen, das besagt, dass sich auf dieser Fläche keine Deponien befanden. Sollte dies nicht möglich sein, so erhöht sich das Risiko der Fläche. Wenn sich innerhalb von 50 m eine Altablagerung oder ein Altstandort befinden, so sind Bodenluftmessungen zur Abklärung erforderlich. Wenn ein Methangehalt  $< 1$  Vol. % in der Bodenluft vorgefunden wird, dann ist mittels Absaugversuch zu klären, ob auch höhere Werte möglich sind. Ab einem Methangehalt von  $> 20$  Vol. % ist der Nachweis für eine nachhaltige Gasproduktion aus dem darunter liegenden Müllkörper gegeben. Dieses Gutachten ist von einem Sachverständigen durch den Bauwerber vorzulegen.

## 2.2 Umweltgesetzliche Grundlagen

### 2.2.1 Österreich

#### 2.2.1.1 Altlastensanierungsgesetz (ALSAG)

Mit der öffentlichen Diskussion um die Auswirkungen der „Fischer-Deponie“ wurde in den späten achtziger Jahren deutlich, dass wirksame Grundlagen zur Lösung der Altlastenproblematik in Österreich fehlen [Auer 1998]. Das Altlastensanierungsgesetz (ALSAG) wurde 1989 als Bundesgesetz verlautbart [BGBl. I Nr.299 1989] und ist mit 1. Juli 1989 in Kraft getreten. In der Novelle von 1992 wird der Altlastenbegriff auf solche Standorte eingegrenzt, die eine **„erhebliche Gefahr“** für die Umwelt nach sich ziehen. In der Novelle 1996 [BGBl. I Nr. 164 1996] wurden die Änderungen in der DVO-Novelle 1996 umgesetzt und die Beitragspflichten novelliert. Für Deponien, die nicht dem Stand der Technik entsprechen und weiterbetrieben werden, sind Zuschläge vorgesehen worden. Damit sollten Wettbewerbsverzerrungen im Falle unterschiedlich ausgestatteter Deponien ausgeglichen und ein Anreiz zur rascheren Anpassung von Altanlagen an den Stand der Technik geschaffen werden. Die Novelle 2008 [BGBl. I Nr. 40 2008] setzt nur Begriffe der DVO-Novelle 2008 im ALSAG um und es werden die Beitragsätze angepasst.

Dieses Gesetz enthält die Definitionen für die Begriffe Altlasten, Altstandorte, Altablagerungen und Verdachtsflächen.

#### *„§ 2 Definitionen*

*(1) Altlasten sind Altablagerungen und Altstandorte sowie durch diese kontaminierte Böden und Grundwasserkörper, von denen - nach den Ergebnissen einer Gefährdungsabschätzung - erhebliche Gefahren für die Gesundheit des Menschen oder die Umwelt ausgehen. Kontaminationen, die durch Emissionen in die Luft verursacht werden, unterliegen nicht dem Geltungsbereich des Gesetzes.*

*(2) Altablagerungen sind Ablagerungen von Abfällen, die befugt oder unbefugt durchgeführt wurden.*

*(3) Altstandorte sind Standorte von Anlagen, in denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen wurde.*

*(11) Verdachtsflächen im Sinne dieses Bundesgesetzes sind abgrenzbare Bereiche von Altablagerungen und Altstandorten, von denen auf Grund früherer Nutzungsformen erhebliche Gefahren für die Gesundheit des Menschen oder die Umwelt ausgehen können.“*

Durch Erkenntnisse des Verwaltungsgerichtshofes in den Jahren 2002 und 2005 [VwGH 2002 und 2005] wurde der Begriff Verdachtsfläche insofern präzisiert, als eine Verdachtsfläche nicht nur jene Fläche ist, die vom Landeshauptmann an den Bundesminister gemeldet und in den Verdachtsflächenkataster eingetragen ist, sondern, wenn im Sinne der oben stehenden Definition, aufgrund der früheren Nutzungsformen erhebliche Gefahren für die Gesundheit des Menschen oder der Umwelt durch diese Ablagerungen ausgehen können.

Diese Definitionen sind von entscheidender Bedeutung für die Zuordnung zur Rechtsmaterie ALSAG oder zu anderen Umweltschutzgesetzen. Damit werden die Anforderungen an die in den Gesetzen definierten Schutzgüter klargestellt.

Schon 1998 wurde in Hinblick auf die erforderliche Harmonisierung von Wasserrechtsgesetz und Altlastensanierungsgesetz eine grundlegende Novelle des ALSAG als unumgänglich [Auer 1998] eingestuft. Kernpunkt der Novelle sollte unter anderem das Abgehen vom Vorsorgeprinzip hin zum Schutzprinzip sein:

*„Schutzprinzip statt Vorsorgeprinzip:*

*Alle Maßnahmen die gesetzt werden dienen der Minimierung des bereits vorhandenen Schadens. Im Hinblick auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis soll nicht der unbelastete Zustand zu 100 % wiederhergestellt, sondern das Sanierungsziel abhängig von der tatsächlichen sowie geplanten Nutzung festgelegt werden.“[Auer 1998].*

Weiters wurde die ökologische Dringlichkeit ins Treffen geführt:

*„Vorgehen nach ökologischer Dringlichkeit:*

*Bei weniger prioritären Altlasten soll die Möglichkeit der Beobachtung statt unbedingter Räumung oder Sicherung (wie es derzeit § 138 Wasserrechtsgesetz vorsieht) normiert werden.“[Auer 1998]*



Der Vollzug des ALSAG ist vom Landeshauptmann durchzuführen. Die Mittel für die Durchführung sind jedoch vom Bund zu tragen. Das BMLFUW bedient sich in dieser Angelegenheit des Umweltbundesamtes (UBA) und der Kommunalkredit AG. Wie Prohaska ausführt, kommt es dabei zu einem großen Verwaltungsaufwand [Prohaska 1998]. Er führt als Beispiel das Führen des Verdachtsflächenkatasters an:

*„Für die Behandlung einer Verdachtsfläche müssen im Prinzip drei Stellen einen „Verdachtsflächenkataster“ führen:*

*Der Landeshauptmann, da er sonst die Meldungen gar nicht erstellen könnte,*

*das Ministerium, welches als Koordinierungsstelle fungiert und*

*das Umweltbundesamt, welches die eigentliche Bearbeitung durchführt. „*

In seinem Beitrag regt Prohaska diverse Vereinfachungen für ein Neues Altlastensanierungsgesetz an.

Das Altlastensanierungsgesetz ist, im Gegensatz zum Wasserrechtsgesetz, kein Vorsorgeinstrument, sondern dient zur Sicherung und Sanierung bestehender Altlasten (Reparaturprinzip), wobei aber materiell in § 17 Abs. 1 auf das WRG verwiesen wird. Das in § 30 WRG normierte Reinheitsgebot, mit der Zielvorstellung Grundwasser im natürlichen Zustand zu erhalten, ist [Amon 1998] *„realistisch betrachtet bei der Altlastensicherung- und sanierung praktisch nicht zu finanzieren. Der (...) Gesetzgeber wird in verantwortungsbewusster Weise Abstriche vom absoluten Vorsorgegrundsatz zulassen müssen, wobei eine Nutzbarkeit des Grundwassers als Trinkwasser durchaus noch gewährleistet bleiben kann.“*

Amon regt im oben zitierten Artikel auch die Ausdehnung eines eigenen Altlastenregimes auf eine *„so genannte ‚qualifizierte Verdachtsfläche‘ an, die nicht alle Verdachtsflächen beinhaltet, jedoch mehr als nur die ausgewiesenen Altlasten“*.

Laut dem Leitfaden Verdachtsflächen – Landesweite Abgleichung der Prioritäten bei der Verdachtsflächenbearbeitung [Amt der NÖ Landesregierung 1998] kommt es im Vollzug der §§ 13 und 14 ALSAG zu einer *„latent unbefriedigenden Vorgangsweise“* unter anderem deshalb, weil *„eine zufriedenstellende Definition der ‚erheblichen Gefährdung‘, die die Grenze bestimmt, ab wann ein Altstandort oder eine Altablagerung als Verdachtsfläche zu melden ist, fehlt“*.

Im Bundesabfallwirtschaftsplan 2006 [BMLFUW 2006] wird im Kapitel 6.7 Weiterentwicklung des Altlastenrechts dargelegt, dass das ALSAG kein eigenständiges Verfahrensgesetz darstellt und die dafür anzuwendenden Rechtsmaterien (Abfallwirtschaftsgesetz, Wasserrechtsgesetz und Gewerbeordnung) in Folge anderer Zielsetzungen nicht die optimale Grundlage für altlastenspezifische Entscheidungen, die sich aus technischen und wirtschaftlichen Überlegungen vornehmlich am Schutzprinzip orientieren müssen, bilden. Im

Rahmen einer geplanten ALSAG-Novelle soll u.a. eine rechtliche Grundlage für eine differenzierte Ableitung von Sanierungszielen bei der Altlastenbehandlung geschaffen werden. Das „Schutzprinzip“ soll in Ergänzung zum „Vorsorgeprinzip“ in die spezifischen Rahmenbedingungen des Altlastenmanagements einbezogen werden. Als Grundlage ist eine Sanierungsstudie in Bearbeitung. Die konkrete Umsetzung der Studienempfehlungen soll in einem nachfolgenden Bund/Länder-Arbeitskreis diskutiert werden.

Im Zuge des Projektes Altlastenmanagement 2010 „Neuausrichtung der Beurteilung und Sanierung von kontaminierten Standorten“ wurde im Endbericht des Arbeitspaketes 1 ein Leitbild Altlastenmanagement erarbeitet. Im Kapitel 5.4 dieses Leitbildes werden die umweltpolitischen Grundsätze des Vorsorgeprinzips diskutiert. Der bei der Anwendung des Vorsorgeprinzips anzustrebende „ursprüngliche Umweltzustand“ (oder auch „Ausgangszustand“) ist oft weder technisch noch vor allem ökonomisch erreichbar. *„Die Sinnhaftigkeit der Anwendung des Vorsorgeprinzips im Rahmen einer rein nachsorgenden Vorgangsweise sei aber jedenfalls von einem übergeordneten, methodischen Standpunkt aus zu hinterfragen“*, meinen die Autoren [Umweltbundesamt 2008]. Es wird daher die Anwendung des Reparaturprinzips bei kontaminierten Standorten gefordert. Dafür fehlen nach Meinung der Autoren jedoch allgemein anerkannte Definitionen. Weiters wird das Schutzprinzip im Sinne der oben [Auer 1998] diskutierten Definition ebenfalls aufgegriffen.

*„Die Anwendung des Reparaturprinzips bei kontaminierten Standorten zielt im Allgemeinen darauf ab, mit technisch geeigneten Mitteln sowie unter Abwägung von Aufwand und Nutzen (ökonomisch und ökologisch) einen „guten Umweltzustand“ herzustellen. Dabei werden erhöhte Restbelastungen in jenem Ausmaß toleriert, bei denen die standort- und nutzungsspezifischen Funktionen von Boden und Untergrund (inkl. Bodenluft) sowie Gewässern (inkl. Grundwasser) im Naturhaushalt sowie im Wirtschaftskreislauf langfristig gewährleistet sind. Dabei kann es zweckmäßig sein, Verunreinigungen des Untergrundes unter Abwägung des Aufwandes und des Nutzens von Maßnahmen über längere Zeiträume (z. B. innerhalb einer Generation) schrittweise zu reduzieren. Eine länger als kurzfristig auftretende erhöhte Mobilisierung oder signifikante Ausbreitung von Verunreinigungen ist nicht zulässig.“*

Im Sinne dieser „Definition“ kann das Vorsorgeprinzip, im Sinne des Anstrebens oder Wiederherstellens eines „Sehr guten“ Umweltzustandes, als „maximales Reparaturprinzip“ gesehen werden [Umweltbundesamt 2008].

Das Schutzprinzip kann nach dem Endbericht [Umweltbundesamt 2008] als „minimales Reparaturprinzip“ verstanden werden. Die Zusammenhänge werden in der folgenden Abbildung dargestellt.



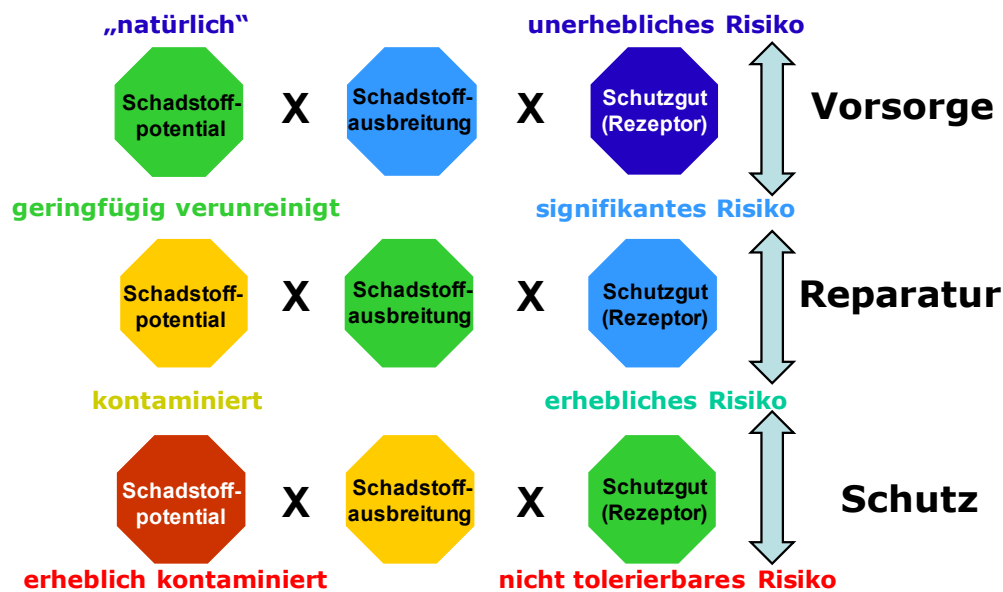


Abbildung 1: Anwendung der drei Grundsätze im Rahmen der Altlastensanierung aus: Altlastenmanagement 2010 Arbeitspaket 1 Endbericht [Umweltbundesamt 2008]

Auf Basis der Ergebnisse des Projektes Altlastenmanagement 2010 ist eine grundlegende Novelle des ALSAG vorgesehen. Diese ist derzeit in Erarbeitung. Eine Aussendung zur Begutachtung ist voraussichtlich für Sommer 2013 vorgesehen.

### 2.2.1.2 Wasserrechtsgesetz (WRG)

Der § 30 Abs. 1 des Wasserrechtsgesetzes (WRG) [BGBl. I Nr. 123/2006] enthält allgemeine Zielbestimmungen und verweist hinsichtlich konkreter Vorgaben auf andere Bestimmungen des WRG (hinsichtlich Grundwasser v.a. auf § 30 c). Jedenfalls soll Grundwasser sowie Quellwasser so reingehalten werden, dass es als Trinkwasser verwendet werden kann. Grundwasser ist weiters so zu schützen, dass eine schrittweise Reduzierung der Verschmutzung des Grundwassers und Verhinderung der weiteren Verschmutzung sichergestellt wird.

§ 30 soll insbesondere auch zu einer wesentlichen Reduzierung der Grundwasserverschmutzung beitragen. Die Umweltziele für Grundwasser werden im § 30c Abs. 1 so definiert, dass eine „Verschlechterung des jeweiligen Zustandes verhindert ... und bis spätestens 22. Dezember 2015 der gute Zustand erreicht wird“. Es ist jedoch mit der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie der EU im § 30e (stufenweise Zielerreichung 2015/2021/2027) auch die Möglichkeit geschaffen worden, für Beeinträchtigungen durch menschliche Tätigkeiten auch ein weniger strenges Umweltziel vorzusehen, wenn die ökologischen und sozioökonomischen Erfordernisse nicht durch andere Mittel erreicht werden können. Voraussetzung dafür ist, dass eine Verbesserung nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden ist. Bei Inanspruchnahme dieser Ausnahme des Umweltziels ist im nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (jedenfalls in der zweiten Aktualisierung 2021)

darauf einzugehen und die Maßnahmen darzustellen, die die geringst möglichen Veränderungen für den Grundwasserkörper gewährleisten. Dies gilt nur bei Auswirkungen infolge menschlicher Tätigkeiten oder der Verschmutzung, die nach menschlichem Ermessen nicht hätten vermieden werden können. Es sind jedoch vorher alle Möglichkeiten auszuschöpfen. Da die Bewertung nicht nur auf die Ablagerung und deren Umgebung, sondern auf den gesamten Wasserkörper bezogen ist, ist eine derartige Ausnahme eher unwahrscheinlich.

Gemäß § 31 Wasserrechtsgesetz 1959 hat jedermann, dessen Anlagen, Maßnahmen oder Unterlassungen eine Einwirkung auf Gewässer herbeiführen können, mit der gebotenen Sorgfalt seine Anlagen so instand zu halten und zu betreiben, dass eine Gewässerverunreinigung vermieden wird. Tritt dennoch die Gefahr einer Gewässerverunreinigung ein und werden erforderliche Maßnahmen nicht getroffen, so hat die Wasserrechtsbehörde die entsprechenden Maßnahmen dem Verpflichteten (Verursacher) aufzutragen oder bei Gefahr im Verzug unmittelbar anzuordnen und gegen Ersatz der Kosten nötigenfalls unverzüglich durchführen zu lassen.

Es besteht somit aufgrund der derzeitigen Rechtslage die Möglichkeit, dem Betreiber einer derartigen Anlage, bei Eintritt einer aus dem Betrieb herrührenden Verunreinigung verbunden mit der drohenden Gefahr einer Gewässerverunreinigung – möge sie verschuldet oder unverschuldet sein – eine Sanierung aufzutragen. „*Es reicht*“, wie Kerschner [Kerschner 2007] darlegt, „*somit die potentielle Beeinträchtigung zur Erlangung einer Parteistellung*“, wie das im VwGH-Erkenntnis 2003/07/0035 vom 26. 1. 2006 ausgeführt wurde.

Übergangsbestimmungen des WRG, betreffend die Vorgangsweise bei Verunreinigungen, die vor Inkrafttreten des § 31 WRG entstanden sind, bestehen nicht. Der Sanierungsauftrag an den Verpflichteten im Sinne des § 31 Abs. 1 bis 3 WRG 1959 ist erst 1969 in Kraft getreten. „*Da vor 1969 keine Verpflichtung zu einem aktiven Wasserschutz bestand*“, wie [Dirmhirn 1998] ausführt, „*ist somit davon auszugehen, dass Verunreinigungen, die vor 1969 eingetreten sind, nicht den Gegenstand eines Sanierungsauftrages im Sinne dieser Gesetzesstelle bilden können*“.

In der Wasserrechtsgesetznovelle Deponien [BGBl. I Nr. 59 1997] wurde 1997 im § 31 b für die Bewilligung und den Weiterbetrieb von Anlagen zur langfristigen Ablagerung von Abfällen (Deponien) eine eigene Bestimmung geschaffen, die den Stand der Technik in Bezug auf die Deponieverordnung und das AWG herstellt. Weiters wurden die Übergangsfristen für bestehende Deponien zur Anpassung an den Stand der Technik in einem Stufenplan festgelegt, der unter Bedachtnahme auf die wasserwirtschaftlichen und abfallwirtschaftlichen Erfordernisse der Bundesländer bis längstens 1. Jänner 2008 eine vollständige Anpassung an die Deponieverordnung vorsieht.

Im Leitfaden Verdachtsflächen [Amt der NÖ Landesregierung 1998] wird dargelegt, dass die Aufarbeitung der Ergebnisse der Pilotstudie St. Pölten – Traisental Probleme hervorgerufen

hat und im Vollzug des WRG § 138 bzw. § 31 b Abs. 5 (alt) eine unbefriedigende Vorgangsweise deutlich wurde. Zwei Problemfelder werden vorgestellt, und zwar dass:

*„eine Zurückstellung von im Sinne des Gewässerschutzes weniger dringenden Fällen zu Gunsten einer bevorzugten Bearbeitung dringender Fälle aufgrund der fehlenden gesetzlichen Deckung einer derartigen Vorgangsweise im § 138 WRG nicht erfolgen kann, .... und:“*

*„darüber hinaus auch eine Unterscheidung zwischen alten konsenslosen Zuständen (Altablagerungen/Altstandorten vor 1989, in Analogie zum ALSAG) und solchen danach nicht möglich ist.“*

Aufgrund der *„unterschiedlichen Ansatzpunkte zwischen prioritärer Vorgangsweise im ALSAG und der fehlenden Gewichtungsmöglichkeit nach dem Gefährdungspotential im WRG konnten etwa vorhandene Ergebnisse für beide Verfahren nicht optimal genutzt werden“*.

Daher wurde in **Niederösterreich der Leitfaden Verdachtsflächen** – Landesweite Abgleichung der Prioritäten bei der Verdachtsflächenbearbeitung erarbeitet und im Februar 1998 als Arbeitsgrundlage für die Sachverständigen des Fachbereichs Altlasten, der Abteilung Wasserwirtschaft beim Amt der NÖ Landesregierung für verbindlich erklärt. Dieser Leitfaden wurde mit dem Umweltbundesamt Wien abgestimmt und dient als Grundlage für die Verdachtsflächenmeldung an das BMUJF (später umbenannt in BMLFUW).

Das Bundes-Umwelthaftungsgesetz (B-UHG) [BGBl. I Nr. 55/2009] enthält in § 4 Z 1 lit. a eine Legaldefinition für den Umweltschaden: *„Jede erhebliche Schädigung der Gewässer, das ist jeder Schaden, der erhebliche nachteilige Auswirkungen auf den ökologischen, chemischen oder mengenmäßigen Zustand oder das ökologische Potential der betreffenden Gewässer im Sinne des WRG 1959 (...) hat und nicht durch eine Bewilligung in Anwendung des WRG 1959 gedeckt ist“*. Raschauer kommt zu dem Schluss, dass dadurch das Konzept der verschuldensunabhängigen öffentlich-rechtlichen Gefährdungshaftung nicht ausgehöhlt wird. Es wird im B-UHG §5 Abs. 6 und § 7 Abs. 6 auf *„vorerst nach anderen umweltrechtlichen Vorschriften des Bundes ergriffene behördliche Maßnahmen“* Bezug genommen [Raschauer 2009]. Damit ist nach Raschauer neben dem § 73 AWG vor allem auch § 31 WRG gemeint, *„da diese Bestimmungen aufgrund leichter zu ermittelnder Tatbestandserfordernisse ‚schneller greifen‘ und daher im Allgemeinen bereits zu Einsatz gebracht werden“*. Zusammenfassend wird von Raschauer festgehalten, *„dass bewilligte Einleitungen, Versickerungen, Ausleitungen, Lagerungen und Ablagerungen bei Eintreten erheblicher Gewässerverunreinigungen im selben Sinn und unter den gleichen Voraussetzungen zu einer Haftung nach B-UHG führen können, wie dies bislang nach § 31 WRG der Fall ist.“*

Im § 138 WRG wird in Abs. 1 lit. b festgelegt, dass Ablagerungen oder Bodenverunreinigungen durch geeignete Maßnahmen zu sichern sind, wenn die Beseitigung

gemäß lit. a nicht oder nur im Vergleich zur Sicherung an Ort und Stelle mit unverhältnismäßigen Schwierigkeiten (Aufwand) möglich ist, wenn das öffentliche Interesse es erfordert oder der Betroffene es verlangt. Dies ist im AWG 2002 in § 73 Abs. 6 in gleicher Form geregelt. In der Erkenntnis des VwGH Zl. 2000/07/0075 vom 27. September 2000 wird festgestellt, dass die bereits vorhandenen Ablagerungen (vor der DVO) nicht vom sachlichen Anwendungsbereich der Deponieverordnung 1996 umfasst seien. Hier gelte die Deponieverordnung nicht als Norm, sondern nur als Richtlinie und es seien mit der Überschreitung der Grenzwerte der Deponieverordnung nicht schon bestimmte normative Anordnungen und Verbote verbunden. Dies ist bei einem Auftrag nach §138 WRG 1959 zu berücksichtigen.

### 2.2.1.3 Gewerbeordnung (GewO)

Der § 83 der Gewerbeordnung (GewO) [BGBl. I Nr. 42/2008] verpflichtet den Inhaber einer gewerblichen Betriebsanlage Vorkehrungen im Falle der Auflassung der Betriebsanlage oder von Teilen derselben zu treffen. Sieht der Inhaber keine oder nur unzureichende Maßnahmen vor, so hat die Gewerbebehörde bescheidmäßig die notwendigen Maßnahmen zum Schutz der in § 74 Abs. 2 Gewerbeordnung umschriebenen Interessen vorzuschreiben. Dabei sind die Belange des Gewässerschutzes wahrzunehmen.

Diese Bestimmungen kommen bei Altstandorten (ehemaligen Gewerbebetrieben), nicht jedoch bei Altablagerungen zum Tragen.

### 2.2.1.4 Abfallwirtschaftsgesetz (AWG)

Unter dem Begriff der Abfallwirtschaft versteht das Bundesverfassungsgesetz (B-VG) [BGBl. I Nr. 685 1988] die Summe aller Maßnahmen zur Vermeidung, Verminderung, Verwertung und schadlosen Behandlung sowie Beseitigung von Abfällen (aller Art). Mit der Erlassung des Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG) 1990 [BGBl. I Nr.325 1990], wurden einheitliche Regelungen hinsichtlich gefährlicher Abfälle und ab der Novelle 2002 auch für nicht gefährliche Abfälle getroffen. Die Regelungen für nicht gefährliche Abfälle bis 100.000 m<sup>3</sup> wurden im jeweiligen AWG der Länder geregelt. Mit dem Beitritt Österreichs zur EU wurde eine grundlegende Überarbeitung des AWG in der Novelle 1996 [BGBl. I Nr. 434 1996] durchgeführt. Weiters wurde die Abfallverwertung in § 1 Abs 2 Z 2 neu definiert.

*„Abfälle sind stofflich oder thermisch zu verwerten, soweit dies ökologisch vorteilhaft und technisch möglich ist, die dabei entstehenden Mehrkosten im Vergleich zu anderen Verfahren der Abfallbehandlung nicht unverhältnismäßig sind und ein Markt für die gewonnenen Stoffe oder die gewonnene Energie vorhanden ist oder geschaffen werden kann (Abfallverwertung)“.*

Es wurde die Definition für gefährliche Abfälle neu geregelt. Mit den Übergangsbestimmungen wurden alle Deponien mit einem Ablagerungsvolumen über

100.000 m<sup>3</sup> nicht gefährlichen und über 10.000 m<sup>3</sup> gefährlichen Abfällen, die vor dem 1. Juli 1990 bewilligt und noch nicht rechtlich abgeschlossen waren, übergeleitet. Es bestand die Verpflichtung zur Anpassung oder zur Stilllegung. In der Novelle 1998 [BGBl. I Nr. 151 1998] wurden im § 2 die Abs. 3a bis 3d eingefügt, unter welchen Voraussetzungen und für welchen Verwendungszweck bei bestimmten Abfällen die Abfalleigenschaft endet, einschließlich Art, Aufbau und Führung der dafür erforderlichen Aufzeichnungs- und Meldepflichten. Diese Kriterien sind:

1. wenn die Sache üblicherweise für diesen Verwendungszweck eingesetzt wird;
2. wenn ein Markt dafür existiert;
3. wenn Qualitätskriterien, welche die abfallspezifischen Schadstoffe berücksichtigen, insbesondere in Form von technischen oder rechtlichen Normen oder anerkannten Qualitätsrichtlinien vorliegen und
4. wenn kein höheres Umweltrisiko von dieser Sache ausgeht, als bei einem vergleichbaren Rohstoff oder Primärprodukt.

Im Rahmen der Verordnung können ÖNORMEN für verbindlich erklärt werden. In der Novelle 2000 wurden unter anderem im § 18 die Absätze 5 und 6 hinzugefügt, die die Möglichkeit für die Behörde schaffen, wenn es das öffentliche Interesse erfordert, Maßnahmen gemäß § 32 Abs. 1 hinsichtlich Abfälle, die ohne Genehmigung gemäß § 29 Abs. 1 Z 4, 5 oder 6 abgelagert wurden, und der Verpflichtete gemäß § 32 nicht zur Durchführung der Maßnahmen oder zum Kostenersatz herangezogen werden kann, an seiner Stelle dem Liegenschaftseigentümer den Auftrag zu erteilen oder Kostenersatz aufzuerlegen, sofern er der Ablagerung ausdrücklich zugestimmt oder diese freiwillig geduldet hat. Dies gilt auch für Rechtsnachfolger der Liegenschaftseigentümer, wenn sie von der Ablagerung Kenntnis hatten oder bei gehöriger Aufmerksamkeit Kenntnis haben mussten. § 31 Abs. 6 Wasserrechtsgesetz 1959 ist sinngemäß anzuwenden. Weiters wurden die Bestimmungen der Integrierten Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IPPC) aufgenommen. Es wurden verschärfte Regelungen für bereits in Betrieb befindliche Deponien festgelegt.

Mit der Novelle 2002 wurde das AWG unter Berücksichtigung der EU-Konformität umfassend neu formuliert. Es wurde auch eine Verwaltungsvereinfachung und Verfahrenskonzentration im Anlagenrecht sowie die Einführung des elektronischen Datenmanagements und die Verankerung der Ressourcenschonung als Verstärkung des Prinzips der Nachhaltigkeit umgesetzt. Dazu zählen, dass es zu keinem höheren Gefährdungspotential aus der stofflichen Verwertung gegenüber primären Rohstoffen kommen soll und dass die Ablagerung von Abfällen aus der Behandlung ohne Gefährdung nachfolgender Generationen erfolgen soll. Es wurden Anpassungspflichten für bestehende, noch nicht rechtlich abgeschlossene und für in Betrieb befindliche Deponien geändert. In den Novellen 2004 und

2007 werden hauptsächlich die Führung von elektronischen Registern und Änderungen bei IPPC-Anlagen umgesetzt.

Das AWG hat im § 73 Abs. 4 eine Sonderform der rechtlich oder faktisch stillgelegten oder geschlossenen Deponien normiert. Nach Reichl *„muss die Deponie nicht gemäß Abfallrecht genehmigt worden sein, sondern nur der allgemeinen Definition des § 2 Abs. 7 Z4 AWG entsprechen“* [Reichl 2006]. Somit werden nach Auffassung von Reichl *„auch vor 1990 geschlossene Deponien von dieser Bestimmung erfasst. Unter Stilllegung ist die freiwillige Einstellung des Deponiebetriebes, unter Schließung hingegen die Einstellung des Betriebes durch behördliche Anordnung zu verstehen. Die oben genannte Bestimmung nimmt keine Rücksicht darauf, ob die Deponie zum Zeitpunkt des Betriebes konsensgemäß oder konsenswidrig betrieben wurde. Ist eine Deponie weder geschlossen noch stillgelegt, ist ein Vorgehen gemäß § 73 Abs. 1 AGW 2002 möglich“*. *„Wenn die öffentlichen Interessen nach § 1 Abs. 3 AWG 2002 betroffen sind, dann ist ein Vorgehen gemäß § 73 Abs. 4 AWG 2002 gegen den Verpflichteten möglich, unter Umständen sogar geboten,“* [Reichl 2006]. Im § 73 Abs. 4 AWG 2002 werden demonstrativ Untersuchungen, regelmäßige Beprobungen, die Vorlage eines Sanierungs- oder Sicherungskonzeptes, aber auch Sicherungs- oder Sanierungsmaßnahmen angeführt. *„Es werden der Behörde eine Vielzahl an Möglichkeiten in die Hand gegeben, um gegen Verpflichtete vorzugehen“*, meint Reichl ebenda [Reichl 2006]. Reichl bezieht sich in seinem Vortrag auf die Regierungsvorlage 984 vom 28. 3. 2002 [Regierungsvorlage AWG 2002], die nicht in allen Punkten umgesetzt wurde. Es war beispielsweise nach § 73 Abs. 4, letzter Satz, vorgesehen, dass auch eine Vollstreckung durchgeführt werden kann, ohne auf die Instrumente des Verwaltungsvollstreckungsgesetzes (VVG) zurückgreifen zu müssen. Dieses rasch wirksame Instrument wurde jedoch mangels entsprechenden Verfahrensvorschriften wieder gestrichen.

Der primäre Verpflichtete ist der Verursacher (ehemaliger Betreiber) der Deponie. Dieser ist Adressat des Auftrages gemäß § 73 Abs. 4 AWG 2002. Sollte dieser Deponiebetreiber nicht mehr existieren (Liquidation der juristischen Person der Betreibergesellschaft), so kommt die subsidiäre Haftung des Liegenschaftseigentümers zum Tragen. Diese Haftung tritt jedoch nur ein, wenn vom Grundstückseigentümer die Zustimmung oder Duldung bzw. das „Nichtsetzen“ zumutbarer Abwehrmaßnahmen gegenüber Lagerungen/Ablagerungen vorliegen. Für den Fall, dass der primär Verpflichtete für die Maßnahmendurchführung aus den Gründen des § 74 Abs. 1 AWG 2002 nicht herangezogen werden kann, haftet der Rechtsnachfolger des ursprünglichen Liegenschaftseigentümers dann, wenn er von der Deponie Kenntnis hatte oder bei gehöriger Aufmerksamkeit Kenntnis haben musste. Der Erwerber einer Liegenschaft muss [Reichl 2006] *„jedenfalls dann vom Bestand einer Deponie Bescheid gewusst haben, wenn es sich um eine Verdachtsfläche oder sogar um eine Altlast im Sinne des Altlastensanierungsgesetzes handelt. Die Verdachtsflächen sind im Verdachtsflächenkataster eingetragen und in der Altlastenverordnung werden Altlasten kundgemacht. Wir können daher nur anraten, vor Erwerb einer Liegenschaft bei den entsprechenden Behörden nach dem Umweltinformationsgesetz nachzufragen“*. Seit 1.1. 1990 sind Deponiebewilligungen im Grundbuch ersichtlich zu machen. Für Altdeponien vor



dem 1.7. 1990 gilt jedoch eine eingeschränkte subsidiäre Haftung des Liegenschaftseigentümers, die nur schlagend wird, wenn explizit die Gestattung des Liegenschaftseigentümers und eine Vergütung für die Anspruchnahme vorliegen. Die Haftung ist auf den Wert des Übermaßes der Vorteilsziehung begrenzt. Diese gesetzliche Vorgabe erschwert die Vollziehung des § 74 Abs. 3 AWG 2002. Für die Praxis ist [Hauer 2003] zu vermuten, dass ohnehin bereits das Haftungserfordernis einer übermäßigen Vergütung regelmäßig einen de facto Haftungsausschluss für Lagerungen oder Ablagerungen vor dem 1. Juli 1990 gleichkommt. Können die Maßnahmen auch nach anderen bundesrechtlichen Vorschriften keinem Adressaten vorgeschrieben werden, hat die Behörde die erforderlichen Maßnahmen, ausgenommen jene nach § 73 Abs. 4 AWG und nach ALSAG nach Zustimmung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) durchzuführen. Der Bundesminister darf nur nach Maßgabe der vorhandenen budgetären Mittel zustimmen. Auf dem Grundstück lagernde Siedlungsabfälle sind von der Gemeinde zu entsorgen

### 2.2.1.5 Deponieverordnung (DVO)

Die Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (Deponieverordnung (DVO) wurde am 10. April 1996 [BGBl. II Nr.164 1996] verordnet. Diese Verordnung regelt die dauernde Ablagerung (Deponierung) von Abfällen neu. Im § 3 werden folgende **Deponietypen** festgelegt:

1. Bodenaushubdeponie (§ 4 Abs. 1);
2. Baurestmassendeponie (§ 4 Abs. 2);
3. Reststoffdeponie (§ 4 Abs. 3);
4. Massenabfalldeponie (§ 4 Abs. 4).

Die Zuordnung von Abfällen zu Deponietypen erfolgt größtenteils durch repräsentative Analytik auf definierte Parameter nach vorgegebenen Tabellen. Je nach Deponietyp sind Eluat- und/oder Feststoffuntersuchungen der Abfälle erforderlich. Für die sehr heterogenen Baurestmassen wird eine Beschreibung der Abfallstoffe vorgenommen.

Die Ablagerung folgender Abfälle ist unter anderen verboten:

- Schlammige, pastöse oder feinkörnige Abfälle, wenn die Funktionsfähigkeit des Deponiebasisentwässerungssystems beeinträchtigt wird oder wenn die Standfestigkeit des Deponiekörpers nicht gegeben ist;
- flüssige Abfälle mit Ausnahme der geschlossenen Kreislaufführung des Deponiesickerwassers;

- Abfälle, die als explosionsgefährlich, brandfördernd, leicht entzündlich oder entzündlich einzustufen sind;
- Stoffe, die bei Kontakt mit Wasser heftig reagieren;
- Abfälle, deren Anteil an organischem Kohlenstoff (TOC) mehr als fünf Masseprozent beträgt;
- Abfälle, die auf Grund der Ergebnisse einer Gesamtbeurteilung nicht ablagerungsfähig sind;
- Abfälle, die im Verzeichnis gemäß Art. 1 Abs. 4 der Richtlinie 91/689/EWG [Rat der Europäischen Gemeinschaften 1991] über gefährliche Abfälle erfasst sind, sofern nicht der Nachweis gemäß § 6 Abs. 2 Z 4 erbracht wird, dass diese Abfälle im Falle der Deponierung keine gefahrenrelevanten Eigenschaften gemäß Anhang III der Richtlinie 91/689/EWG über gefährliche Abfälle aufweisen.

Die Ablagerung von unbehandelten Hausmüll ist nach der DVO 1996 nicht mehr möglich, da der Anteil an TOC < 5 % nicht erreicht wird und die definierten Ausnahmen beispielsweise nur für Baurestmassen und Material aus mechanisch-biologischer Vorbehandlung mit nachweisbaren Parametern gelten.

Es wird ein definierter Untersuchungsrahmen als Gesamtbeurteilung und eine Eingangskontrolle sowie eine Deponieaufsicht als Kontrolle der Bewilligung eingeführt. Weiters werden die Mindestvoraussetzungen für Untergrundbedingungen und Deponieausstattung (Basisabdichtung, Sickerwassererfassung, Deponiegaserfassung und -verwertung und Oberflächenabdeckung) festgelegt. Die Emissions- und Immissionskontrolle durch Grundwassersondenuntersuchungen werden zwingend eingeführt.

Die Deponie-Verordnung ist mit 1. Jänner 1997 in Kraft getreten. Die Übergangsfristen für bestehende Deponien wurden nicht ausdrücklich festgelegt. Diese wurden in der WRG-Novelle Deponien [BGBl I Nr. 59/1997] 1997 geregelt. Mit der Änderung der DVO 2004 wurde in den Übergangsbestimmungen im § 32a, abweichend von § 5 Z 7 festgelegt, dass Abfälle mit einem Anteil von mehr als fünf Masseprozent organischem Kohlenstoff, die nachweislich im Zuge der Sicherung oder Sanierung einer Altlast gemäß dem Altlastensanierungsgesetz [BGBl. Nr. 299 1989], in der Fassung des Bundesgesetzes BGBl. I Nr. 71/2003, anfallen, längstens bis **31. Dezember 2008** auf einer Massenabfalldéponie abgelagert werden dürfen, wenn:

1. diese Abfälle in einem Kompartiment abgelagert werden, in dem bereits biologisch abbaubare Abfälle (insbesondere gemischte Siedlungsabfälle) abgelagert sind und



2. der Deponieinhaber vor Ablagerung der Abfälle der Behörde mitteilt, dass dieses Kompartiment nach dem 31. Dezember 2008 unverzüglich stillgelegt wird; die Mitteilung ist unwiderruflich.

In der Novelle 2008 wurden die **Deponieklassen** und **Deponieunterklassen** neu geregelt:

1. Bodenaushubdeponie;
2. Inertabfalldeponie;
3. Deponie für nicht gefährliche Abfälle:
  - a) Baurestmassendeponie,
  - b) Reststoffdeponie,
  - c) Massenabfalldeponie;
4. Deponie für gefährliche Abfälle (nur als Untertagedeponie).

Es wurde die Deponieklasse Inertabfalldeponie neu eingeführt, um der europäischen Deponierichtlinie [Rat der Europäischen Gemeinschaften 1999] und der Ratsentscheidung Deponien [Rat der Europäischen Gemeinschaften 2002] zu entsprechen. Weiters sind bei Deponien mit hohen biologisch abbaubaren Anteilen, insbesondere Siedlungsabfällen, ein Konzept über Maßnahmen zur Intensivierung der biologischen Abbauprozesse vorzulegen. Die Behörde hat anhand des Gasbildungspotentials, allfällig darüber eingebauter Abfälle und dem Stand der Technik die Vorlage eines Projektes und in Folge entsprechende Maßnahmen vorzuschreiben. Für andere Anlagen innerhalb des Deponieareals wurden technische Vorgaben definiert. Weiters wurden die Zeiträume für Sicherstellungen für Nachsorgemaßnahmen im Anhang 8 geregelt:

- 5 Jahre für Bodenaushubdeponie;
- 15 Jahre für Inertabfalldeponie;
- 30 Jahre für Baurestmassen-, Reststoff- und Massenabfalldeponie;
- 40 Jahre für Deponien, auf denen biologisch abbaubare Abfälle, insbesondere gemischte Siedlungsabfälle abgelagert wurden<sup>1</sup>;
- 40 Jahre für Untertagedeponien für gefährliche Abfälle.

<sup>1</sup> In den Übergangsbestimmungen § 47 Abs. 2 Zi 5 werden nur Deponien mit Ablagerungen mit hohen biologischen abbaubaren Anteilen geregelt. Im darauf bezogenen Anhang 3,

Kapitel 6.1 trifft die Regelung zum Betrieb ebenfalls nur Kompartimente, in denen Abfälle mit hohen biologisch abbaubaren Anteilen abgelagert wurden, z.B. gemischte Siedlungsabfälle.

### 2.2.1.6 Bundesabfallwirtschaftsplan (BAWP)

Zur Verwirklichung der Ziele und Grundsätze des Abfallwirtschaftsgesetzes hat der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft mindestens alle 5 Jahre einen Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP) [BMLFUW 2011] zu erstellen und im Internet zu veröffentlichen. Derzeit ist der BAWP 2011 gültig. In diesem BAWP „*werden die gemeinschaftsrechtlich erforderlichen Programme umgesetzt und der Stand der Technik der Behandlungsgrundsätze der Abfallwirtschaft beschrieben, welcher erforderlich ist, um Beeinträchtigungen der öffentlichen Interessen (§1 Abs. 3 AWG 2002) zu vermeiden*“ [BMLFUW 2011]. Neben der Bestandsaufnahme und der Darstellung der regionalen Verteilung der Anlagen zur Beseitigung von Abfällen werden auch aus den Zielen abgeleitete Vorgaben unter anderen hinsichtlich Reduktion der Mengen und Schadstoffgehalte der Abfälle, Beseitigung der nicht vermeidbaren und verwertbaren Abfälle und die Förderung der Verwertung von Abfällen dargelegt. Zentraler Teil sind die zur Erreichung der Vorgaben geplanten Maßnahmen des Bundes sowie besondere Vorkehrungen für bestimmte Abfälle.

Für die vorliegende Dissertationsarbeit sind folgende Kapitel von Bedeutung:

Im Kapitel 7.15. „Aushubmaterialien“ wird die Gliederung von Aushubmaterial nach Qualitätskriterien der Ö NORM S 2100 (ausgegeben am 1. 10. 2005) samt Erläuterungen dargestellt. Weiters sind deren Verwertungs- und Beseitigungswege dargestellt.

Im Kapitel 7.15.2. „Verwertung von Bodenaushubmaterial“ werden die Qualitätsanforderungen für Rekultivierungs- und Verfüllungsmaßnahmen einschließlich Geländeanpassungen in Grenzwertklassen in Abhängigkeit vom geplanten Einsatz als Mindestanforderung für eine zulässige Verwertung definiert:

**Klasse A1 Verwertung als landwirtschaftliche Rekultivierungsschicht:** in den Tabellen 1 und 2 sind Grenzwerte für Bodenaushub und Bodenaushubmaterialien für eine weitestgehend uneingeschränkte Verwendung, auch für die durchwurzelte Rekultivierungsschicht auf landwirtschaftlichen Flächen, aufgelistet. Die Grenzwerte sind abhängig von der Textur des Bodens (leichter, mittelschwerer und schwerer Boden). Zur Beurteilung einer etwaigen Beeinträchtigung der Lebensraumfunktion kann bei Verdacht auch eine ökotoxikologische Testung erforderlich sein. Es werden je nach Austragspfad aquatische Tests (z.B. Leuchtbakterien, Algen) sowie terrestrische Testsysteme (z.B. Mikroorganismen, Kompostwürmer, Springschwänze) vorgeschlagen.

**Klasse A2 Verwertung als Untergrundverfüllung:** in den Tabellen 1, 2 und 3 wurden die unter den eingeschränkten Anwendungsbereichen möglichen Belastungspfade, in erster Linie das Schutzgut Grundwasser, herangezogen. Dies wird als zulässig eingestuft, wenn eine Fortsetzung des Wirkungspfades Boden-Pflanze in Richtung Nutztier und Mensch

aktuell und auch langfristig mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann [BMLFUW 2011]. Bodenaushübe, die diesen Anforderungen entsprechen, können grundsätzlich zur Untergrundverfüllung eingesetzt werden. Ein Einsatz für Rekultivierungsschichten ist zulässig, wenn dauerhaft keine landwirtschaftliche Verwendung sowie Verfütterung der darauf wachsenden Pflanzendecke mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann.

**Klasse A2-G Verwertung im und unmittelbar über dem Grundwasser:** Bodenaushub der die grundsätzlichen Anforderungen der Tabellen 1 und 2 einhält, kann auch bei Einhaltung der zusätzlichen Anforderungen der Grenzwerte der Tabelle 3 in dieser Klasse im Grundwasserschwankungsbereich eingesetzt werden.

Weiters finden sich **Sonderregelungen für reinen Bodenaushub mit erhöhter Hintergrundbelastung**. Die für Bodenaushübe in den Tabellen 6 und 7 festgelegten Grenzwerte können in Abstimmung mit den Behörden in Bereichen mit vergleichbaren Belastungssituationen eingesetzt werden, wenn dadurch keine zusätzliche Umweltgefährdung bewirkt wird. Der Einsatz für eine landwirtschaftliche Rekultivierungsschicht darf nur erfolgen, wenn davon kein höheres Risiko ausgeht, als vom standorttypischen, landwirtschaftlich genutzten Boden. Bodenaushub aus Industrie-, Gewerbe- und Siedlungsgebieten mit einer Hintergrundbelastung beim Parameter Summe PAK bis 20 mg/kg kann in Gebieten gleicher Belastung außerhalb des Grundwasserschwankungsbereiches eingebaut werden, wobei die Bildung von Sickerwasser durch Oberflächenversiegelung bzw. -verdichtung zu unterbinden ist. Für diese Fälle werden Vorgaben definiert, die die Umweltverträglichkeit der Verwertung belegen.

In Kapitel 9 Altlastensanierung werden die Ziele im Fachbereich Altlasten dargelegt, die Art, der Umfang und die Verwendung der Altlastenbeiträge dokumentiert und die Erfordernisse für die Weiterentwicklung des Altlastenrechts sowie die Sanierungsstudie Altlastenmanagement 2010 (ALM) vorgestellt.

### 2.2.1.7 Umweltförderungsgesetz (UFG)

Grundlage für die Förderung sind das Umweltförderungsgesetz [BGBl. I Nr. 185 1993] und die Förderungsrichtlinien für die Altlastensanierung oder -sicherung, welche im Jahr 2002 zur Anpassung an den EU-Gemeinschaftsrahmen für staatliche Umweltschutzbeihilfen novelliert worden sind.

Grundlegende Änderungen ergaben sich durch den weitgehenden Ausschluss von Förderungen für „verschmutzungsverantwortliche“ Wettbewerbsteilnehmer (Verursacher von Altlasten nach 1959, die umweltrelevante Bewilligungen oder Genehmigungen nicht eingehalten oder ihre Anlagen nicht nach dem damaligen Stand der Technik betrieben haben).

Weiters wurden die Förderungen erstmals nach der Prioritätenklassifizierung gestaffelt.

**Bei für die Verschmutzung verantwortlichen Nicht-Wettbewerbsteilnehmern:**

- Bis zu 65% der förderungsfähigen Kosten für Altlasten der Prioritätenklasse I
- Bis zu 60% der förderungsfähigen Kosten für Altlasten der Prioritätenklasse II
- Bis zu 55% der förderungsfähigen Kosten für Altlasten der Prioritätenklasse III

**Wenn der für die Verschmutzung Verantwortliche nicht eindeutig ermittelt oder zur Rechenschaft gezogen werden kann:**

- Bis zu 95% der förderungsfähigen Kosten für Altlasten der Prioritätenklasse I
- Bis zu 80% der förderungsfähigen Kosten für Altlasten der Prioritätenklasse II
- Bis zu 65% der förderungsfähigen Kosten für Altlasten der Prioritätenklasse III

Nähere Informationen zur Förderung können unter [www.public-consulting.at](http://www.public-consulting.at) abgerufen werden.

Für die Finanzierung von Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen wurden bis 2011 Fördermittel für 181 Projekte in der Höhe von rd. 444 Mio. Euro ausbezahlt, wobei allein im Jahr 2005 für neue Altlastensanierungsprojekte Mittel in der Höhe von rd. 25 Mio. Euro zugesichert wurden.

### **2.2.1.8 Bundes-Umwelthaftungsgesetz (B-UHG)**

Die Umwelthaftungsrichtlinie der EU [Rat der Europäischen Gemeinschaften 2004] wurde im Bundes-Umwelthaftungsgesetz [BGBl. I Nr. 55 2009] bzw. auch auf Länderebene im Wesentlichen in Hinblick auf die Schäden an der Biodiversität (geschützte Arten und natürliche Lebensräume) umgesetzt.

Die Umwelthaftungsrichtlinie der EU statuiert in Ergänzung der bestehenden gemeinschaftsrechtlichen Umweltvorschriften ein im Wesentlichen verschuldensunabhängiges Haftungsregime. Ziel ist es, die Vorbeugung und Sanierung erheblicher Schäden an den Schutzgütern Gewässer, Boden und Biodiversität (geschützte Arten und natürliche Lebensräume) zu gewährleisten.

Der Anwendungsbereich des B-UHG ist entsprechend der österreichischen Kompetenzverteilung auf Schädigungen der Gewässer und des Bodens beschränkt. Schädigungen der Biodiversität sowie bestimmte Bodenschäden fallen hingegen in den Regelungsbereich der Bundesländer.

Wer nun als Betreiber in Ausübung bestimmter gefahrgeneigter Tätigkeiten - z. B. Industrie, Abfall- und Abwasserwirtschaft, Umgang mit gefährlichen Stoffen u. a. - erhebliche

Gefahren oder Schäden am Gewässer oder am Boden verursacht, muss unabhängig von einem Verschulden entsprechende Vermeidungs- oder Sanierungsmaßnahmen setzen.

Bleibt der Betreiber untätig oder agiert er zu spät oder unzureichend, so hat die Behörde tätig zu werden und letztlich den Betreiber zur Bezahlung der aufgelaufenen Kosten zu verpflichten. Zuständige Behörde ist die Bezirksverwaltungsbehörde. Das B-UHG orientiert sich bezüglich der Ablaufmechanismen an bewährten verwaltungspolizeilichen Regelungen (z. B. im Wasserrechtsgesetz oder im Abfallwirtschaftsgesetz). Diese Regelungen bleiben überdies unberührt, sofern die sich daraus ergebenden Pflichten weiter gehen als im B-UHG.

Schäden an Leben, Gesundheit und Eigentum sind vom B-UHG nicht erfasst. Das B-UHG greift weiters nicht für Schäden, die vor seinem Inkrafttreten eintreten bzw. verursacht worden sind.

*„Voraussetzung für eine Haftung und die Auslösung von Handlungspflichten des Betreibers ist somit die Verursachung eines erheblichen Gewässer- bzw. eines Bodenschadens durch ganz bestimmte gefahrgeneigte Tätigkeiten. Die Beweislast für den Kausalitätsnachweis liegt bei der Bezirksverwaltungsbehörde.*

*Ein Bodenschaden im Sinn des B-UHG liegt vor, wenn eine Bodenverunreinigung ein erhebliches Risiko einer Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit verursacht. Dies wird durch ein humanmedizinisches Gutachten festzustellen sein.*

*Ein Gewässerschaden im Sinn des B-UHG liegt vor, wenn erhebliche nachteilige Auswirkungen auf den Gewässerzustand gegeben sind und der Schaden nicht durch eine Bewilligung in Anwendung des Wasserrechtsgesetzes gedeckt ist. In Ermangelung einer exakt definierten Schwelle muss die Erheblichkeit jeweils im Einzelfall ermittelt werden“ [Zugriff am 18. 3. 2009 <http://umwelt.lebensministerium.at/a/articleview/74376/1/1467>].*

Grundgedanke des B-UHG ist das Verursacherprinzip, d. h. wer einen Umweltschaden verursacht, soll auch die damit verbundenen Kosten bezahlen. Die Sanierung von Umweltschäden soll nicht dem Steuerzahler zur Last fallen. Dementsprechend hat ein Betreiber nicht nur die Sanierungskosten im engeren Sinn, sondern auch die Behördenkosten zu ersetzen. Die Kostenbelastung soll überdies abschrecken und die Betreiber motivieren, Maßnahmen zu treffen und Praktiken zu entwickeln, mit denen die Gefahr von Umweltschäden auf ein Minimum beschränkt werden kann (Präventivwirkung). *„Damit verwirklicht sich das Gemeinlastprinzip, das zu einer Kostentragung mit öffentlichen Mitteln und damit einer Verteilung der Kosten auf die Gemeinschaft der Steuerzahler führt. Das B-UHG sieht keine rückwirkende Haftung vor“ [Köhler 2008]. Dementsprechend fallen Schäden, die verursacht worden sind durch:*

- Emissionen oder Ereignisse, die vor dem Inkrafttreten des B-UHG stattgefunden haben oder
- Tätigkeiten, die vor dem Inkrafttreten des B-UHG stattgefunden haben (auch wenn die Emissionen erst nach dem Inkrafttreten aufgetreten sind)

nicht unter den Anwendungsbereich des Gesetzes.

Die Befreiung von der Verantwortlichkeit setzt neben der Schuldlosigkeit des Betreibers auch die Verwirklichung des Entwicklungsrisikos voraus. Wenn „*diese nicht erkennbare Gefährlichkeit*“ [Köhler 2008] einer bestimmten Produkteigenschaft zum maßgeblichen Zeitpunkt des B-UHG, der Freisetzung der Emissionen nicht vorhersehbar war, so entsteht keine Haftung. War der drohende Schaden objektiv erkennbar bzw. vorhersehbar, ist es unerheblich, ob dieser Umstand auch für den konkreten Verursacher erkennbar war. „*Die Haftung greift nur, wenn der Schaden „erheblich“ ist. Das bedeutet, dass der ordnungsgemäße Betrieb in der Regel zu keinem Gewässerschaden im Sinne des B-UHG führen sollte*“ [Furherr 2009]. „*Bewilligt in Anwendung des Wasserrechts*“ bedeutet nach Furherr, dass nicht nur Bescheide des Wasserrechts, sondern auch Bescheide anderer Behörden, wie Gewerbebehörde (nach § 356 b GewO), der Abfallbehörde (nach § 38 a Abs. 1 AWG) sowie UVP-Bescheide (nach § 17 UVP) erfasst sind“. Allerdings bleibt [Raschauer 2009] auch bei Bestehen einer wasserrechtlichen Bewilligung eine Beobachtungs- und Sorgfaltspflicht aufrecht. Die in den Erläuterungen enthaltene Andeutung, dass eine Tätigkeit im genehmigten Umfang nicht haftungsauslösend sei, ja dass sogar eine „genehmigungsfähige“ – also nicht bewilligte (!) – Einwirkung nicht als erheblich nachteilige Auswirkung zu qualifizieren sei, trifft nach Raschauer im selben Artikel, nicht zu. Die Erheblichkeit wird nach Raschauer, „*nicht im Wechsel der Gewässergüteklasse zu definieren sein, sondern sie können in Bezug auf Gewässer auch lokaler natur sein*“. Beim Risiko Bodenschaden ist das Kriterium „Erheblichkeit“ an eine Gesundheitsgefährdung geknüpft.

*„Weiters neu ist der Rechtsbehelf der Umweltbeschwerde: anerkannte Umweltorganisationen, Umweltschadensanwälte und Personen, die durch einen Umweltschaden in ihren Rechten verletzt werden können, können die Behörde zum Tätigwerden auffordern. Diesen Personen und Organisationen kann auch Parteistellung im Verfahren zur Sanierung eines Umweltschadens zuerkannt werden. Daran knüpft sich eine Rechtsmittelbefugnis beim Unabhängigen Verwaltungssenat“* [<http://umwelt.lebensministerium.at/a/articleview/74376/1/1467> Zugriff am 18. 3. 2009].

### 2.2.1.9 Bodenschutz in Österreich

Bodenschutz wurde in Österreich durch das Bundesverfassungsgesetz über den umfassenden Umweltschutz [BGBl. I Nr. 491 1984] zum Staatsziel erklärt. Darauf hin wurden von den meisten Bundesländern in Österreich Bodenschutzgesetze erlassen. Allerdings

zielen diese nur auf den Schutz, die Erhaltung und die Verbesserung landwirtschaftlicher Böden ab [Müller 2001]. Bei der Erstellung der Überarbeitung der ÖNORM S 2088-2 werden die relevanten Bodenfunktionen und die maßgeblichen Nutzungskategorien unter Einbeziehung landwirtschaftlicher Bodenwerte, die in den Normen der Reihe L 1050 definiert sind, beachtet werden. Derzeit werden im Projekt Altlastenmanagement 2010 Grundlagen für eine Überarbeitung der ÖNORM S 2088-2 wissenschaftlich erarbeitet.

Das NÖ Bodenschutzgesetz (NÖ BSG) sieht in § 13 Voraussetzungen für die Aufbringung von Abfällen und sonstigen Materialien vor [NÖ Bodenschutzgesetz 2005]. Diese dürfen jedoch nur zum Zwecke der Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit oder Bodengesundheit erfolgen. In den Definitionen (§3) findet sich jedoch keine Klarstellung, welche Abfälle außerhalb des AWG bzw. Materialien, hier dem Gesetz zu Grunde liegen.

## 2.2.2 EU-Richtlinien

### 2.2.2.1 EU Deponierichtlinie (DepRL)

Die Richtlinie 1999/31/EG vom 26. April 1999 über Abfalldeponien [Rat der Europäischen Gemeinschaften 1999] enthält umfassende Regelungen zur Abfallbeseitigung auf Abfalldeponien. Nach Artikel 1 der Richtlinie dürfen von Deponien während ihres gesamten Bestehens keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit ausgehen.

Im Technical Adaption Committee (TAC) wurden Vorgaben dieser Richtlinie auf EU-Ebene weiterentwickelt. Gründe für die Entscheidung waren, dass in der DepRL keine speziellen Kriterien und/oder Testverfahren und damit verknüpfte Grenzwerte für die Ablagerung von Abfällen beschrieben wurden. Diese Festlegungen sind in der Ratsentscheidung [Rat der Europäischen Gemeinschaften 2002] vom 19. 12. 2002 dokumentiert. Im Wesentlichen werden folgende Anforderungen detailliert definiert:

- Dreistufiges Verfahren für Annahme von Abfällen auf Abfalldeponien.
- Festlegung der Abfallannahmekriterien für verschiedene Deponieklassen.
  - a. Kriterien für Deponien für Inertabfälle;
  - b. Kriterien für Deponien für nicht gefährliche Abfälle;
  - c. Kriterien für gefährliche Abfälle, die gem. Artikel 6 c) Zi. iii) auf Deponien für nicht gefährliche Abfälle zugelassen sind;
  - d. Kriterien für Abfälle, die auf Deponien für gefährliche Abfälle angenommen werden;



e. Kriterien für Untertagedeponien.

Weiters wurden Detailanforderungen an Probenahme, allgemeine Abfalleigenschaften, Auslaugungstests, Aufschluss des Rohabfalls und Analyseverfahren festgelegt. Die Deponierichtlinie der EU und die Ratsentscheidung bilden die Grundlage für die innerstaatliche Umsetzung in Österreich.

### **2.2.2.2 EWG-Grundwasserrichtlinie (GWRL)**

Die Grundwasserrichtlinie [Rat der Europäischen Gemeinschaften 1979] trat mit 26. Januar 1980 in Kraft. Sie wurde zum Schutz des Grundwassers in der Gemeinschaft gegen Verschmutzung, insbesondere durch bestimmte toxische, langlebige und bioakkumulierbare Stoffe erlassen und sollte insbesondere zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten dienen. Eine Definition punktueller Schadstoffquellen enthält die Grundwasserrichtlinie nicht, sie enthält jedoch Stofflisten zu den relevanten Parametern. Diese wurde durch die Grundwasserrichtlinie 2006 [Rat der Europäischen Gemeinschaften 2006] ersetzt und tritt mit Ende 2013 außer Kraft.

### **2.2.2.3 EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL)**

Die EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) [Rat der Europäischen Gemeinschaften 2000] verpflichtet die Mitgliedsstaaten das Grundwasser zu schützen, zu verbessern und gegebenenfalls innerhalb der Fristen von 15, 21 und 27 Jahren mit dem Ziel zu sanieren einen guten Zustand des Grundwassers zu erreichen. Die Vorgaben der EG-WRRL lösen nach 2013 die geltende Grundwasserrichtlinie der EU ab. Die Richtlinie trägt [Hudec 2003] dem Vorsorgeprinzip für den Grundwasserschutz insofern Rechnung, dass sie festschreibt, dass Einleitungen von Schadstoffen in das Grundwasser zu verhindern oder zu begrenzen sind. Grundsätzlich gilt das Verschlechterungsverbot. Neu ist das Konzept einer integrierten Bewirtschaftung des Grundwassers in Grundwasserkörpern und innerhalb von Flussgebieten unter Berücksichtigung der wechselnden Abhängigkeit von Oberflächengewässern. Weiters werden in der WRRL bzw. der Grundwasserrichtlinie (Tochterrichtlinie) Qualitätsmaßstäbe für das Grundwasser (Schwellenwerte) als Kombination von Obergrenzen für Schadstoffe und dem Gebot der Trendumkehr einer Verschlechterung des Zustandes des Grundwassers zur Erreichung eines guten chemischen Zustandes festgelegt. Alle signifikanten Trends einer Steigerung der Konzentration von Schadstoffen sind umzukehren, um die Verschmutzung des Grundwassers schrittweise zu reduzieren (Artikel 4 b, iii).

Mittels Stufenplan soll die Richtlinie in nationale Gesetze implementiert werden. Die Umsetzung in Österreich erfolgte 2003 im Wasserrechtsgesetz. Die Grundwasserkörper sind ausgeschieden und die Überwachungsprogramme als Grundlage für die Bewirtschaftungspläne sind im österreichischen Recht durch die Gewässerzustandsüberwachungsverordnung 2006 implementiert worden. Der nationale



Gewässerbewirtschaftungsplan wurde vom Ministerium 2009 vorgestellt und mit Verordnung vom 30. März 2010 verordnet [BGBl 2010 II 103 2010].

#### **2.2.2.4 EG-Grundwasserrichtlinie (GWRL)**

Die Grundwasserrichtlinie [Rat der Europäischen Gemeinschaften 2006] wurde im Dezember 2006 als Tochtrichtlinie der WRRL verabschiedet. Sie ergänzt die Wasserrahmenrichtlinie, indem sie klare Umweltziele für den chemischen Zustand des Grundwassers festlegt und führt die Grundwasserrichtlinie von 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe fort, wenn diese Ende 2013 aufgehoben wird. Die neue Grundwasserrichtlinie (GWRL) legt Grundwasserqualitätsnormen fest und führt Maßnahmen zur Verhinderung oder Begrenzung des Eintrags von Schadstoffen in das Grundwasser ein. Sie legt Qualitätskriterien fest, die die örtlichen Gegebenheiten berücksichtigen und erlaubt weitere Verbesserungen aufgrund von Überwachungsdaten und neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen. Die Richtlinie trägt somit den Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im Hinblick auf die Bewertungen des chemischen Zustandes des Grundwassers sowie auf die Ermittlung und Umkehrung signifikanter, anhaltend steigender Trends der Schadstoffkonzentrationen, verhältnismäßig und wissenschaftlich begründet, Rechnung. Die Mitgliedstaaten müssen die Normen (Schwellenwerte) unter Berücksichtigung der örtlichen oder regionalen Gegebenheiten auf der zweckmäßigsten Ebene festlegen. Ergänzend zur WRRL fordert die Grundwasserrichtlinie:

- die Festlegung von Grundwasser-Schwellenwerten (Qualitätsnormen) durch die Mitgliedstaaten bis Ende 2008;
- die Durchführung von Untersuchungen zu den Belastungstrends anhand von vorhandenen Daten und Überwachungsdaten;
- die Umkehrung der Belastungstrends, so dass die Umweltziele mit den in der WRRL vorgesehenen Maßnahmen bis 2015 erreicht werden können;
- die Umsetzung von Maßnahmen zur Verhinderung oder Begrenzung der Einträge von Schadstoffen in das Grundwasser, um die Umweltziele der WRRL bis 2015 zu erreichen;
- die Überprüfung der fachlichen Bestimmungen der Richtlinie im Jahre 2013 und danach alle sechs Jahre;
- die Einhaltung der Kriterien, die den guten chemischen Zustand bestimmen, der bis 2015 zu erreichen ist (basierend auf den EU-Normen für Nitrat und Pestizide und den Schwellenwerten, die von den Mitgliedstaaten festgelegt werden).

Die Festlegung von Kriterien für den **guten chemischen Zustand** gehört zu den Verfügungen nach Artikel 17 der WRRL, die in der neuen Grundwasserrichtlinie umgesetzt wurden. Der gewählte Ansatz basiert auf der Einhaltung von EU-weiten Grundwasserqualitätsnormen (für Nitrat und Pestizide), wodurch die Vorgaben der Ursprungsrichtlinien bekräftigt werden. Die Festlegung von einheitlichen Höchstwerten für das Gesamtgebiet der Gemeinschaft wurde für andere Schadstoffe - in Anbetracht der hohen natürlichen Variabilität von Stoffen im Grundwasser (in Abhängigkeit von den hydrogeologischen Gegebenheiten, Hintergrundwerten, Schadstoffpfaden und Wechselwirkungen mit verschiedenen Umweltkompartimenten) - nicht als praktikable Lösung angesehen. Zudem soll bei der Bekämpfung der Grundwasserverschmutzung der Schwerpunkt auf den tatsächlichen Risiken liegen, die durch die Analyse der Belastungen und Auswirkungen nach Artikel 5 ermittelt werden.

Die Regelung der Grundwasserrichtlinie sieht vor, dass die Mitgliedstaaten unter Berücksichtigung der ermittelten Risiken sowie der Stoffliste in Anhang II der Richtlinie eigene Grundwasserqualitätsnormen (bezeichnet als „Schwellenwerte“) festlegen. Schwellenwerte sollen für alle jene Schadstoffe festgelegt werden, die für die Risikoausweisung von Grundwasserkörpern verantwortlich sind, d.h. für die die Gefahr besteht, den guten chemischen Grundwasserzustand nicht zu erreichen. Die Richtlinie enthält allgemeine Leitlinien für die Festlegung von Schwellenwerten (Anhang II). Die Einhaltung wird anhand eines Vergleichs der Überwachungsdaten mit numerischen Normwerten (EU-weiten Grundwasserqualitätsnormen und/oder Schwellenwerten) beurteilt. Grundsätzlich darf kein Grundwasserkörper diese Normwerte überschreiten. Da Überschreitungen der Normwerte jedoch auf lokale Belastungen (z.B. Verschmutzung durch Punktquellen) zurückzuführen sein können, die den Zustand des betreffenden Grundwasserkörpers insgesamt nicht gefährden, eröffnet die Richtlinie die Möglichkeit, die Ursachen von Überschreitungen zu ermitteln und die Entscheidung bezüglich der Einstufung des chemischen Zustands auf Grundlage der tatsächlichen Risiken für den gesamten Grundwasserkörper (d.h. Risiken für die menschliche Gesundheit, die verbundenen aquatischen Ökosysteme oder abhängiger terrestrischer Ökosysteme und der legitimen Nutzungen oder Funktionen des Grundwassers) zu treffen. Es können nach der Grundwasserrichtlinie [Amt für amtliche Veröffentlichungen 2008] in Europa Situationen eintreten, in denen es die Überschreitung von Normwerten erforderlich macht, lokale Belastungen zu begrenzen und ggf. zu beseitigen, ohne dass der Grundwasserkörper als in einem „schlechten Zustand“ befindlich eingestuft wird. In anderen Fällen können eine oder mehrere Überschreitungen eine ernsthafte Gefahr für den Grundwasserkörper darstellen und damit dazu führen, dass sein Zustand als „schlecht“ eingestuft wird. Diesbezügliche Entscheidungen werden nach Einzelfallprüfung im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung für die Flusseinzugsgebiete nach WRRL getroffen. Deshalb enthält die neue Grundwasserrichtlinie rechtliche Anforderungen zur Verhinderung oder Begrenzung des Eintrags von Schadstoffen in das Grundwasser, die mit den bestehenden Bestimmungen der alten Richtlinie übereinstimmen, jedoch an die Vorgaben der WRRL angepasst wurden. Die

Maßnahmen zur Verhinderung oder Begrenzung der Verschmutzung gemäß Grundwasserrichtlinie (GWRL) sind somit Maßnahmen der WRRL (die bis 2012 umgesetzt werden müssen).

### 2.2.2.5 EU-Abfallrahmenrichtlinie (ARR)

Am 22. 11. 2008 wurde die EU Abfallrahmenrichtlinie (ARR) [Rat der Europäischen Gemeinschaften 2008] im EU-Amtsblatt veröffentlicht. Die Umsetzung in nationales Recht hatte bis zum 12.12.2010 zu erfolgen. Die wesentlichen Neuerungen sind:

**Art. 2** (Ausnahmen vom Anwendungsbereich): Nach Abs. 1 sind Böden (in situ), einschließlich nicht ausgehobener kontaminierter Böden und dauerhaft mit dem Boden verbundener Gebäude; und nach Abs. 3 Sedimente vom Anwendungsbereich ausgeschlossen.

**Art. 4** (Abfallhierarchie): Abs. 1 enthält nachfolgende 5-stufige Prioritätenfolge: Vermeidung – Vorbereitung zur Wiederverwendung – Recycling – sonstige Verwertung, z. B. energetische Verwertung – Beseitigung. Allerdings können die Mitgliedstaaten nach Abs. 2 unter bestimmten Bedingungen davon abweichen.

**Art. 4** (Nebenprodukte): definiert die Abgrenzung zwischen Nebenprodukt und Abfall, hierzu wird die Kommission die entsprechenden Kriterien bestimmen.

**Art. 6** (Ende der Abfalleigenschaft): definiert die Bedingungen, wann Stoffe oder Gegenstände nicht mehr Abfall sind; auch hierzu wird die Kommission entsprechende Abgrenzungskriterien erlassen.

**Art. 9** (Abfallvermeidung): Die Kommission wird bis Ende 2011 einen Zwischenbericht über die Entwicklung der Abfallaufkommen und den Umfang der Abfallvermeidung vorlegen, einen Aktionsplan für weitere Unterstützungsmaßnahmen insbesondere zum Zweck der Änderung des derzeitigen Konsumverhaltens ausarbeiten und bis Ende 2014 Zielvorgaben zur Abfallvermeidung und Entkopplung vom Wirtschaftswachstum festlegen, die bis 2020 zu erreichen sind.

**Art. 11** (Wiederverwendung und Recycling): gibt in Abs. 2 bis 2020 zu erreichende Quoten zur Sammlung, Wiederverwendung, zum Recycling und der sonstigen stofflichen Verwertung vor.

**Art. 16** (Grundsätze der Entsorgungsautarkie und der Nähe): Abs. 1 ermöglicht es den Mitgliedstaaten, zum Schutz ihrer eigenen Abfallverbrennungsanlagen, die als Verwertung eingestuft sind, entsprechende Abfallverbringungen zu begrenzen, wenn dadurch inländische Abfälle beseitigt werden müssten oder die Abfälle in einer Weise zu behandeln wären, die nicht mit den vorgegebenen EU-Abfallwirtschaftsplänen vereinbar sind.

**Art. 22** (Bioabfall): enthält Vorgaben zur Entsorgung von Bioabfällen.

Die Umsetzung erfolgte in Österreich in der Deponie-Verordnung [BGBl. II Nr. 455 2011].

### 2.2.2.6 Umwelthaftungsrichtlinie (UH-RL)

Die europäische Umwelthaftungsrichtlinie (UH-RL) [Rat der Europäischen Gemeinschaften und des europäischen Parlaments 2004] legt haftungsrechtliche Maßnahmen fest, um einen wirksamen Schutz der Umwelt sicher zu stellen [Winkler 2008]. Dazu sieht sie ein verwaltungspolizeiliches Haftungsregime im Sinne einer grundsätzlich verschuldensunabhängigen Haftung für Umweltschäden vor. Umweltschäden sind erhebliche Schäden an den Schutzgütern:

- **Gewässer**
- **Boden**
- **Biodiversität** (geschützte Arten und natürliche Lebensräume).

Wer als Betreiber in Ausübung bestimmter gefahrgeneigter Tätigkeiten – z. B. Industrie, Abfall- und Abwasserwirtschaft, Umgang mit gefährlichen Stoffen – erhebliche Gefahren oder Schäden verursacht, muss entsprechende Vermeidungs- oder Sanierungsmaßnahmen setzen. Bleibt der Betreiber untätig, agiert er zu spät oder unzureichend, so hat die Behörde tätig zu werden und dem Betreiber bzw. Verursacher zur Bezahlung der aufgelaufenen Kosten zu verpflichten.

### 2.2.2.7 Bodenschutzstrategie der EU-Kommission

In dem von der Europäischen Kommission veröffentlichten **6. Umweltaktionsprogramm** wurde im Jahr **2001** das Ziel aufgestellt, die Böden vor Erosion und Verunreinigungen zu schützen. Dieses Ziel wurde in der Mitteilung der Kommission "Hin zu einer spezifischen Bodenschutzstrategie" im Jahr 2002 vom 16. April 2002 festgeschrieben.

In der Mitteilung findet sich unter Absatz 3.3. Bodenkontamination folgende Stellungnahme:

*„Der Eintrag von Schadstoffen in den Boden kann zu einer Beeinträchtigung oder zum Verlust einiger oder mehrerer Bodenfunktionen sowie zu einer möglichen Sekundärkontamination des Wassers führen. Überschreiten die Schadstoffe im Boden eine bestimmte Menge, so ergeben sich vielfache negative Auswirkungen auf die Nahrungsmittelkette und damit auf die Gesundheit des Menschen sowie auf alle Arten von Ökosystemen und anderen natürlichen Ressourcen. Bei der Bewertung der Auswirkungen von Schadstoffen im Boden ist nicht nur ihre Konzentration zu berücksichtigen, sondern auch ihr Umweltverhalten und die Wege, über die sie auf die Gesundheit des Menschen einwirken.“*

*Es wird häufig zwischen der Bodenkontamination aus klar eingegrenzten Quellen (lokale Kontamination bzw. Kontamination aus Punktquellen) und aus diffusen Quellen unterschieden.*

*Lokale Bodenkontamination:*

*Zu lokaler Kontamination (aus Punktquellen) kommt es in der Regel im Bergbau, in Industrieanlagen, Mülldeponien und sonstigen Anlagen, und zwar sowohl während des Betriebs als auch nach der Stilllegung. Dadurch werden Boden und Gewässer mitunter gefährdet.*

*Eine weitere wichtige Quelle möglicher Verunreinigungen sind die Mülldeponien. Durchschnittlich 65 % der in der EU anfallenden kommunalen Abfälle (190 Mio. Tonnen im Jahr 1995) werden nach wie vor auf Deponien entsorgt. Ausschwemmungen aus Abfalldeponien können in die umgebenden Böden und das Substrat und anschließend in das Grundwasser und/oder in Oberflächengewässer gelangen. Besondere Sorgen bereiten Deponien, die die technischen Mindestanforderungen der Deponie-Richtlinie nicht einhalten oder in der Vergangenheit nicht eingehalten haben.*

Die Schätzungen für die Anzahl kontaminierter Standorte in der EU bewegen sich zwischen 300.000 und 1,5 Millionen [Europäische Umweltagentur 1999]. Diese weite Spanne rührt daher, dass es keine einheitliche Definition kontaminierter Gelände gibt, und hängt mit den unterschiedlichen Ansätzen bezüglich der akzeptablen Gefahrenschwellen, der Schutzziele und der Expositionsparameter zusammen.

Die Weitergabe von Sachwissen und die Aufstellung von Reinigungszielen sind wichtige Wege, um die gegenwärtigen Kontaminationsprobleme anzugehen. Doch in Zukunft muss das Ziel die Verhütung weiterer Schadstoffbelastungen sein.

Es wurde der Grundstein für den Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Bodenschutz "**Bodenrahmen-Richtlinie**" gelegt. Im Herbst 2005 wurde eine „Internet-Consultation“ mit Beteiligung der Mitgliedsstaaten durchgeführt, wobei in dieser die Rede von einem noch unspezifizierten „framework“ war, was große Unterstützung fand. Nach dem Einlangen von mehr als 1000 Antworten/Stellungnahmen hat die Kommission einen Entwurf für eine Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Bodenschutz entwickelt. Der Entwurf wurde am 22. September 2006 angenommen. Die Mitteilung der Europäischen Kommission „Thematische Strategie für den Bodenschutz“ wurde am 27. September 2006 veröffentlicht.

In den Zielsetzungen des Vorschlages einer Richtlinie wird unter Punkt (13) als geeignete Maßnahme zur Begrenzung der Bodenversiegelung auch die Sanierung aufgegebenen Flächen vorgeschlagen, um die Baulanderschließung auf der grünen Wiese zu begrenzen.

Es ist nach dem Vorschlag für die Richtlinie im Kapitel III Bodenverunreinigung die Vermeidung der Bodenverunreinigung, die Erstellung von Verzeichnissen der verunreinigten Standorte, die Schaffung von Verfahren zur Bestimmung der Standorte und zur Durchführung einer Risikobewertung vor Ort durchzuführen, bei allen Standorten von denen eine **erhebliche Gefahr für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt** ausgeht. Weiters werden Berichtspflichten aufbauend auf chemischen Analysen zur Bestimmung der Konzentration der gefährlichen Stoffe im Boden, und Mechanismen zur Sanierung und Finanzierung der Sanierungen unter Beachtung des Verursacherprinzips, oder wenn die verantwortliche Person nicht ermittelt werden kann, nach gemeinschaftlichen oder einzelstaatlichen Rechtsvorschriften. Im Anhang II werden unter den potentiell Boden verschmutzenden Tätigkeiten Deponien im Sinne der Richtlinie 1999/31/EG des Rates aufgelistet.

## 2.2.3 Umweltgesetzliche Regelungen in ausgewählten Ländern der EU

### 2.2.3.1 Deutschland

#### Bundesgesetze

#### **Gesetz zur Förderung des Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (KrW-/AbfG) 1994**

Erst mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) von 1994 [BGBl. I 1994] wird der Begriff der Altdeponie im § 35 wie folgt verrechtlicht:

- Deponien, die vor dem 11. 6. 1972 betrieben wurden:  
Diese Deponien sind in der Regel ohne oder nur mit unzureichenden technischen Einrichtungen ausgestattet.
- Deponien der neuen Bundesländer, die vor dem 1. 7. 1990 betrieben wurden.

Diese Deponien in den neuen Bundesländern sind in der Regel ohne oder nur mit unzureichender Sicherung ausgestattet. Daher kann die Behörde Befristungen, Bedingungen und Auflagen anordnen oder die Anlage ganz oder teilweise schließen, wenn eine erhebliche Beeinträchtigung des Wohles der Allgemeinheit durch Auflagen, Bedingungen oder Befristungen nicht verhindert werden kann. Nach Hudec werden *„dadurch jedoch die Mehrzahl der Altablagerungen, die zu einer Boden- und Grundwassergefährdung führen, nicht von diesem Gesetz umfasst. Wurden Ablagerungen auf einem Standort jedoch sowohl vor wie nach dem In-Kraft-Treten des Abfallwirtschaftsgesetzes vorgenommen, sind für daraus resultierende Belastungen sämtliche Vorschriften des Abfallgesetzes anzuwenden. Dies gilt in vollem Umfang ebenso für sogenannte illegale Deponien.“* [Hudec 2003].



## **Bundes- Bodenschutzgesetz (BBodSchG)**

Das Bundes-Bodenschutzgesetz [BGBl. I 1998] trat in seinen wesentlichen Teilen am 1. März 1999 in Kraft. Zweck dieses Gesetzes ist es nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen. Die Erfassung, Untersuchung und Sanierung von Altdeponien regeln das BBodSchG und die BBodSchV gemeinsam.

## **Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)**

Im Juli 1999 wurde die Bundes – Bodenschutz- und Altlastenverordnung [BGBl I 1999] erlassen, die den Vollzug des BBodSchG bundesweit regelt. Eine Konkretisierung erfolgte in den jeweiligen Landesgesetzen der 16 Bundesländer. Die BBodSchV enthält im Anhang 2 Prüfwerte zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden - Grundwasser. Sie gibt für 17 anorganische Stoffe und 10 organische Stoffe und Stoffgruppen Prüfwerte vor.

## **Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts**

Am 16. 7. 2009 ist die Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts in Kraft getreten [BGBl I 2009]. Damit wurde die EU-Deponierichtlinie und die Ratsentscheidung 2003/33/EG im deutschen Recht umgesetzt. Es wurden die **Abfallablagerungsverordnung**, die „alte“ **Deponieverordnung** und die **Deponieverwertungsverordnung** sowie als allgemeine Verwaltungsvorschriften des Bundes die **TA Abfall**, die **TA Siedlungsabfall** und die **Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz** zusammengeführt und die bestehenden Rechtsvorschriften außer Kraft gesetzt. Es werden 4 Deponieklassen (DK 0, DK I, DK II, DK III) geschaffen, wobei die Deponiekategorie 0 für Inertstoffabfälle keine Basisabdichtung und nur eine Rekultivierungsschicht erfordert, wenn nach §3 Abs. 4 auf Grundlage einer Bewertung der Risiken für die Umwelt (Boden, Grundwasser oder Oberflächenwasser) die Anforderungen herabgesetzt werden können. Bei Monodeponien aller Deponieklassen können nach Anhang 1 Punkt 3 die Anforderungen an den Standort und die Abdichtung auf Grundlage einer Bewertung der Risiken für die Umwelt ebenfalls herabgesetzt werden. Dies betrifft Monodeponien für Baggergut aus Gewässern, regionalspezifisch belastetes Bodenmaterial und ausschließlich betriebseigene Massenabfälle. Im Anhang 3 werden die Zuordnungswerte für organische und anorganische Parameter als Feststoff- und Eluatkriterien für die jeweiligen Deponieklassen definiert.

Bei Altdeponien der Klasse II, auf denen Abfälle mit hohem organischen Anteil abgelagert worden sind, ist der Ersatz der zweiten Abdichtungskomponente durch eine Wasserhaushaltschicht oder ein Dichtungskontrollsystem nur zulässig, wenn Maßnahmen zur Beschleunigung biologischer Abbauprozesse und zur Verbesserung des Langzeitverhaltens nachweislich erfolgreich durchgeführt worden sind (Fußnote 6 in Anhang 1 Tabelle 2 DepV) Es handelt sich um die gezielte Befeuchtung des Abfallkörpers und

Maßnahmen zur großtechnischen Belüftung. Weyer stellt dazu fest, „diese Maßnahmen haben ausdrücklich Eingang in den verordneten Stand der Technik gefunden“ [Weyer 2010].

Für die Feststellung des Abschlusses der Nachsorgephase sieht die **DepV** nach Anhang 5 Nummer 10 auszugsweise folgende Kriterien vor:

- Umsetzungs- und Reaktionsvorgänge sowie biologische Abbauprozesse sind weitgehend abgeklungen.
- Eine Gasbildung findet nicht statt oder ist soweit zum Erliegen gekommen, dass keine aktive Entgasung erforderlich ist, austretende Restgase ausreichend oxidiert werden und schädliche Einwirkungen auf die Umgebung durch Gasmigration ausgeschlossen werden können. Eine ausreichende Methanoxidation des Restgases ist nachzuweisen.
- Setzungen sind soweit abgeklungen, dass setzungsbedingte Beschädigungen des Oberflächendichtungssystems für die Zukunft ausgeschlossen werden können.
- Die Deponie ist insgesamt standsicher.
- Das Sickerwasser, das in den Untergrund versickert, verursacht keine Überschreitungen der Auslöseschwellen in den Grundwassermessstellen und eine Überschreitung ist auch für die Zukunft nicht zu besorgen.

Soweit bei Altdeponien in der Stilllegungsphase entsprechende Festlegungen für die Stilllegung und Nachsorge vorhanden sind, kann ebenfalls danach verfahren werden [Weyer 2009].

### Landesgesetzgebung

Es werden stellvertretend für die 16 unterschiedlichen gesetzlichen Regelungen in den Bundesländern nur jene von Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen exemplarisch vorgestellt.

- **Baden-Württemberg:**

Grundlage der Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg war die am 17. Oktober 1988 vom Ministerrat beschlossene „Konzeption zur Behandlung altlastverdächtiger Flächen und Altlasten in Baden-Württemberg“. Diese Konzeption sieht zur Bewältigung des Altlastenproblems ein stufenweises Vorgehen vor. Gleichzeitig wurden damit die fachlichen Grundlagen für die Altlastenbearbeitung und ein Finanzierungskonzept für kommunale Altlasten entwickelt.

Baden-Württemberg war das erste Bundesland, das bereits im Jahr 1991 ein eigenständiges Bodenschutzgesetz erlassen hatte. Dieses Gesetz ist teilweise mit Inkrafttreten des Bundes-



Bodenschutzgesetzes zum 1.3.1999 und vollständig mit Erlass des Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetzes zum 29.12.2004 außer Kraft getreten. Das Landesabfallgesetz [Landesabfallgesetz 2008] regelte bis zum Einföhrungserlass zum Inkrafttreten des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) des Umweltministeriums (Az.: 56-8810.30-2/1) die Erfassung, Untersuchung und Sanierung von Altdeponien. Seither sind die §§ 22, 24, 25 und 27 LAbfG nicht mehr anzuwenden. Daher wurde in der Neufassung des Gesetzes 2008 dieser Bereich gestrichen.

### **Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz – LbodSchAG)**

Im Dezember 2004 wurde das Landesbodenschutzgesetz [Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz 2004] beschlossen. Dieses regelt Erfassung, Erhebung und Informationspflichten über altlastverdächtige Flächen und Altlasten. Wichtige Bestimmungen zum vorsorgenden Bodenschutz sind die Pflichten anderer Behörden und öffentlicher Planungsträger im Planfeststellungs- und Plangenehmigungsverfahren zu prüfen, ob eine **Wiedernutzung von bereits versiegelten oder sanierten Flächen** möglich ist. Weiters haben alle Stellen, die staatliche oder kommunale Verwaltungsaufgaben erfüllen, ihnen bekannte Anhaltspunkte für schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten der Bodenschutz- und Altlastenbehörde mitzuteilen.

- **Nordrhein-Westfalen:**

### **Landesbodenschutzgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (Landesbodenschutzgesetz; LbodSchG)**

Das Landesbodenschutzgesetz [Landesbodenschutzgesetz 2000] wurde in Ergänzung zum BBodSchG im Jahr 2000 erlassen. Im dritten Teil des Gesetzes, in den §§ 5-12 werden Erfassung, Erhebung und Informationspflichten über altlastverdächtige Flächen und Altlasten geregelt. Wichtige Bestimmungen zum vorsorgenden Bodenschutz sind die Anzeigepflicht (§ 2 Abs. 2 LbodSchG) gegenüber der Unteren Umweltbehörde vor dem Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden (ab 800 m<sup>3</sup>), die Berücksichtigung von Vorsorgegrundsätzen (§1 LbodSchG) durch Behörden und Gemeinden bei Planungen und sonstigen Vorhaben sowie deren Pflicht, eine Wiedernutzung von bereits versiegelten Flächen einer Neuversiegelung vorzuziehen (§ 4 Abs. 2 LbodSchG).

Da der Boden seine Funktionen im versiegelten Zustand nur noch sehr eingeschränkt erfüllen kann, stellt eine Begrenzung und Steuerung von Neuversiegelung und eine Förderung der Entsiegelung von befestigten Flächen ein zentrales Element des vorsorgenden Bodenschutzes dar.

Als fachliche Ergänzung zu den gesetzlichen Regelungen liegt in Nordrhein-Westfalen (NRW) die fachliche „Arbeitshilfe für flächendeckende Erhebungen über Altstandorte und Altablagerungen“, 2001, des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV NRW) [Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW 2001] vor.

Im gemeinsamen Runderlass „Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen, insbesondere Altlasten, bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren“ (ALTLASTENERLASS, 2005) [Nordrhein-Westfälisches Ministerium 2005] werden die Verantwortlichkeiten der Behandlung von Altlasten in der Bauleitplanung geregelt. Die Amtsträger der Gemeinden haben die Pflicht, bei der Aufstellung von Bebauungsplänen von Altlasten ausgehende Gesundheitsgefährdungen für die Nutzer des Planungsgebietes zu verhindern. Demnach müssen die Gemeinden einen vorhandenen Altlastverdacht bei der Bauleitplanung (Flächennutzungspläne, Bebauungspläne) berücksichtigen und ggf. Untersuchungen durchführen lassen.

Nach Band 24 der Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, LUA NRW, [Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen 2006] sind Flächen mindestens bis zum Abschluss der Sanierung zu überwachen. Je nach Fallgestaltung kann auch eine anschließende Überwachung bzw. Nachsorge erforderlich werden.

### 2.2.3.2 Großbritannien

Es wird in Großbritannien unterschieden in Deponien:

- **die nach dem 16. Juli 2001** geschlossen werden, wobei hier die Landfill Direktive (DeponieVO) gilt;
- **die vor dem 16. Juli 2001** geschlossen wurden, wobei hier analog zu unserer DVO Nachsorgemaßnahmen mit Sicherstellungsleistungen durchgeführt werden. Die Flächen werden nach dem Gas- und Sickerwasserpfad in 5 Emissionsklassen eingeteilt. Je nach Ablagerungsgut, Alter der Ablagerung, Gasnutzung, und Nähe zu Siedlungen und nutzbarem Grundwasseraquifer wurde das Risiko der Deponien in den letzten 10 Jahren von mehr als 2000 Flächen ermittelt (Class M1-M5).
- **Altablagerungen (historic landfill)** sind davon nicht umfasst. Diese sind nach dem Environmental Protection Act 1990, Part 2A [Great Britain Parliament 1990] zu kontaminierten Standorten erklärt. Die Verwaltungsbehörde des Bezirks (County) ist dann zuständig. Die Standorte sind zu erfassen, digital zugänglich zu machen und in Gefährdungsklassen einzuteilen. Weitere Untersuchungen zur Abklärung der Gefährdung sind von der Verwaltungsbehörde durchzuführen. Das Umweltbundesamt (Environmental Agency) begleitet und unterstützt diese Behörden fachlich.

## 2.3 Grenzwertdiskussion

### 2.3.1 Österreichische Regelwerke

#### 2.3.1.1 ÖNORM S 2072

Die ÖNORM S 2072 Eluatklassen (Gefährdungspotential) von Abfällen vom 1. Dezember 1990 war die erste in Österreich vom Österreichischen Normungsinstitut herausgegebene Vorschrift zur Feststellung des Gefährdungspotentials von festen und pastösen Abfällen. Sie diente auch zur Klassifizierung von Abfällen nach Eluatklassen. Das Gefährdungspotential von Abfällen wird laut Vorbemerkung im Wesentlichen durch die Summe der Gesamtinhaltsstoffe, der mit Wasser mobilisierbaren Anteile und der nach der Ablagerung zu erwartenden Reaktionen beurteilt. Die Eluatqualität stellt nur eine Aussage über das Gefährdungspotential des Abfalls dar.

**Eluatklasse I** lässt ein Sickerwasser erwarten, das das Grundwasser hinsichtlich seiner Nutzbarkeit als Trinkwasser nicht nachteilig beeinflussen kann. Hier gab es die Unterscheidung in Eluatklasse Ia für eine mögliche Ablagerung außerhalb von Wasserschongebieten, Eluatklasse Ic für eine mögliche Ablagerung unterhalb des höchsten gemessenen Grundwasserstandes und Eluatklasse Ib für eine mögliche Ablagerung auf einer Deponie der Deponiebauklasse 2 gemäß der ÖNORM S 2071.

**Eluatklasse II** lässt ein Sickerwasser erwarten, das nach einfacher Behandlung (z. B. Absetzbecken) einem Vorfluter zugeführt werden kann.

**Eluatklasse IIIa** lässt ein Sickerwasser erwarten, dass gegebenenfalls nach entsprechender Vorbehandlung in eine Kanalisation mit angeschlossener biologischer Abwasserreinigungsanlage eingeleitet werden kann.

Der **Eluatklasse IIIb** werden die nicht eluierbaren Abfälle Hausmüll, unsortierter Sperrmüll, überlagerte Lebensmittel, Rohkompost und Shredderrückstände aus der Autoverwertung zugeordnet.

Abfälle der **Eluatklasse IV** müssen vorbehandelt werden, um obertägig abgelagert werden zu können.

Die ÖNORM S 2072 wurde nach der im Auftrag der Wiener MA 22 – Umweltschutz vom Österreichischen Baustoff- und Recyclingverband erstellten Studie „LV umweltgerechte Leistungen“ [Österreichischer Baustoff- und Recyclingverband 1999] von Seiten der Behörden vorwiegend als Basis für Deponiebescheide herangezogen; implizit ergab sich damit, dass Abfälle nach dieser ÖNORM eluiert werden mussten, um die jeweilige Deponiefähigkeit nachweisen bzw. bestimmen zu können.

Obwohl in der ÖNORM S 2072 nicht explizit angegeben, wurde von der Wasserrechts- und Abfallbehörde in den meisten Bundesländern die **Eluatklasse Ib als generelle Verwertungsgrenze** laut dem Bericht "Standard-Leistungsbeschreibung Umwelt - Grobkonzept" MA 22 / ÖBRV festgelegt [Österreichischer Baustoff- und Recyclingverband 1999]. Dies bedeutete keineswegs, dass nicht in Fällen besonderen (Grund)wasserschutzes die Eluatklasse Ic oder Ia (z.B. für Wasserschutz- und – schongebiete) gefordert oder umgekehrt, bei unempfindlichen Flächen (z.B. Gewerbe- und Industriegebiete) die Eluatklasse IIa zugelassen wurde.

Das Anwendungsgebiet der ÖNORM S 2072 war also nicht primär der Bereich der Verwertung, sondern der Deponierung. Diese Norm wurde mit 1. Februar 2000 ersatzlos zurückgezogen.

### 2.3.1.2 ÖNORM S 2088-1

Die **Normenreihe S 2085 – 2093** beschäftigt sich mit der Definition der Begriffe und der Bearbeitung von Altablagerungen und Altstandorten. Im Jahr 1997 ist die ÖNORM S 2088-1 Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Grundwasser erstmals erschienen. Derzeit hat die Ausgabe vom 1. 9. 2004 Gültigkeit. Diese ÖNORM ist bei der Bewertung von Altablagerungen im Hinblick auf eine Gefährdung des Grundwassers heranzuziehen. Es werden die Grundlagen für die Beurteilung von Untersuchungsergebnissen und die daraus resultierende Abschätzung des Gefährdungspotentials auf das Schutzgut Grundwasser abgehandelt. Es werden **Orientierungswerte** für Eluate gemäß ÖNORM S 2115, für Gesamtgehalte und für Analysenergebnisse von Bodenluftuntersuchungen definiert. Diese Orientierungswerte stellen als Vergleichsgrößen eine Hilfe bei der Gefährdungsabschätzung dar und sind Ausgangspunkt für eine standortbezogene Bewertung des Einzelfalls. Es werden **Prüfwerte** definiert, bei deren Überschreitung weitere Erhebungen und Untersuchungen zur Sachverhaltsklärung notwendig sind. Weiters werden **Maßnahmen-Schwellenwerte** definiert bei deren Überschreitung in der Regel Sicherungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen notwendig sind.

### 2.3.1.3 ÖNORM S 2088-2

Im Jahr 2000 ist die ÖNORM S 2088-2 Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Boden erstmals erschienen. Derzeit ist die Ausgabe in Überarbeitung. Eine überarbeitete Neuausgabe soll Ende 2013 herauskommen. Diese ÖNORM ist bei der Bewertung von Altablagerungen im Hinblick auf eine Gefährdung des Bodens heranzuziehen. Es werden die Grundlagen für die Beurteilung von Untersuchungsergebnissen und die daraus resultierende Abschätzung des Gefährdungspotentials auf das Schutzgut Boden dargestellt. Es werden **Orientierungswerte** für Gesamtgehalte für **verschiedene Lebensraumfunktionen** (Kinderspielplätze, land- und forstwirtschaftliche Nutzung) unter Berücksichtigung der bodenkundlichen Standortverhältnisse definiert. Diese Orientierungswerte stellen als Vergleichsgrößen eine

Hilfe bei der Gefährdungsabschätzung dar und sind Ausgangspunkt für eine standortbezogene Bewertung des Einzelfalls. Es werden **Prüfwerte** definiert, bei deren Überschreitung weitere Erhebungen und Untersuchungen zur Sachverhaltsklärung notwendig sind. Weiters werden **Maßnahmen-Schwellenwerte** definiert bei deren Überschreitung in der Regel Sicherungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen notwendig sind. Maßnahmenschwellenwerte wurden jedoch nur für die Lebensraumfunktion (Nutzungsklasse) Kinderspielplätze definiert.

#### 2.3.1.4 ÖNORM S 2088-3

Im Jahr 2003 ist die ÖNORM S 2088-3 Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Luft erstmals erschienen. Derzeit ist die Ausgabe vom 1. 1. 2003 in Gültigkeit. Diese ÖNORM ist bei der Bewertung von Altablagerungen im Hinblick auf eine Gefährdung der Luft heranzuziehen. Es werden die Grundlagen für die Beurteilung von Untersuchungsergebnissen und die daraus resultierende Abschätzung des Gefährdungspotentials auf das Schutzgut Luft dargestellt. Die Beurteilung des Gasbildungs- und Schadstoffpotentials wird dargelegt. Es werden **Orientierungswerte und Maßnahmen** für bebauete und unbebaute Gebiete festgelegt. Diese Orientierungswerte stellen als Vergleichsgrößen eine Hilfe bei der Gefährdungsabschätzung dar und sind Ausgangspunkt für eine standortbezogene Bewertung des Einzelfalls. Die ÖNORM gibt weiters Hinweise auf bevorzugte Ausbreitungsmöglichkeiten für Gas im Untergrund und Eintrittsmöglichkeiten von Gasen in Bauwerke. In den Anhängen B und C werden Hintergrundwerte für Bodenluft und Spurenstoffe sowie chemisch-physikalische Stoffgrößen der Gase informativ zusammengestellt.

### 2.3.2 Grenzwertregelungen der EU

#### 2.3.2.1 Deponierichtlinie

Die Richtlinie 1999/31/EG [Rat der Europäischen Gemeinschaften 1999] vom 26. April 1999 über Abfalldeponien enthält Definitionen, sowie umfassende Regelungen zur Abfallbeseitigung auf Abfalldeponien, jedoch keine speziellen Kriterien und/oder Testverfahren und damit verknüpfte Grenzwerte für die Ablagerung von Abfällen. Nach Artikel 2 lit. e) sind:

*„Inertabfälle“ Abfälle, die keinen wesentlichen physikalischen, chemischen oder biologischen Veränderungen unterliegen. Inertabfälle lösen sich nicht auf, brennen nicht und reagieren nicht in anderer Weise physikalisch oder chemisch, sie bauen sich nicht biologisch ab und beeinträchtigen nicht andere Materialien, mit denen sie in Kontakt kommen, in einer Weise, die zu Umweltverschmutzung führen oder sich negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken könnte. Die gesamte Auslaugbarkeit und der Schadstoffgehalt der Abfälle und die Ökotoxizität des*

*Sickerwassers müssen unerheblich sein und dürfen insbesondere nicht die Qualität von Oberflächenwasser und/oder Grundwasser gefährden;“*

Die Festlegungen über Grenzwerte sind in der Ratsentscheidung [Rat der Europäischen Gemeinschaften 2002] vom 19. 12. 2002 dokumentiert.

Es werden unter Punkt 2.1.2 **Grenzwerte für Abfälle, die auf Deponien für Inertabfälle** abgelagert werden dürfen definiert. Es werden Grenzwerte für das Auslaugungsverhalten und für den Gesamtgehalt organischer Parameter festgelegt.

Es werden unter Punkt 2.2.2 **Grenzwerte für Abfälle, die auf Deponien für nicht gefährliche Abfälle** abgelagert werden dürfen, definiert. Es werden Grenzwerte für das Auslaugungsverhalten festgelegt. Ebenso werden **Grenzwerte für Deponien für gefährliche Abfälle** definiert.

### 2.3.3 Grenzwertregelungen in ausgewählten Ländern der EU

#### 2.3.3.1 Deutschland

Vorgaben für die Untersuchung und Bewertung von Altablagerungen in der Bundesrepublik Deutschland enthalten das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998 [BGBl I 1998], die Bundes-Bodenschutz – und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1998 [BGBl I 1998] und die jeweiligen Landesgesetze.

Nur für die Messung von Schadstoffen gelten bundeseinheitliche Vorgaben.

Beispielsweise VDI-Richtlinie 3860 Blatt 1 vom Juni 2004 „Messen von Deponiegas – Grundlagen“, 2004 [VDI 2004].

Die konkreten Vorgaben, wie zu untersuchen ist und welche Werte (Prüfwerte und Maßnahmenwerte) einzuhalten sind; wird in den Bundesländern getrennt geregelt.

Für **Bayern** beispielsweise im Bayerischen Bodenschutzgesetz (BayBodSchG) [GVBl Nr. 5 1999]

Ergänzend zur Bodenschutzgesetzgebung liegen für den bayerischen Vollzug eine Reihe von Arbeitshilfen und Merkblättern für die Bearbeitung (Erkundung, Untersuchung, Bewertung) von Altlastverdachtsflächen bzw. Altlasten vor, und zwar:

- LfU-Merkblatt / Altlasten 1 vom Juli 2002 [Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2002].
- LfU-Merkblatt / Altlasten 2 vom September 2009 [Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2009].

- LfU-Merkblatt / Altlasten 3 vom Januar 2002 [Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2002].
- Verwaltungsvorschrift zum Vollzug des Bodenschutz- und Altlastenrechts in Bayern – BayBodSchVwV – vom 11. Juli 2000 [Bayerische Staatsministerien 2000].
- Verordnung über Sachverständige und Untersuchungsstellen für den Bodenschutz und die Altlastenbehandlung in Bayern [GVBl 2001].

### 2.3.3.2 Großbritannien

In Großbritannien gibt es für die unabhängigen gleichberechtigten Landesteile England, Wales, Schottland und Nord-Irland getrennte Vorgaben, ähnlich den deutschen Bundesländern. Darüber hinaus gibt es analog dazu im ganzen Königreich geltende Normen, die British Standards (BS), herausgegeben vom British Standards Institute (BSI). Die wichtigste Norm stellt die BS 10175 [British Standards 2011], die die Vorgangsweise bei Untersuchungen allgemein vorgibt. Die Untersuchungen für Bodenluft (ground gas) sind in der BS 8485 [British Standards 2007] geregelt.

## 2.4 Derzeitige Vorgangsweise bei Altablagerungen (Altlastenmanagement)

### 2.4.1 Situation in Niederösterreich

Beim Amt der **NÖ Landesregierung** wurde in der Abteilung Wasserwirtschaft im Jahr 1997 ein eigener **Fachbereich Altlasten** geschaffen. Dieser Fachbereich hat die Amtssachverständigentätigkeit für Altlasten und Verdachtsflächen und die systematische Erfassung und Bewertung bestehender Altablagerungen und Altstandorte zur Aufgabe.

#### 2.4.1.1 Leitfaden Verdachtsflächen 1998

##### Ausgangssituation

In NÖ gibt es nach Schätzungen des Umweltbundesamtes Wien mit Stichtag 1.1. 2011 [Grazin & Valtl 2011] ca. 2.000 ehemalige Sturzplätze bzw. Hausmülldeponien, die im Zeitraum zwischen 1950 und 1980 verfüllt wurden. Viele davon sind sogenannte „**Gemeindedepo-nien**“ oder „**Firmendepo-nien**“ und weisen großteils nur ein Ablagerungsvolumen von 5.000 bis 10.000 m<sup>3</sup> auf. In jeder ländlichen Gemeinde hat es in fast jeder Katastralgemeinde eine solche Klein-Deponie gegeben. Dazu kommt eine nicht unbeträchtliche Zahl von Deponien im Einzugsgebiet von zentralen Orten (Kleinstädten) mit einem Ablagerungsvolumen von ca. 30.000 bis 50.000 m<sup>3</sup>. Viele davon hatten eine Bewilligung nach dem Wasserrechtsgesetz. Darüber hinaus entstanden im Umkreis großer Industriegemeinden und Ballungszentren (z. B. Wien, St. Pölten, Amstetten, St. Valentin,



Mödling, Wiener Neustadt) Ablagerungen durch Verfüllungen von ausgebeuteten ehemaligen Schotter- und Sandgruben mit Hausmüll, gewerblichen Abfällen und Industrieabfällen im großen Stil (beispielsweise die in der Fachwelt bekannte „Fischer-Deponie“, „Berger-Deponie“ und „Almeta Deponie“).

### **Grundidee des Leitfadens 1998**

Grundidee des Leitfadens Verdachtsflächen [Amt der NÖ Landesregierung 1998] ist die prioritäre Bearbeitung von Verdachtsflächen. Ziel des Leitfadens war es die unterschiedlichen Positionen zwischen WRG und ALSAG zu harmonisieren. Vorgabe war, dass *„mit dieser Harmonisierung keinesfalls eine Abschwächung des im WRG verankerten Vorsorgeprinzips verbunden sein darf“*. Es werden als Lösungsansatz die Unterscheidung in **aktuelle Ablagerungen (nach dem 1. Juli 1989)** und **Altablagerungen (vor dem 1. Juli 1989)** in Analogie zum in Kraft treten des ALSAG mit 1. Juli 1989 gewählt. Generell hat der Leitfaden das Ziel, alle aktuellen Ablagerungen im Sinne des **Vorsorgegrundsatzes** zu bearbeiten, unabhängig vom Gefährdungspotential.

### **Ziel des Leitfadens**

Die Priorität der einzelnen Fläche ergibt sich aus deren **Gefährdungspotential**, das aufgrund einer historischen Erkundung mit Hilfe eines vorgegebenen Bewertungsschemas abgeschätzt wird.

Aufbauend auf einem im Jahr 1996 gestarteten Pilotprojektes für die Erfassung aller Altablagerungen im Großraum St. Pölten (ca. 700 km<sup>2</sup>) wurden die Grundlagen für das Bewertungsschema geschaffen. Basis für die Bewertung war das „Altlastenhandbuch - Teil I Altlasten-Bewertung“ des Bundeslandes Baden-Württemberg [Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1988] erschienen im Juni 1988. Dieses Bewertungsschema wurde unter Beiziehung eines Hydrologen der Abteilung Hydrologie des Amtes der NÖ Landesregierung und eines Mitarbeiters des Fachbereichs Altlasten des Umweltbundesamtes Wien insbesondere an die wasserwirtschaftlichen Zielsetzungen des Landes Niederösterreich bei der Schutzgutbewertung adaptiert. Das Bewertungsschema wird als **„NÖ Erstbewertungsschema“** [Amt der NÖ Landesregierung 1998] bezeichnet.

*„Bei der Ausarbeitung wurde besonderes Augenmerk darauf gelegt, dass es so abgegrenzt und standardisiert ist, dass möglichst wenig individuelle Einschätzung erforderlich ist. Nur so sind auch in Hinblick auf weitere geplante Fremdvergaben der Datenerhebung und der Erstabschätzung im Rahmen der systematischen Verdachtsflächenerfassung niederösterreichweit einigermaßen gleiche Bewertungsgrundsätze garantiert.“*

Die Erstbewertung von Verdachtsflächen erfolgt in Österreich durch das Umweltbundesamt, Abteilung Altlasten. Durch die Einbeziehung eines Experten dieser Abteilung des Umweltbundesamtes Wien wurde sichergestellt, dass dieses Schema für NÖ auch vom

Umweltbundesamt anerkannt wird. Dieses **NÖ Erstbewertungsschema** wurde zudem auch an Standardfällen geeicht.

Im **Leitfaden Verdachtsflächen** [Amt der NÖ Landesregierung 1998] wird dargelegt, dass die Aufarbeitung der Ergebnisse der Pilotstudie St. Pölten – Traisental Probleme zu Tage treten ließ und im Vollzug des **WRG § 138 bzw. § 31 b Abs. 5** eine unbefriedigende Vorgangsweise aufzeigte. Zwei Problemfelder werden dazu exemplarisch vorgestellt, und zwar:

- dass:

*„eine Zurückstellung von im Sinne des Gewässerschutzes weniger dringenden Fällen zu Gunsten einer bevorzugten Bearbeitung dringender Fälle aufgrund der fehlenden gesetzlichen Deckung einer derartigen Vorgangsweise im § 138 WRG nicht erfolgen kann“*

- dass:

*„darüber hinaus auch eine Unterscheidung zwischen alten konsenslosen Zuständen (Altablagerungen/Altstandorten vor 1989, in Analogie zum ALSAG) und solchen danach nicht möglich ist.“ [Amt der NÖ Landesregierung 1998]*

Aufgrund der **unterschiedlichen Ansatzpunkte** für die von einer Ablagerung möglicherweise ausgehende Gefährdung zwischen dem **WRG** und dem **ALSAG** wurden im Leitfaden Verdachtsflächen Prioritäten formuliert. Alle Flächen in Niederösterreich werden nach dem NÖ Erstbewertungsschema bewertet und so das Gefährdungspotential für die jeweiligen Schutzgüter ermittelt. Für die weitere Bearbeitung nach dem WRG wird ausschließlich die **Reihung nach dem ermittelten Gefährdungspotential** herangezogen. Diese Vorgangsweise orientiert sich laut NÖ Leitfaden 1998 an dem Grundsatz *„das Wichtige zuerst“*.

Laut dem Leitfaden Verdachtsflächen – Landesweite Abgleichung der Prioritäten bei der Verdachtsflächenbearbeitung [Amt der NÖ Landesregierung 1998] kommt es im Vollzug der §§ 13 und 14 ALSAG zu einer *„latent unbefriedigenden Vorgangsweise“* unter anderem deshalb, weil *„eine zufriedenstellende Definition der ‚erheblichen Gefährdung‘, die die Grenze bestimmt, ab wann ein Altstandort oder eine Altablagerung als Verdachtsfläche zu melden ist, fehlt“*.

*„Bei der Bearbeitung wird in 3 Bearbeitungskategorien unterschieden:*

- *Flächen mit höherer **Risikoeinschätzung** ( $r_4$ )<sup>1</sup> stellen eine erhebliche Gefährdung für das jeweilige Schutzgut dar.*
- *Flächen mit mittlerem  $r_4$  lassen eine mehr als geringfügige Einwirkung auf das Schutzgut erwarten. Eine erhebliche Gefährdung ist zwar nicht*

zu erwarten, aber auch nicht auszuschließen. Prinzipiell gilt, dass mit steigendem  $r_4$  auch die Wahrscheinlichkeit steigt, dass nicht nur eine mehr als geringfügige Einwirkung auf das jeweilige Schutzgut stattfindet, sondern auch eine erhebliche Gefährdung zu erwarten ist.

- Bei Flächen mit kleinem  $r_4$  wird keine mehr als geringfügige Einwirkung auf das jeweilige Schutzgut erwartet. „

---

$(r_4)^1$  maßgebliche Risiko für das jeweilige Umweltmedium (Grundwasser, Oberflächenwasser, Luft und Boden)

Die Bearbeitungskategorien wurden anhand von Standardfällen überprüft. Als Ansatz für das Bewertungsschema wurde nicht „das absolute Risiko (...) sondern ein Vergleich zu einer nach dem Stand der Technik gestalteten Deponie“ [Amt der NÖ Landesregierung 1998] herangezogen. Die Bewertung beruht nur auf bereits vorhanden Informationen und Daten (Aktenlage), die eine sehr unterschiedliche Qualität haben können und in der Regel nicht auf konkreten Untersuchungen basieren.

Die Grenzen für die Bearbeitung wurden für die drei oben genannten Bearbeitungskategorien wie folgt definiert:

- $r_4 > 6$  : erhebliche Gefährdung für das Schutzgut.
- $6 > r_4 > 2,5$  : mehr als geringfügige Einwirkung auf das Schutzgut.
- $r_4 < 2,5$  : keine mehr als geringfügige Einwirkung auf das Schutzgut.

### NÖ-Erstbewertungsschemata 1998

Für die **Gefährdungsbereiche** Grundwasser, Oberflächengewässer, Luft und Boden wurden in Analogie zum Modell in Baden – Württemberg Erstbewertungsschemata entwickelt. Diese weisen vor allem bei den Schemata Grundwasser und Oberflächengewässer hinsichtlich der wasserwirtschaftlichen Schutzgutbewertung Unterschiede zum Modell Baden – Württemberg auf. Im Folgenden wird nur das **Erstbewertungsschema Grundwasser** des NÖ Erstbewertungsschemas im Detail vorgestellt.

**Grundwasser:** 
$$\underline{r_4 = r_0 \times m_1 \times m_2 \times m_3 \times m_4} \quad (1)$$

Im folgenden Text werden die Faktoren erläutert.

Der **Faktor  $r_0$**  gibt die **Stoffgefährlichkeit** des abgelagerten Materials wieder. Wie aus unten stehender Tabelle ersichtlich bewegt sich dieser Wert zwischen 0,5 und 6,0.

Tabelle 1: Stoffgefährlichkeit ( $r_0$ ) aus: Leitfaden Verdachtsflächen 1998 [Amt der NÖ Landesregierung 1998]

<b>Beispiele für Stoffgefährlichkeit</b>	$r_0$
<b>Erdaushub 0 – 1</b>	
<b>Erdaushub</b> , standortgleich	0
nicht standortgleicher <b>Erdaushub</b>	0,5-1
<b>Bauschutt 1 - 2,7</b>	
<b>Bauschutt</b> , nicht standortgleicher Erdaushub	1-2
<b>überwiegend gewerblicher Bauschutt mit Baustellenabfällen</b>	2,7
<b>Hausmüll 2 – 4</b>	
<b>Hausmüll</b> älter als 25 Jahre (einer kleinen, landwirtschaftlich geprägten Gemeinde), <u>ohne</u> Gewerbe- und gefährliche Abfälle	2,0
<b>Hausmüll</b> zwischen 15-25 Jahre alt (einer kleinen, landwirtschaftlich geprägten Gemeinde), <u>ohne</u> Gewerbe- und gefährliche Abfälle	2,5
<b>Hausmüll</b> jünger als 15 Jahre alt (einer kleinen, landwirtschaftlich geprägten Gemeinde), <u>ohne</u> Gewerbe- und gefährliche Abfälle	3
<b>Hausmüll</b> (unabhängig vom Alter) mit Gewerbeabfall (Verpackungen, ausgehärtete Kunststoffe) und geringen Mengen (ca. 1 %) gefährliche Abfälle (Galvanikschlamm, Tankstellenabfällen)	3
<b>Hausmüll</b> einer Gemeinde/Stadt mit wenig kritischem Gewerbe- und Industriebesatz	3,5
<b>Hausmüll</b> mit vermehrtem Anteil an gefährlichen Abfällen bzw. Gewerbe- und Industriebesatz	4
<b>gefährliche Abfälle 4 – 6</b>	
<b>Gefährlichen Abfälle</b> , an Erdoberfläche deponierbar	4-5
<b>Gefährlichen Abfälle</b> an Erdoberfläche nicht deponierbar	5-6

Die oben angeführten  $r_0$ -Werte sind als Beispiele zu verstehen. Für die Ermittlung des  $r_0$  sind entsprechend den gegebenen Verhältnissen die Stoffgefährlichkeiten der angegebenen Wertebereiche zu beachten.

Die Tabelle Stoffgefährlichkeiten wurde sinngemäß in Anlehnung an die bestehende Tabelle des Altlastenhandbuches der Wasserwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg [Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1988] entwickelt.

**Stoffgefährlichkeit (r<sub>0</sub>)**

Merkmale

standortgleicher Erdaushub, mineralisierter Gartenabfall

nicht standortgleicher Erdaushub mit mineralischem Bauschutt, kein Hausmüll

nicht standortgleicher Erdaushub, mineralisierter Hausmüll, je nach Anteil Hausmüll

Bauschutt, mineralisierter Hausmüll ohne Gewerbe- und Gefährlichen Abfälle

teilmineralisierter Hausmüll ohne Gewerbe- und Gefährlichen Abfälle, je nach Mineralisierungsgrad

Hausmüll nicht vollständig mineralisiert, Anteil Gewerbeabfall (hausmüllähnlich) gering, keine gefährlichen Abfälle; "Kippe" einer kleinen, landwirtschaftlich geprägten Gemeinde,

gewerbliche Bauschuttdeponie mit großen Anteilen an Baustellenabfällen IIb - IIIa

Hausmüll nicht vollständig mineralisiert, je nach Art und Anteil Hausmüll sowie Anteil hausmüllähnlicher Gewerbeabfall

nicht mineralisierter Hausmüll, größere Anteile hausmüllähnlichen Gewerbeabfalls und "unkritischer" Abfälle (Verpackungen, Brauereiabfälle, Schlachthofabfälle, ausgehärtete Kunststoffe etc.) und geringe Mengen (ca. 1%) Gefährlichen Abfälle (z.B. Galvanikschlamm, Tankstellenabfälle)

je nach Art und Anteil der gefährlichen Abfälle

"die Kippe" einer Gemeinde/Stadt mit wenig kritischem (qualitativ und quantitativ) Gewerbe- und Industriebesatz

je nach Art und Anteil an gefährlichen Abfällen bzw. des Gewerbe- und Industriebesatzes

"die Kippe" einer Gemeinde/Stadt mit überdurchschnittlich kritischem (qualitativ und quantitativ) Gewerbe- und Industrieabsatz

je nach Art und Anteil an gefährlichen Abfällen bzw. des Gewerbe- und Industriebesatzes

wenig Hausmüll, ganz überwiegend gefährliche Abfälle, insgesamt noch oberirdisch ablagerbar (vgl. Abfallartenkatalog)

je nach Ablagerbarkeit und Anteilen an gefährlichen Abfälle, Salzschlacke je nach Löslichkeitsanteil

kein Hausmüll, ausschließlich gefährlichen Abfälle, ganz überwiegend nicht oberirdisch ablagerbar (vgl. Abfallartenkatalog)

Gaswerk ohne Sanierungs- oder Sicherheitsmaßnahmen

je nach Ablagerbarkeit und Anteilen an gefährlichen Abfällen

ausschließlich extrem kritische, nicht oberirdisch ablagerbare gefährliche Abfälle (vgl. Abfallartenkatalog)

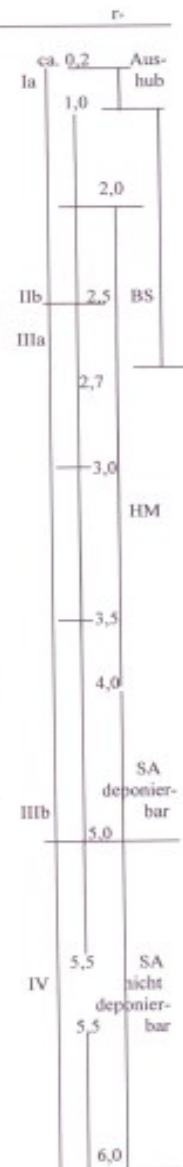


Abbildung 2: Stoffgefährlichkeiten aus: Altlastenhandbuch, Teil I, Wasserwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg, Heft 18, modifiziert in Leitfaden Verdachtsflächen 1998 [Amt der NÖ Landesregierung]

Der **Faktor  $m_1$**  gibt die mögliche Austragswirkung aus dem abgelagerten Material (Basisdichtung, Lage im Grundwasser, im Grundwasserschwankungsbereich und die Einflüsse der Sickerwasserbildung) wieder und schwankt zwischen 1,0 – 1,4.

Der **Faktor  $m_2$**  gibt den Schadstoffeintrag in das Grundwasser (Durchlässigkeit der ungesättigten Bodenzone unter der Deponiesohle bis zum HGW) wieder und schwankt von **0,8 bis 1,3**.

Der **Faktor  $m_3$**  gibt den Schadstofftransport und die Wirkung (je nach Mächtigkeit des Grundwasserstromes und der Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers) wieder mit einer Schwankungsbreite von **0,7 bis 1,3**.

Der **Faktor  $m_4$**  gibt die wasserwirtschaftliche Bedeutung des Grundwasservorkommens wieder mit einer Schwankungsbreite von **0,6 bis 2,0** von unbedenklich bis im Fassungsbereich einer Trinkwasserfassung.

Somit ist die Stoffgefährlichkeit sehr wesentlich am maßgeblichen Risiko beteiligt.

Das Bewertungsschema in Baden-Württemberg [Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1988] wurde aus Untersuchungsergebnissen von großen Deponien (4 alte Hausmülldeponien und 4 Industrieabfallablagerungen mit einer Verfüllkubatur von zumindest 300.000 m<sup>3</sup> und einer Schütthöhe von mehr als 10 m) abgeleitet. Da derartige Deponien in Niederösterreich nur sehr eingeschränkt anzutreffen sind, wurden konkrete Abminderungsfaktoren für geringere Kubaturen in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt Wien festgelegt und mit Standardfällen geeicht.

Tabelle 2: Abminderungs/Erhöhungsfaktoren für die Stoffgefährlichkeit, entnommen aus: Leitfaden Verdachtsflächen 1998 [Amt der NÖ Landesregierung 1998]

Volumen [m <sup>3</sup> ]	Erhöhung bzw. Abminderung
< 500	- 1,3
< 1.000	- 1,0
< 10.000	- 0,5
> 100.000	+0,5
> 1.000.000	+1,0

Ab Februar **1998** wurde der **Leitfaden Verdachtsflächen** mit dem **NÖ Erstbewertungsschema** für den Fachbereich Altlasten der Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes der NÖ Landesregierung für **verbindlich** erklärt.

Der Verfasser dieser Dissertationsarbeit war zu diesem Zeitpunkt Mitarbeiter des Fachbereiches Altlasten der Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes der NÖ Landesregierung und als Amt sachverständiger (ASV) unter anderem auch mit der Erstbewertung von



Verdachtsflächen in NÖ betraut. Um vor allem am Beginn der Erstbewertung eine möglichst gleiche Bewertung von Flächen zu gewährleisten, wurden die von Sachbearbeitern vorbereiteten Akten von den Amt sachverständigen in gemeinsamen Sitzungen bewertet. In späterer Folge wurden diese jeweils nur mehr von einem ASV bewertet und zur Qualitätssicherung stichprobenartig Erstbewertungen von einem weiteren ASV ohne Kenntnis der vorangegangenen Erstbewertung durchgeführt. Diese „Parallelbewertungen“ wurden dokumentiert und in zeitlichen Abständen bei Divergenzen nochmals von allen Amt sachverständigen gemeinsam diskutiert. So sollte sichergestellt sein, dass die Bewertungen in Sinne des Leitfadens „standardisiert“ sind und der Forderung „möglichst wenig individuelle Einschätzung“ entsprochen wird.

### **Unsicherheitsfaktoren des Leitfadens Verdachtsflächen 1998**

Im Zuge der laufend durchgeführten Erstbewertungen zeigte sich sehr bald, dass meist das **Schutzgut Grundwasser** den **höchsten Risikofaktor** ergab. Bei Hausmülldeponien, deren Abfälle weniger als 30 Jahre abgelagert waren und wo sich Wohngebäude in oder auf der Deponie befinden oder geplant sind, war der Risikofaktor Luft meist ausschlaggebend [Amt der NÖ Landesregierung 1998].

Bei der Ermittlung der Risikofaktoren für das Grundwasser nach dem NÖ – Erstbewertungsschema wurden von den bewertenden Amt sachverständigen als größte Unsicherheitsfaktoren die Abschätzung der Stoffgefährlichkeit und die Angabe des Ablagerungsvolumens und daraus resultierend die Volumenszu- oder abschläge eingestuft.

Nach Abstimmung mit anderen Bundesländern und dem zuständigen Ministerium wurde zur Überprüfung des Bewertungsschemas ein **EU-Vorhaben LIFE-Umwelt** „Evaluierung und Erstabschätzung von Altablagerungen“ („**Evaluation and Preliminary Assessment of Old Deposits**“) unter dem Arbeitstitel **EVAPASSOLD** bei der nationalen Förderstelle 1999 eingereicht. Dieses Projekt und die Auswirkungen auf das Erstbewertungsschema wird unter Kapitel 3 im Detail dargestellt.

#### **2.4.1.2 Aktuelle Vorgangsweise zum Altlastenmanagement in Niederösterreich**

Die Raumordnungsabteilung bzw. die Abteilung Bau- und Raumordnungsrecht haben einen digitalen Zugang zum Wasserdatenverbund des Landes NÖ. In dieser elektronischen Datenbank sind alle Verdachtsflächen (VFNÖ) mit Grunddaten gespeichert. Es ist vorgesehen, dass die Planer, die Raumordnungskonzepte für Gemeinden erstellen, einen befristeten Zugang bekommen sollen. Die Umsetzung ist im Jahr 2013 geplant. Sollten Verdachtsflächen einer **höherwertigen Nutzung durch Umwidmung** zugeführt werden, so erfolgt eine Rückmeldung und Durchsicht durch die Abteilung Wasserwirtschaft, Referat Altlasten hinsichtlich möglicher Probleme. Es wird eher davon abgeraten, derartige Flächen einer Wohnbebauung zuzuführen. Sollte eine Umsetzung trotzdem realisiert werden, so sind Untersuchungen erforderlich, um ein abschließendes Gutachten erstellen zu können. Im



Bauverfahren werden die Amtsachverständigen weiterhin teilweise herangezogen, teilweise werden von den Gemeinden Privatsachverständige bestellt.

Aufbauend auf den Ergebnissen des **Projektes EVAPASSOLD** wurde das Erstbewertungsschema des Leitfadens 1998 in folgenden Punkten angepasst:

- Reduzierung der Stoffgefährlichkeit von 2,5 auf 2,0 bei Ablagerungen mit einem Volumen bis 10.000 m<sup>3</sup>.

Dadurch kommt es seltener zu Meldungen von neuen Verdachtsflächen an das zuständige Ministerium bzw. an die Umweltbundesamt GmbH.

- Bei Ablagerungen, die im Grundwasserschwankungsbereich liegen und wo keine Trinkwassergewinnungen grundwasserstromabwärts vorhanden sind, wird eine Grundwasserbeweissicherung nicht mehr für zielführend erachtet, da in den Beobachtungssonden üblicherweise keine Auswirkungen nachweisbar sind.
- Aufbauend auf den Ergebnissen von EVAPASSOLD und einem geohydrologischen Gutachten wird der fachliche Schluss gezogen, dass bei Ablagerungen mit einem Volumen bis zu 10.000 m<sup>3</sup> keine mehr als geringfügigen Auswirkungen auf das Grundwasser zu erwarten sind. Bodenluftuntersuchungen werden dann durchgeführt, wenn eine bestehende Bebauung nahe liegt. Bei einer Verbauung der Ablagerungen werden Schürfe und Analysen als Grundlage zur Beurteilung, ob eine Bebauung möglich ist weiterhin gefordert. Hinsichtlich möglicher Gasmigrationen werden ebenfalls Auflagen konkretisiert. Diese Vorgangsweise wurde im Rahmen eines Gespräches mit dem Referatsleiter des Referates Altlasten der Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes der NÖ Landesregierung am 25. Jänner 2010 erhoben [Punesch 2010].

## **2.4.2 Altlastenmanagement in anderen österreichischen Bundesländern**

### **2.4.2.1 Burgenland**

Im Zuge der Neuerstellung der Flächenwidmungspläne wird von der Raumordnungsabteilung des Amtes der Burgenländischen Landesregierung bei der Abteilung Umweltschutz [Hüller & Kummer 2010] bei Neuwidmungen eine Stellungnahme eingeholt. Je nach Wissensstand (Lage, Alter, Inhalt) über die Ablagerungen wird zur konkreten Fläche eine Stellungnahme abgegeben. Meist sind Untersuchungen zur Abklärung, ob die Fläche bebaubar ist, erforderlich. Höherwertige Nutzungen werden auf Ablagerungen eher selten umgesetzt. Es wird empfohlen einen Sachverständigen des Fachgebietes Abfallwirtschaft/Deponietechnik für das Bauverfahren beizuziehen. Dies geschieht teilweise durch Amtsachverständige des Landes.

Es wird im Burgenland ein eigener Kataster mit allen Flächen digital geführt. Die Erhebungen stammen aus dem Zeitraum 1980-1995. Flächen mit einer Bewertung > 4 nach dem Bewertungsschema von Baden-Württemberg [Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1988] wurden an das Ministerium bzw. UBA Wien gemeldet. Eine digitale Erfassung ist im Aufbau und soll bis Ende 2013 verfügbar sein. Derzeit sind diese Flächen nur über die Grundstücksnummern erfasst. Schwerwiegende Problemfälle bei Umwidmung und nachfolgender Verbauung sind nicht bekannt.

#### **2.4.2.2 Oberösterreich**

Bei der geplanten Umwidmung von Verdachtsflächen oder Altlasten wird von der Abteilung Raumordnung des Amtes der OÖ Landesregierung eine Stellungnahme der Abteilung Umweltschutz eingeholt. Es wird zur konkreten Fläche Stellung genommen. Bei Umwidmung sind entsprechende Untersuchungen durchzuführen.

Bei konkreten Umwidmungen gibt es unter Einbeziehung der Gemeinde und des Bauwerbers eine Besprechung vor Ort. Es werden Vorgaben für die Bebauung festgelegt. Oftmals wird der von einer Altablagerung betroffene Teil des Grundstücks vom Restgrundstück geteilt. Es wird in OÖ kein eigener Kataster geführt. Es wird auf den Kataster des BMLFUW bzw. des UBA zurückgegriffen. Es besteht auch der Zugang zu gelöschten Verdachtsflächen und zu technischen Informationen über die Verdachtsfläche (Inhalt, Verfüllungszeitraum, Genese). Die Gemeinden werden ebenfalls darüber informiert, dass bei einer allfälligen Bauverhandlung ein Sachverständiger beizuziehen ist. Problemfälle bei Umwidmung hat es gegeben. Es wurden auf Verdachtsflächen Umwidmungs- und Bauansuchen gestellt. Diese wurden jedoch ohne vorangegangene Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung nicht genehmigt. Problemfälle mit bewilligter nachfolgender Bebauung sind keine bekannt. Es gab jedoch einen Fall, wo es zu einem Todesfall in einem Sickerwasserschacht einer alten Hausmülldeponie durch Gasmigration gekommen ist [Bertha & Achleitner-Kastner 2010].

#### **2.4.2.3 Kärnten**

Bei der geplanten Umwidmung von Verdachtsflächen oder Altlasten wird von den Gemeinden auf Empfehlung der Abteilung Raumordnung des Amtes der Kärntner Landesregierung unter anderem eine Stellungnahme der Abteilung Umweltschutz eingeholt. Es wird zur konkreten Fläche Stellung genommen. Grundsätzlich wird eine höherwertige Nutzung nicht empfohlen [Rabitsch 2010].

Wenn ausreichende Informationen über die Altablagerung vorhanden sind werden bei konkreten Umwidmungen Vorschreibungen vom Amt sachverständigen für die Bauplatzerklärung durch die Gemeinde definiert. Es kommt dabei zu Vorschreibungen je nach Wissenstand bzw. werden Untersuchungen zur Konkretisierung von Auflagen verlangt.

Die Amt sachverständigen des Landes werden zur Bauverhandlung in der Regel nicht beigezogen.

Es wird in Kärnten eine eigene Datenbank mit allen Flächen geführt über die Meldungen abgegeben oder Daten erhoben wurden und die unabhängig vom Kataster des BMLFUW bzw. des UBA aufscheinen. Alle Flächen sind digital als Polygon verfügbar und für den amtsinternen Gebrauch (Abteilungen der Landesregierung, Magistrate und Gemeinden) über das KAGIS Intramap zugänglich. Mitte der 1990iger Jahre wurden ca. 500 Flächen gesammelt an das BMLFUW bzw. UBA gemeldet. Ablagerungen unter 1000 m<sup>3</sup> werden nicht mehr in der Datenbank gespeichert. Die Erstbewertung wurde aufgrund der Ablagerungsmenge, des abgelagerten Materials und der Nähe zu Wasserversorgungen abgeschätzt. Viele kleine Flächen wurden mit Mitteln des Landes untersucht und größtenteils unter Mitfinanzierung der Gemeinden und teilweise privater Grundbesitzer saniert. Schwerwiegende Problemfälle bei Umwidmung und nachfolgender Verbauung hat es seit längerem keine gegeben [Rabitsch 2010].

#### 2.4.2.4 Salzburg

Bei der geplanten Umwidmung von Verdachtsflächen oder Altlasten wird von der Abteilung Raumordnung des Amtes der Salzburger Landesregierung unter anderem eine Stellungnahme der Abteilung Umweltschutz eingeholt. Es wird zur konkreten Fläche Stellung genommen. Grundsätzlich wird eine höherwertige Nutzung nicht empfohlen.

Wenn ausreichende Informationen über die Altablagerung vorhanden sind, werden bei konkreten Umwidmungen Vorschreibungen vom Amt sachverständigen für die Bauplatzerklärung durch die Gemeinde definiert. Die Amt sachverständigen werden zur Bauverhandlung eingeladen. Es kommt zu Vorschreibungen je nach Wissenstand bzw. werden Untersuchungen zur Konkretisierung von Auflagen verlangt. Eventuell wird der von einer Altablagerung betroffene Teil des Grundstücks vom Restgrundstück abgeteilt.

Es wird in Salzburg ein eigener Kataster mit allen Flächen geführt über die Meldungen abgegeben oder Daten erhoben wurden und die nicht im Kataster des BMLFUW bzw. des UBA aufscheinen. Schwerwiegende Problemfälle bei Umwidmung und nachfolgender Verbauung hat es keine gegeben [Brunner 2010].

#### 2.4.2.5 Steiermark

Die Erfassungsgrad der Altablagerungen beträgt ca. 95 % [Winkler 2009]. Die Grundlage bilden Erhebungen aus den Jahren 1970-1980. Alle Verdachtsflächen werden ab einer Ablagerungsmenge von 1.000 m<sup>3</sup> bewertet und in der Evidenzdatenbank des Landes geführt. Die Bewertung erfolgt nach dem **Leitfaden Verdachtsflächen 1998 des Landes NÖ**. Bei  $r_4 > 4$  erfolgt Meldung an BMLFUW bzw. UBA. Bei einem Risikofaktor von 2-4 kann sich das Gefährdungspotential durch die Nutzung ändern. **Die Verdachtsflächen werden**

**derzeit einer Evaluierung unterzogen.** Diese soll bis zum Jahr 2013 abgeschlossen sein. Es findet nach dem Aktenstudium eine Befragung der Gemeindevertretung und eine Begehung der Altablagerung durch den Amtsachverständigen vor Ort statt. Wenn die Bebauung nahe an eine Ablagerungsfläche heranreicht, werden im Einzelfall Deponiegasmessungen oder Grundwasseruntersuchungen von bestehenden Brunnen durchgeführt. Das Ergebnis der Überprüfung und die Bewertung wird der Gemeinde mitgeteilt. In dem jeweiligen Schreiben wird darauf hingewiesen, **dass sich bei einer Nutzungsänderung auch das Risiko ändern kann.** Auf gezielte Anfrage bei Projekten oder potentiellen Käufern des Grundstückes wird Auskunft erteilt. Ein Untersuchungsrahmen für eine Freigabe der Bebauung wird von den Amtsachverständigen nicht vorgegeben. Im Bauverfahren wird im Amtshilfeverfahren für die Gemeinde zu den möglichen Gefahren bei der Bebauung ein Gutachten erstellt. Problemfälle waren unter anderem die Bebauung der ehemaligen Lederdeponie in Unterpremstetten und die Errichtung einer Reihenhaussiedlung in Feldbach (Deponie Gerstlweg) [Winkler 2009].

#### 2.4.2.6 Tirol

Im Zuge der Neuerstellung der örtlichen Raumordnungskonzepte werden von der Abteilung Raumordnung und Statistik seit dem Jahr 2000 bei der Abteilung Umweltschutz, Referat Abfallwirtschaft, Stellungnahmen eingeholt [Reitmeir 2010]. In diesen Stellungnahmen werden Daten zu den amtsbekannten Altablagerungen übermittelt. Grundlage dieser Daten sind Erhebungen aus den 1980er Jahren, weshalb es insbesondere hinsichtlich der genauen Lage entsprechend große Datenunschärfen (z.B. durch Änderung der Grundstücksnummern) gibt. Auf Grundlage dieser Unterlagen erfolgt in den Plänen der örtlichen Raumordnungskonzepte eine Kenntlichmachung von Verdachtsflächen/Altlasten durch ein Symbol für Altablagerung. Aufgrund der Datenunschärfe ist trotz Kenntlichmachung nicht immer erkennbar, wie der unmittelbare Bereich einer Altablagerung genutzt werden soll. Es wird daher auf die von Altablagerungen ausgehenden Gefahren (i. W. Setzungen, Deponiegasproblematik) verwiesen, sobald erkennbar ist, dass im näheren Umfeld der Altablagerung bauliche Nutzungen (bzw. sensible Nutzungen) geplant sind. Höherwertige Nutzungen werden auf Altablagerungen eher selten umgesetzt. **Die Nutzungen von Altablagerungen als Wohngebiet wird aus fachlicher Sicht abgelehnt.** Auch im Rahmen der aufsichtbehördlichen Genehmigungen durch die Abteilung Bau- und Raumordnungsrecht ist eine Einbindung der Abteilung Umweltschutz möglich (Weitergabe von Daten und Stellungnahme).

Je höher der Nutzungsdruck im Bereich von Altablagerungen ist, desto wichtiger ist die Kenntnis der genauen Lage der Ablagerungsgrenzen und desto wahrscheinlicher ist die Notwendigkeit diesbezüglicher Untersuchungen. Aufgrund eines Problemfalls wurden die Fachabteilungen des Landes bzw. deren Mitarbeiter dahingehend informiert, wie vorzugehen ist und mögliche zu beachtende Gefahren klargestellt. Im Rahmen dieses Verfahrens wurden auch die Gemeinden darüber informiert. Es wird empfohlen, einen Sachverständigen des

Fachgebietes Abfallwirtschaft/Deponietechnik beizuziehen. Dies geschieht teilweise durch Amtssachverständige des Landes.

Es wird in Tirol ein eigener Kataster mit allen altlastenverdächtigen Flächen (derzeit 646) in analoger Form geführt. Die Erhebungen stammen aus den 1980iger Jahren und wurden alle an das Ministerium als Sammelmeldung gemeldet. Es sind alle Flächen registriert, jedoch nur eine geringe Zahl als Verdachtsfläche anerkannt (ca. 100-110). Problemfälle bei Umwidmung und nachfolgender Verbauung infolge Setzungen und Wertminderung hat es einige gegeben [Reitmeir 2010].

#### **2.4.2.7 Vorarlberg**

Nach dem § 13 des Vorarlberger Raumplanungsgesetzes haben die Gemeinden zu überprüfen, ob eine Fläche für eine Verbauung geeignet ist [Vorarlberger Gesetz über die Raumplanung 2008]. Befindet sich auf einer umzuwidmenden Fläche eine Verdachtsfläche, sollte ein abfalltechnischer Amtssachverständiger beigezogen werden. Im Regelfall wird der abfalltechnische Sachverständige erst im Bauverfahren beigezogen. Dieser hat zu beurteilen, ob eine Bebauung grundsätzlich möglich ist, ob weitere Untersuchungen zur Einschätzung erforderlich sind und darauf aufbauend eventuelle Nutzungsbeschränkungen bzw. Auflagen vorzuschreiben sind [Schweiger 2010].

Das Land Vorarlberg verfügt über einen landesinternen Verdachtsflächenkataster in dem die bekannten Altablagerungen eingetragen sind. Dieser Kataster ist für Behörden und Sachverständige einsehbar. Für jede Verdachtsfläche existiert ein Polygon und der ausgefüllte Erhebungsboden der Umweltbundesamt GmbH. Dem zuständigen Ministerium werden als Verdachtsfläche lediglich Flächen gemeldet, wo eine erhebliche Gefährdung befürchtet wird. Eine Förderung bei der Sanierung/Sicherung von Verdachtsflächen durch das Land Vorarlberg ist nicht möglich. Seit 1990 erfolgen jedoch regelmäßige Untersuchungen des Grundwassers bei ausgewählten Altablagerungen [Schweiger 2010].

#### **2.4.2.8 Wien**

Bei Umwidmungen erfolgt routinemäßig eine Anfrage der zuständigen Raumordnungsabteilung MA 21. Es gibt jedoch keine gesetzliche Verpflichtung zur Freigabe dieser Flächen durch die Fachabteilung. Es erfolgt eine Stellungnahme mit der Vorgabe der Rahmenbedingungen für die Bebauung. Bei Flächen, wo die Stadt Wien Grundstücksbesitzer und/oder Bauträger ist, erfolgt eine Betreuung und Sachverständigentätigkeit für diese Flächen. Ebenso erfolgt dies bei Flächen, die als Altlast ausgewiesen sind. Bei privaten Investoren wird dies von Privatsachverständigen wahrgenommen. Die Standorte sind primär nach Adresse und Grundstücksnummer auffindbar. Umriss-Polygone sind eher selten vorhanden. Es ist zukünftig eine koordinative Verortung vorgesehen. Die Umsetzung ist für 2013 geplant [Enna 2011].

## 2.4.3 Altlastenmanagement in ausgewählten Länder der EU

### 2.4.3.1 Deutschland

In der Bundesrepublik Deutschland sind raumordnungsfachliche und altlastenfachliche Vorgaben des Bundes nur als Rahmengesetzgebung zu verstehen. Die Länder haben darauf aufbauend detaillierte **Landesgesetzliche Vorgaben**.

Beispielhaft wird das **Bundesland Bayern** betrachtet:

#### **Kataster nach Art. 3 BayBodSchG ("Altlastenkataster")**

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) führt nach Art. 3 Abs. 1 Bayerisches Bodenschutzgesetz (BayBodSchG) [GVBl Nr. 5 1999] die katastermäßige Erfassung bestimmter schädlicher Bodenveränderungen und altlastverdächtiger Flächen durch. Hierzu hat das LfU das sog. Altlasten-, Bodenschutz- und Deponieinformationssystem (**ABuDIS 2.0**) als zentrale internetfähige Datenbank im Oktober 2003 in Betrieb genommen.

Zur Erhöhung der Bedienerfreundlichkeit wurde im März 2010 die neue **ABuDIS Version 2.5** eingeführt. ABuDIS 2.5 ist ein behördeninternes, strukturiertes Flächeninformationssystem zur Erhebung von Daten über Altlasten, Altlastenverdachtsflächen sowie stofflichen schädlichen Bodenveränderungen in Bayern. Außerdem dient ABuDIS 2.5 zur Dokumentation und Abwicklung der dazugehörigen Verfahrensschritte zur Erhebung, Erfassung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung der o.g. Flächen. Hierbei wird auf der Grundlage der von den verschiedenen Fachbehörden zusammengeführten Informationen eine sachgerechte Priorisierung für die erforderlichen Schritte vorgenommen.

Für den Vollzug des Bodenschutzrechts sind die Kreisverwaltungsbehörden zuständig.

Derzeit sind in Bayern 17.846 Altlasten und altlastverdächtige Flächen registriert. Dabei handelt es sich um 11.860 Altablagerungen und 5.986 Altstandorte.

Zu den Altstandorten und Altablagerungen werden neben den digitalen Umrissen und Grundstücksnummern auch die Daten zu Flächengröße, Volumen bei Altablagerungen (AA), Oberboden und Abdeckung, Grundwasserflurabstand, Durchlässigkeit des Sickerraumes sowie Angaben zum wasserwirtschaftlichen Umfeld erhoben. Im Rahmen der Erhebung und dem historischen Erkunden von Altstandorten werden umfangreiche Stammdaten erhoben. Einer Ablagerung können im Datensystem sechs verschiedene Abfallarten zugeordnet werden.

### 2.4.3.2 Großbritannien

Altablagerungen (historic landfills) werden nach dem **Environmental Protection Act 1990**, Part 2A [Great Britain Parliament 1990] zu kontaminierten Standorten erklärt. Die



Zuständigkeit liegt dann bei der Verwaltungsbehörde des Bezirks (County). Die Standorte sind zu erfassen, digital zugänglich zu machen und in Gefährungsklassen einzuteilen. Weitere Untersuchungen zur Abklärung der Gefährdung sind von der Verwaltungsbehörde durchzuführen. Das britische Umweltbundesamt bzw. die Umweltagentur (Environmental Agency) begleitet und unterstützt diese Behörden fachlich.

Auf der Homepage der Environmental Agency kann man digital Karten im Maßstab 1:10.000 aufrufen, auf denen alle ehemaligen Deponien (Altablagerungen) vor 1974 digital verfügbar sind. Bei Anklicken der Fläche ist der Name der Ablagerung, Adresse, Beginn und Ende der Schüttung verfügbar. Nicht bei allen Altablagerungen sind Detailinformationen über Bewilligungsnummer, Ansprechpartner vor Ort und welche Abfälle (inert, commercial, household) abgelagert wurden verfügbar [<http://environment-agency.gov.uk> 2012]. Diese Informationen dienen den lokalen Behörden und Grundbesitzern als Grundlage für die Entscheidung, ob Kontaminationen oder Gasproduktion gegen eine Baulandwidmung sprechen [<http://findmaps.co.uk/packages/environmental/landfill> 2012].

Informationen über Bewilligungsdetails für Altablagerungen (**historic landfill**) vor 1974 können bei der Umweltagentur (Environmental Agency) angefragt werden. Die Environmental Agency hat 2 Head Offices, 8 Regional Offices und 26 Area Offices.

Eine Baulandwidmung muss dann von der regional zuständigen Behörde (County) und nicht von der Gemeinde ausgesprochen werden. Dazu sind detaillierte Untersuchungen erforderlich.

In Großbritannien gelten verschiedene Leitfäden für eine kontrollierte Vorgangsweise. Die wichtigsten davon sind:

- **R&D Publication 66: 2008 Volume 1 „Guidance for the Safe Development of Housing on Land Affected by Contamination“** herausgegeben gemeinsam vom National House-Building Council, Environment Agency und Chartered Institute of Environmental Health. Diese sieht aufgrund der historischen Vornutzung eine Einstufung in 5 Kategorien vor (unwahrscheinlich bis sehr wahrscheinlich). Es ist dann mit einem der vorgeschlagenen Modelle eine Bewertung durchzuführen. Dafür sind je nach Gefährungskategorie entsprechende Untersuchungen erforderlich. Für die Abschätzung der Gefährdung durch Methan und CO<sub>2</sub> gibt es den **Report Edition No. 04** vom **März 2007** von den gleichen Autoren [Boyle & Witherington 2007]. In dieser Veröffentlichung wird nach dem Ampelprinzip (rot-gelb-grün) eine Bewertung von Gehalten von Methan und CO<sub>2</sub> in der Bodenluft in Abhängigkeit von der Gasnachlieferung im Bohrloch vorgestellt. Diese Gasnachlieferung (Borehole Gas Value Flow Rate) in l/h wurde von Wilson & Card 1999 definiert [Wilson & Card 1999]. Es sind je nach Gasnachlieferung für eine Bebauung mit geringem Risiko Methanwerte bis 5 Vol.% möglich.



- **Ciria C665: Assessing risks posed by hazardous ground gases to buildings**, [Wilson et al. 2007] stellt eine aktualisierte Vorgangsweise bei der Bewertung von Deponiegasrisiken dar und gibt Hilfestellung bei der Errichtung von Gebäuden mit geringem Risiko. Dazu ist vor einer Baulandnutzung im Radius von 250 m ein Gutachten zu erbringen, das besagt, dass sich auf dem entsprechenden Areal keine Deponien befanden. Sollte dies nicht zutreffen, d. h. es befindet sich eine Deponie auf der Fläche oder innerhalb von 50 m darum herum, so sind Bodenluftmessungen zur Abklärung erforderlich. Wenn ein Methangehalt  $> 1$  Vol.% in der Bodenluft vorgefunden wird, dann sind weitere Untersuchungen erforderlich. Wenn Methankonzentrationen  $> 5$  Vol.% vorgefunden werden, dann ist mittels Absaugversuch zu klären, ob auch höhere Werte möglich sind. Ab Methankonzentrationen  $> 20$  Vol.% ist der Nachweis für eine nachhaltige Gasproduktion aus dem Müllkörper gegeben.

Dieses Gutachten ist von einem Sachverständigen durch den Bauwerber vorzulegen.

## 3 Untersuchungsmethodik zur Evaluierung des NÖ Leitfadens Verdachtsflächen

### 3.1 Veranlassung des Projektes EVAPASSOLD

Vor dem Jahr 1975 wurden in den meisten ländlichen Gemeinden Österreichs jeweils kleine Deponien („Sturzplätze“) und in den zentralen Orten mittlere Deponien betrieben, viele davon ohne Bewilligung. Allein in Niederösterreich wird aufgrund von Schätzungen der Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes der NÖ Landesregierung eine Zahl von 2000 solcher Altablagerungen vermutet. Umgelegt auf die Einwohnerzahl bedeutet dies pro 800 Einwohner eine Alt-Deponie.

Viele dieser „ungeordneten“ Deponien liegen in wichtigen Trinkwassernutzungsgebieten oder in der Nähe sensibler Oberflächengewässer. Lagen die Abfallablagerungen früher außerhalb des Siedlungsgebietes, so rücken sie mittlerweile in den Bereich der Nutzungsreserven des Baulandes der Gemeinden. Die finanziellen Mittel reichen in allen Ländern kaum aus, selbst nur die großen Alt-Deponien zu untersuchen und bei Bedarf zu sanieren. Die unzähligen mittleren und kleineren Ablagerungsstandorte werden, auch wegen mangelnder Kenntnisse und fehlender Instrumentarien zur Beurteilung, in der Bearbeitung zur Einschätzung möglicher Gefährdungen zurückgestellt. Eine Grundlage, die dieses Handeln (d.h. die Einschätzung) gestattet, ist der **Leitfaden Verdachtsflächen** des Amtes der NÖ Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft. Dieser wurde im Jahr 1997 erarbeitet und 1998 für verbindlich für die Sachbearbeiter des Fachbereiches Altlasten zur **Ersteinschätzung des Gefährdungspotentials** für die Schutzgüter Grundwasser, Oberflächengewässer, Luft und Boden erklärt [Amt der NÖ Landesregierung 1998].

Aus der Erfahrung des ersten Jahres der laufend durchgeführten Erstbewertungen nach dem Leitfaden Verdachtsflächen mit den NÖ - Erstbewertungsschematas [Amt der NÖ Landesregierung 1998] zeigte sich sehr bald, dass meist das Schutzgut Grundwasser den höchsten Risikofaktor ergab.

Bei Hausmülldeponien, deren Ablagerungen weniger als 30 Jahre alt waren und wo sich Wohngebäude in oder auf der Deponie befinden oder geplant sind, war der Risikofaktor Luft meist ausschlaggebend [Amt der NÖ Landesregierung 1998], siehe Kapitel 2.4.1.1.

Bei der Ermittlung der Risikofaktoren für das Grundwasser nach dem NÖ – Erstbewertungsschema wurden, wie bereits unter Kapitel 2.4.1.1. erwähnt, von den bewertenden Amtsachverständigen als größte Unsicherheitsfaktoren die Abschätzung der **Stoffgefährlichkeit** und des Volumens der Ablagerung und daraus resultierend die **Volumenzu- oder abschläge** eingestuft. „Dieser fachlich theoretische Ansatz birgt ein Risiko für Fehlentscheidungen, die Umweltgefährdungen falsch einschätzen lassen“, wie der Autor der vorliegenden Dissertationsarbeit im Rahmen der **Schlussveranstaltung** des **Forschungsprojektes EVAPASSOLD** zusammenfassend darlegt [Huter 2003a].

Umweltgefährdungen und damit mögliche Einschränkungen der Raumordnung und Flächennutzung durch Altablagerungen sind in Europa ein weit verbreitetes Problem. Die Emissionen von abgelagerten Abfällen können auch noch nach Jahren und Jahrzehnten zu einer Schadstoffbelastung des Bodens, zu einer Verunreinigung von Grundwasser und Oberflächengewässern sowie zu einer Luftbelastung durch Gasaustritte führen. Daraus können vielfältige Gefährdungen für die Umwelt und für die, im Umfeld von Altablagerungen lebende Bevölkerung erwachsen.

Ausreichende Grundlagen mit europaweiter Bedeutung zur Erarbeitung einer **verbesserten Erstabschätzung** der möglichen Gefährdung von Altablagerungen, insbesondere **bei kleinen Ablagerungen**, waren nur durch Analogieschlüsse, beispielsweise nach dem Bewertungsschema Baden-Württemberg [Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1988] ansatzweise vorhanden. Folglich war es nicht gesichert möglich, dem Gefährdungspotential angemessene **Kriterien zum Erlassen von Nutzungsbeschränkungen** oder auch zu deren Verzicht zu entwickeln.

Vom Autor der vorliegenden Dissertationsarbeit wurde daher ein **Untersuchungsprogramm** erarbeitet, das diese Grundlage darstellen könnte. Dieses Untersuchungsprogramm wurde mit nationalen (**Univ.Prof. Dr. Jean Schneider**, Institut für angewandte Geologie der Universität für Bodenkultur Wien, **em. Univ.Prof. Dr. Werner Wruss**, Institut für Chemische Technologie und Analytik der Technischen Universität Wien) und internationalen Experten (**em. Prof. Dr. Rainer Stegmann**, Arbeitsbereich Abfallwirtschaft der Technischen Universität Hamburg-Harburg) diskutiert und gemeinsam abgestimmt. Diese angeführten Institute erstellten auch erste detailliertere Kostenschätzungen.

Das daraus entwickelte Projekt hatte die Evaluierung des Leitfadens auf breiter Basis mit internationalen Fachleuten zum Ziel.

Nach Abstimmung mit anderen Bundesländern und dem zuständigen Bundesministerium wurde zur Überprüfung des Bewertungsschemas ein EU-Vorhaben LIFE-Umwelt „**Evaluierung und Erstabschätzung von Altablagerungen**“ („**Evaluation and Preliminary Assessment of Old Deposits**“) konkretisiert und von der Niederösterreichischen Landesakademie, Bereich Umwelt und Energie, unter dem Arbeitstitel **EVAPASSOLD** bei der nationalen Förderstelle 1999 eingereicht (siehe Kapitel 2.4.1.1). Die Bundesländer Oberösterreich und Niederösterreich und das damalige Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie (nunmehr BMLFUW) traten als nationale Fördergeber auf. Das Förderansuchen für das Projekt wurde von der EU-Generaldirektion XI LIFE Umweltvorhaben bewilligt und mit 50 % der Fördersumme gefördert. Die weiteren Mittel wurden zu 40 % vom BMUJF und zu je 5 % von den Bundesländern Oberösterreich und Niederösterreich aufgebracht.

Zur Absicherung der Ergebnisse des **Projektes EVAPASSOLD** und des im Zuge des Projektes erstellten Leitfadens zur Erstbewertung von Altablagerungen wurden in einer dritten Phase des Projektes in den Bundesländern Oberösterreich und Niederösterreich je 10

weitere Altablagerungen untersucht. Vor allem um die Frage der Repräsentativität der ausgewählten Standorte in Hinblick auf andere österreichische Ablagerungen vergleichbarer Größe abzusichern [NÖ Landesakademie 2005].

### 3.2 Konzeption des Projektes EVAPASSOLD

Mit dem Vorhaben sollten die Grundlagen erarbeitet werden, um bei der Erkundung von Verdachtsflächen mit den im allgemeinen begrenzt zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln die **Altablagerungen mit dem größten Gefährdungspotential** schnell und zielsicher herausfiltern zu können und unbedenkliche Standorte für eine Folgenutzung freizugeben.

Es sollte in den EU-Regionen (Oberösterreich und Niederösterreich) modellhaft eine innovative Vorgehensweise zur Ermittlung des Gefährdungspotentials von Altablagerungen unterschiedlichen Typs entwickelt werden. Die Ergebnisse und Erfahrungen sollten zu einer Evaluierung, d.h. Überarbeitung und Fortschreibung eines bereits erarbeiteten Leitfadens zur Erstabschätzung von Verdachtsflächen führen. Neben dem raschen Erkennen und Handeln bei Altablagerungen mit hohem Gefährdungspotential sollte ein **weiteres Ziel** sein, mit einer differenzierten Beurteilung von Altablagerungen, die ein geringes oder wahrscheinlich kein Gefährdungspotential aufweisen, deren **höherwertige Folgenutzung** zu ermöglichen. Die mögliche Übertragung der Ergebnisse aus dem Vorhaben auf andere europäische Regionen wurde berücksichtigt.

Um eine größtmögliche Flexibilität zu gewährleisten, wurde das Projekt in zwei aufeinander folgenden Untersuchungsphasen mit einer Vorstellung und Diskussion der Zwischenergebnisse im Rahmen eines wissenschaftlichen Workshops geplant. Zu Beginn des Projektes fand ein Startworkshop statt, in dem die Ziele und geplante Umsetzung vorgestellt wurden [Huter 2000a]. Es wurde das Projekt auch international auf dem Workshop Contaminates Sites Assessment and Remediation, in Mailand, vorgestellt [Huter 2000b]. In jeder Phase sollte eine größere Anzahl von Altablagerungen auf ihr Gefährdungspotential untersucht werden, wobei aus der Altlastenerkundung bewährte Bearbeitungsschritte interdisziplinär angewandt und mit innovativen Untersuchungsmethoden kombiniert werden sollten [Huter & Ortner 2002].

Um die Ergebnisse des Projektes und die Vorgangsweise des neuen Leitfadens besser abzusichern, wurde eine interaktive Phase III mit der Untersuchung von weiteren 20 Altablagerungen durchgeführt. Die geplante Vorgangsweise bei der Implementierung in die Landesverwaltung in Oberösterreich wurde im Zuge einer Informationsveranstaltung vorgestellt [Huter 2003b]. Die Ergebnisse wurden im Rahmen einer Tagung am 31. Mai 2006 vorgestellt und diskutiert. Die Ergebnisse der Diskussion sind in den Endbereich der Phasen I-III eingeflossen [NÖ Landesakademie 2005].

### 3.3 Auswahl von Ablagerungen und Untersuchungsmethodik zur vertieften Untersuchung der Phasen I+II

Wie bereits vorher in Kapitel 2.4.1.1. erwähnt, gibt es nach Schätzungen der Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes der NÖ Landesregierung im Bundesland Niederösterreich ca. 2.000 ehemalige Hausmülldeponien bzw. Sturzplätze, die im Zeitraum zwischen 1950 und 1980 verfüllt wurden. Viele sind so genannte „Gemeindedepoien“ oder „Firmendepoien“ und weisen großteils nur ein Ablagerungsvolumen von 5.000 - 10.000 m<sup>3</sup> auf. Hinzu kommt eine nicht unbeträchtliche Zahl von Alt-Depoien im Einzugsbereich von zentralen Orten (Kleinstädte und große Gemeinden) mit einem Ablagerungsvolumen von 30.000 - 50.000 m<sup>3</sup>. Darüber hinaus gibt es noch ehemalige Verfüllungen von meist ausgebeuteter Kies- oder Sandgruben im Umkreis von Ballungszentren (großer Industriegemeinden und im Umkreis von Wien), wo Hausmüll, gewerbliche Abfälle und Industrieabfälle großen Stils gelagert wurden. Diese liegen im Bereich von 200.000 – 1.000.000 m<sup>3</sup>.

Der landesweite niederösterreichische Leitfaden zur Erstbewertung von Verdachtsflächen fußt auf dem Bewertungsschema von Baden-Württemberg [Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1988]. Maßgeblich für den Risikofaktor, der von der Verdachtsfläche ausgeht, sind die **Stoffgefährlichkeit**, das **Volumen**, der **Schadstoffaustrag**, der **Schadstoffeintrag**, der **Stofftransport** und die **Nutzung des Schutzgutes Grundwasser**.

Die größten Unsicherheitsfaktoren liegen in der Abschätzung der Stoffgefährlichkeit, des Ablagerungsvolumens und in der Schadstofffreisetzung.

In das Schema der Erstabschätzung [Amt der NÖ Landesregierung 1998] der Stoffgefährlichkeit geht ferner der Standort der Alt-Ablagerung (ländliche Gemeinde, zentrale Orte, Ballungszentren) nach den oben skizzierten drei örtlichen Kategorien mit Faktoren direkt ein.

Aufgrund der Erstabschätzung können entsprechend dem NÖ Leitfaden Verdachtsflächen 1998 nur sehr kleine Ablagerungen mit unbedenklichem Inhalt ausgeschieden werden. Die Mehrzahl der Fälle entfällt auf die Kategorie „ländliche Gemeinde“. Damit ergibt die Erstabschätzung, wenn sich diese Ablagerungen nicht in besonders wasserwirtschaftlich geschützten Gebieten oder in der Fassungszone von Trinkwasserversorgungen befinden, eine mittlere bis geringe Gefährdung.

Es wurde daher für erforderlich erachtet von den drei vorgenannten örtlichen Kategorien:

- **Ländliche Gemeinde**
- **Zentrale Orte**
- **Ballungszentren**

insbesondere die ersten beiden mit ausgewählten Altablagerungen zu untersuchen, um **eindeutige Ausscheidungskriterien** zu entwickeln. Die Verdachtsflächen der Kategorie Ballungszentrum waren ja bereits die Grundlage des Bewertungsschemas von Baden-Württemberg und werden laufend im Rahmen der Untersuchungen nach §§13 und 14 ALSAG mit Mitteln des BMLFUW untersucht.

Das Klima, die hydrogeologische Standortsituation, die Art des Einbaues, das Ablagerungsalter und letztlich die Zusammensetzung der Ablagerungen selbst haben maßgeblichen Einfluss auf den biologischen Abbau und die Auslaugungsvorgänge, d.h. die Schadstofffreisetzung dieser Reaktor- bzw. Reaktionsdeponien. Da alle diese oben genannten Rahmenbedingungen in Niederösterreich starken Schwankungen unterliegen, wurde es für erforderlich erachtet, eine größere Anzahl von Standorten zu untersuchen, um eine gewisse Bandbreite abzudecken [Niederösterreichische Landesakademie 1999]. Über diese Bandbreite der Untersuchungen kann sichergestellt werden, dass die Ergebnisse für viele weitere europäische Regionen genutzt werden können [Huter 2003a].

### **3.3.1 Standort- und Rahmenbedingungen der untersuchten Altablagerungen**

Im eingereichten Projektsantrag [Niederösterreichische Landesakademie 1999] wurden die folgenden Rahmenbedingungen definiert:

#### **Klimatische Verhältnisse:**

- niederschlagsarme, warme Gebiete < 600 mm NS/a (Marchfeld, Teile des Weinviertels).
- niederschlagsreiche, kühle Gebiete > 1.000 mm NS/a (Waldviertel).
- niederschlagsneutrale, warme Gebiete 600 - 1.000 mm NS/a (Tullnerfeld, Donautal, etc.).

#### **Hydrogeologische Standortsituation:**

Für die oben definierten Klimazonen wurden von den Fachexperten der Ämter der OÖ und der NÖ Landesregierung typische Untergrundgegebenheiten und deren Bandbreite für den Projektantrag abgeschätzt, um eine größtmögliche Varianz der Ergebnisse zu erhalten:

- Trockenschotter mit tiefliegendem Grundwasserspiegel.
- Wasserführende quartäre Schotter, d.h. durchlässige Kiessande mit schwankendem Grundwasserspiegel (z.B. Wiener Becken, Marchfeld, Tullner Becken, Ybbstal).
- Flysch - Sandsteine und Schluffe wechselnder Durchlässigkeit.

- Molasse - hydrogeologisch sehr heterogen (z.B. Voralpenrand).
- Kalkalpen mit Karstwasseranfall.
- Böhmisches Massiv - kristalline Gesteine mit Grundwasserführung in der Auflockerungs-/Verwitterungszone (z.B. Waldviertel).

Aus **wasserwirtschaftlicher Sicht** wurden von den Experten der Abteilungen für Hydrologie der Ämter der OÖ und NÖ Landesregierung übereinstimmend die **wasserführenden quartären Schotter** für beide Bundesländer (Regionen im Sinne der EU) und auch für eine europaweite Übertragbarkeit als besonders interessant eingestuft. Daher sollte dies durch mehrere Standorte abgesichert sein [NÖ Landesakademie 1999].

### **Art des Einbaues**

Soweit aktenbekannt oder aus Berichten von Anrainern und Betreibern ersichtlich, wurden diese älteren und alten Ablagerungen fast ausschließlich über Kopf geschüttet und kaum verdichtet. Abdichtungsmaßnahmen wurden keine getroffen, die Ablagerungen wurden abschließend allenfalls provisorisch abgedeckt und rekultiviert. Dies entsprach noch der gängigen Praxis bis Mitte der 1980-er Jahre [NÖ Landesakademie 1999].

### **Ablagerungsalter**

Um Abschätzungen über den zeitlichen Verlauf des biologischen Ab- und Umbaus und damit einhergehende Auslaugungen und Ausbreitungen von Schadstoffen in das Grundwasser quantifizieren zu können, wurden folgende Ablagerungen ausgewählt:

- aktenkundige Ablagerungen in ländlichen Gemeinden (Zeitraum 1950 – 1975);
- aktenkundige Ablagerungen im Bereich zentraler Orte (Zeitraum 1970 – 1989).

### **Zusammensetzung der Ablagerungen**

Viele kleinere Deponien bzw. Sturzplätze wurden in einem frühen Zeitraum zuerst als Hausmülldeponien, vermischt mit etwas Gewerbeabfall, betrieben. Später wurden diese als Bauschutt-, Aushub- oder Mischdeponien weiter verfüllt. Diesem besonderen Werdegang sollte vermehrt Rechnung getragen werden.

Bei den größeren Deponien sollte je ein Standort mit großem Anteil an Hausmüll (d.h. hoher organischer Anteil) und ein Standort mit hohem Gewerbe- und Industrieanteil berücksichtigt werden.



### 3.3.2 Festlegung von Altablagerungen zur vertieften Untersuchung

In einer ersten Untersuchungsphase (Phase I) sollten kleinere Altablagerungen ländlicher Gemeinden untersucht werden, in der zweiten Untersuchungsphase (Phase II) größere Altablagerungen zentraler Orte. Es sollten Standorte gewählt werden, deren Vorgeschichte in Hinblick auf Art der Ablagerung, Volumen, Alter und Einbauart so gut wie möglich bekannt ist. Als weitere Auswahlkriterien sollten die hydrogeologischen und klimatischen Verhältnisse untenstehender Tabellen berücksichtigt werden.

Tabelle 3: Festlegungen zur Untersuchung kleinerer Altablagerungen Phase I  
 [Niederösterreichische Landesakademie 1999]

Klimatische Bedingungen	Hydrogeologische Verhältnisse	Mindestanzahl Standorte
> 1000 mm NS	Kristallin (Böhmische Masse)	1
> 1000 mm NS	Molasse (Voralpenrand)	1
< 1000 mm NS	Molasse (Voralpenrand)	1
> 1000 mm NS	Flysch	1
< 1000 mm NS	Flysch	1
< 600 mm NS	wasserführende Schotter	1
> 600 und < 1000 mm NS	wasserführende Schotter	1
> 1000 mm NS	wasserführende Schotter	1

Tabelle 4: Festlegungen zur Untersuchung größerer Altablagerungen Phase II  
 [Niederösterreichische Landesakademie 1999]

Klimatische Bedingungen	Hydrogeologische Verhältnisse	Mindestanzahl Standorte
> 1000 mm NS	Kristallin (Böhmische Masse)	1
< 1000 mm NS	Molasse (Voralpenrand)	1
> 1000 mm NS	Flysch	1
< 1000 mm NS	Flysch	1
< 600 mm NS	wasserführende Schotter	1
> 600 und < 1000 mm NS	wasserführende Schotter	1

### 3.3.3 Arbeitsprogramm zur Vor-Ort-Untersuchung der Altablagerungen

In der nachfolgenden Abbildung 3 ist eine schematische Übersicht aller wesentlichen Untersuchungsschritte des Arbeitsprogramms dargestellt. Das gesamte Arbeitsprogramm wurde, wie ersichtlich, in drei Tätigkeitsfelder eingeteilt:

- **Vorerkundung und Zusammenführung verfügbarer Informationen der Altablagerungen:**
  - Historische (Recherchierende) Vorerkundung.
  - Multitemporale Luftbilddauswertung.
  - Bestandsaufnahme geologischer und hydrogeologischer Standortdaten.
  - Bestandsaufnahme des Meso- und Mikroklimas.
  - Ausscheiden „untypischer“ Standorte.
- **Vor-Ort-Untersuchungen zur Charakterisierung des derzeitigen Zustands der Altablagerungen:**
  - Vermessung und planliche Darstellung (vor und nach den Sondierungen).
  - Bodenluftuntersuchungen, eventuell Geophysik.
  - Schürf- und Bohrerkundungen.
- **Weiterführende Laboruntersuchungen zur Charakterisierung der Stoffgefährlichkeit der Abfallablagerungen, zur Beurteilung des zukünftigen, d.h. langfristigen Emissionsverhaltens und der Fließpfade:**
  - Grundwasser- und Sickerwasseranalysen / Untersuchung hydraulischer Parameter.
  - Chemische Analysen (Gesamtgehalte) von Abfallfeststoff- und Bodenproben.
  - Physikalische Untersuchungen von Abfallfeststoff- und Bodenproben.
  - Toxizitätstests von Sickerwässern, Grundwasserproben und Eluaten.
  - Auslaugungsuntersuchungen zur Bestimmung mobilisierbarer Stoffpotentiale.
  - Biologische Tests (aerob und anaerob) zur Abschätzung des Potentials biologischer Abbauprozesse in den Altablagerungen.
  - Langzeituntersuchungen in „Deponiesimulationsreaktoren“ (DSR) zur Beurteilung des langfristigen Emissionsverhaltens über den Sickerwasser- und Gaspfad [Stegmann 1990]

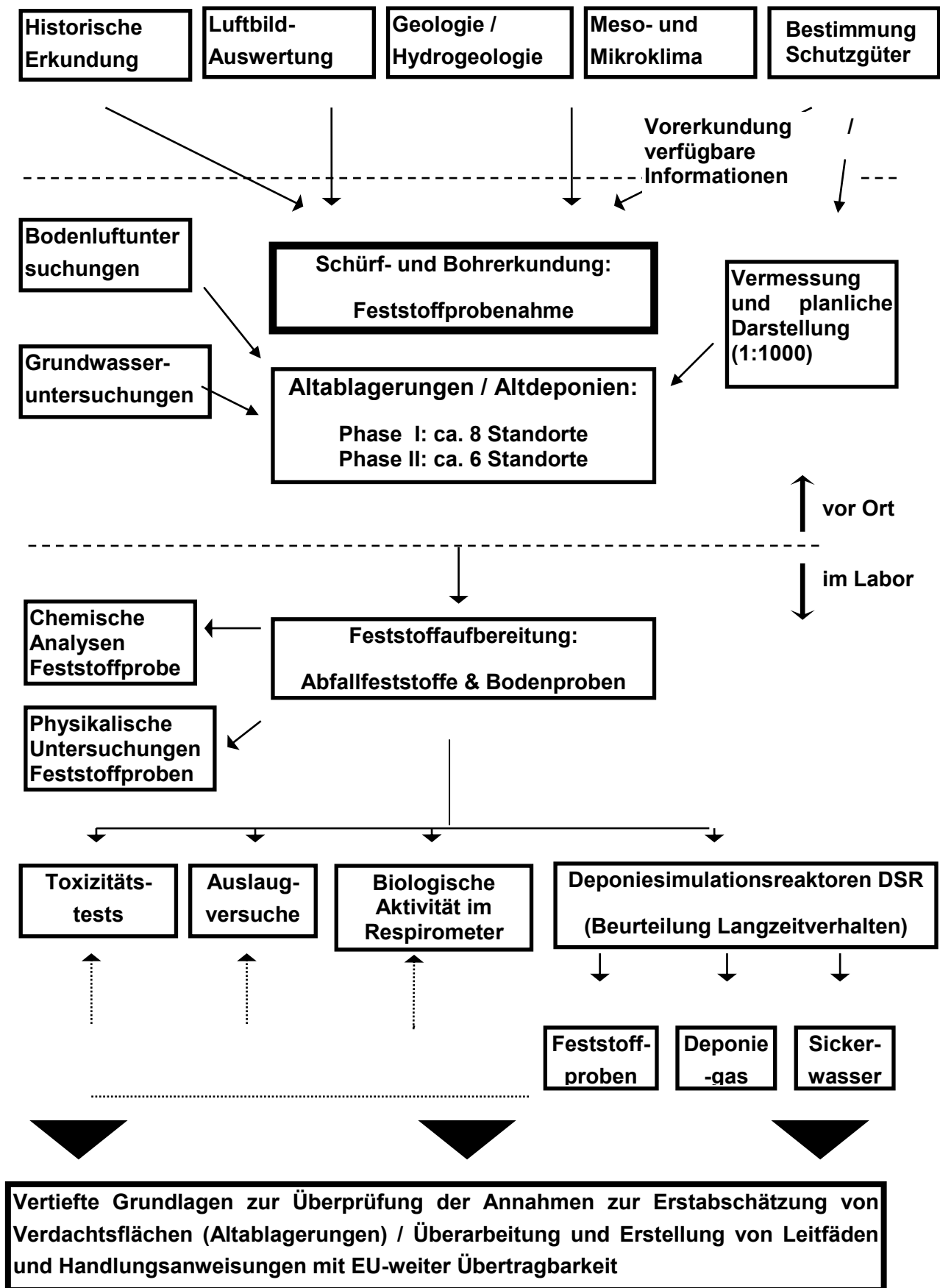


Abbildung 3: Arbeitsprogramm des Projektes EVAPASSOLD (entnommen aus dem Projektantrag [Niederösterreichische Landesakademie 1999])

### **3.3.4 Arbeitsprogramm zur Vorerkundung der Altablagerungen und Zusammenführung verfügbarer Informationen**

Die untenstehenden Aufgaben des Projektes EVAPASSOLD wurden aus dem Projektantrag der NÖ Landesakademie [NÖ Landesakademie 1999] entnommen.

#### **Aufgabe 1: Historische (Recherchierende) Erkundung und Luftbildanalyse**

Dazu gehören die Ermittlung der Entstehungsgeschichte, das Ausmaß und Volumen der Altablagerung sowie verfügbare Informationen zur Stoffgefährlichkeit der Altablagerung.

Durch Erhebung und Auswertung von vorhandenen Akten, Befragung von Personen sowie durch die multitemporale Analyse von Luftbildern und Karten sollten diese Recherchen pro Altablagerung systematisch erarbeitet werden. Bei jedem zeitlichen Querschnitt sollten die in den jeweiligen Luftbildern und Karten dokumentierten Flächen kontaminationsverdächtiger Altablagerungen kartiert werden, um nach Abschluss der Einzelauswertungen in einer Gesamtdarstellung zusammengefasst zu werden. Durch Begehung des Standortes und Beobachtung und Bewertung von Bioindikatoren sollten die, durch die Fernerkundung gewonnenen Erkenntnisse vor Ort überprüft werden.

Ziel sollte sein, einerseits die Angaben in den Akten, die vielfach auf Schätzungen (Amtsachverständiger, Betreiber, Anrainer, Gemeindemitarbeiter) beruhen, auf Abweichungen hin zu überprüfen sowie das Erstellen eines ersten digitalen Geländemodells des Deponiekörpers und der Umgebung zu ermöglichen.

#### **Aufgabe 2: Geologische/ Hydrogeologische Verhältnisse, Meso - und Mikroklima**

Dazu zählt die Erfassung der geologischen, hydrogeologischen und klimatischen Situation anhand bestehender Unterlagen und Daten.

Der Ausbreitungspfad Wasser und die betroffenen Schutzgüter sollten ermittelt, die Szenarien der möglichen Fließwege grob modelliert und auf ihre Plausibilität hin untersucht werden. In diesem Zusammenhang sollte die Bestimmung der wasserwirtschaftlich relevanten Schutzgüter erfolgen.

Ziel sollte sein, die Erprobung des vorgeschlagenen Verfahrens durchzuführen und die Bereitstellung der Grundlagen für die Erarbeitung des detaillierten Untersuchungskonzepts bereit zu stellen.

Weiters sollte versucht werden, in Form eines methodischen Rückschlusses kausal - funktionale Zusammenhänge für eine beprobungslose Erstbewertung zu verifizieren.

### **Aufgabe 3: Vermessung und planliche Darstellung**

Die Standorte sollten vermessen und unter Berücksichtigung der in den vorangegangenen Schritten gewonnenen Daten (vor allem die Ergebnisse der Luftbilddauswertung und der Erkundung mittels Bioindikatoren) planlich 1:1000 digital dargestellt werden.

Ziel sollte, die möglichst genaue Erfassung der räumlichen Ausdehnung des Ablagerungsbereiches mittels des digitalen Geländemodells und die bestmögliche Positionierung der nachfolgenden Untersuchungsstellen (Bodenluftsonden, Schürfe, Bohrungen, Grundwassersonden) sein.

### **Aufgabe 4: Bodenluftuntersuchungen**

Die Bodenluftsonden sollten in einem Raster von 20 mal 20 Metern angeordnet werden. Die ideale Sondiertiefe sollte durch die gewählte Methodik ermittelt werden. Weiters sollte, an aus Vorerkundungen (z.B. Luftbilddauswertung oder der Beurteilung der Vegetation) bekannten, besonders verdächtigen Stellen die Halbierung des Rasters, zur Erhöhung der Auflösung, angestrebt werden.

Die Bodenluftuntersuchungen sollten entsprechend der ÖNORM S 2093 durchgeführt werden. Die Untersuchungsmethodik und der Parameterumfang sollten jeweils dem Deponietyp angepasst werden z.B. Methan, Sauerstoff, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff, chlorierte und aliphatische Kohlenwasserstoffe, Benzol, Toluol, Xylol. FID-Geländekartierungen zur Ermittlung von Gasaustritten über die Oberfläche sollten bei Bedarf durchgeführt werden. Dadurch sollten Methan-Restemissionen und „hot spots“ schnell aufgespürt werden.

Ziel sollte einerseits die optimierte Erfassung von Grundlegendaten für die Beurteilung des derzeitigen Zustandes (Deponiephase) in den Deponien und für die Berechnung des langfristigen Emissions- und Gefährdungspotentials sein, andererseits die Verifizierung von vermuteten Kontaminationen, bzw. generell die Lokalisierung von Kontaminationsherden. Andererseits sollten die Ergebnisse der Bodenluftsondierungen dazu dienen, eine optimale Positionierung der nachfolgenden Schürfe und Bohrungen zu gewährleisten.

### **Aufgabe 5: Schürf- und Bohrerkundungen**

Zur Ansprache und zur Probenahme des im Untergrund befindlichen Deponiegutes sollten überwiegend Schürfe durchgeführt werden, da diese dreidimensionalen Aufschlüsse kostengünstiger und zur Beurteilung des Schüttgutes aussagekräftiger als Bohrungen eingeschätzt wurden.

Mittels Bohrungen sollte jedoch das geologisch/hydrologische Umfeld der Altablagerung erkundet werden. Eine Kontrollbohrung sollte möglichst im Oberstrombereich gesetzt, die weiteren im Abstrombereich platziert werden. Bei allen Bohrungen sollten Bodenproben

genommen, Piezometersonden gesetzt und mittels Kleinpumpversuchen neben der Bestimmung der hydraulischen Parameter Wasserproben gezogen werden.

Die Anordnung der Schürfe sollte in einem Raster von 30 mal 30 Metern erfolgen und wenn möglich bis zu einer Tiefe von einem Meter in den gewachsenen Boden unter der Deponie hinein ausgehoben werden. Die Ergebnisse aus der vorangegangenen Bodenluftanalyse sollten, wie bereits erwähnt, eine optimale Positionierung der Schürfe gewährleisten.

Aus jedem Schurf sollten zumindest drei Proben entnommen werden:

- Abfallproben oberhalb des Grundwasserschwankungsbereichs (Perkolationsbereich).
- Abfallproben im oder unterhalb des Grundwasserschwankungsbereichs.
- Bodenproben aus dem unmittelbar anstehenden Untergrund unter der Deponie.
- Sickerwasserproben falls möglich.

Ein Teil des gewonnenen Schürfmateri als für die Deponiesimulationsversuche und Toxizitätstests herangezogen werden. Material der vermuteten Deponieabdichtung sollte gesondert beprobt werden. Bei sehr kleinen Standorten (häufig bei ländlichen Gemeinden) sollten unabhängig vom Raster zumindest 4 Schürfe abgeteuft werden.

Ziel sollte es sein, eine möglichst repräsentative Probenahme für den jeweiligen Standort durchzuführen und durch die individuelle Anordnung von Zusatzschürfen eine differenzierte Betrachtung der Altablagerung zu gewährleisten.

#### **Aufgabe 6: Untersuchungen an Feststoffproben sowie Grund- und Sickerwasser**

Boden kann grundsätzlich in Grobboden / Bodenskelett (Kies- und Steinfraktion) und Feinboden unterteilt werden. Die Fraktionen unter 2 mm (Sand, Schluff, Ton), und deren Durchlässigkeit und Sättigungsgrad spielen eine wichtige Rolle bei der Schadstoffausbreitung in Bezug auf die Schutzgüter.

Es wurde daher als unumgänglich angesehen, die Zusammensetzung und Eigenschaften dieser Fraktionen, insbesondere der Tonminerale, zu untersuchen. Mit Sieb- und Sedimentationsanalysen sollte vorerst die Korngrößenverteilung der in Schürfen und Bohrungen gewonnenen Bodenproben bestimmt werden. Anschließend sollte in der Tonfraktion die Tonminerale sowie deren potentielle Ionenaustauschkapazität untersucht werden. Mit dem gemessenen pH-Wert des Porenwassers ergibt sich dann die effektive Kationenaustauschkapazität des für diesen Untergrund relevanten Materials. Ergänzende Untersuchungen der Abfallfeststoffproben zur Bestimmung von Durchlässigkeit und Dichte sollten ebenfalls durchgeführt werden. Aus den durchzuführenden Schürf- und Bohrerkundungen sollte Material für die vorgesehenen Deponiesimulationsversuche und Toxizitätstests gewonnen werden. Bei Vorfinden von Material der vermutlichen

Deponiebasisabdichtung sollte dieses gesondert beprobt werden. Die repräsentativen Proben sollten mittels standardisierter Aufbereitung eine gute Vergleichbarkeit gewährleisten (u. a. sollten Grobfractionen und Störstoffe von inerter Beschaffenheit entfernt werden). Die Untersuchungen sollten auf die Analysenparameter der Tabellen 1 und 3 der ÖNORM S 2088-1 hin untersucht werden.

Es sollten weiters alle analytischen Arbeitsschritte auf Basis qualitätsgesicherter Messungen durchgeführt werden. Da es sich gerade bei den Abfallfeststoffproben um äußerst heterogene Gemische handelt, war vorgesehen, einige Untersuchungen zur Qualitätssicherung an den Universitätsinstituten in Wien und Hamburg parallel durchzuführen.

Pro Deponie sollten jeweils 3 (für ländliche Gemeinden) bzw. 6 (für zentrale Orte) neue Sonden und/oder bestehende Brunnen im Laufe des Projekts insgesamt 4 mal beprobt und in Anlehnung an die ÖNORM S 2088-1 „Altlasten - Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Grundwasser“, Tabelle 4, analysiert werden. Wenn Sickerwasser in den Altablagerungen erfasst werden kann, sollte es ebenfalls beprobt werden.

Ziel dieser Untersuchung sollte die Erfassung der derzeit mobilen Schadstofffracht im Grundwasser, die Feststellung einer möglicherweise vorhandenen Gefährdung eines Schutzgutes im Bereich der jeweiligen Altablagerung und, im Hinblick auf das Gesamtkonzept, die **Entwicklung eines Algorithmus** zur Berechnung der tatsächlichen Schadstoffimmission (Grundwasserkontamination) aus der theoretisch möglichen Emission (Eluat) über den Wasserpfad sein. Dieser Algorithmus sollte unter Berücksichtigung der jeweiligen hydrogeologischen Gegebenheiten allgemeine Gültigkeit haben und vorerst auf jeden beliebigen Standort in Niederösterreich anwendbar sein. Auf diesen Erkenntnissen aufbauend sollte danach der Versuch unternommen werden, ein europaweit geltendes Standarduntersuchungsprogramm zu erarbeiten.

Weiters sollten ergänzend zu den bodenchemischen Untersuchungen in Projektphase II Isotopenuntersuchungen durchgeführt werden. Es sollte damit ermittelt werden, ob und wie weit Isotopenuntersuchungen geeignet sind, zusätzliche Informationen zum Sickerwassereintrag in den Grundwasserleiter zu erhalten.

### **Aufgabe 7: Toxikologische Untersuchungen und Biotests**

Da bei Gefährdungsabschätzungen von Altlasten in der Praxis üblicherweise eine toxikologische Bewertung und Beurteilung der Schadstoffe fehlt, sollte dieser Methodik im Projekt besondere Bedeutung beigemessen werden (d.h. Abschätzungen der Auswirkungen von einzelnen Schadstoffen auf die Schutzgüter Mensch, Tier und Pflanzen über die Ausbreitungspfade, z.B. Grundwasserpfad, Transferkoeffizienten von Pflanzen, Ingestion, etc.).



Neben einer Konzepterstellung war vorgesehen, standardisierte Tests (z.B. Daphnientests, Leuchtbakterientests, Fischttests, Algentests, Toxikids, etc.) einzusetzen, die eine effektive Beurteilung (z.B. der Auswirkung von Deponiesickerwasser auf Vorfluter etc.) u.a. im Hinblick auf eine Bilanzierung ermöglichen. Die Bedeutung von Ökotoxizitätstests ist dadurch gegeben, dass die potentielle Wirkung von Schadstoffen auf Lebewesen nicht hinreichend auf der Basis von rein chemischen und physikalischen Parametern bestimmt werden kann. Außerdem lassen chemische Untersuchungen keine Erfassung von synergistischen, additiven oder antagonistischen Effekten von Schadstoffen zu.

### **Aufgabe 8: Elutionsversuche und Tests zur biologischen Aktivität**

Dazu wurden folgende Untersuchungen vorgesehen:

- **Biologische Aktivität im Respirometertest**

Die Bestimmung der Atmungsaktivität im Sapromat soll eine Aussage über den Restgehalt und die Verfügbarkeit biologisch abbaubarer Anteile in den Feststoffproben der Altablagerungen geben.

- **Elutionsversuche**

Zur Ermittlung der Mobilisierbarkeit verschiedener Inhaltsstoffe sollten neben Einfachelutionen auch Mehrfachelutionen nach standardisierten Verfahren durchgeführt werden.

### **Aufgabe 9: Emissionsuntersuchungen in Deponiesimulationsreaktoren**

Dazu waren mehrmonatige Untersuchungen zum Emissionsverhalten in „Deponiesimulationsreaktoren“ (DSR) vorgesehen.

Untersuchungen in „Deponiesimulationsreaktoren“ (DSR - Behältervolumen: 120 l), in denen die wesentlichen Abbauprozesse in den Altablagerungen unter anaeroben und aeroben Bedingungen in zeitlich verkürzter Form beschrieben werden können [Heyer et al. 1996] sollten einen Schwerpunkt der weiterführenden Laboruntersuchungen darstellen. Durch die Einstellung optimaler Randbedingungen und eine geeignete Versuchsdurchführung soll in den DSR eine Beschleunigung der physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Prozesse bewirkt werden. Damit wird das zukünftige Emissionsverhalten der Schadstoffe in den Altablagerungen hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs und der freigesetzten Schadstofffrachten im Labor simuliert und dadurch abschätzbar.

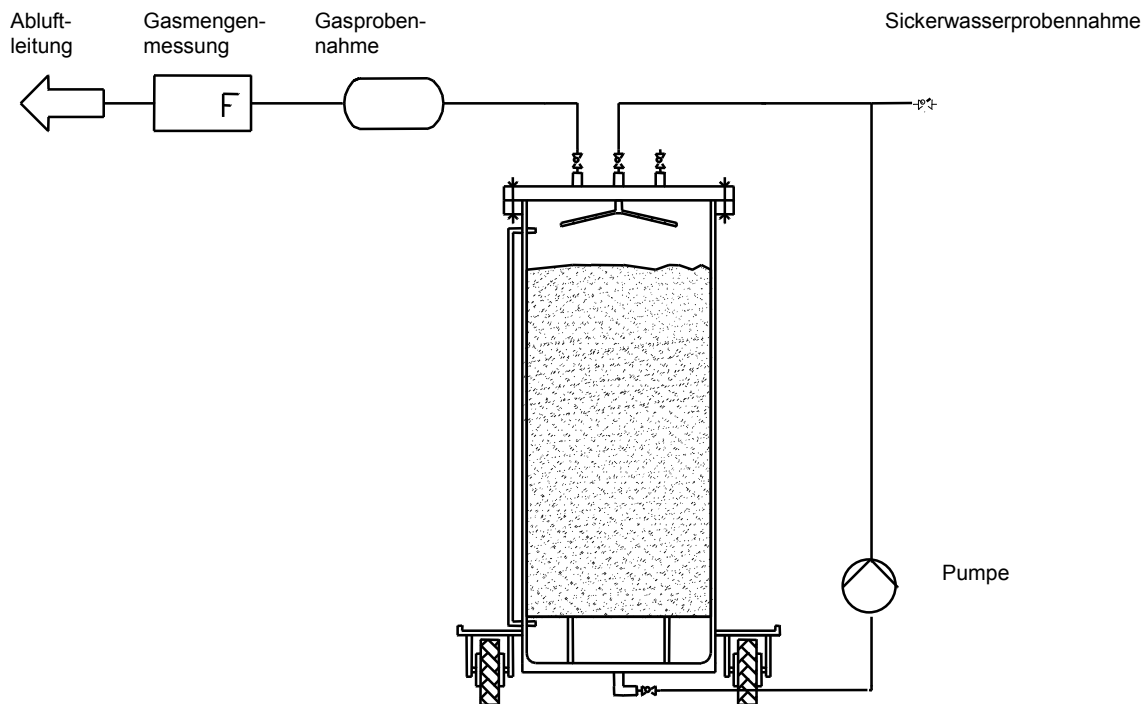


Abbildung 4: Versuchsaufbau eines Deponiesimulationsreaktors DSR (entnommen aus dem Projektantrag) [NÖ Landesakademie 1999]

Zur Untersuchung der **Schadstofffreisetzung** sollten über bis zu 2 Jahren in vierzehntägigem bzw. monatlichem Rhythmus folgende Untersuchungen durchgeführt werden:

- Sickerwasserzusammensetzung und –frachten (u.a. pH, LF, Redoxpotential, CSB, BSB<sub>5</sub>, TOC, AOX, TKN, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, ggf. Schwermetalle).
- Deponiegaszusammensetzung und –produktionsraten (Hauptkomponenten Methan, Kohlendioxid, Sauerstoff, Stickstoff, ggf. Spurenstoffe wie BTEX, FCKW, LCKW).
- Veränderung der Feststoffeigenschaften nach Versuchsende.

Es sollten in Phase I bis zu 10 DSR-Anlagen parallel betrieben werden. In der Phase II sollten weitere mindestens 10 DSR-Anlagen betrieben werden. Die Untersuchungsdauer liegt bei 3 bis 12 Monaten, für einige Feststoffproben der Untersuchungsphase I auch, wie oben angeführt, darüber.

In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Feststoffuntersuchungen wie Respirometertests und Auslaugversuche sollte jeweils entschieden werden, ob und in welchem Maße die Feststoffproben in den Deponiesimulationsreaktoren vertieft untersucht werden sollen. Damit sollte sichergestellt sein, dass eine größere Anzahl an Feststoffproben ihrer Stoffgefährlichkeit angepasst, optimal beprobt wird.

### **Aufgabe 10: Übertragung auf europäische Verhältnisse, Berichtswesen**

Weitere Arbeitsschritte in Verbindung mit dem Untersuchungsprogramm zur Zusammenführung und Auswertung der Ergebnisse sind:

- Es sollten regelmäßige halbjährliche Arbeitstreffen aller beteiligten Projektpartner und weiterer regionaler und nationaler Fachbehörden wie des österreichischen Umweltbundesamtes durchgeführt werden, bei denen der jeweilige Arbeitsstand vorgestellt und diskutiert wird. In Unterarbeitsgruppen können Detailfragen zur Durchführung von Arbeitsschritten geklärt und z.B. in Form von Arbeitsanweisungen festgelegt werden, um eine abgestimmte Vorgehensweise aller Projektpartner und damit eine interne Qualitätssicherung zu erreichen. Diese **internen Arbeitsanweisungen** und die Erfahrungen, die damit gesammelt werden, könnten später in Handlungsanweisungen zur Erstabschätzung von Verdachtsflächen überführt werden (z.B. Vorgehensweise zur Gewinnung von repräsentativen Feststoffproben bei Altdeponien und Altablagerungen).
- In Verbindung mit den Arbeitstreffen sollten während der Durchführung des Vorhabens halbjährliche technische Fortschrittsberichte erarbeitet werden, in denen die wesentlichen Ergebnisse aller Projektpartner zusammengeführt werden.
- Am Übergang von Projektphase I zur Projektphase II, was nach 14 – 18 Monaten zu erwarten war, sollte ein **Statusseminar mit internationalen Experten** abgehalten werden und dann ein Fortschrittsbericht vorgelegt werden, in dem in gemeinsamer Arbeit alle Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen dokumentiert und bewertet werden.

Am Ende der Phase II sollte ein weiteres Statusseminar mit internationalen Experten abgehalten werden. Über die Beiträge des Statusseminars und die Ergebnisse der Bearbeitungsschritte, die von den vier Universitätsinstituten (Institut für Hydrogeologie und Geothermie, Joanneum Graz; Institut für Angewandte Mikrobiologie, BOKU Wien; Arbeitsbereich Abfallwirtschaft, TU Hamburg-Harburg; Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Marittima e Geotecnica, Universität degli Studi di Padova) durchgeführt werden, sollte zum Ende der Laufzeit ein **umfangreicher Abschlußbericht** erstellt werden. Die wesentlichen Erkenntnisse sollten in die Gesamtbewertung und Evaluierung der Annahmen zur Erstabschätzung von Altablagerungen einfließen. Um die Umsetzungsmöglichkeit auf Europa best möglich zu erreichen, wurden neben den zwei österreichischen Universitätsinstituten auch ein deutsches und ein italienisches Institut in das Projektteam geholt.

### 3.3.5 Erwartete Ergebnisse des Vorhabens

Zur Beurteilung des langfristigen Gefährdungspotentials und Deponieverhaltens von Altablagerungen sollte im Projekt EVAPASSOLD die Frage nach der Umweltverträglichkeit der abgelagerten Siedlungsabfälle geklärt werden. Unter dieser Vorgabe wurde das Arbeitsprogramm stufenförmig festgelegt, und zwar:

#### Bestimmung der:

- **Schadstoffpotentiale:** Schadstoffinventar in den Feststoffen der Altablagerungen und deren Veränderung.
- **Emissionspotentiale:** Anteile der Schadstoffe, die über die Gas- und Wasserphase theoretisch mobilisiert werden können.
- **Emissionsfreisetzung und –ausbreitung:** Anteile der Schadstoffe, die derzeit und zukünftig (wahrscheinlich) freigesetzt werden.
- **Gefährdungspotentiale:** Mögliche Auswirkungen der Emissionen unter Berücksichtigung der Randbedingungen, wie technische Einrichtungen, Ausbreitungspfade und betroffene Schutzgüter.

Darauf aufbauend ergibt sich als letzte Stufe:

- **Schutzziele:** Definition des erforderlichen Mindeststandards sowie weitergehender Anforderungen je nach Veranlassung.

Die erwarteten Ergebnisse des Gesamtvorhabens sollten darauf abzielen, aus den Untersuchungsergebnissen von ca. 8 Deponien in ländlichen Gemeinden und ca. 6 Deponien in zentralen Orten ein **allgemeingültiges, sicheres Bewertungsverfahren** für rund 2000 Standorte in Niederösterreich zu überprüfen und daraus ein standardisiertes, europaweit anwendbares Vorgehen zu entwickeln.

Dazu war vorgesehen, die interdisziplinären Ergebnisse aller Kooperationspartner zusammen zu führen und unter Einbeziehung früherer Erfahrungen mit anderen Deponien und Altablagerungen im alpinen und im nördlicheren EU – Raum in dieser Hinsicht auszuwerten. Für die Auswertung und Übertragung auf südliche europäische Regionen sollten die Fachleute der Universität Padua eingebunden werden, die zu diesem Zweck u.a. Informationen von Altablagerungen z.B. aus Italien, Spanien oder Griechenland zusammenstellen sollten.

Es sollte eine getrennte Bewertung der Kontamination durch Abfälle, die überall in Deponien abgelagert wurden (Hausmüll, Gewerbeabfälle, Bauschutt, etc.) und den Kontaminationen, die eher nicht typisch für gewöhnliche Deponien sind, durchgeführt werden. Diese untypischen, nicht auf jeder Deponie eingebauten Abfälle sollen bereits in den ersten

Arbeitsschritten erkannt und möglichst genau quantifiziert werden. Dadurch sollte es möglich werden, das „**allgemeine Schadstoffpotential**“, ohne untypische Kontaminationen, zu ermitteln. Dieses „allgemeine Schadstoffpotential“ sollte für jede Deponie vergleichbarer Größe und vergleichbarer Standortbedingungen (Klima, Hydrogeologie, etc.) Gültigkeit haben bzw. aus den untersuchten Modellstandorten mehrdimensional interpoliert werden können.

Da aus fachlicher Sicht bei vielen Standorten vermutlich kein signifikantes Gefährdungspotential (mehr) existiert, sollten durch kostengünstige Beweissicherungen ungefährliche Verdachtsflächen / Altablagerungen mit großer Sicherheit ausgeschieden und erforderliche **Umwidmungen zu ressourcenschonenden Baugründen** oder anderen höherwertigen Nutzungen erreicht werden.

Mit dem skizzierten (Mindest-) Umfang an Arbeitsschritten sollten Ergebnisse zur Bewertung von Altablagerungen erarbeitet werden, die deutlich über den bisherigen Stand des Wissens und die bestehenden Erfahrungen hinausführen.

### 3.3.6 Arbeitsplan und Verteilung der Aufgaben des Projektes EVAPASSOLD

Für die **Projektlaufzeit** wurde der Zeitraum vom **01.07.1999 bis zum 30.06.2002** vorgesehen. Die Durchführung erfolgte in zwei Phasen, in denen die beiden relevanten Kategorien an Altablagerungen untersucht wurden. In der ersten Phase wurden 12 kleinere Altablagerungen evaluiert, von denen 8 Standorte ausgewählt und vertieft untersucht worden sind. In der zweiten Phase wurden von 8 größeren Altablagerungen/Altdeponien, die betrachtet wurden, 6 ausgewählt und vertieft untersucht. Die Zusammenstellung aller Arbeitsschritte im Zeitrahmen des Projektes ist aus der folgenden Abbildung zu ersehen.

Jahr	Phase I						Phase II					
	1999		2000				2001				2002	
Quartal	07-09	10-12	01-03	04-06	07-09	10-12	01-03	04-06	07-09	10-12	01-03	04-06
<b>Vorbereitung Auswahl der Altablagerungen</b>	■			■			■					
<b>Historische (Recherchierende) Erkundung</b>	■						■					
<b>Luftbildauswertung</b>	■						■					
<b>Geologischer / Hydrologischer Rahmen</b>	■						■					
<b>Meso- und Mikroklima</b>	■						■					

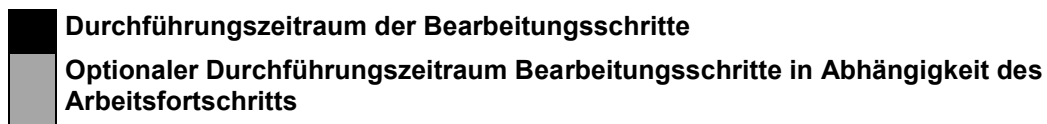
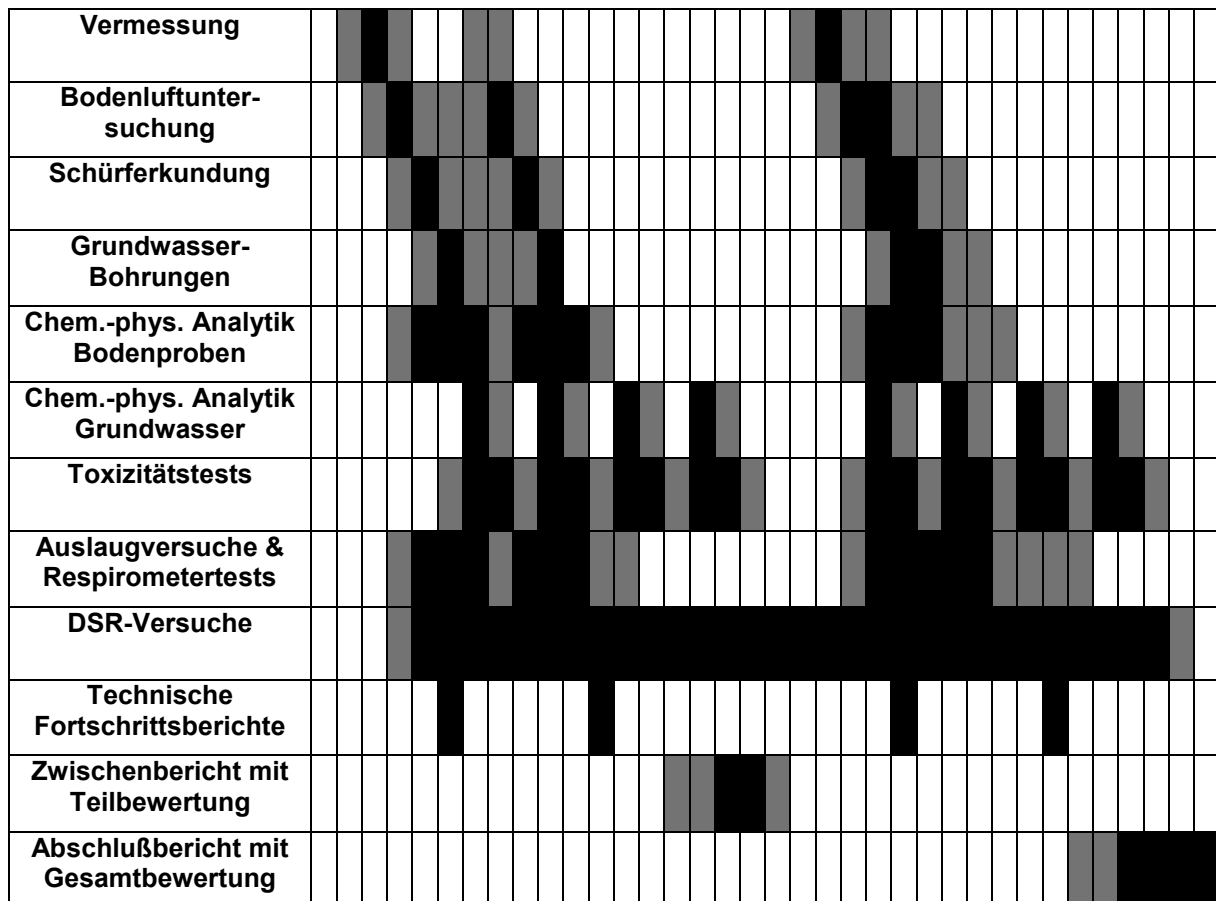


Abbildung 5: Durchführungszeiträume für die Bearbeitungsschritte im Vorhaben, entnommen aus dem Projektantrag [Niederösterreichische Landesakademie 1999].

### 3.4 Auswahl von Altablagerungen und Untersuchungsmethodik zur vertieften Untersuchung der Phase III

In den Phasen I+II wurden an insgesamt 14 Altablagerungen kleiner und mittlerer Größe ein Leitfaden zur Erstabschätzung und ein Fließschema für weitergehende Untersuchungen erstellt. In der Phase III wurden diese Ergebnisse an 20 weiteren Altablagerungen in vereinfachter Form auf ihre Repräsentativität hin untersucht.

Die Untersuchungen konzentrierten sich entsprechend der im Rahmen der Phase I+II des Projektes erstellten Formel:

$$R = r_0 * f(W/F) * f(S) \quad [-] \quad (2)$$

[NÖ Landesakademie 2003]

**R**= maßgebliches Risiko [ - ] der Altablagerung

**r<sub>o</sub>** = Stoffgefährlichkeit [ - ] der Abfallarten (siehe Tabelle 1, Kapitel 2.4.1.1)

1,0 für Bauschutt und standortgleichen Bodenaushub

2,0 für Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle

W/F= Wasser/Feststoff-Verhältnis ermittelt sich nach folgender Formel:

$$\underline{W/F = [(I_o * a_o) + (I_R * a_R)] / m_{TS}} \quad (3)$$

**I<sub>o</sub>**= Infiltration in die „offene“ Deponie [mm/a]

**a<sub>o</sub>**= Dauer der „offenen“ Ablagerung [a]

**I<sub>R</sub>**= Infiltration in die „geschlossene“ Deponie [mm/a]

**a<sub>R</sub>**= Dauer der „geschlossenen“ Ablagerung [a]

**m<sub>TS</sub>**= Masse der Trockensubstanz im Deponieausschnitt mit der Grundfläche von 1 m<sup>2</sup> [kgTS/m<sup>2</sup>], dies entspricht 1 m<sup>2</sup> [m<sup>2</sup>] x h<sub>Deponie</sub> [m] x Trockendichte der abgelagerten Abfälle [Mg/m<sup>3</sup>]

**f(W/F)** = Funktion des Faktors W/F. Dieser liegt im Bereich von 0,5 bis 1,0. Wobei f(W/F) = 1 bedeutet, dass die ursprüngliche Stoffgefährlichkeit **r<sub>o</sub>** der aktuellen Stoffgefährlichkeit **r<sub>a</sub>** entspricht. f(W/F) = 0,5 bedeutet, dass die aktuelle Stoffgefährlichkeit sich deutlich reduziert hat und ein emissionsarmer Zustand erreicht ist.

**f(S)** = Schutzgutfaktor für das jeweilig zutreffende Schutzgut (getrennt für Grundwasser, Oberflächengewässer, Boden und Luft). Diese Faktoren liegen zwischen 1,0 und 2,0.

Besonders wurde auf die Überprüfung der Stoffgefährlichkeit **r<sub>o</sub>** mit chemischen und ökotoxikologischen Analysen Wert gelegt. Weiters wurde die Ermittlung der für die Funktion f(W/F) erforderlichen Eingangsparameter des Wasser/Feststoff-Verhältnisses vertiefend untersucht. Die maßgeblichen Faktoren Durchlässigkeit und Mächtigkeit der Oberflächenabdeckung und die gesamte Ablagerungstiefe wurden auf mögliche Unsicherheiten hin untersucht. Zudem wurde versucht, die **aktuelle Stoffgefährlichkeit r<sub>a</sub>** von der **Stoffgefährlichkeit zum Zeitpunkt der Ablagerung r<sub>o</sub>** mittels der durchgeführten chemischen und ökotoxikologischen Analysen mit der Hypothese der zeitlichen Veränderung der Emissionseigenschaften des abgelagerten Materials in Einklang zu bringen [NÖ Landesakademie 2005].



Es wurden folgende Untersuchungsmethoden angewendet:

- **Historische (Recherchierende) Erkundung, bestehend aus Aktenstudium und Befragungen:**

Analog zu den Phasen I+II war geplant, bei jedem Standort nach erfolgtem Aktenstudium eine Befragung mittels Fragebögen von zumindest 2 Auskunftspersonen (Zeitzeugen) durchzuführen. Der erarbeitete Fragebogen sollte evaluiert und gegebenenfalls angepasst werden.

- **Vor-Ort-Besichtigung mit Versuch der groben Abschätzung und Bewertung der Oberflächenabdeckung mittels Pürckhauersondierung:**

Es wird eine Begehung des Standortes mit einfacher Erkundung der Oberfläche mittels Pürckhauersondierung zur Abschätzung der Durchlässigkeit der Deponieabdeckung durchgeführt. Damit kann die mögliche stattgefundene Sickerwasseraustragung sowie der Abbaugrad des Deponieinhaltes abgeschätzt werden. Die so bestimmte Infiltrationsrate der „geschlossenen“ Deponie geht in die oben genannte Formel (3) als bedeutender Teilfaktor ein.

- **Beschreibung der geographischen und geologischen Situation:**

Aufgrund der Begehung und dem Aktenstudium war eine hydrogeologische Einschätzung der Vor-Ort-Situation und der möglichen Schadstoff-Ausbreitungspfade zu vorhandenen oder potentiellen Grundwasser oder Quellnutzungen vorgesehen.

- **Typisierung der Abdeckung aufgrund der Ergebnisse der Geländebegehung und der Pürckhauersondierungen:**

Aufgrund der Geländebegehungen und der Sondierungen war vorgesehen, eine Typisierung der aufgenommenen Oberflächenabdeckungen in Klassen durchzuführen, wobei die geologische Situation hier verstärkt Berücksichtigung finden sollte.

- **Bodenluftmessungen:**

Im Rahmen der Bodenluftuntersuchungen war vorgesehen, als Probennahme- bzw. Messtechnik Untersuchungen mit Vorbohrung (siehe ÖNORM S 2090) auszuführen. Dadurch sollten zusätzliche Informationen über den Deponieinhalt aus dem gewonnenen Material der Vorbohrung erhalten werden. Durch Herstellung eines Schnelleluates mit Messung der Leitfähigkeit vor Ort sowie eine genaue Ansprache des aus den Bohrkernen gewonnenen Materials sollten zusätzliche Informationen für die nachfolgende Bewertung der Altablagerung gewonnen werden.

- **Schürfe und Entnahme von Feststoffproben:**

Aus dem Material der abgeteufte Schürfe war vorgesehen, vor Ort eine homogenisierte und zerkleinerte Einzelprobe der jeweiligen Altablagerung von mindestens 20 kg zu erstellen.

- **Analyse der Feststoffproben entsprechend der ÖNORM S 2088-1:**

Im Labor sollten entsprechend der in der Phase II des Projektes modifizierten Parameterliste der ÖNORM S 2088-1 Gesamtgehalte und Eluat-Gehalte löslicher Inhaltsstoffe analysiert und ausgewertet werden.

- **Ökotoxizitätstests:**

Die im Rahmen der Phasen I+II entwickelte Testbatterie bestehend aus zwei terrestrischen (Kresse und Regenwurmverhaltenstest) und zwei aquatischen Biotests (Algentest und Leuchtbakterientest) sollte evaluiert und gegebenenfalls angepasst werden.

- **Sickerwasserberechnungen:**

Es war vorgesehen, die in den Phasen I+II entwickelte Methodik zur Abschätzung der Sickerwasserbildung nach dem Wasserhaushaltsmodell BOWAHALD [Dunger 2002] nach Bestimmung der Eingangparameter zu evaluieren und gegebenenfalls anzupassen.

- **Ermittlung der Sickerwasser- und Gasemissionsbestandteile sowie Langzeituntersuchungen in Deponiesimulationsreaktoren:**

Unter Heranziehung des Wasser/Feststoff-Verhältnisses, W/F, auch „Transferfaktor“ bezeichnet, sollte nach dem Endbericht der Phasen I-III [NÖ Landesakademie 2005] im Rahmen von Lysimeterversuchen und Modellierungen untersucht werden, wie sich das aktuell vorhandene und langfristig noch zu erwartende Emissionsverhalten der betrachteten Standorte darstellt. Dazu war vorgesehen, Probenmaterial in kleinen Deponiesimulationsreaktoren (Behältervolumen 5 Liter) über einen Zeitraum von 6 Monaten zu untersuchen und die Sickerwässer und Gasemissionsbestandteile laufend zu analysieren. Dadurch sollten Prognosen über die noch vorhandenen, über den Sickerwasserpfad und die Gasphase freisetzbaren, Emissionspotentiale durchgeführt werden.

## 4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE ZUR EVALUIERUNG DES NÖ LEITFADENS VERDACHTSFLÄCHEN

Die Ergebnisse der Projektphasen I+II wurden als Endbericht des EU-LIFE Projektes (LIFE 99 ENV/A/000390) „Evaluierung und Erstabschätzung von Altablagerungen (EVAPASSOLD)“ von der NÖ Landesakademie im März 2003 an die Kommission übermittelt und veröffentlicht [Heyer 2003a]. Weiters sind Ergebnisse auch im Internet unter [www.evapassold.at](http://www.evapassold.at) abrufbar.

Von den Projektphasen I-III wurde ein zusammenfassender Abschlussbericht im Jänner 2005 von der NÖ Landesakademie erstellt [NÖ Landesakademie 2005] und den Fördergebern übermittelt. Die Proceedings wurden im Rahmen einer vom Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) veranstalteten Tagung am 31. Mai 2006 in St. Pölten unter dem Titel „Hausmülldeponien im ländlichen Raum – Wurde das Risiko bisher überschätzt? Wege zur Sanierung und Folgenutzung!“ vorgestellt. Die Ergebnisse sind in einem Tagungsband [Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband 2006] erschienen.

Der Verfasser dieser Dissertationsarbeit nimmt im Folgenden nur auf jene Bereiche des Projektes EVAPASSOLD Bezug, die unmittelbar mit der Thematik seiner eigenen Arbeit verbunden sind.

### 4.1 Historische Erkundung und Luftbildanalyse

Um möglichst repräsentative Standorte für die nachfolgenden Untersuchungen auszuwählen, wurden durch Vorerkundung und Zusammenführung verfügbarer Informationen in den Phasen I (12 kleinere) und II (8 größere) Altablagerungen für die Teilbereiche:

- Historische Vorerkundung;
- Luftbildauswertung;
- Bestandsaufnahme geologische und hydrogeologische Situation;
- Bestandsaufnahme des Meso- und Mikroklimas;

untersucht und die dann vorliegenden Daten jeweils im Rahmen einer Expertensitzung evaluiert und die geeigneten Standorte für die Detailuntersuchung ermittelt.

#### 4.1.1 Aktenstudium

Aus den Akten (Verhandlungsschriften, Probeschürfen oder wesentlich seltener aus der Beschreibung des Probenehmers bei vorangegangenen chemischen Untersuchungen) geht zum Teil die vorhandene Müllzusammensetzung hervor. „*Off waren die, für eine*

*Erstabschätzung relevanten Aussagen nur in Randbemerkungen zu finden*“ [Donat et al. 2003]. Dies deckt sich mit den Aussagen der vom Verfasser geführten Gespräche mit Amtsachverständigen der Länder.

Aus den im Rahmen des Projektes recherchierten Akten ist es für einen erfahrenen Geologen möglich, unter Heranziehung der geologischen Karten und des Akteninhaltes (hydrogeologisches Gutachten nicht in allen Akten vorhanden) ein grobes Bild der geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse der Standorte zu gewinnen [Ortner & Leditzky 2003]. Allerdings wird eingeräumt, dass in zahlreichen Fällen auch eine Geländebegehung erforderlich ist. Über den Niederschlagswassereintrag durch die Oberflächenabdeckung in die Ablagerung können aus den Akten überwiegend nur spärliche Informationen gewonnen werden. Art und Mächtigkeit der Abdeckung bzw. Rekultivierung ist oft unklar. In Verbindung mit der geologischen Situation der Umgebung können bei Standorten in Schottergrubenverfüllungen oder in Schlier-oder Flyschbereichen meist grobe Rückschlüsse auf die Abdeckung bzw. Rekultivierung gezogen werden [Heyer 2003a]. Zum Aktenstudium wurde ein mittlerer Zeitaufwand von 2 Stunden ermittelt. Die Informationen aus den vorliegenden Akten waren je nach Standort unterschiedlich aussagekräftig.

Zusammenfassend wird die Aktendurchsicht als unterschiedlich wertvoll eingestuft. Manchmal ließen sich auch Hinweise auf die Stoffgefährlichkeit finden. Eine Begehung des Standortes vor einer Erstbewertung wurde für wichtig und sinnvoll gehalten.

#### **4.1.2 Erstbegehung**

In der Projektphase II wurde die Untersuchung der Oberflächenabdeckung händisch mittels Pürckhauersondierung (Handbohrer mit Gestänge und Peilstange [Stein 2010]) bzw. mit Spaten und Krampen mit einem zusätzlichem Zeitaufwand von 30 – 45 Minuten Mehrarbeit durchgeführt. Nachvollziehbare Aussagen zur Abschätzung der Durchlässigkeit der Deponieabdeckung und damit der stattgefundenen möglichen Sickerwasseraustragung sowie des Abbaugrades des Deponieinhaltes konnte damit nur in einigen Fällen erzielt werden. Es wurden Erkundungsabstiche gemacht und das gewonnene Material mittels Fingerprobe [Blum et al. 1996] nach Befeuchten mit Wasser auf seinen Gehalt an Feinanteilen abgeschätzt [Donat et al. 2003]. Bei einigen untersuchten Flächen führte die Oberflächenansprache auch zu Fehlergebnissen [NÖ Landesakademie 2005]. Wenig aussagekräftig wird von den Durchführenden die Bewertung eventuell vorhandener Vegetationsschäden, bedingt durch die darunter befindlichen Ablagerungen, eingestuft. *„Meist war nicht feststellbar, ob die Schäden über die im Ackerbau üblichen hinausgingen“* [Heyer 2003a]. Für die Vor-Ort-Begehung wurde ein mittlerer Zeitaufwand von 3,5 Stunden aufgewendet. Die Begehung diente weiters als Grundlage für die Befragung von Personen und zur Planung der weiteren Untersuchungsschritte (Bodenluftuntersuchungen und Schürfe).



Abbildung 6: Links: Oberflächenabdeckung am Standort EI, erkundet mit Spaten und Krampen. Rechts: Oberflächenabdeckung am Standort OH, erkundet mit dem Bodenbohrer, entnommen dem Abschlussbericht EVAPASSOLD Phasen I-III [NÖ Landesakademie 2005]

**Die Begehung des Standortes erwies sich als äußerst informatives Verfahren** [Heyer 2003a]. Wichtig ist es für den Sachverständigen durch die Begehung ein „Gefühl“ für den Standort und die Abgrenzung der Ablagerung sowie die Umgebung zu bekommen [Huter 2003a].

#### 4.1.3 Befragung

Es wurde ein Fragebogen für die standardisierte Befragung von Zeitzeugen erarbeitet. Da das Thema „ehemalige Deponien“ allgemein als negativ belastet eingestuft wird, war es das vorrangige Ziel, Antwoorthemmungen zu überwinden [Donat et al. 2003]. Daher war ein Schwerpunkt die Ausarbeitung des Fragebogens nach den Grundsätzen der empirischen Sozialforschung. Die Gruppe der befragten Personen wies eine große Heterogenität hinsichtlich Alter, Beruf und Bildung auf. Die Angaben hinsichtlich Inhaltstoffe, Größe und Ablagerungszeitraum der Deponie gaben unterschiedliche Ergebnisse.

Tabelle 5: Übersicht zu den Größenangaben der Ablagerungen durch die befragten Personen im Vergleich zur Aktenlage und zur Luftbildauswertung [Heyer 2003a]

Stand Ort	Akten m <sup>3</sup>	Befragung m <sup>3</sup> Personengruppe 1	Befragung m <sup>3</sup> Personengruppe 2	Luftbild m <sup>3</sup> 100 % Verfüllung
DR	15.000	Bürgermeister: 40.000	Ehemaliger Vizebgm.: 8.000	Screening: 11.800 DHM: 13.700
ER	4.000	Bürgermeister: 150.000	Eigentümer: 20.000	Screening: 18.600 DHM: 6.100
LA	10.000	Eigentümer 3.000	Eigentümer 35.000	Screening: 38.600 DHM: 26.500
LS	4.000 - 8.000	Gemeindesekretär: 64.000	Eigentümer: 6.000	Screening: 6.800 DHM: 9.000



RP	10.000 - 15.000	Vizebürgermeister: 30.000	Ehem. Gemeindearb. 5.000	Screening: 18.700 DHM: 15.100
GR	5.400	Bürgermeister: 20.000	Eigentümer: 140.000	Screening: 10.800 DHM: 11.500
HO	10.000	Ehem.Gemeindearb. 15.000	Eigentümer: 8.000	Screening: 3.700 DHM: 7.600
SF	3.000 (70.000)	Gemeindemitarbeit.. 96.000	Eigentümer: 8.000	Screening: 106.900 DHM: 23.700
EB	25.000	Ehem. Amtleiter 56.000	Ehem. Revierförster: 50.000	Screening: 37.800
HA	?	Ehem. Vizebgm. 7.200 – 9.600	Ehem. Gemeindearb. 20.000	Screening: 31.300
HB	?	Vizebürgermeister: 2.250	Ehem. Gemeindearb. 13.500 – 24.000	Screening: 5.700
NF	25.000 - 30.000	Amtsleiter 112.00	Ehem. Eigentümer: 7.500 – 120.000	Screening: 47.100
PU	39.000	Ehem.Gemeindearb. 6.000	Eigentümer: 48.000	Screening: 33.800
TU	50.000	Ehem.Gemeindearb. ?	Ehem. Eigentümer: 40.500	Screening: 83.200

Screening: Screening Luftbild    DHM: Digitales Höhenmodell

Insgesamt zeigt die Tabelle einen akzeptablen Zusammenhang zwischen den Werten im Akt, den Schätzungen der meisten Grundbesitzer und den Werten der Luftbildauswertung. Weniger brauchbar erwiesen sich die Angaben der Gemeindevertreter.

Zur Abgrenzung der Ablagerung und für die Positionierung der später durchgeführten Schürfe war die Befragung vor Ort (Anrainer, Grundbesitzer, Gemeindemitarbeiter) oftmals unverzichtbar [Heyer2003a].

#### 4.1.4 Luftbildanalyse

Für die Projektphase I wurden ein Luftbildscreening und eine Luftbildanalyse durchgeführt. Beim Luftbildscreening wurde die zeitliche Abfolge der Müllschüttung untersucht. Von den Altablagerungen wurden von jedem Jahrgang die Begrenzungslinien der einzelnen Ablagerungsflächen bestimmt, in unterschiedlichen Farben dargestellt und lagerichtig in das Orthophoto übertragen. Für jede Subfläche wurden, soweit als möglich, der Verfüllungsgrad, die Art der Verfüllung und die momentane Nutzung angegeben. Mit einem Stereomicrometer wurde die relative Tiefe zur Abschätzung der ungefähren Kubatur bestimmt. Eine wesentlich aufwendigere Luftbildinterpretation nach der Attributliste für Luftbildauswertung der NÖ Landesregierung und eine 3D-Modellierung wurde nur für die Standorte der Phase I durchgeführt.

Als Ergebnis kann festgehalten werden:

Für die Rekonstruktion der Lage und Ausdehnung der Altablagerung stellt die Screening-Analyse ein hilfreiches Untersuchungsverfahren dar. Die Volumensbestimmung liefert jedoch

nur bei geometrisch einfachen Grubenverfüllungen brauchbare Ergebnisse [Ortner & Leditzky 2003].

## 4.2 Hydrogeologische Standortsituation und Klima

An allen 14 näher betrachteten Altablagerungen wurden die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse zur Beurteilung des Gefährdungspotenzials der Altablagerung erfasst. Generell lassen sich nach dem vorliegenden Gesamtbericht [Heyer 2003a] aufgrund der Gegebenheiten der untersuchten Altablagerungen aus hydrogeologischer Sicht drei grundlegende Standorttypen charakterisieren. Diese Typisierung ist im Hinblick auf den erforderlichen Untersuchungsaufwand zum Grundwassermonitoring für die Erstbewertung von großer Bedeutung.

- **Altablagerungen über Porengrundwasserleiter (z.B. Schottergrubenverfüllung)**

*Die Altablagerungen liegen auf (u.U. auch in) einem Porengrundwasserleiter. Ein Porengrundwasserleiter kann hydraulisch hinsichtlich Strömungsrichtung, Grundwasserabstandsgeschwindigkeit, Grundwassergefälle, Sedimentdurchlässigkeit usw. erfasst werden. Dazu sind die Errichtung eines Pegelnetzes und die Auswertung von Pumpversuchen notwendig. Hydrogeologisch gesehen sind Porengrundwasserleiter meist wasserwirtschaftlich von größerer Bedeutung, und es muss davon ausgegangen werden, dass im Abstrombereich der Altablagerungen Wasserversorgungen vorhanden sind. Im Regelfall wird Deponiesickerwasser bei solchen Ablagerungstypen nicht frei austreten, sondern unmittelbar unter dem Deponiekörper in den Aquifer gelangen und mit dem Grundwasserstrom abtransportiert. Hier tritt nach Maßgabe der Durchlässigkeit, Grundwassermächtigkeit usw. ein Verdünnungseffekt ein. Die Ergebnisse der hydrochemischen Analysen von Wasserproben, welche aus im unmittelbaren Abstrombereich solcher Altablagerungen errichteten Sonden gezogen wurden, zeigen, dass aufgrund des Alters und der damit stattgefundenen Auslaugung der Altablagerung sowie des Verdünnungseffektes kaum mehr der Nachweis einer Grundwasserkontamination durch die Ablagerung geführt werden kann (näheres siehe Kapitel 4.5.4 Grundwasseranalysen). **Im Allgemeinen können somit aufwendige Untersuchungen des Grundwasserkörpers durch Bohrungen nicht als zielführend angesehen werden.** Da als Abdeckmaterial zur Oberflächenabdeckung zumeist Sedimente aus der nächsten Umgebung verwendet wurden, bestehen die Rekultivierungsschichten hier vorwiegend aus gut- bis mittel durchlässigem Material. Bei Schottergrubenverfüllungen ist daher in erster Linie mit bereits weitgehend stabilisierten (ausgelaugten) oder aktuell emittierenden (Mobilisierung und Auslaugung dauert noch an), aber kaum potenziell emittierenden Ablagerungstypen (nahezu keine Auslaugung aufgrund reduzierten Niederschlageintrags) zu rechnen.*

- **Altablagerungen auf dichtem Untergrund**



*Dies sind Verfüllungen von Gräben oder Geländemulden in geologisch-sedimentologischen Bereichen wie Schlier, tertiäre Tone, Schluffe usw., aber auch klufffreie bzw. kluffarme Festgesteine wie Phyllite, verschiedene kristalline Schiefer oder Gneise. Der Müll wurde entweder unmittelbar auf das anstehende und praktisch undurchlässige Gestein bzw. auf eine geringmächtige Lockergesteinsauflage (Verwitterungsschwarte) desselben geschüttet. Aufgrund des wasserstauenden Untergrundes kommt es im ersteren Fall zu freien Sickerwasseraustritten am Deponiefuß. Im Falle einer vorhandenen Verwitterungsschwarte strömt Deponiesickerwasser diffus in dieser ab und kann daher durch seichte Aufschlussmaßnahmen (Schürfe) erfasst werden. **Das Abteufen von Bohrungen zum Zweck der Errichtung von Pegeln für Grundwasserbeprobungen kann aufgrund der beschriebenen Situation keine zielführende Maßnahme sein.** Für die Abdeckung der Oberfläche wird überwiegend Aushubmaterial verwendet, welches in der näheren Umgebung anfällt. Dieses bindige, tonig-schluffige Material, entsprechend verdichtet eingebracht, ist als praktisch wasserundurchlässig oder minder durchlässig anzusehen. Potenziell emittierende Ablagerungstypen (d.h. Schadstoffpotenzial noch weitgehend im Abfallkörper, da es bisher nur in geringem Umfang ausgelaugt wurde) werden daher in erster Linie in solchen Regionen (Flysch, Schlier) zu finden sein.*

- **Ablagerungen auf minder wasserführenden Gesteinen**

*Zusammengefasst werden hier Ablagerungen, welche auf hydraulisch schwer erfassbaren oder definierbaren, oft auch gar nicht zusammenhängenden Aquiferen liegen. Hierzu zählen verschiedenste Kluftaquifere ebenso wie unzusammenhängende und unbedeutende Lockergesteinsaquifere (Sandlinsen). Ihre Gemeinsamkeit ist, dass zwar Wasser im Deponieuntergrund vorhanden sein kann, die Zusammenhänge (falls sie vorhanden sind) aber nur durch aufwendige Untersuchungen, welche in jedem Einzelfall auf die spezielle Situation abgestimmt werden müssen (Bohrungen, Markierungsversuche, Pumpversuche, hydrochemische Untersuchungen, Isotope etc.), erfasst werden können. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass kleinere Einzelwasserversorgungen im Einflussbereich der Ablagerungen liegen. Besonderes Augenmerk sollte bei der Beurteilung auf in der Umgebung vorhandene Quellaustritte gelegt werden. Die Untersuchungen an solchen Standorten haben aber gezeigt, dass der überwiegende Teil der abgeteufte Bohrungen trocken war.*

*Im Allgemeinen kann daher bei allen angeführten Standortklassen die Erkundung der hydrogeologischen Verhältnisse mittels einer vertretbaren Anzahl von Bohrungen kaum als taugliches Mittel zur Erkundung der hydrogeologischen Verhältnisse im Untergrund angesehen werden. **Der Nachweis einer möglichen Grundwasserkontamination sollte sich daher in erster Linie auf die Untersuchung von Quellen bzw. Brunnen im Abstrombereich konzentrieren** [Heyer 2003a].*

Die Intensität der Umsetzungsvorgänge in einer Deponie wird stark von ihrem Wassergehalt bestimmt. Diese Umsetzungsvorgänge führen über Auslaugung und gasförmige Emissionen zu einer allmählichen Stabilisierung des Deponiekörpers. „Unter der Einschränkung, dass keine Grundwasserbeeinflussung bei den Altablagerungen gegeben ist, spielt als Wasserquelle das niederschlagsbürtige Sickerwasser die ausschlaggebende Rolle“ [Ortner & Leditzky 2003]. Der in die Deponie einsickernde Anteil des Niederschlagswassers wurde mittels Bodenwasserhaushaltsmodell bestimmt. Die Autoren verwenden den Begriff Sickerwasser für diesen in den Müllkörper einsickernden Anteil des Niederschlagswassers. Dieser Anteil ist somit auch entscheidend für den Austrag in den Aquifer bzw. Vorfluter. Wobei die Dauer der Verfüllung (meist über mehr als 10 Jahre offen) und die Art der Oberflächenabdeckung die maßgeblichen Parameter darstellen. Der Sickerwassereintrag für offene, noch nicht abgedeckte Altablagerungen, wurde mit dem modifizierten Einschichtbilanzmodell in Anlehnung an Spillmann und Collins, zitiert in Ramke 1991 berechnet [Ramke 1991]. Das in der ersten Phase verwendete Modell zur Berechnung des Sickerwassereintrages in rekultivierte Altablagerungen wurde in Phase II um einen Interzeptionsansatz erweitert. Basis der Berechnungen bildeten Bodendaten, die an einer für die Abdeckung repräsentativen Profilgrube ermittelt wurden, Landnutzungsdaten sowie Klimadaten, die der, der Altablagerung nächstgelegenen und klimatisch am besten entsprechenden Klimastation entstammen. Vom Verfasser dieser Dissertationsarbeit wird statt dem Begriff Sickerwasser der Begriff Infiltration verwendet, da dieser fachlich zutreffender erscheint und in der Formel für die Ermittlung des Wasser/Feststoff-Verhältnisses von den Autoren ebenso genannt wird.

Tabelle 6: mittlere Infiltration als Anteile des Niederschlags in die offenen und geschlossenen Altablagerungen [NÖ Landesakademie 2005]

Standort	Niederschlag* [mm/a]	mittlere Infiltration in Deponie „offen“ [mm/a]	mittlere Infiltration in Zeitraum Deponie „geschlossen“ [mm/a]
<b>1.Phase</b>			
LS	1516	987	1511
ER	1164	664	483
LA	663	275	329
GR	851	279	vernachlässigbar
SF	753	318	vernachlässigbar
HO	753	314	230
DR	508	154	174
RP	857	478	431
<b>2. Phase</b>			
HA	1679	1102	1140
TU	931	398	Vernachlässigbar
NF	742	333	Vernachlässigbar
HB	1071	552	566
PU	836	317	Vernachlässigbar
EB	1679	1055	1227
<b>3.Phase</b>			
EI	707	393	50

NU	967	380	134
FR	931	337	239
GÖ**	610	-	-
GO	1200	510	194
HF	937	370	225
IM**	521	-	-
PI	1157	467	203
RA**	662	-	-
SA	967	369	174
ST**	521	-	-
WE	931	267	111
LE**	-	-	-
SM	967	464	228
OE	610	137	87
EL	610	137	50
SC**	-	-	-
LO	1358	733	531
OH**	-	-	-
PÖ	836	234	90

\*: langjähriges Mittel (Datenquelle: Klimadaten von Österreich 1961-1990 der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien)

\*\* : keine Ergebnisse, da Altablagerung mit zu geringem Hausmüllanteil von der Simulation ausgeschlossen wurden bzw. Standorte, für die keine Schurfgenehmigung erreicht werden konnte.

In der oben dargestellten Tabelle erscheinen einige Werte für Sickerwasserraten (d.h. mittlere Infiltration [mm/a] von geschlossnen Altablagerungen nicht plausibel. Diese wurden **fett** gekennzeichnet. Bei diesen Standorten wurde die Sickerwasserrate für den offenen, noch nicht abgedeckten Zustand niedriger ermittelt als für den abgedeckten Zustand. Es wurden daraufhin die vorliegenden Originaldatensätze erhoben. Dies ist dadurch begründet, dass für die Ermittlung der Sickerwasserraten die entsprechenden Jahresreihen (für offenen und für geschlossenen Zeitraum) herangezogen wurden. Infolge höherer Niederschlagswerte in den Jahren, wo die Altablagerung bereits geschlossen war, kommt es anteilmäßig auch zu höheren Sickerwasserraten. Diese gemittelten Sickerwasserraten sind in weiterer Folge als Ausgangsparameter für die Berechnung des Wasser/Feststoff-Verhältnisses als Infiltration in die „offene“ Deponie  $I_o$  und als Infiltration in die „geschlossene“ Deponie  $I_R$  eingegangen (Siehe dazu Kapitel 3.4).

Es wurden verschiedene Modelle zur Sickerwasserberechnung gegenübergestellt. Die Autoren des Abschlussberichtes der Phase I-III des Projektes EVAPASSOLD kommen zu folgendem Schluss:

*Aus vielerlei Gründen (Vergleichbarkeit, Modellverbreitung, Modellweiterentwicklung, umfangreichere Prozessabbildung etc.) wird daher empfohlen, zur Berechnung der Sickerwasserraten das **Modell BOWAHALD** heranzuziehen. Die Verfügbarkeit der notwendigen Inputparameter und die Bedienerfreundlichkeit des Programms ermöglichen eine gute Anwendbarkeit im Hinblick auf eine Erstbewertung [NÖ Landesakademie 2005].*

Im Phase III wurden für die Faktoren, die in das Modell BOWAHALD eingehen, an ausgewählten Standorten einer Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Die Anpassung der

Niederschlagsverteilung auf den jeweils betrachteten Zeitraum ist insbesondere dann wichtig, wenn der betrachtete Zeitraum sehr kurz ist. Es ergaben sich bis zu 14 % Abweichungen bei der Infiltration gegenüber dem langjährigen Jahresmittel. Bei der Berechnung des Wasser/Feststoff-Verhältnisses relativiert sich dieser Fehler jedoch wieder, da hier der Einfluss des kurzen Zeitraumes ausgleichend wirkt.

In Abhängigkeit von der Art der Oberflächenabdeckung und der Rekultivierung tritt die Bedeutung der klimatischen Verhältnisse mit abnehmender Wasserdurchlässigkeit in den Hintergrund und ist schließlich bei dichter Abdeckung praktisch zu vernachlässigen. Bei einer Verletzung der wasserundurchlässigen Oberflächenabdeckung, sei es durch Folgenutzung, Änderung der Vegetation, Erosion etc. gewinnen die klimatischen Verhältnisse wieder an Bedeutung.

### 4.3 Bodenluftuntersuchungen

Im Zuge des Gesamtprojektes der Phasen I-III wurden ca. 220 Analysen auf die Hauptkomponenten Methan, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff und Sauerstoff sowie die Spurengase  $\Sigma$ LHKW,  $\Sigma$ BTX und  $\Sigma$ KW (Alkane) an Bodenluftproben durchgeführt. Während der Gasabsaugversuche erfolgten zusätzlich mehrere hundert Messungen zu Veränderungen der Bodenluftbeschaffenheit.

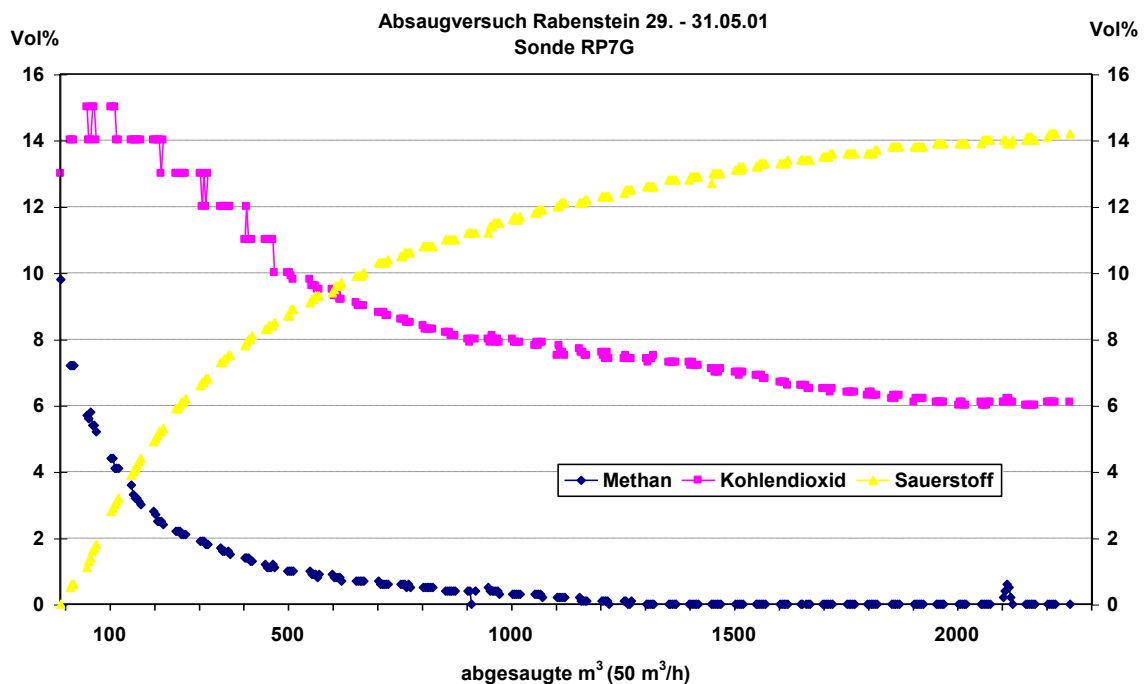


Abbildung 7: Verlauf der Konzentrationen von Methan, Kohlendioxid und Sauerstoff aus einer der Sonden des Absaugversuches des Standortes RP, entnommen dem Abschlussbericht EVAPASSOLD Phasen I-III [NÖ Landesakademie 2005]

Die Ergebnisse brachten je nach (noch) vorhandener biologischer Aktivität unterschiedlich hohe Konzentrationen der Hauptkomponenten. Viele der untersuchten Flächen wiesen keine bzw. nur sehr geringe Konzentrationen an Methan auf. Jedoch gab es auch Altablagerungen wie RP und SF, die noch nennenswerte Deponiegaskonzentrationen, aufwiesen.

In RP konnte in allen Bohrungen, mit Ausnahme des Punktes Nr. 2, Methan in der Bodenluft nachgewiesen werden. Die gemessenen Methankonzentrationen lagen im Bereich von 5 bis 44 Vol.%. Der Sauerstoffgehalt war an allen Messstellen niedrig (um 3 bis 6 Vol.%). Der nachfolgend durchgeführte Absaugversuch zeigte in den insgesamt 4350 m<sup>3</sup> (Summe aus 2 Sonden) abgesaugtem Gas Methan und Kohlendioxid in rasch sinkenden Konzentrationen. Als Spurengase konnten LHKW mit rund 4 mg/m<sup>3</sup> und Alkane mit rund 2,5 mg/m<sup>3</sup> über den gesamten Verlauf der Absaugung nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der Bodenluftuntersuchungen erwiesen sich [Heyer 2003a] zum überwiegenden Teil als brauchbar für eine Erstabschätzung der Stoffgefährlichkeit von Altablagerungen. Die vor Ort gemessenen Gehalte an Methan und Kohlendioxid erlaubten Rückschlüsse auf die biologische Aktivität des Deponiekörpers und bestätigten, im chronologischen Ablauf der Erkundungen, erstmals mit konkreten Daten, den aus der Besichtigung vage abgeleiteten Typ der Ablagerung, d.h. „emittierend“, „potentiell emittierend“ oder „stabilisiert“. Die mit erheblichem Aufwand im Labor analysierten Gehalte der Spurengase gaben punktuelle Hinweise auf gefährliche Deponie-Inhaltsstoffe, ließen sich aber nicht verallgemeinern und standen auch nicht im direkten Zusammenhang mit den Ergebnissen der Vor-Ort Messungen.

Es ergaben sich *„sehr wertvolle Zusatzinformation durch die visuelle Beurteilung der Bohrkerne“*, aus den Bodenluftsonden, *„zumal Mächtigkeit und Art der Abdeckschicht sowie die ungefähren Anteile an Hausmüll im Deponiekörper zumindest grob abgeschätzt werden konnten“* [Donat et al. 2003]. Aus den Bohrkernen der Sondierungsbohrungen für die temporären Bodenluftsonden der Altablagerung LS, konnte kein Hausmüllanteil erkannt werden, erst die nachfolgenden Schürfe gaben dann aber den Eindruck einer Hausmülldeponie wieder. Dennoch ist die Einschätzung der Stoffgefährlichkeit aus den Vor-Ort Messungen korrekt gewesen, zumal keine Restaktivität und auch kaum noch eluierbare Anteile im Müllkörper zu finden waren [Donat et al. 2003].

In den Projektphasen II+III wurden vor Ort zusätzlich die Leitfähigkeit aus dem Schnelleuat der Bohrkerne gemessen. Dazu wurden etwa 10 g Abfallprobe aus dem Bohrkern entnommen und in 100 ml destilliertem Wasser suspendiert. Nach einer Stunde wurde die Leitfähigkeit mit Hilfe eines Leitfähigkeitstesters der Firma HANNA Instruments (Dist Wip 4) gemessen. Großer Wert wurde auch auf eine detaillierte Ansprache des Materials in den Bohrkernen gelegt.

Mit außerordentlich geringem Zusatzaufwand konnte mit dieser vereinfachten Methode beispielsweise am Standort PU die Existenz von zwei unterschiedlich ausgelaugten

Müllschichten belegt werden und damit vor Ort zur Erklärung der stark schwankenden Bodenluftwerte (Nachweis von Methan) beigetragen werden.

Es wurde, wie in der ÖNORM S 2088-3 vorgeschlagen, das Verhältnis Methan/Kohlendioxid bestimmt. Damit lässt sich eine voraussichtliche Zuordnung der meisten Altablagerung zu den Langzeitphasen vornehmen [Rettenberger 1995].

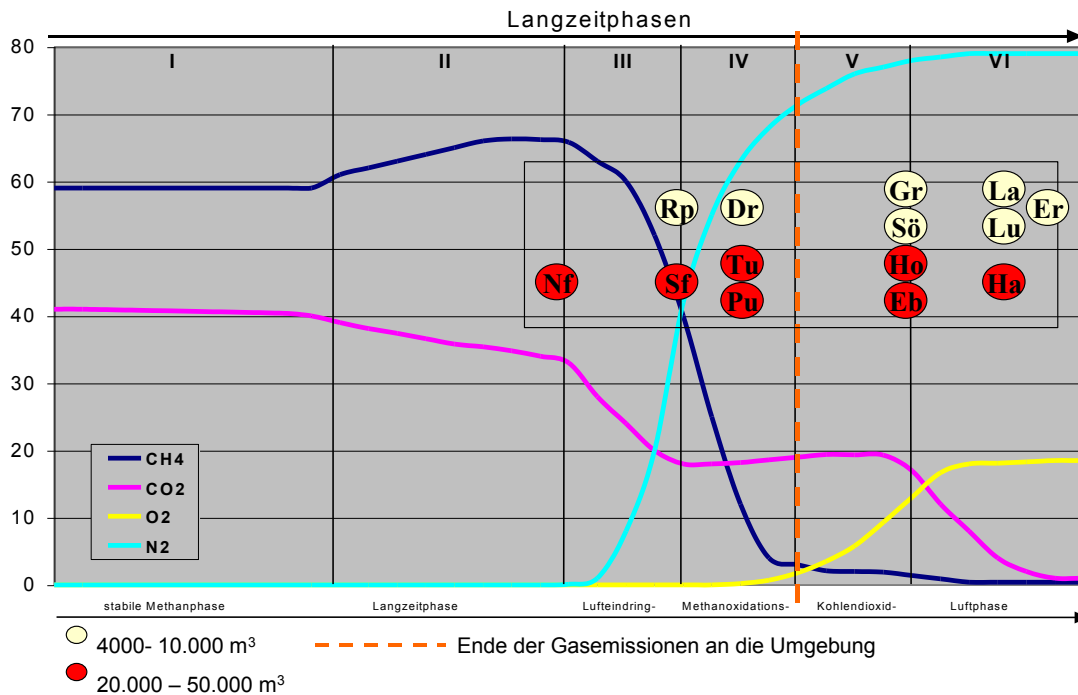


Abbildung 8: Gas-Langzeitphasen der Standorte anhand Bodenluftuntersuchungen, entnommen aus Endbericht EVAPASSOLD, Bereich 3 Abfallwirtschaft [Heyer 2003a]

Bei der Volumenangabe in der oben stehenden Abbildung handelt es sich um das Ablagerungsvolumen der Altablagerung.

Tabelle 7: Zuordnung der Altablagerungen der Projektphasen I+II aufgrund ihrer durchschnittlichen CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> Verhältnisse zu den Deponielangzeitphasen nach Rettenberger, entnommen dem Endbericht EVAPASSOLD [Heyer 2003a] und dem zusammenfassenden Abschlussbericht Phasen I-III [NÖ Landesakademie 2005].

Bezeichnung	Langzeitphase	durchschn. CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> -Verhältnis		Altablagerung
		Min.	Max.	
stabile Methanphase	I	1,25	1,5	RP (1,46)
Langzeitphase	II	1,7	2,3	FR, NU (2,8)
Luft eindringphase	III	2,3	2,4	NF (2,64)
Methanoxidationsphase	IV	0,2	2,4	DR (0,41) PU (0,61 im Norden; 1,09 im Süden)

				TU (0,47), EL, HF, PI, SA
Kohlendioxidphase	V	0,08	0,2	EB (0,2), SF (0,98), OH, PO
Luftphase	VI	0	0,08	ER (0), GR (0), LA (0), LS (0), HO (0), HB (0,01) HA (0), EI, GÖ, IM, OE, RA, SC, ST, GO

Die Absaugversuche brachten zusätzliche Informationen, die sich als hilfreich für weitere Interpretationen der aus den temporären Sonden gemessenen Gaszusammensetzungen erwiesen [Heyer 2003a]. Die Ergebnisse der Absaugversuche alleine hätten jedoch nicht ausgereicht, in allen Fällen schlüssige und korrekte Gefährdungsabschätzungen zu erstellen. So war in zwei der untersuchten Standorte die Beweglichkeit (freie Verteilung) von Methan behindert. In einem Fall (RP) war das Methan überwiegend in den abgelagerten, sehr reißfesten Müllsäcken eingeschlossen, im anderen Fall (SF) war der Müll vermisch mit lehmigem Aushubmaterial verdichtet eingebaut worden. In beiden Fällen sanken die Methankonzentrationen bei den Absaugversuchen rasch ab. Ohne Vergleich mit den Messungen aus den temporären Sonden hätte dies zu einer zu niedrigen Einschätzung der Gesamtgasmengen und des  $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -Verhältnisses geführt. In RP waren die stark schwankenden Methankonzentrationen durch die sehr reißfesten Müllsäcke erklärbar. Diese Erklärung ergab sich jedoch erst nach Durchführung der Schürfe. Das Fehlen von Methan in Ebensee und die Bestätigung der hohen Methankonzentrationen in NF waren weitere wertvolle Aussagen.

Für die Klärung der Auswirkung besonderer Standortsituationen können Absaugversuche empfohlen werden. Einer routinemäßigen Anwendung stehen der vergleichsweise große Aufwand und Unsicherheiten in Bezug auf mögliche Behinderungen der Gasdiffusion entgegen, wodurch Ergebnisse verfälscht werden können.

Im Zuge der Vorstellung der Ergebnisse der Phase III des Projektes EVAPASSOLD im Rahmen der ÖWAV-Tagung „Hausmülldeponien im ländlichen Raum“ am 31. Mai 2006 wurde auch das Thema der möglichen Gefährdung der Anrainer durch Deponiegase in einem Beitrag [Traindl 2006] behandelt. Für die Erstabschätzung einer potentiellen Gefährdung durch migrierendes Deponiegas werden in der Regel Bodenluftuntersuchungen vorgenommen. In der ÖNORM S 2088-3 Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Luft finden sich in Tabelle 3 Orientierungswerte für Methan und Kohlendioxid mit empfohlenen Maßnahmen für bebaute Gebiete.



Tabelle 8: Orientierungswerte für Deponiegas-Konzentrationen und empfohlene Maßnahmen für bebaute Gebiete nach ÖNORM S 2088-3

Gastyp	Konzentrationsschwelle „Anteil im Deponiegas“ (Orientierungswert)	Empfohlene Maßnahmen
Methan	> 5 Vol. %	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erhebung, ob bei den Gebäuden bereits Maßnahmen zur Gasabwehr bzw. Gasableitung gesetzt wurden.</li> <li>▪ Erhebung unterirdischer Einbauten im Altablagerungsbereich.</li> <li>▪ Wiederholung der Messungen zur Beobachtung eventueller jahreszeitlicher Konzentrationsschwankungen.</li> <li>▪ Umgehende Information der zuständigen Behörden, der Bewohner und der Grundstückseigentümer.</li> <li>▪ Raumlufmessungen: Messung der Hauptkomponenten Methan, Kohlendioxid und Sauerstoff in den Objekten (vor allem Kellerräume und Schächte) zur Feststellung allfälliger Deponiegasmigration.</li> </ul>
Methan	> 20 Vol. %	<p>Prüfung der Notwendigkeit weiterer Sicherungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der tatsächlichen Nutzung und Bebauung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Installation von stationären Gaswarngeräten.</li> <li>▪ Errichtung einer dauernd wirksamen Belüftung.</li> <li>▪ Minderung der Gasmigration durch Abdichtungsmaßnahmen oder Herstellung von Gasdrainagen.</li> <li>▪ Verdichtung der Bodenluft-Untersuchungen.</li> <li>▪ Errichtung stationärer Bodenluftsonden zur Durchführung wiederholter Messungen.</li> <li>▪ Untersuchung von Spurenstoffen, soweit relevant.</li> </ul>
CO <sub>2</sub>	> 5 Vol. %	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prüfung einer möglichen Ansammlung des erstickend wirkenden Kohlendioxids im umliegenden Gelände, insbesondere in tiefer liegenden Gebäudeteilen (Einbautenerhebung, Geländebegehung, Raumlufmessungen, Bodenaufbau).</li> <li>▪ Raumlufmessungen, vor allem in Kellerräumen.</li> <li>▪ Messungen in unterirdischen Bauwerken. (Brunnen, Schächte)</li> <li>▪ Prüfung der Minimierungsmöglichkeiten von Deponiegaseintritten sowie der aktiven Be- und Entlüftung von Gebäuden.</li> </ul>

Je nach Zusammensetzung und Konzentration des sich verbreitenden Deponiegases kann es zu unterschiedlichen Gefährdungen in Gebäuden und unterirdischen Einbauten kommen:

- Methan ist leichter als Luft und sammelt sich in geschlossenen Räumlichkeiten im „oberen“ Bereich an. Für Methan wird als Beurteilungsgrundlage in erster Linie der Explosionsbereich zündfähiger Gemische mit Luft herangezogen (Explosionsgrenzen: 4,8 bis 15 Vol. %).
- Kohlendioxid ist schwerer als Luft und sammelt sich in tieferen Bereichen von Gebäuden (Keller, Schächte) an. Für Kohlendioxid gilt der MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration) von 9.000 mg/m<sup>3</sup> bzw. 5.000 ppm (= 0,5 Vol. %)

Müller kommt in seinem Beitrag „Nachnutzung von Altablagerungen – Voraussetzungen und Einschränkungen“ auf der ÖWAV-Tagung „Hausmülldeponien im ländlichen Raum“ 2006 [Müller 2006] insbesondere bei kommunalen Altablagerungen, die noch eine deutliche Deponiegas- bzw. Methanbildung mit Methan > 5 Vol.% zum Schluss, dass diese grundsätzlich nicht als Dauersiedlungsflächen genutzt werden sollten. Derartige Empfehlungen sind nach Müller im Einzelfall im Widerspruch zu Flächenwidmung, örtlicher und überörtlicher Raumplanung. Die Ausarbeitung eines umfassenden technischen Konzeptes, um Risiken aus Deponiegas und für die Sicherheit von Gebäuden und Anlagen im Allgemeinen auszuschließen, wird gefordert. Auch für die Sicherung von Gebäuden und Anlagen gegen Deponiegasmigration sind verschiedenste technische Maßnahmen (z.B. Gasdrainageleitungen oder belüftete Zwischenräume mit passiver oder aktiver Entgasung des Untergrundes vor dem Gebäude, Einbau von Gassperren und gasdichte Ausführung von Leitungsdurchführungen) möglich. Als weitere Möglichkeit führt Novak [Novak 2006] in seinem Beitrag aus, dass auch eine Folgenutzung durch Integration von Methanoxidationsfenstern in das Nachnutzungskonzept möglich und kostengünstig umsetzbar ist. Eine sorgfältige Auslegung in Anlehnung an das ÖWAV Regelblatt 502 – Entgasung von Deponiekörpern- und eine ebensolche Baudurchführung ist für die dauerhafte Sicherung unumgänglich. Laufende Kontrollmessungen an der Oberfläche der Methanoxidationsfenster haben im Zeitraum von einem Jahr keine erhöhten Konzentrationen von Deponiegas gezeigt. Auch Geruchsprobleme der Nachnutzer sind bis zu diesem Zeitpunkt nicht bekannt geworden [Novak 2006].

#### **4.4 Erkundung durch Schürfe und Entnahme von Feststoffproben**

Im Rahmen des Projektes EVAPASSOLD wurde an insgesamt 28 Altablagerungen mittels Baggerschürfen erkundet. Bei den kleineren Altablagerungen der Phase I wurden 3-5 Schürfe, bei den größeren Ablagerungen der Phase II 8-12 Schürfe abgeteuft. Insgesamt wurden 102 Schürferkundungen an den 14 Standorten durchgeführt. Die Schürfe wurden möglichst nahe zu den Punkten der Bodenluftentnahme gesetzt, um mögliche Zusammenhänge zwischen Bodenluft und Deponiekörper zu erfassen. Die Tiefe der Schürfe betrug meist 4-5 m. Es wurde versucht möglichst bis zur Basis des Müllkörpers abzuteufen, um diesen beschreiben und die Durchlässigkeit abschätzen zu können.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Beschreibung bzw. die Ansprache (Homogenität, Zusammensetzung, geschätzter Anteil an Hausmüll) des Schurfmaterials gelegt, um das aktuelle und potentielle Schadstoffpotential des zentralen Müllkörpers sowie Informationen über den möglichen Schadstoffaustrag (Art und Mächtigkeit der Oberflächenabdeckung, Eindringen von Niederschlagswasser durch die Oberfläche, Elution mobiler Fraktionen im Müllkörper und Austrag durch die anstehende Bodenschicht in die Umgebung) zu erfassen.

Tabelle 9: Müllansprachen im Zuge der Feststoffprobennahmen Phase III, entnommen dem Abschlussbericht EVAPASSOLD Phasen I-III [NÖ Landesakademie 2005]

Standort	Abkürzung	Anteil Hausmüll	Analysiert am IAM
Eisgarn	EI	30 %	Ja
Erlach	EL	< 5% + GM <sup>2</sup>	Ja
Götzendorf	GÖ	< 1 %	Nein
Hainfeld	HF	50 %	Ja
Immendorf	IM	< 5%	Nein
Leiben	LE	< 2 %	Nein
Oeynhausen	OE	30 – 40 %	Ja
Pöchlarn	PÖ	20 % + MBA <sup>1</sup>	Ja
Schrems	SC	0%	Nein
Stiefen	ST	< 5 %	Nein
Frankenburg	FR	100 %	Ja
Großraming	GO	40 – 50 %	Ja
Lochen	LO	50 % + 50 GM <sup>2</sup>	Ja
Nussbach	NU	80 % + GM <sup>2</sup>	Ja
Ohlsdorf	OH	-	Nein
Pinsdorf	PI	80 %	Ja
Rainbach	RA	< 5 %	Ja
Sattledt	SA	80 % + GM <sup>2</sup>	Ja
St. Marien	SM	40 %	Ja
<b>Wendling</b>	WE	<b>10 %</b>	Ja

<sup>1</sup> MBA mechanisch-biologisch behandelter Restmüll <sup>2</sup> GM Gewerbeabfälle

IAM: Institut für Angewandte Mikrobiologie der Universität für Bodenkultur Wien

Es wurden je nach Standort in Phase I zwei bis fünf, in Phase II fünf bis neun Einzelproben (Qualifizierte Stichproben) in einer Menge von 15 -20 kg, bestehend aus jeweils 15 bis 20 Teilproben (Stichproben), entweder aus einem Schurf über die gesamte Tiefe oder aus einer deutlich erkennbaren, unterscheidbaren Schichte eines Schurfes genommen. Nach Möglichkeit wurden in der Projektphase I Proben aus dem zentralen Müllkörper und aus der Grenzschicht zum Untergrund getrennt entnommen. Zusätzlich zu den Einzelproben wurde in Projektphase I auch direkt vor Ort eine Mischprobe (Sammelprobe) der Altablagerung aus allen erfassten Schürfen hergestellt und eine Labormischprobe und eine Technikums-Mischprobe für die Reaktorversuche in Hamburg erstellt. An 2 Standorten wurden zusätzlich Proben für Klassierungsversuche entnommen. In Phase II wurden lediglich Labor-Einzelproben sowie eine Technikums-Mischprobe entnommen. Eine Mischprobe der Altablagerung wurde nach dem Homogenisieren im Labor aus allen Labor-Einzelproben

gewonnen. In der Phase III wurden an 20 Standorten Schürfe durchgeführt und aus jeden Schurf eine Einzelprobe entnommen, vor Ort händisch homogenisiert und zerkleinert. Mit Hilfe eines groben Handsiebes (Maschenweite 2 cm) wurden die Einzelproben gesiebt und zwei Mischproben der Altablagerung als Labormischproben und eine Technikums-Mischprobe gewonnen. Die Fraktion > 2 cm wurde vor Ort möglichst genau beschrieben und abgewogen.

Die Schurferkundung wurde von den Projektpartnern als unabhängige, eigenständige Methode bewertet. Der zeitliche und finanzielle Aufwand dafür hält sich in Grenzen. Für den Sachverständigen lassen sich erste wertvolle Indizien in Bezug auf Gefährlichkeit für die Umwelt durch die Betrachtung und organoleptisch-sensorische Beurteilung gewinnen. Die Oberflächenabdeckung kann so in Bezug auf Mächtigkeit und Material eingeschätzt werden und an vielen Standorten kann auch der sichtbar werdende Untergrund in die Einschätzung miteinbezogen werden.

Für eine Erstabschätzung wird es nicht als sinnvoll erachtet, dass eine große Zahl an Einzelproben untersucht wird. Wenn nur eine Mischprobe (Sammelprobe) je Altablagerung untersucht wird, so kann dadurch der Gesamteindruck der Altablagerung ausreichend eingeschätzt werden. Es ist ein Probennahmeprotokoll zu erstellen mit detaillierter Profilgruben-Beschreibung aller Schürfe, Schichtabfolge, Farbe, Geruch, Reaktivitätsstatus des Mülls und eventuelle Gründe dafür sowie Abschätzung der Anteile an Hausmüll/Bauschutt/Bodenaushub/Sondermüll [NÖ Landesakademie 2005]. Die Anlage der Schürfgruben ist dynamisch während der Schürfarbeiten zu bestimmen, je nach Konfiguration der Altablagerung. Als Richtwert wurde im Projekt getrachtet, je 30 m<sup>2</sup> einen Schurf abzuteufen. Ein Plan der Schürfe als Ergänzung zur Dokumentation ist erforderlich. Nach Möglichkeit sollte versucht werden, bis zum anstehenden Untergrund zu gelangen. Es wird empfohlen, zuerst alle Schürfe abzuteufen und erst dann zu entscheiden, wie viele davon zu beproben sind. Aus Schürfen, die nur geringe Anteile an Hausmüll enthalten, sollte weniger oder allenfalls keine Probe entnommen werden.

Auch aus geologisch-hydrogeologischer Sicht konnten durch die Ansprache von Oberflächenabdeckung und Untergrund im Zusammenspiel mit dem Geologischen Rahmen, die Einschätzung aus dem Aktenstudium und der Erstbegehung überprüft und gegebenenfalls revidiert werden. In Folge wurden daraus die drei vorne (siehe Kapitel 4.2) beschriebenen Standorttypen festgelegt.

Die systematische Untergrunderkundung mittels Bohrungen wird aus mehreren Gründen für nicht als sinnvoll erachtet [Ortner & Leditzky 2003]. Nur in einem Fall zeigte sich eine andere Einschätzung nach der Durchführung der Bohrkampagne. Dies war jedoch für die Abschätzung des Gefährdungspotentials nicht von Bedeutung. **Auf eine systematische Untersuchung der Altablagerung durch Tiefenaufschlüsse kann verzichtet werden.** Weiters wird das Abteufen von Bohrungen zum Ziel einer Grundwasserbeweissicherung nur bei deutlichen Hinweisen auf einen Aquifer im Deponieuntergrund (Kluftaquifer in

Festgesteinen oder Schlier, wasserführende Sandeinlagerungen in schluffigen Ablagerungen) für zielführend eingestuft [Ortner & Leditzky 2003].

## 4.5 Untersuchungen von Feststoffproben sowie Grund- und Sickerwasser

### 4.5.1 Bodenproben

In der Projektphase I wurden tonmineralogische Untersuchungen sowie die Ermittlung der Kationenaustauschkapazität an den Sedimenten der Deponiebasis durchgeführt. Diese Untersuchungen wurden als nicht zielführend für Altablagerungen eingestuft, da keine Beziehung zwischen den Ergebnissen und der Wasserchemie erkennbar war. In Projektphase II wurden verstärkt bodenkundliche Untersuchungen (Profilbeschreibung im Gelände und unterstützende Laboranalysen) der Rekultivierungsschicht zum Zweck der Bestimmung des Wassereintrages in den Müllkörper durchgeführt. Diese haben sich als absolut notwendige Maßnahme bestätigt [Ortner & Leditzky 2003]. In Projektphase III wurden vermehrt die Möglichkeiten des Einsatzes von Handbohrgeräten (nach Pürckhauer) zur Gewinnung von Aufschlüssen herangezogen. Hierbei zeigte sich jedoch, dass bei grobkörnigem Material keine Abschätzung und bei mineralischen Abdeckungen auch nur eingeschränkt Aussagen über die Lagerungsdichte und die Struktur der Abdeckungen gewonnen werden können. Diese sind jedoch für die Abschätzung der Sickerwasserrate von großer Bedeutung [Ortner & Leditzky 2003]. Müller stellt ebenfalls die Frage nach der Genauigkeit bei der Abschätzung der Durchlässigkeit der Oberflächenabdeckung und weist auf die Problematik bei Altablagerungen vor 1980 hin, wo der Aufbau der Oberflächenabdeckung vertikal als auch lateral als sehr heterogen eingestuft wird [Müller 2006].

Zusammenfassend hat sich die verstärkte Untersuchung des Untergrundes und der Oberflächenabdeckungen als wenig zielführend erwiesen.

### 4.5.2 Abfallfeststoffproben

Insgesamt wurden in den Phasen I-III mehr als 120 Feststoffproben einer Vollanalyse nach Tabelle 3: Orientierungswerte für Gesamtgehalte der ÖNORM S 2088-1 unterzogen. Bei den Feststoffproben konnten Schadstoffe meist in nur geringem Umfang nachgewiesen werden. *„Die Konzentrationen werden für die „Schadstoffsенke Deponie“ als gering eingestuft. Ferner weisen die Ergebnisse auf die grundsätzliche Schwierigkeit bei Feststoffuntersuchungen hin, trotz der Inhomogenität der Abfallablagerungen repräsentative Feststoffproben zu erzielen“* [Heyer 2003a].

Die aktuelle ÖNORM S 2088-1 wurde als Richtlinie für die Auswahl von Analysenparametern herangezogen. Diese gibt Prüfwerte und Maßnahmenswellenwerte für die jeweiligen Parameter vor. Im Rahmen des Projektes wurden zur Beurteilung der Altablagerungen die

Ergebnisse der chemischen Analyse der Feststoffproben als zentrale Bezugsgröße für die Stoffgefährlichkeit herangezogen. Die Aussagekraft und Trefferwahrscheinlichkeit aller anderen Erkundungsmethoden wurden an der chemischen Analyse relativiert.

In den Untersuchungsphasen I+II konnten bei fast allen Standorten, außer DR, Schwermetallkonzentrationen über den Prüfwerten nachgewiesen werden. Herausragend waren die Parameter **Blei**, **Zink** und **Chrom**. Maßnahmenschwellenwerte (MSW) wurden bei 3 Standorten für die Parameter **Cadmium (1x)**, **Zink (2x)** und **Chrom (2x)** überschritten. In Phase III zeigte sich ein ähnliches Bild. Von den 14 Altablagerungen wurden für die Schwermetalle Blei, Chrom Kupfer, Nickel und Zink oft Prüfwertüberschreitungen und bei den Parametern **Blei (1x)**, **Chrom (1x)**, **Kupfer (3x)** und **Zink (1x)** MSW-Überschreitungen festgestellt. Insgesamt ergeben sich bei 8 von 28 Altablagerungen MSW-Überschreitungen bei Schwermetallen.

Bei  $\Sigma$ KW kommt es bei 6 Standorten zu Prüfwert- und bei 4 davon auch zu MSW-Überschreitungen. Bei 7 Standorten wurden bei Summe PAK (6 Einzelsubstanzen) Prüfwertüberschreitungen, jedoch keine MSW-Überschreitungen festgestellt. **Die Bewertung in Anlehnung an die ÖNORM S 2088-1 erscheint den Autoren des Gesamtberichtes generell als aussagekräftig** [Heyer 2003a].

Die Analyse der Gesamtgehalte instabiler Verbindungen (z. B. Phenole, BTX, Flourid und Cyanid) erscheint den Autoren für mehr als 15 Jahre alte Ablagerungen wenig sinnvoll [Heyer 2003a]. Alle anderen Parameter der Tabelle 3, der ÖNORM S 2088-1 werden zur Untersuchung angeraten.

Bei zwei von 28 Standorten (TU in Phase II und LO in Phase III) kommt es bei mehreren Parametern zu Maßnahmenschwellenwertüberschreitungen. Der Standort LO wurde, aufgrund des hohen Industriemüllanteils, in den vergleichenden Bewertungen meist nicht mitberücksichtigt, da dieser Fall nicht dem Anwendungsfall des Projektes entspricht. Der Standort TU weist ein Volumen von 83.000 m<sup>3</sup> auf und hat teilweise Ablagerungen von überwachungsbedürftigen Sonderabfällen gezeigt. Daher wurde auch dieser in den Auswertungen nur eingeschränkt berücksichtigt. Dem Projekt waren Altablagerungen mit vorwiegend Hausmüllanteil und einem Volumen von maximal 50.000 m<sup>3</sup> zu Grunde gelegt.

### 4.5.3 Sickerwasser- und Eluatuntersuchungen

#### 4.5.3.1 Sickerwasseruntersuchungen

Die aussagekräftigsten chemischen Analysenwerte brachten die Analysen der wenigen gewonnenen Sickerwässer. Hier waren Schadstoffausträge gesichert nachzuweisen. Dennoch wird eingeschränkt, dass die Zuordnung der aus unbekanntem Rohren austretenden Wässer zu einer Schadstoffquelle durchwegs schwierig war [Heyer 2003a].



#### 4.5.3.2 Eluatuntersuchungen

Es wurden insgesamt mehr als 230 Eluate auf ihre schadstoffrelevanten Inhaltsstoffe untersucht. Insgesamt werden die Eluatbelastungen der Feststoffproben aller untersuchten Standorte als eher gering eingestuft [Heyer 2003a]. Nennenswerte Konzentrationen zeigten sich vor allem bei den Parametern Nitrat, Ammonium, Sulfat, AOX und CSB. Die Analyse der Schwermetalle und organischen Schadstoffe (PAK,  $\Sigma$ KW etc.) kann nach Meinung der Autoren entfallen, wenn die Gesamtgehalte eher gering sind [Heyer 2003a]. Aluminium (löslich) sowie Eisen und Mangan (Indikator für anaerobe Verhältnisse) sollten jedoch zur Abklärung der Verhältnisse analysiert werden. Weitere Einsparungen an Analysenparametern sind nur unter Informationsverlust zu erzielen. Obschon wasserlösliche Bestandteile, wie Chlorid, Stickstoffverbindungen und Sulfat eher in Gruppen auftraten, traf dies auf viele Einzelparameter, hier vor allem die Schwermetalle und organischen Schadstoffe nicht zu. Die hohen Chloridkonzentrationen im Standort RP stammen mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht vom Ablagerungsgut, sondern wurden größtenteils durch Düngemaßnahmen und insbesondere durch Salzstreuung verursacht [NÖ Landesakademie 2005]. Kurz vor der Probenahme fand ein „Jahrhundert“-Hagelereignis statt, im Zuge dessen, starke Salzstreuungen direkt neben der Fläche stattfanden.

**Ein unmittelbarer Rückschluss von den ermittelten Gesamtgehalten (Glühverlust, TOC, etc.) der Feststoffuntersuchungen auf das Emissionsverhalten der betrachteten Altablagerung ist nicht möglich [NÖ Landesakademie 2005].**

#### 4.5.4 Grundwasseranalysen

Bei den Altablagerungen wurden oberstromig und unterstromig Grundwassersonden gesetzt. Soweit vorhanden wurden Sonden oder Brunnen in die Messserien einbezogen. Es wurden zumindest drei, bei den Altablagerungen der Phase II, 5 Bohrungen abgeteuft. Je nach Beschaffenheit des Untergrundes wurden diese Bohrungen zu Sonden ausgebaut. In der Projektphase III wurde gänzlich auf eine Grundwasserbeweissicherung verzichtet.

Es wurden mehr als 130 Grundwasserproben auf die Parameter der Tabelle 4, Orientierungswerte für Grundwasser, der ÖNORM S 2088-1 untersucht. In vielen Fällen waren die gemessenen Konzentrationen sehr gering. Die an 14 untersuchten Altablagerungen festgestellten Differenzen zwischen an- und abstromig entnommenen Grundwasserproben waren fast in allen Fällen marginal und wären nach Meinung der Autoren zumeist auch aus der analytischen Unsicherheit erklärbar gewesen. *„Es ist sogar weitergehend die Frage zu stellen, inwieweit solche minimalen Einträge in den Grundwasserstrom überhaupt noch gesichert analytisch zu erfassen sind“* [Heyer 2003a].



## 4.6 Ökotoxizitätstests (Bioassays)

Unter Ökotoxizität versteht man schädliche Effekte von chemischen Verbindungen auf Lebewesen, deren Populationen und die natürliche Umgebung. Ihre Messung erfolgt im Allgemeinen in Form von sogenannten Toxizitätstests. Berücksichtigt man die unterschiedlichen Anwendungsbereiche und die Aussagekraft der Testergebnisse, so ist es sinnvoll, zwischen Toxizitätstests für Chemikalien und Toxizitätstests für kontaminierte Medien (Wasser- oder Bodenproben) zu unterscheiden. Zur besseren Übersicht werden Toxizitätstests von Chemikalien als Ökotoxizitätstests, jene von kontaminierten Medien ausschließlich als **Bioassays** bezeichnet [Edelmann et al. 2010].

Im Sinne dieser Einteilung sind die im Projekt EVAPASSOLD durchgeführten Untersuchungen als **Bioassays** zu bezeichnen.

In den letzten Jahren wurden Ökotoxizitätstests zu „*contaminated media tests*“ [Suter et al. 2000] oder „*Bioassays*“ [Dechema 1995, Ferguson et al. 1998] weiterentwickelt [Edelmann et al. 2010], um Hemmeffekte, die von potenziell kontaminierten Umweltproben ausgehen, direkt zu messen. Vielfach handelt es sich auch hier um „klassische“ Ökotoxizitätstests, die gegebenenfalls adaptiert wurden, um die Toxizität von Wasser- oder Bodenproben direkt zu bestimmen.

Zur Beurteilung der Ergebnisse der durchgeführten Bioassays (bzw. Ökotoxizitätstests) wurden im Projekt EVAPASSOLD in den Projektphasen I-III hauptsächlich die chemischen Untersuchungen sowie die Ergebnisse der Deponiesimulationsversuche und Respirometertests herangezogen. Weiters wurde jeder Standort auf etwaige Auffälligkeiten der Vegetation kartiert.

### 4.6.1 Pflanzentest

Die Durchführung erfolgte grundsätzlich nach **OECD Test Nr. 208** [OECD 2006] als kombinierter Keimungs- und Wachstumstest. Infolge der Korngröße und der Beimengungen vor allem von Kunststoffteilen mussten Modifikationen an dem Test vorgenommen werden, da die Pflanzen zwar gut keimten, aber generell eher schlecht wuchsen. Es wurde beobachtet, dass die Pflanzenwurzeln nur schlecht im Substrat einwurzeln konnten. Um diese vermuteten physikalischen Hemmungen auszutesten wurden Versuchsreihen mit Material im Originalzustand und auf 8 mm und auf 4mm Korngröße ausgesiebt parallel untersucht. Die Vermutung einer physikalischen Beeinflussung konnte bestätigt werden und es wurden in Folge **alle Pflanzentests mit auf 4 mm abgeseibtem Material wiederholt und für die Bewertung herangezogen**. Es wurde in Phase II eine Änderung der Pflanzenauswahl getroffen.

*Am Standort LS wurden die höchsten Hemmungen festgestellt. Diesen Standort zeichnen vergleichsweise hohe Quecksilbergehalte sowie einen sehr hohen Bleigehalt und eine Überschreitung des MSW bei Kohlenwasserstoffen in einer Probe*

*aus. Im Ebensee kam es in fast allen Pflanzentests zu erheblichen Hemmeffekten, deren Höhe jedoch nicht eindeutig gemessenen Feststoffkonzentrationen zugeordnet werden kann. Bei beiden Proben mit der stärksten Hemmwirkung zeigten sich nur die Parameter Kupfer und PAK leicht erhöht. In HA wiesen fast alle Pflanzen deutliche Hemmwirkungen auf. Bei der Probe mit den höchsten Hemmungen waren einige Schwermetalle (Chrom, Kupfer, Nickel) erhöht sowie Kohlenwasserstoffe und PAK. Die Höhe korrelierte jedoch nicht eindeutig mit der adversen Wirkung auf die Pflanzen. Der Cadmium- und Quecksilbergehalt war im Vergleich mit anderen Standorten bei allen Proben erhöht, was möglicherweise an diesem Standort für die generelle Hemmwirkung verantwortlich gemacht werden kann. In NF zeigte nur die Spezies Alexandrinaklee Hemmwirkungen bei 2 Proben, die sich im Vergleich durch erhöhte Cadmium-, Kupfer- und Kohlenwasserstoffgehalte auszeichneten.*

*In PU verursachten nahezu alle Proben eine erhöhte Hemmwirkung bei den Pflanzen. Es wurde eine hohe Chrombelastung im Feststoff vorgefunden. Auch in TU kam es in allen Pflanzentest zu erheblichen Hemmeffekten, deren Höhe jedoch nicht mit gemessenen Feststoffkonzentrationen übereinstimmt. Möglicherweise ist auch hier der im Vergleich mit anderen Standorten erhöhte Cadmiumgehalt nahezu aller Feststoffproben für die generelle Hemmung verantwortlich [Gfatter S 2003].*

Es hat sich als sinnvoll herausgestellt die Pflanzentests mit Kresse, Wiesenlieschgras und Alexandrinerklee durchzuführen. Das aus Schürfproben der Altablagerung gewonnene Material ist auf 4 mm abzusieben und mit dem Siebdurchgang sind die Pflanzentests durchzuführen [Donat et al. 2003].

In Projektphase III wurde nur der Pflanzentest mit Kresse mit auf 4 mm abgeseibtem Material durchgeführt. Bei 2 von 3 Proben stimmen MSW-Überschreitungen mit hohen Hemmungen > 50 % überein.

#### **4.6.2 Regenwurmtest**

Es wurde ein Reproduktionstest mit Proben 1:1 mit Kontrollboden gemischt und ein Verhaltenstest in Anlehnung an Yearly [Yearley et al. 1996] durchgeführt. Die Durchführung des Verhaltenstests erschien, besonders im Vergleich zum Reproduktionstest, äußerst einfach und wenig zeitaufwendig.

Im Toxikologischen Gutachten finden sich wenig Zusammenhänge zwischen Schadstoffkonzentrationen und Testergebnissen. Die mehrfach beobachtete Korrelation zwischen erhöhter Avoidance (Meideverhalten) und Kohlenwasserstoffgehalten der Feststoffproben, in anderen Proben aber das vollkommene Fehlen des Meideverhaltens, kann möglicherweise durch eine unterschiedliche Zusammensetzung des Summenparameters Kohlenwasserstoffe erklärt werden. Diese Gruppe umfasst sowohl stark riechende, als auch völlig geruchslose Substanzen, deren unterschiedlicher Anteil

möglicherweise das Verhalten der Regenwürmer beeinflusst. Die mehrfach beobachtete Reproduktionshemmung kann in Korrelation mit einem erhöhten Zinkgehalt gesehen werden. Vielfach lag der Zinkgehalt in den Feststoffproben in einem für Regenwürmer toxischen Bereich. Für eine eindeutige Aussage liegen jedoch zu wenige Ergebnisse vor.

In Projektphase III wurde nur der Verhaltenstest (Avoidance) durchgeführt. Bei 5 von 5 Proben (d.h. Trefferquote 100%) stimmen MSW-Überschreitungen (Chrom, Kupfer,  $\Sigma$ KW, CSB) mit hohen Hemmungen > 50 % überein.

#### 4.6.3 Leuchtbakterientest

Dieser Test wurde nach DIN 384 12 L34 mit dem Testkid Lumis Tox von Dr. Lange in allen 3 Phasen des Projektes durchgeführt.

Es wurden Hemmungen mit teilweise deutlicher Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem CSB-Gehalt festgestellt. Die Korrelation zwischen erhöhtem CSB-Gehalt und Hemmung kann durch eine chemische Sauerstoffdepletion erklärt werden, die für die aeroben Leuchtbakterien adverse Wirkungen hat [Gfatter 2003].

#### 4.6.4 Algentest

Dieser Test wurde nach DIN 384 12 L33 mit *Scenedesmus subspicatus* und *Selenastrum capricornutum* und *Chlorella* sp. in Projektphase I+II und in Phase III nur mit *Selenastrum capricornutum* durchgeführt.

Es zeigten sich nur bei einigen Standorten Korrelationen zu Leitfähigkeit, Sulfat- und manchmal auch Stickstoff-Gehalt, wobei letzterer Einfluss auch auf in der Landwirtschaft eingesetzten Biozide zurückgeführt werden könnte [Donat et al. 2003]. In Projektphase III stimmen bei 5 von 6 Proben MSW-Überschreitungen mit hohen Hemmungen > 50 % überein.

#### 4.6.5 Daphnientest akut und chronisch

Der Daphnientest wurde nach **DIN 384 12 L30** in den Phasen I+II durchgeführt. In Hinblick auf die Entwicklung einer kostengünstigen und schnellen Methode zur Evaluierung der Toxizität von Altablagerungen erfolgte die Durchführung in Anlehnung an **OECD 211** [OECD 211 1998] mit 10 juvenilen Daphnien (*Daphnia magna* STRAUSS) in einem Becherglas mit 100 ml Probe. Dieser Test konnte jedoch nicht ausreichend abgeklärt werden, da laufend Probleme auftraten. Im Toxikologischen Gutachten finden sich wenige Zusammenhänge zwischen Schadstoffkonzentrationen und Testergebnissen.

#### 4.6.6 Genotoxizitätstest

In der ersten Projektphase wurde der SOS-Chromotest angewandt. In der zweiten Projektphase musste aufgrund von Lieferschwierigkeiten auf den VITOTOX-Test umgestiegen werden. Im Toxikologischen Gutachten finden sich wenige Zusammenhänge zwischen Schadstoffkonzentrationen und Testergebnissen.

#### 4.6.7 Auffälligkeiten an der Vegetation

Im Zuge der durchgeführten Begehungen der Altablagerungsstandorte wurde auch auf Auffälligkeiten der Vegetation geachtet. Bei einigen Flächen wurden Hinweise vorgefunden, die jedoch auch von anderen Faktoren stammen können (landwirtschaftliche Bewirtschaftung, unterschiedlicher Bodenaufbau). Der Standort Ertl zeigt sich als Teil einer landwirtschaftlich genutzten Wiese. Im Bereich direkt über dem Deponiekörper wurden auffallend weniger Löwenzahnpflanzen gefunden (siehe Abbildung 9). Diese Veränderung in der Vegetation war auf der gesamten Deponiefläche zu beobachten und kann mit dem Deponieinhalt in Zusammenhang gebracht werden. Relativierend ist jedoch, dass keine Informationen über die Aussaat vorlagen. Die Flora ist aufgrund der landwirtschaftlichen Tätigkeit artenarm.



Abbildung 9: Standort ER, Untersuchungsphase I, EVAPASSOLD, Löwenzahnpflanzen über dem Deponiekörper im Vergleich zur Umgebungsfläche [Gfatter 2003]

#### 4.6.8 Analysen auf Ökotoxizität (Bioassays)

Generalisierbare Rückschlüsse auf einen bestimmten Schadstoff oder eine Schadstoffgruppe sind durch die durchgeführten Ökotoxizitätstests (Bioassays im Sinne der Definition von Edelmann et al.) schwer möglich, da die Ergebnisse teilweise sehr

widersprüchlich sind. Vergleichsweise hohe oder niedrige Schadstoffkonzentrationen korrelieren in den meisten Untersuchungen nicht eindeutig mit beobachteten Hemmungen. Die beobachteten Hemmwirkungen der Feststoffe und des Eluats zeigen jedoch, dass der Deponieinhalt generell eine toxische Wirkung auf die verwendeten Organismen aufweist. Obwohl die genannten Toxizitätsdaten für die einzelnen Substanzen in einem Bereich liegen, der in den wenigsten Fällen eine adverse Wirkung auf die Organismen erwarten lässt, führt jedoch offensichtlich die Summe an Schadstoffen zu den beobachteten Effekten. Daher stellen die Bioassays eine wichtige Ergänzung zu den chemischen Analysen dar [Gfatter 2003]. In einigen Einzelproben ist es aber zu Überschreitungen des MSW einzelner Parameter der Tabellen der ÖNORM S 2088-1 gekommen, ohne dass die Bioassays deutliche Toxizität gezeigt hätten [Donat et al. 2003].

In Projektphase III konnte eine wesentlich bessere Übereinstimmung der gewählten Bioassays mit den Überschreitungen der MSW einzelner Parameter der ÖNORM S 2088-1 erzielt werden, wenn bei den Bioassays eine Hemmung von > 50 % als Vergleichsbasis herangezogen wird. **Bei Überschreitungen des MSW der ÖNORM S 2088-1 an einen oder mehreren chemischen Parametern kommt es an 8 von 9 Standorten zu Überschreitungen der Hemmung von >50 % eines oder mehrerer Bioassays** [NÖ Landesakademie 2005].

#### **4.7 Statistische Auswertung der chemischen und ökotoxikologischen Analytik**

Es wurden umfangreiche statistische Auswertungen (deskriptive Statistik, Clusteranalysen, Diskriminanzanalysen) aller Werte der Parameter der Feststoff-, Eluat- und ökotoxikologischen Untersuchungen durchgeführt.

In der Projektphase I zeigte sich bei den meisten Einzelparametern, dass der Mittelwert aller Einzelproben um mehr als 20 % vom Wert der Mischprobe der Altablagerung abweicht. Daher wurde von den Autoren entschieden, dass das arithmetische Mittel für die weiteren Berechnungen herangezogen wird. **Durch die geänderte Homogenisierung der Mischprobe in Projektphase II konnte bei der signifikanten Mehrzahl der Parameter die Abweichung < 20 % erreicht werden. In Projektphase III war der Variationskoeffizient zwischen den beiden Mischproben (es wurden keine Einzelproben genommen) beim Großteil der Parameter sehr gering.** Nur bei 5 Standorten lagen die Ergebnisse einiger Parameter weiter auseinander (PAK im Feststoff, Nitrit, Cyanid, Aluminium und Eisen im Eluat). Es gab bei den Doppelbestimmungen kaum Differenzen bei der Anzahl an Überschreitungen von Prüf- und Maßnahmenswellenwerten.

Durch **Clusteranalysen der Bodenluft-, Feststoff- und Eluatuntersuchungen sowie Bioassays** (Ökotoxizitätsuntersuchungen) konnten die Standorte in Gruppen zusammengefasst werden.



Es konnte bei den **Bodenluftuntersuchungen** eine deutliche Unterscheidung in zwei Gruppen von Altablagerungen festgestellt werden:

- ✓ Anteil der Anzahl Messungen mit O<sub>2</sub>-Gehalten < 4 Vol% an der Anzahl der gesamten Messungen am Standort.
- ✓ Anteil der Anzahl Messungen mit Methan > 0 Vol% an der Anzahl der gesamten Messungen am Standort.

Bei den Clusterungen der **Feststoffuntersuchungen** konnte ein Standort (TU) als Extremstandort identifiziert werden. Bei Weglassen dieses Extremstandortes konnten drei Untergruppen zugeordnet werden. Bei den Feststoffuntersuchungen wurden mit der Single Linkage Method Ausreißer bei Einzelparametern identifiziert. Es konnte durch Vergleich der Clusterdiagramme eine **gute Übereinstimmung von Eluat- und Bodenluftmesswerten** gefunden werden. Durch die **Clusterung der Bioassays** konnten die Annahmen in den Akten und Hinweise in den Schürfen auf Ablagerung von Sondermüllablagerungen eindeutig angezeigt werden. Dies war auch bei den Eluatuntersuchungen in ähnlicher Weise möglich. Mittels Diskriminanzanalysen wurden die besten Ergebnisse der Clusteranalysen überprüft. Hier zeigte sich bei den Clusterungen der Bodenluftwerte mit 100 % und den Eluatuntersuchungen auf Leitfähigkeit, Chlorid, löslicher Stickstoff, Sulfat und CSB eine sehr hohe Zuordnungsklassifizierung mit 92 %.

Es können somit nach den Autoren des Zusammenfassenden Abschlussberichtes der Projektphasen I-III, Bereich 2 Historische Erkundung, chemische Analytik und Toxikologie [NÖ Landesakademie 2005] folgende Gruppen unterschieden werden:

- **stabilisierte Altablagerungen:**
  - ✓ kein detektierbares Deponiegas im Ablagerungskörper;
  - ✓ geringe Mengen an abbaubaren, löslichen Substanzen im Eluat;
  - ✓ Leitfähigkeit (gemessen in 24 h Eluat) < 700 µS/cm.
- **potentiell emittierende Altablagerungen:**
  - ✓ in über 40 % der temporären Bodenluftsonden wurde Methan detektiert;
  - ✓ Vorhandensein löslicher Substanzen, ein oder mehrere Ergebnisse der Parameter CSB, Cl<sup>-</sup>, N, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> erhöht gegenüber anderen Standorten;
  - ✓ Hohe Leitfähigkeit (gemessen im 24 h Eluat) 700 – 2000 µS/cm.
- **aktuell emittierende Altablagerungen:**
  - **entweder** wurde Methangas bei den Deponiemessungen vorgefunden;

- **oder** es waren lösliche Substanzen im Eluat in erhöhter Konzentration nachweisbar;
- **oder** der Parameter LF (gemessen in 24 h Eluat) lag  $> 700 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

Durch die angewandten statistischen Auswertungsmethoden konnte die in der Phase I gefundene Hypothese durch die Werte der Projektphasen II+III bestätigt werden.

#### **Generelle Aussage zum Schadstoffgehalt der untersuchten Altablagerungen:**

**Es wurden insgesamt nur punktuell und eher selten toxikologisch relevante Schadstoffkonzentrationen und -frachten nachgewiesen [NÖ Landesakademie 2005].**

## **4.8 Elutionsversuche und Tests zur biologischen Aktivität**

### **4.8.1 Elutionstests und Auslaugversuche**

Zur Ermittlung der Mobilisierbarkeit verschiedener Inhaltsstoffe in gelöster Form wurden die Abfallproben zur Simulation der natürlich ablaufenden Vorgänge „Auswaschung durch Regen und Grundwasser“ unter definierten Bedingungen unter Zugrundelegung der DIN 38414 – DEV S4 neben der Einfachelution auch Mehrfachelutionen in 8 Reihen unterzogen. Dadurch ist eine Aussage über das maximal mögliche Elutionspotential möglich. Die Ergebnisse sind in die Emissionsuntersuchungen der Feststoffproben und in die Deponiesimulationsreaktorversuche eingeflossen.

### **4.8.2 Biologische Aktivität im Respirometer**

Die Bestimmung der Atmungsaktivität im Respirometer ermöglicht eine Aussage über den Restgehalt und die Verfügbarkeit biologisch abbaubarer Anteile in den Feststoffproben der Altablagerungen.

Die Untersuchungen zur mikrobiologischen Atmungsaktivität wurden bei konstant gehaltenen Rahmenbedingungen durchgeführt. Es wurde dabei kontinuierlich der biochemische Sauerstoffverbrauch infolge aerober Abbauprozesse des Probenmaterials ermittelt. Dieser, als Atmungsaktivität bezeichnete Parameter erlaubt eine Aussage über den Restgehalt und die Verfügbarkeit biologisch abbaubarer Substanzen im Deponiematerial.

Als genormtes Verfahren wird die Atmungsaktivität nach 4 Tagen ( $AT_4$ ) angegeben. Aussagen über die Langzeitaktivität können [Stegmann et. al. 2003] jedoch erst bei wesentlich längeren Messreihen nach 21 Tagen ( $AT_{21}$ ) gemacht werden.



Tabelle 10: Ermittelte Atmungsaktivitäten nach 4 und 21 Tagen Versuchsdauer im Respirometer [Heyer 2003a]

Probe	AT <sub>4</sub> [mgO <sub>2</sub> /g TS]	AT <sub>21</sub> [mgO <sub>2</sub> /g TS]	Steigerung [%] (AT <sub>4</sub> =100)
<b>Phase I kleine Ablagerungen</b>			
DR	0,32	0,74	230
RP	0,86	3,22	374
LA	0,08	0,19	238
ER	0,19	0,74	390
GR	0,57	1,99	350
SF	0,92	3,89	423
HO	0,10	0,40	400
LS	0,35	1,36	389
<b>Phase II größere Ablagerungen</b>			
HA	0,29	1,00	345
TU	3,52	10,49	298
NF	1,00	3,92	392
PU	0,46	1,83	398
EB	0,43	1,44	335
HB	0,18	0,69	383
<b>DVO Stabilitätsparameter MBA AT<sub>4</sub></b>	7,00	-	-
<b>Frischmüll</b>	40 - 80	-	-

Die Ergebnisse zeigen bei den meisten untersuchten Proben keine nennenswerte mikrobielle Abbautätigkeit im Vergleich zu Frischmüll und zur Vorgabe der DVO für mechanisch-biologisch behandelten Restmüll. Bei einigen Proben kommt es durch die längere Probendauer beim AT<sub>21</sub> zu Steigerungen, die darauf hindeuten könnten, dass zwar noch biologisch abbaubares Material vorhanden ist, dieses jedoch nur sehr langsam abgebaut wird [Heyer 2003a].

In der Phase III wurden diese Untersuchungen nicht mehr durchgeführt.

#### 4.9 Emissionsuntersuchungen in Deponiesimulationsreaktoren (DSR)

Die Untersuchungen bei Gefährdungsabschätzungen von Altablagerungen beinhalten Untersuchungen des Feststoffs und des Eluats von Abfallproben. Die Anwendung dieser Methoden ist im Sinne einer standardisierten und kostengünstigen Analytik gerechtfertigt. Um aber zu einer differenzierten Analyse des Ablagerungsverhaltens zu kommen, sind weitergehende Untersuchungen notwendig.

Für die Aussagen zum Langzeitverhalten bzw. zur Abschätzung der maximal mobilisierbaren Schadstofffrachten ist die Frage der Freisetzbarkeit der im Abfall enthaltenen Stoffe und die durch die biologischen Prozesse während der Ablagerung entstehenden Emissionen von

entscheidender Bedeutung [Heyer et al. 1996]. Dazu wurden bereits 1981 von Stegmann Deponiesimulationsreaktoren (DSR) an der TU Hamburg-Harburg entwickelt, so dass eine deponienahe Untersuchung von Abfällen unter klar definierten Randbedingungen möglich wird [Stegmann 1990].

Es wurden in den Projektphasen I+II insgesamt 12 DSR mit 120 l bei 35° Grad C über jeweils mehr als 300 Versuchstage eingesetzt. In der Phase III wurden 5 l Glasreaktoren unter den gleichen Versuchsbedingungen betrieben. Im Rahmen der Lysimeterversuche wird eine Bilanzierung der ausgetragenen Stoffe, sowohl über die Gasphase als auch über die Sickerwasserphase, durchgeführt. **In den DSR-Versuchen ist der „Schlüsselparameter“ im Hinblick auf eine Optimierung der Abbauprozesse und der Prognose des Langzeitverhaltens der Wasserdurchsatz.** Für diese Laboruntersuchungen wurde der Wasserdurchsatz derart eingestellt, dass der biologische Abbau und die Auslaugung von Schadstoffen im DSR beschleunigend gegenüber den Prozessen im Deponiekörper ablaufen. Durch die Sickerwasseraustauschrates von 1 l pro Woche und einer Sickerwasserkreislaufführung konnten in den DSR mit den eingebauten Ablagerungsproben des EVAPASSOLD-Projekts Beschleunigungsfaktoren von etwa 2 - 22 gegenüber den untersuchten Altablagerungen erreicht werden.

In der nachfolgenden Abbildung 10 wurden für 3 unterschiedliche Standorttypen die Ergebnisse des DSR-Versuches dargestellt. Dabei sind die Volumenanteile von CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> gegen die Versuchsdauer aufgetragen. Das W/F-Verhältnis nimmt mit der Länge der Versuchsdauer durch Austrag und Ergänzung des Wassers zu.

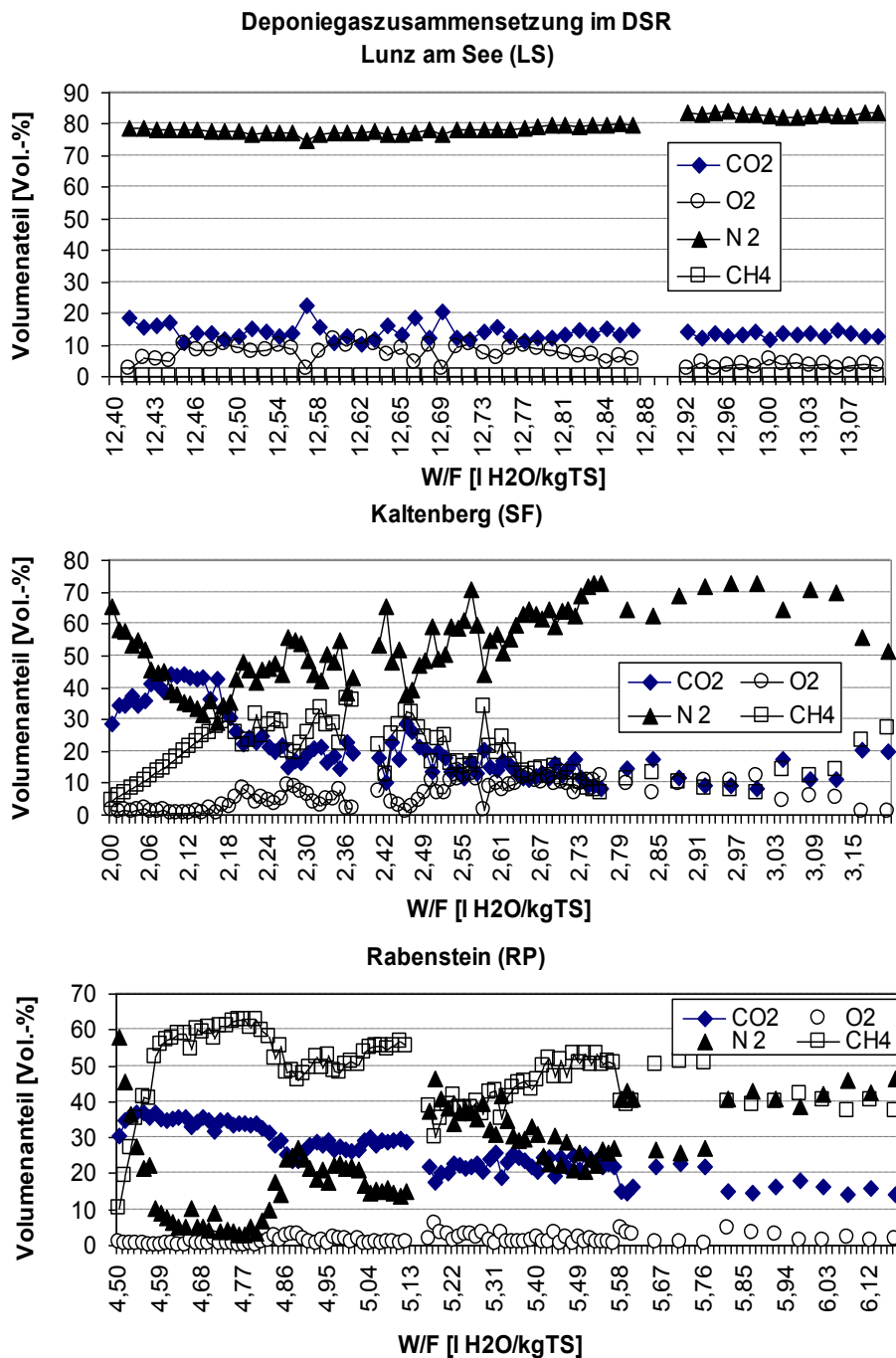


Abbildung 10: Entwicklung der Deponiegaszusammensetzung unterschiedlicher Ablage-  
 rungstypen im Deponiesimulationsreaktor DSR, entnommen dem Endbericht EVAPASSOLD  
 [Heyer 2003a]

Anmerkung:

Lunz am See (LS) entspricht dem **stabilisierten Typ**.

St. Florian / Kaltenberg (SF) entspricht dem **aktuell bis potenziell emittierenden Typ**.

Rabenstein (RP) entspricht dem **potenziell emittierenden Typ**.

Zur besseren Verdeutlichung des Einflusses der einzelnen Wasser/Feststoff-Verhältnisse (W/F) werden in den Darstellungen der DSR- Emissionsverläufe die ermittelten W/F-Werte zum Zeitpunkt der Probenahme als Ausgangswert angeführt. Anhand der im Rahmen der DSR-Untersuchungen erzielten W/F-Werte kann hierbei durch Vergleich mit den entsprechenden Maßnahmenschwellenwerten die Dauer der zu erwartenden relevanten Emissionen abgeschätzt werden.

Die Ergebnisse der DSR-Versuche haben gezeigt, dass die langfristigen Methanemissionen im Hinblick auf eine spätere Flächennutzung eine sehr wichtige Rolle spielen. Im Rahmen der DSR-Versuche wurden 3 Ablagerungstypen von Gasemittenten [Heyer 2003a] erkannt:

- **stabilisierte Altablagerung**

- ✓ zeigt auch unter optimierten Bedingungen im DSR **keine Methanproduktion**;
- ✓ Die Konzentrationen an organischen und anorganischen Sickerwasserinhaltsstoffen sind sehr gering.

- **potenziell emittierende Altablagerung**

- ✓ Unter den optimierten Bedingungen im DSR erfolgt die Methanproduktion sofort und im großen Umfang (stabile Methanphase), vor Ort jedoch nur geringe bis keine Nachweise auf Methan, da dichte Oberflächenabdeckung vorhanden ist;
- ✓ Die Konzentrationen an organischen (CSB, TOC, N<sub>org</sub>) und anorganischen Sickerwasserinhaltsstoffen liegen weit über den Einleitgrenzwerten in Oberflächengewässer und Kanalisation.

- **aktuell emittierende Altablagerung**

- ✓ Unter den optimierten Bedingungen im DSR entsteht wenig Methanproduktion, überwiegend aus langfristigen Speicherprozessen, vor Ort jedoch nur geringe bis keine Nachweise auf Methan;
- ✓ Die Konzentrationen an organischen (CSB, TOC, N<sub>org</sub>) und anorganischen Sickerwasserinhaltsstoffen liegen im Bereich oder oberhalb der Einleitgrenzwerte in Oberflächengewässer und Kanalisation.

**Insgesamt bestätigen die DSR-Gasemissionen die über die Bodenluftmessungen ermittelten Langzeitphasen, in denen sich die einzelnen Altablagerungen befinden.**

Auch unter den optimierten Bedingungen der DSR-Versuche fand keine erneute Deponiegasproduktion von Ablagerungsproben aus den abschließenden Langzeitphasen (Kohlendioxid- und Luftphase) statt. Dies könnte bedeuten, dass bei ähnlichen Zustandsänderungen, wie sie in den DSR-Versuchen gegenüber den realen Verhältnissen „Vor-Ort“ eingestellt wurden, z.B. bei entsprechender Versiegelung oder Überbauung der

Ablagerungsfläche, keine Deponiegasbildung mehr stattfindet. Dagegen können die Bodenluftuntersuchungen bei den Altdeponierungen des Typs „potenziell emittierend“ aufgrund von verminderter biologischer Abbautätigkeit infolge Wassermangels ein niedrigeres Emissionspotenzial aufzeigen als das, welches tatsächlich noch vorhanden ist und bei Wasserzutritt aktiviert wird.

Die Sickerwasseremissionen im DSR-Versuch zeigen bei allen Parametern einen stetigen, bei einigen einen raschen Rückgang mit der Dauer des Versuchs bzw. mit der Zunahme des Wasser/Feststoff-Verhältnisses. Es war deutlich zu erkennen, dass das Wasser-/Feststoff-Verhältnis bei Entnahme der Feststoffproben aus dem DSR bzw. zu Beginn der DSR-Versuche oft in direktem Verhältnis zu den Ausgangskonzentrationen steht.

Als maßgebliche Parameter für die Einschätzung diffuser Sickerwasseremissionen aus ungedichteten Deponien (Altdeponierungen) ins Erdreich oder Grundwasser werden die Parameter CSB, TOC, Chlorid und Ammonium-Stickstoff angeführt. Dafür gibt es keine einheitlichen Bewertungsgrundlagen [Heyer 2003a].

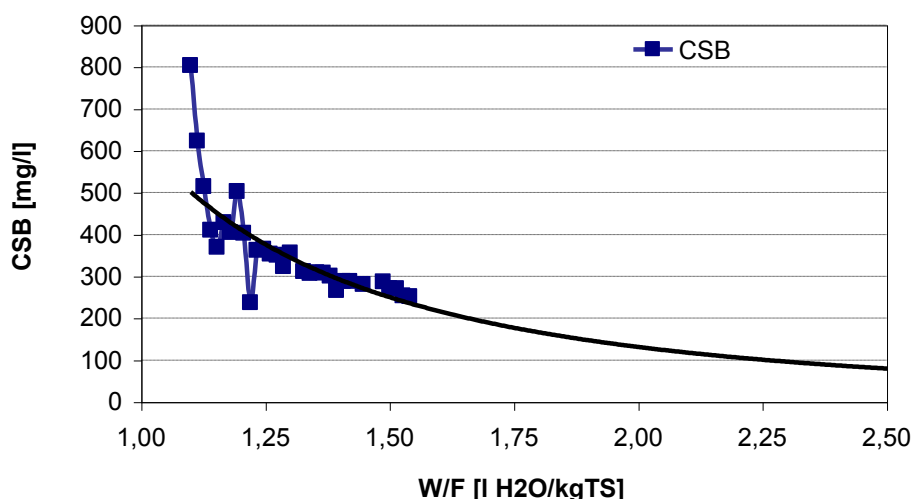


Abbildung 11: Abschätzung des Sickerwasseremissionszeitraums für den Parameter CSB am Beispiel des DSR TU, entnommen dem Endbericht EVAPASSOLD [Heyer 2003a]

„In zahlreichen Simulationsuntersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass die Konzentrationsabnahmen im Sickerwasser, speziell bei den Parametern CSB und Ammonium, über lange Zeiträume in nahezu exponentiellen Verläufen erfolgen“ [Heyer 2003a]. Aus den DSR-Versuchen wird die Dauer bis zum Erreichen eines W/F-Verhältnisses von 1,0 mit ca. 32 Jahre abgeschätzt.

Bis zum Unterschreiten des Grenzwertes des Parameters CSB der Österreichischer Trinkwasserverordnung (TWV) bzw. der ÖNORM S 2088-1 (Eluate Prüfwert a) würden sich nach Heyer [Heyer 2003a] hierbei folgende theoretische Zeiträume ergeben:

- 5 mg/l (TWV) erreicht bei W/F von ca.4 l/kgTS (noch ca. 96 Jahre).

- 20 mg/l (ÖNORM) erreicht bei W/F von ca.3 l/kgTS (noch ca. 64 Jahre).

Der Parameter W/F wird für die untersuchten Standorte hinsichtlich der Beurteilung ihres Emissionsverhaltens folgendermaßen eingeordnet:

- **W/F > 5,0 [l/kgTS] : hoch**

- ✓ Es sind keine Gasemissionspotenziale mehr vorhanden.
- ✓ Die Ergebnisse der Elutionsuntersuchungen sind unterhalb der Grenzwerte; Konzentrationen der DSR-Sickerwasserparameter sind im Bereich der Emissionsgrenzwerte nach AAEV, keine relevanten Schwermetallausträge nachweisbar.

- **2,0 < W/F < 5,0 [l/kgTS]: mittel**

- ✓ Es ist möglicherweise noch Gaspotenzial vorhanden.
- ✓ Anhand der Elutionsuntersuchungen können noch Emissionspotenziale nachgewiesen werden.
- ✓ Die Konzentrationen der DSR-Sickerwasserparameter liegen zwar über den Emissionsgrenzwerten nach AAEV, es sind aber keine relevanten Schwermetallausträge nachweisbar.

- **W/F < 2,0 [l/kgTS]: niedrig**

- ✓ Es sind höhere Gasemissionspotenziale vorhanden.
- ✓ Anhand der Elutionsuntersuchungen können noch Emissionspotenziale nachgewiesen werden.
- ✓ Die Konzentrationen der DSR-Sickerwasserparameter sind teilweise weit über den Emissionsgrenzwerten nach AAEV, keine relevanten Schwermetallausträge nachweisbar.

**Im Rahmen der Projektphase III wurde der ursprünglich festgelegte W/F-Schwellenwert von 1,5 [l/kgTS] auf 2,0 [l/kgTS] erhöht, da bei einigen Standorten aufgrund der Analysenergebnisse auch bei einem W/F zwischen 1,5 und 2,0 [l/kgTS] noch potentiell emittierende Deponiebereiche nicht ausgeschlossen werden konnten.**

In den Projektphasen I+II wurde die Einteilung in **potenziell emittierende, aktuell emittierende** sowie **stabilisierte Altablagerungen** allein anhand des **Parameters W/F** durchgeführt. Die im Projekt untersuchten Altablagerungen hatten ein Stoffinventar vom abgeschätzten **R<sub>0</sub>-Wert zwischen 1,2 und 3,0**. Es wird daher davon ausgegangen, dass der Parameter W/F lediglich eine erste Abschätzung über den Stabilisierungsgrad einer Altablagerung ermöglicht. Der Parameter R<sub>a</sub> hingegen soll zu einer bessern Bewertung des Stabilisierungsgrades führen. Der Parameter **R<sub>a</sub>** (aktuelle Stoffgefährlichkeit) ist der

Multiplikator aus dem abgeschätzten Stoffpotential (Stoffgefährlichkeit) zum Zeitpunkt der Ablagerung und dem Abminderungsfaktor  $f(W/F)$ , resultierend aus dem ermittelten Wasser-/Feststoff-Verhältnis. Die Werte von  $R_0$ , welche den im Rahmen des EVAPASSOLD-Projektes festgelegten Kriterien entsprechen, liegen bei Hausmüll- Bauschutt- Ablagerungen mit einem  $R_0$  zwischen 1 und 2. Die untersuchten Standorte TU, NU und FR wurden aufgrund der Aktenlage einem  $R_0$  von 3,0 zugeordnet. Diese Standorte würden daher aus dem EVAPASSOLD- Bewertungsschema herausfallen.

Es wurde ein Vorschlag für eine neue Einteilung über die Stabilisierungsgrade der Altablagerungen vorgeschlagen [Heyer 2003a] und zwar:

**$1,5 < R_a < 2,0$**  geringer Stabilisierungsgrad des Ablagerungskörpers; d.h. die ursprüngliche Stoffgefährlichkeit  $R_0$  ist noch weitestgehend vorhanden und entspricht der aktuellen Stoffgefährlichkeit;

**$R_a < 1,0$**  hoher Stabilisierungsgrad des Ablagerungskörpers; d.h. die aktuelle Stoffgefährlichkeit hat sich deutlich reduziert, es wurde ein emissionsarmer Zustand erreicht. Bei Hausmüll (ursprüngliche Stoffgefährlichkeit  $R_0 = 2$ ) liegt sie bei  $2 \times 0,5 = 1$  und ist damit der Qualität von Bauschutt vergleichbar.

**$1,0 < R_a < 1,5$**  mittlerer Stabilisierungsgrad des Ablagerungskörpers; d.h. die ursprüngliche Stoffgefährlichkeit hat sich bereits reduziert, es kann aber noch ein nennenswertes Emissionspotenzial (= aktuelle Stoffgefährlichkeit) vorhanden sein.

Damit der W/F- Wert auch weiterhin zur Abschätzung der Stabilisierungsgrade herangezogen werden kann, wurden die zum Erreichen eines stabilisierten Zustandes ( $R_a < 1,0$ ) notwendigen W/F-Verhältnisse für die einzelnen möglichen  $R_0$  berechnet.

In Projektphase III können durch die weitergehenden Untersuchungen im Arbeitsbereich 3, Abfallwirtschaft an der TUHH, die in diesem Projekt ermittelten Rest- Emissionspotenziale der eluierbaren Stoffmengen besser eingeordnet werden. Diese wurden in folgender Tabelle 11 den Emissionspotenzialen anderer Deponietypen und Untersuchungen gegenüber gestellt.



Tabelle 11: Gegenüberstellung von Emissionspotenzialen unterschiedlicher Ablagerungstypen, entnommen dem Abschlussbericht EVAPASSOLD [NÖ Landesakademie 2005] und ergänzt durch die Legende

Gesamt-Emissionspotential (EP) Rest-Emissionspotentiale (R-EP)	TOC [mg/kg TS]	Nges [mg/kgTS]	Cl [mg/kgTS]	CSB [mg/kgTS]
EP Unbehandelte Restabfälle <sup>1</sup>	<b>8.000-15.000</b>	<b>4.000-6.000</b>	<b>4.000-5.000</b>	n.b.
R-EP Altdeponien Westdeutschland <sup>1</sup>	<b>1.800-8.400</b>	<b>1.200-4.100</b>	n.b.	n.b.
R-EP Altdeponien Ostdeutschland <sup>1</sup>	<b>60-325</b>	<b>50-950</b>	n.b.	n.b.
EP Altdeponien & Altablagerungen <sup>2</sup> 200.000<V>14.000.000m <sup>3</sup>	n.b.	<b>2.000-4.000</b>	<b>2.500-4.000</b>	25.000-40.000 1.812-8.403
R-EP Altdeponien & Altablagerungen <sup>2</sup> 200.000<V>14.000.000m <sup>3</sup>	n.b.	<b>1.230-4.132</b>	<b>874-4.098</b>	n.b.
EP Mech.-Biol. vorbehandelte Restabfälle <sup>1</sup>	<b>600-1.300</b>	<b>500-800</b>	n.b.	n.b.
<b>R-EP Altablagerungen &lt;50.000 m<sup>3</sup></b>	<b>n.n. - 340</b>	<b>n.n. - 900</b>	<b>n.n. – 5.560</b>	<b>n.n. – 1.764</b>

**EVAPASSOLD**

<sup>1</sup> Abschlussbericht Verbundvorhaben Deponiekörper, Arbeitsgebiet Siedlungsabfälle [Ehrig et al 1998]  
<sup>2</sup> Langfristiges Emissionsverhalten von Altdeponien [Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen 2001]

n.b. nicht bekannt  
n.n. nicht nachweisbar  
V Volumen

Für die Parameter TOC und Gesamtstickstoff ergeben sich gute Korrelationen mit den Werten, welche bei Altdeponien in Ostdeutschland ermittelt werden konnten [Ehrig et al. 1998, Heyer et al. 1996, Heyer & Stegmann 1997]. Diese Altdeponien sind insbesondere durch sehr hohe Fein- und Inertstoffanteile (Asche) gekennzeichnet. Ebenso durch größtenteils nicht vorhandene Dichtungssysteme. Bei Untersuchungen von Sickerwässern aus „jungen“ Deponien stellte Ehring [Ehring et al. 1998] einen BSB<sub>5</sub>/CSB-Quotienten von 0,5 bis 0,8 fest. Dieser sank mit zunehmendem Deponiealter auf unter 0,1 ab. Es stellte sich dabei weiters heraus, dass bei einem BSB<sub>5</sub>/CSB- Quotienten von unter 0,1 im Sickerwasser im Mittel 83 % der Gesamtgasmenge im Deponiekörper produziert worden war [Ehrig et al. 1998].

Diese Aussage konnte anhand der im Projekt EVAPASSOLD durchgeführten Gas- und Sickerwasseruntersuchungen bestätigt werden.

Über die Verkürzung der langfristig ablaufenden Ab- und Umbauprozesse **anhand der Untersuchungen in den Deponiesimulationsreaktoren konnte festgestellt werden, dass insbesondere die Parameter Methan, Gesamtstickstoff und CSB bei ungenügender Wasserbeaufschlagung des Ablagerungsgutes auch in kleinen bis mittelgroßen Altablagerungen über sehr lange Zeiträume (im Sickerwasser teilweise über 100 Jahre) umweltrelevant sein können.** Dies ist insofern problematisch, da etwa 20 % der untersuchten Altablagerungen als „potenziell emittierend“ eingestuft wurden und diese aufgrund der dichten Abdeckung eine Konservierung der Inhaltstoffe aufweisen. Aktuell geht

von diesen Altablagerungen keine akute Gefahr aus. Erst wenn es zu verstärktem Wassereintritt in die Altablagerung kommt, beispielsweise im Zuge einer Baumaßnahme (Zerstörung der Abdichtung), kommt es auch zu einer Gefährdung.

#### **4.10 Vorgehen zur Absicherung der Erstbewertung im Bedarfsfall als Teil einer Risikobewertung**

Den Ergebnissen des Projektes folgend, ist eine stark vereinfachte und abgestufte Umsetzung der Untersuchungen im Rahmen der Erstbewertung vorgesehen [Müller 2006]. Bei kommunalen Altablagerungen und der hohen Unsicherheit in welchem Ausmaß tatsächlich Hausmüll zur Ablagerung gelangt ist, wird als zweckmäßigste Vorgangsweise vorgeschlagen, eine stichprobenartige Untersuchung der Oberflächenabdeckung sowie des Schadstoff- und Reaktionspotentials des Deponiekörpers (z. B. Deponiegasuntersuchung, Schürfe mit „schichtspezifischer“ Beprobung der Abfälle und analytische Bestimmung von wenigen Leitparametern, z. B. Leitfähigkeit und Ammonium im Eluat) durchzuführen [Müller 2006]. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollten im Allgemeinen ausreichen, eine verbesserte Erstabschätzung von allfälligen Gefährdungen der Umwelt, als auch eine Bewertung der Möglichkeiten der Nachnutzung zu ermöglichen [Müller 2006].

Wenn eine Fläche einer höherwertigen Nutzung, z. B. als Bauland, zugeführt werden soll, so können weitergehende Untersuchungen zur Eingrenzung des maßgeblichen Gefährdungspotentials als Teil einer Risikobewertung erforderlich werden [Heyer 2003a]. Eine schrittweise, aufeinander aufbauende Vorgangsweise wird im Gesamtbericht des Projektes EVAPASSOLD der Phasen I+II vorgeschlagen [Heyer 2003a]:

##### **4.10.1 Schritt 1: Erstabschätzung**

- ✓ **Durchsicht vorhandener Akten** (Hinweise zu geologisch/hydrogeologischen Standortbedingungen, abgelagerten Abfällen und Abdeckung).
- ✓ **Besichtigung** der Altablagerung (Befragung von Beteiligten, händische Schürferkundung der Oberflächenabdeckung nach Pürckhauer oder mit Spaten).
- ✓ **Erhebung der standortbezogenen Klimadaten** (Niederschlag, Temperatur).
- ✓ **Ermittlung des Wasserhaushalts** und des Wasser-/Feststoff-Verhältnisses (W/F).
- ✓ **Schutzgutbewertung und Erstbewertung** des maßgeblichen Risikos R.

Je nach Ergebnis dieser Erstbewertung und Zuordnung zu einen der 3 Ablagerungstypen (geschlossen, gemischt, offen) ergeben sich die in Abbildung 12 dargestellten, erforderlichen weiteren Schritte für Untersuchungen.

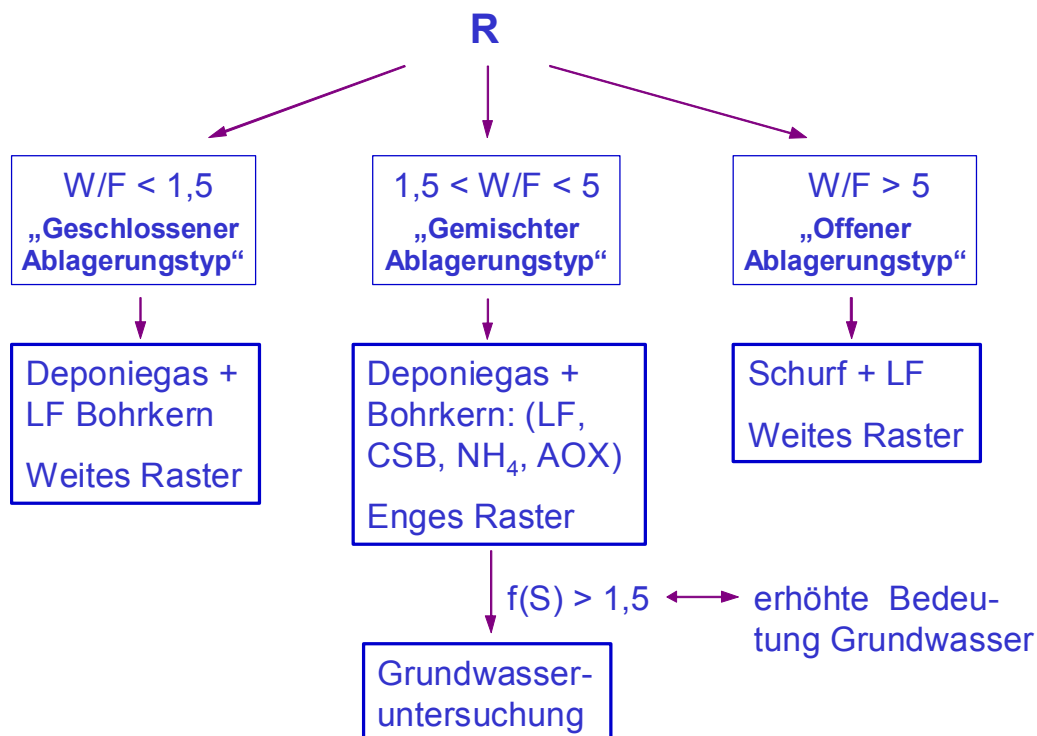


Abbildung 12: Abgestuftes Untersuchungsprogramm als Teil einer Risikobewertung zur Absicherung des maßgeblichen Risikos R [Heyer 2003a]

Im zusammenfassenden Abschlussbericht der Projektphasen I-III des Fachbereiches 2 [NÖ Landesakademie 2005] werden nach weiteren 14 untersuchten Altanlagen folgende Typisierungen getroffen:

- **ausgelaugt/stabilisiert:** Stabilisierte Altanlagen wurden in der Vergangenheit durch Wasser laufend eluiert und enthielten zum Zeitpunkt der Untersuchung bestenfalls punktuell, überwiegend jedoch keine löslichen Inhaltsstoffe.
- **potenziell emittierend:** potentiell emittierende Typen waren durch nahezu wasserundurchlässige Abdeckschichten aber auch beispielsweise durch die Ablagerung des Mülls in geschlossenen Müllsäcken aus Kunststoff gekennzeichnet und behielten ihre löslichen Inhaltsstoffe über einen sehr langen Zeitraum. Dafür emittierten sie in der Vergangenheit nur geringe Mengen oder vielleicht auch keine Schadstoffe. Eine mikrobielle Restaktivität war in allen Fällen nachweisbar und drückte sich durch das Vorhandensein von Methan im Deponiegas aus.
- **aktuell emittierend/Mischtyp:** Die gemischten Typen waren erst nach Vorliegen umfangreicherer Analysedaten eindeutig als aktuell emittierend zu erkennen und zeichneten sich durch Bereiche mit starker Elution (meist in tiefer gelegenen Schichten) neben Bereichen ohne Wasserdurchtritt aus. Somit waren in diesen sowohl Zonen mit noch vorhandener Reaktivität als auch Zonen zu finden, die sich zur Untersuchungszeit inert verhielten.

- **Altablagerungen mit Gewerbemüllanteil** fielen zum Teil aus dem aufgestellten Schema heraus. Die Ursachen dafür blieben vage, schon alleine deshalb, weil die Ablagerung von Industriemüll in sich kein konstantes Qualitätskriterium war. Der vorgefundene Industriemüll enthielt manchmal analytisch oder ökotoxikologisch nachweisbare Schadstoffe und manchmal auch mindergefährliche Inhaltsstoffe in hoher Konzentration. Mehrmals kam es vor (TU, LO), dass trotz Vorhandensein einer größeren Menge organischer Substanz dennoch kaum mikrobielle Aktivität festzustellen war. Es musste davon ausgegangen werden, dass die Mikroorganismen durch analysierbare und nicht analysierbare Schadstoffe inhibiert wurden. Somit waren die Voraussetzungen in Altablagerungen mit Industriemüllanteil nicht mit jenen der reinen Hausmüllablagerungen vergleichbar und auch die zeitliche Entwicklung nahm in der Vergangenheit wahrscheinlich einen deutlich anderen Verlauf.

Es ist, „durchwegs schwierig, aber nicht aussichtslos, den Reaktivitätsstatus einer Altablagerung auch ohne Vorliegen von Analysendaten abzuschätzen. In nur 4 der 28 untersuchten Altablagerungen traten besondere Situationen auf, die zu einer falschen, nämlich verharmlosenden Erstbewertung geführt hätten.“ [NÖ Landesakademie 2005]

Über die Erstbewertung hinausgehende Erkundungen zur Risikoabschätzung sollten chronologisch in folgenden Schritten ablaufen [NÖ Landesakademie 2005]:

- ✓ Bodenluftuntersuchungen;
- ✓ Schürferkundung und Probennahmen;
- ✓ Analysen der Feststoffproben (inkl. Ökotoxizität);
- ✓ ev. Grundwasseranalysen.

Die Ergebnisse des jeweiligen Erkundungsschrittes und die daraus gewonnenen Erkenntnisse stellen die Grundlage für den erforderlichen Umfang des jeweils nächsten Schrittes dar.

#### **4.10.2 Schritt 2: Bodenluftuntersuchung oder Schürferkundung**

**Bei Verdacht auf eher gut abdichtende Oberflächenschichten d.h. „geschlossener Ablagerungstyp“ nach Abbildung 12, sollten die Altablagerungen bevorzugt durch Messung der Bodenluft weiter erkundet werden**, um die Abdeckung potenziell emittierender Altablagerungen möglichst nicht durch Schürfe zu verletzen, die in weiterer Folge zu einer Reaktivierung mikrobieller Abbauvorgänge führen. Das vorgeschlagene Untersuchungsprogramm umfasst:

- ✓ Messung der Hauptkomponenten des Deponiegases: CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ;

- ✓ visuelle Beurteilung des Bohrkernes auf Art und Mächtigkeit der Abdeckung sowie auf Hinweise der Müllzusammensetzung und eventuell Schnelleluat aus Bohrkern.

Hinweise auf eine biologische Restaktivität sind Methankonzentration von  $> \text{ca. } 15 \text{ Vol.}\%$ , Sauerstoffkonzentration von  $< 0,1 \text{ Vol.}\%$  und aus dem Bohrkernmaterial (Müll) bestimmtes Schnelleluat mit Leitfähigkeitswerten  $> \text{ca. } 800 \mu\text{S/cm}$ . Bei Vorhandensein einer dichten Oberflächenabdeckung der Altablagerung sind Maßnahmen zu treffen, die dem Erhalt des Zustandes der Oberflächenabdeckung dienen.

Bei Methankonzentrationen von  $< 2 \text{ Vol.}\%$  oder einer inhomogenen Verteilung im Deponiekörper sowie Leitfähigkeitswerten  $< \text{ca. } 500 \mu\text{S/cm}$ , bestimmt im Schnelleluat aus Bohrkernmaterial (Müll), sind Schürfe zusätzlich erforderlich, wenn eine wasserdurchlässige Abdeckung vorgefunden wird. Eine Probenahme für Laboranalysen erscheint sinnvoll.

**Bei Verdacht auf eher gut wasserdurchlässige Abdeckung sind als Schritt 2 bevorzugt Schürferkundungen durchzuführen.** Dies sind einfache und kostengünstige Untersuchungen und liefern eindeutige Hinweise auf die Art und Mächtigkeit der Ablagerungen und der Abdeckung. Die Dokumentation der Schürfergebnisse, die organoleptische Beurteilung und allenfalls die Probenahme sind von sachkundigen und erfahrenen Personal [NÖ Landesakademie 2005] durchzuführen.

#### **4.10.3 Schritt 3: Analysen der Feststoffproben inkl. Bioassays (Ökotests)**

Die Vorab - Analyse der Bioassays (Ökotoxizität), vor allem unter Einsatz aquatischer Biotests und des Regenwurm-Verhaltenstests, kann helfen, den genauen Umfang der weiteren chemischen Analysen der Feststoffproben festzulegen. Die Probenahmeprotokolle sind generell Bestandteil des Untersuchungsberichtes. Auf eine mögliche Beeinflussung der Bioassays auf landwirtschaftlichen Flächen wird hingewiesen [NÖ Landesakademie 2005].

Die bisherigen Erfahrungen mit der Umsetzung an einzelnen Flächen zeigen [Müller 2006], dass die angesprochenen vereinfachten Untersuchungen rascher und billiger umgesetzt werden können und damit z.B. für interessierte Investoren die Möglichkeit besteht, mit einem überschaubaren Kostenaufwand rasch zu einer ersten abgesicherten Erstabschätzung des Gefahrenpotentials einer ehemaligen kommunalen Altablagerung zu kommen.

## 5 PRAXISTEST DER ERGEBNISSE IN DEN GEMEINDEN DES OÖ NATIONALPARK KALKALPEN

Im Rahmen dieses und der nachfolgenden Kapitel soll die Anwendung der Ergebnisse des EU-LIFE-Projektes EVAPASSOLD im Bundesland Oberösterreich im Rahmen eines Praxistests dargestellt werden. Es wird die Vorgangsweise dokumentiert. Es werden die erzielten Ergebnisse kritisch kontrolliert und den Ergebnissen des Projektes EVAPASSOLD gegenübergestellt. Mittels statistischer Methoden wird im Rahmen dieser vorliegenden Dissertation verglichen, ob beide Untersuchungsreihen einer gemeinsamen Grundgesamtheit angehören und so auch eine gemeinsame wissenschaftliche Auswertung und Interpretation zulassen. Zur leichteren Verfolgung der Ergebnisse der Auswertungen werden diese im Rahmen des Kapitels 6 „Diskussion der zusammengeführten Ergebnisse aus Evaluierung und Praxistest im internationalen Vergleich“ vorgestellt.

### 5.1 Aufbau des Praxistests

Aufbauend auf den Untersuchungsergebnissen der Evaluierung des NÖ Leitfadens Verdachtsflächen (in den Projektphasen I-III des EU-LIFE-Projektes EVAPASSOLD) wurden im Bundesland Oberösterreich im Rahmen des Projektes „Nationalpark Kalkalpen – frei von Verdachtsflächen“ (VNPOÖ) Untersuchungen von 12 Altablagerungen im Nationalpark durchgeführt.

Alle Verdachtsflächen wurden nach dem folgenden Schema einer Erhebung und nachfolgenden Untersuchungen sowie einer Bewertung unterzogen:

- Lage der Altablagerung;
- Verwendete Unterlagen;
- Erhebung der Standortverhältnisse (Beschreibung der Altablagerung, der Untergrundverhältnisse, der Schutzgüter und Nutzungen);
- Untersuchungen (Deponiegasuntersuchungen, Erkundung des Deponiekörpers und Abfalluntersuchungen, teilweise Erkundung der Grundwasserqualität im Abstrom);
- Beurteilung der Untersuchungsergebnisse;
- Zusammenfassende Bewertung.

Grundlage für diese Untersuchungen waren die Ersterhebung und die Verdachtsflächenmeldung sowie die amtliche Neuerhebung des Ablagerungsvolumens im Jahr 2005. Das Joanneum Research wurde dazu mit der geophysikalischen Erkundung betraut. Die Firma Georisk wurde mit orientierenden Deponiegasuntersuchungen beauftragt. Die Erkundung des Deponiekörpers und die abfallchemischen Untersuchungen wurden von

der Umwelt Prüf- und Überwachungsstelle des Landes Oberösterreich durchgeführt. Die Untersuchungen wurden in den Jahren 2006-2007 durchgeführt und Ende 2007 abgeschlossen.

Aufbauend auf Luftbilderhebungen wurden mit geoelektrischen Messungen (Multielektroden-Messungen) die Ausbreitung, die Tiefe und das Ablagerungsvolumen der Altablagerungen bestimmt. Weiters wurden von der Abdeckung der Altablagerungen mit Hilfe von Pürckhauersondierung oder mit Krampen Proben genommen und eine Klassifizierung der Durchlässigkeit der Abdeckung durchgeführt. Dies diente neben der Erfassung der geologisch-hydrogeologischen „Vor-Ort“-Situation als Grundlage zur Abschätzung des aktuell vorhandenen Reaktions- und Schadstoffpotentials. Nachfolgend wurden Deponiegasmessungen mit Sondierungsbohrungen und im Anschluss daran zur Erkundung des Deponiekörpers Baggerstürfe und abfallchemische Feststoff- und Eluatuntersuchungen durchgeführt.

Von den jeweiligen Flächen wurden alle Untersuchungsergebnisse zusammengestellt und dem Umweltbundesamt Wien übermittelt. Dieses hat aufgrund der Daten eine Erstabschätzung der Flächen durchgeführt. Bei 2 Flächen wurden weitergehende Untersuchungen vom Umweltbundesamt vorgeschlagen und vom BMLFUW aus den Mitteln des Altlastensanierungstopfes finanziert.

Die Verdachtsflächen weisen ein Volumen von 1.300 bis 60.000 m<sup>3</sup> auf. Bis auf eine Fläche, d.h. die Deponie REHA-Zentrum, handelt es sich dabei um ehemalige Hausmülldeponien bzw. Sturzplätze ländlicher Gemeinden. Die Deponie REHA-Zentrum wurde mit Kartonagen, Holz, Aschen und Verpackungsmaterial aus einem Rehabilitationszentrum verfüllt. Daher werden die Ergebnisse dieser Deponie nur beschränkt in die Schlussfolgerungen einbezogen.

## 5.2 Ergebniskontrolle des Praxistests

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse des Praxistests (VNPOÖ) mit den Ergebnissen aus der Evaluierung des Leitfadens NÖ Verdachtsflächen (EVAPASSOLD) statistisch verglichen. Es wurden nicht alle Parameter, die im Forschungsprojekt untersucht wurden auch im Praxistest in OÖ untersucht. Daher konnte nur eine eingeschränkte Überprüfung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse durchgeführt werden. Die chemischen Parameter wurden fast unverändert wie im Forschungsprojekt im Feststoff und im Eluat untersucht. Lediglich der Parameter Kohlenwasserstoffe im Eluat wurde nach einer nunmehr gültigen neuen Untersuchungsvorschrift untersucht und konnte somit nur eingeschränkt vergleichbar ausgewertet werden. Weiters wurde der Parameter CSB im Praxistest nicht untersucht. Ökotoxikologischen Untersuchungen wurden im Praxistest ebenfalls nicht durchgeführt.



### 5.2.1 Prüfung der Daten

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Sind die Daten der Projekte „EVAPASSOLD“ und „VNPOÖ“ plausibel und vollständig? Weisen die Daten gleiche Genauigkeit auf?

Ziel dieser Dissertationsarbeit ist es aufgrund von erhobenen Daten von Altdeponien Rückschlüsse auf eine weitere Vorgangsweise bei einer nachfolgenden Bebauung zu erzielen. Da die Daten aus 2 verschiedenen Untersuchungsprojekten stammen wurden im ersten Schritt die Datensätze der jeweiligen Projekte auf Plausibilität und Vollständigkeit überprüft.

Vom Projekt „**Evaluierung des Leitfadens Verdachtsflächen der NÖ Landesregierung**“ [Amt der NÖ Landesregierung 1998] (EVAPASSOLD Phasen I-III) stehen von den 28 untersuchten Altdeponien insgesamt 101 Datensätze zur Verfügung.

Vom Projekt „**Nationalpark Kalkalpen – frei von Verdachtsflächen**“ (VNPOÖ) des Amtes der ÖO Landesregierung stehen von den 12 untersuchten Altdeponien 43 Datensätze zur Verfügung.

Die Überprüfung aller 144 Datensätze auf Vollständigkeit und Plausibilität ergab, dass nicht bei allen Datensätzen gleiche Proben vorlagen. Bei einigen Datensätzen wurden zusätzlich optisch auffällige Einzelproben und manchmal auch Untergrundproben genommen und untersucht. Diese Proben wurden für die weiteren statistischen Untersuchungen nicht weiter verwendet, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

In weiterer Folge wurden die Datensätze auf die gleiche „Genauigkeitsstufe“ gehoben. Es wurden die Nachweisgrenzen des jeweiligen Parameters an die jeweils höchste Nachweisgrenze der Untersuchungsreihen angepasst, um die Daten vergleichend statistisch auswerten zu können.

Nach nochmaliger Überprüfung der Extremwerte auf Plausibilität und Rückschau auf die Auswertestrategie im Projekt EVAPASSOLD wurden keine weiteren Werte eliminiert.

In den verschiedenen Projektphasen des Projektes EVAPASSOLD wurde bei der Bewertung und statistischen Auswertung der jeweils vorhandenen Datensätze unterschiedlich vorgegangen. Daher konnten nicht alle vorhandenen Datensätze zur vergleichenden statistischen Auswertung herangezogen werden.

Es wurden daher in einem weiteren Schritt von allen Standorten in Projektphase I+II des Projektes EVAPASSOLD, bei denen eine Mischprobe und Einzelproben gezogen worden sind, analog zu den statistischen Auswertungen des Projektes EVAPASSOLD [NÖ Landesakademie 2005], die Datensätze der Mischproben eliminiert.

In einem weiteren Schritt wurden anhand der Schürfprotokolle sowie der Fotos der Schürfe und Probenhaufen all jene Datensätze der Proben ausgeschieden, die optisch und

organoleptisch nicht der Kategorie „kleine kommunale Altablagerungen“ entsprachen (beispielsweise Proben mit starkem Ölgeruch, mit Autoteilen, großen Anteilen an Metallteilen, schlammige Proben, hoher Anteil an Sperrmüll, etc.).

#### **Somit ist als Ergebnis festzustellen:**

**Nach Durchführung all dieser oben genannten Prüfroutinen verringerten sich die Datensätze von 144 auf 124. Diese 124 Datensätze wurden als Grundlage für alle weiteren statistischen Auswertungen herangezogen, sofern in den folgenden Kapiteln keine weiteren, fachlich begründeten Einschränkungen vorgenommen werden.**

### **5.2.2 Statistische Auswertungen der beiden Datenmengen**

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Unterscheiden sich die Datensätze beider Gruppen oder gehören diese einer gemeinsamen Menge an?

Nach der durchgeführten Prüfung auf Plausibilität und Vollständigkeit stehen nun für die weiteren statistischen Untersuchungen 124 Datensätze zur Verfügung.

Als Grundlage für die statistischen Auswertungen wurde der **Mittelwert jedes Parameters der jeweiligen Datengruppe** verglichen.

Die Aufteilung der beiden vergleichbaren Gruppen beträgt 82 zu 42 Datensätze. Beide Gruppen sind groß genug, um statistisch miteinander verglichen werden zu können.

Um die Daten des Projektes EVAPASSOLD mit den Daten der Untersuchungen des Projektes „VNPOÖ“ als gemeinsame Datengrundlage verwenden zu können, ist es erforderlich zu untersuchen, ob ein bestehender Mittelwertsunterschied der Gruppen statistisch bedeutsam ist oder nicht. Dies wurde mit dem Programm **PASW Statistics** ermittelt.

Dazu sind folgende Annahmen voranzusetzen:

Mittels **T-Test für unabhängige Stichproben** (Analyseergebnisse) können Mittelwerte aus zwei verschiedenen Gruppen verglichen werden. Dieser Test macht eine Aussage darüber, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass beide Stichproben aus derselben Menge stammen und somit der Unterschied nur zufällig zustande kommt.

Es sind zuerst die Voraussetzungen für die Anwendung des T-Tests zu überprüfen:

- Die Stichproben müssen voneinander unabhängig sein;
- Die Werte sind normal verteilt;
- Beide Gruppen haben dieselbe Varianz.

Da die zwei Untersuchungsserien zeitlich und räumlich unabhängig durchgeführt wurden, werden die Analyseergebnisse der Parameter ebenfalls als unabhängig eingestuft.

Die **Normalverteilung der Werte** der verschiedenen Gruppen wurde mittels **Shapiro-Wilks Test** geprüft. Die Nullhypothese, dass der Signifikanz-Wert  $p > 0,05$  ist, wird von allen Parametern eingehalten.

Nun wurden die Mittelwerte der Analyseergebnisse der beiden Gruppen auf die **Signifikanz der Gruppen unter Beachtung der Gleichheit der Varianzen mittels Levene's Test**, ermittelt.

Dies ist erforderlich, da der T-Test voraussetzt, dass die Variabilität der Gruppen annähernd gleich groß ist. Wenn diese Annahme erfüllt ist, dann sollte eine spezielle Form des T-Tests verwendet werden. Dies wird durch die Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanz-Wert)  $p$  (im Ausdruck des Auswertungsprogramms PASW Statistics „Sig.“ (2-tailed)) ausgedrückt, wobei  $p < 0,05$  sein soll.

Diese Bestimmung ist bei den Parametern Chlorid, maximale Sauerstoff- und  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Bodenluft, pH-Wert und bei den Eluaten von Cadmium, Eisen und Nickel erfüllt. Alle anderen Parameter zeigten keine zufriedenstellende Korrelation.

**Somit ist als Ergebnis festzustellen:**

**Bei den Datensätzen der Projekte „EVAPASSOLD“ und „VNPOÖ“ kommt es nur zu geringen Übereinstimmungen bei den untersuchten Parametern.**

### 5.2.3 Vergleich der beiden Datenmengen

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Lassen sich die geringen Übereinstimmungen der Daten erklären? Gibt es einen Einfluss des Niederschlags auf die Messwerte?

Bei der Auswertung der Signifikanz kommt es nur zu geringen Übereinstimmungen. Es wurde daher versucht, für diese geringe Übereinstimmung eine Erklärung zu finden.

Als erster Schritt wurde versucht, das vorhandene Wasserdargebot, ausgedrückt durch die auf die Ablagerung gefallenen Niederschläge, als mögliche Erklärung heranzuziehen. Während der Betriebsphase, die bei vielen der untersuchten Altablagerungen mehr als 10 Jahre dauerte und während der meist kein Einbau sondern nur Haldenschüttung erfolgte, sind die auftreffenden Niederschläge direkt in den Abfallkörper eingesickert. Die Konzentrationen vieler Parameter im Sickerwasser hängen sehr stark von der Anwesenheit von ausreichend Niederschlag über die Zeitdauer der Ablagerung ab. Erhöhter Niederschlag führt dazu, dass entweder durch Abbauvorgänge der organischen Substanz und der diese wieder spiegelnden Parameter die Sickerwasserkonzentrationen sinken. Oder andererseits

kann es durch Auswaschvorgänge aus der Abfallmatrix in den Untergrund dazu führen, dass die Gehalte bei wasserlöslichen Parametern sinken.

Im Projekt EVAPASSOLD wurde versucht, auf alle für die EU repräsentativen und in den Bundesländern OÖ und NÖ verfügbaren Klimazonen Rücksicht zu nehmen. Es wurden daher bewusst Flächen für die Untersuchungen ausgewählt, die Gebiete mit unterschiedlich hohen Jahresniederschlägen repräsentieren, d.h.:

- niederschlagsarme warme Gebiete < 600 mm NS/a;
- niederschlagsneutrale warme Gebiete 600 -1000 mm NS/a;
- niederschlagsreiche kühle Gebiete > 1000 mm NS/a.

[Niederösterreichische Landesakademie 1999]

Die Standorte des Projektes „**Verdachtsflächenfreie Nationalparkgemeinden OÖ**“ (VNPOÖ), liegen alle im oder am Rande des Nationalparks Kalkalpen im Bundesland Oberösterreich. Hier herrscht ein subalpines bis alpines, niederschlagsreiches Klima vor. Die Niederschlagsdaten wurden von der Hydrographischen Abteilung des Landes Oberösterreich zur Verfügung gestellt. Bei Durchsicht dieser Niederschlagsdaten zeigte sich, dass alle Standorte Niederschläge von > 1000 mm/a aufweisen. Der mittlere Jahresniederschlag über alle Standorte der Altablagerungen gemittelt beträgt 1380 mm/a.

Es wurde daher als nächster Schritt die Summe der Niederschläge während der Betriebsdauer der Altablagerungen der jeweiligen Datengruppe gebildet und das Ergebnis gemittelt. Als Maß für die Niederschlagsmenge, die während der offenen Betriebsphase in den Abfallkörper eingedrungen ist, wird die **Summe der Jahresniederschläge der Betriebsjahre, ausgedrückt durch dem Faktor  $h_{NB}$  (Höhe<sub>Niederschlag</sub> Betrieb)** mit der Einheit [m] in Analogie zu den Bezeichnungen der ÖNORM B2400 Hydrologie – Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen, Ausgabe 1.11.2004, gewählt.

Hier zeigte sich ein hochsignifikanter Unterschied:

- EVAPASSOLD:  $h_{NB}$ -Mittelwert = 11.800 mm;
- VNPOÖ  $h_{NB}$ -Mittelwert = 21.000 mm.

Es wurde daher in die Bewertung der Datensätze, aufgrund der ungleichen Niederschlagsverteilung in den beiden Datengruppen, die Differenz der Summe der Niederschläge während des Betriebes der Deponie (Altablagerung) aufgenommen. Als Vergleichsbasis wurden die Mittelwerte von EVAPASSOLD mit 100 % gewählt und so alle Werte normalisiert auf diese Basis. Der Mittelwert des Niederschlages der Deponien von VNPOÖ liegt um 177,6 % höher. Aufgetragen wurde nur die Differenz zu EVAPASSOLD (77,6 %).

Bei den ausgewählten Parametern wurde dann die Veränderung (Abnahme) ebenfalls in Relation zu dem Mittelwert von EVAPASSOLD berechnet und dargestellt.

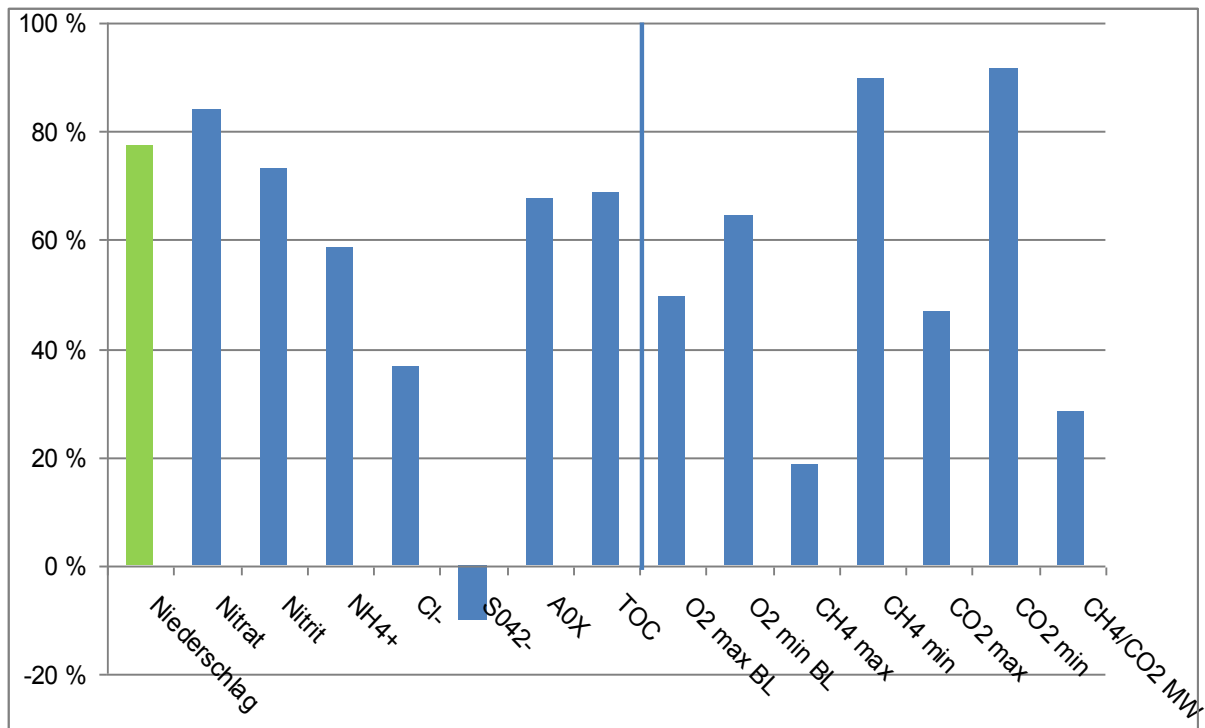


Abbildung 13: Veränderungen der Mittelwerte ausgewählter gemessener Parameter (Eluat und Deponiegas) im Vergleich zur Änderung des Niederschlages der Datengruppe EVAPASSOLD zur Datengruppe VNPOÖ

In der oben stehenden Grafik zeigt sich vor allem bei den **gut wasserlöslichen Verbindungen** und Parametern **Nitrat, Nitrit, Ammonium, AOX** und **TOC** eine **gute Übereinstimmung** zwischen der Abnahme der Parameter und der Zunahme der Niederschläge während des Betriebes. Andere Parameter, die eher auf Baurestmassen schließen lassen, zeigen dieses Verhalten nicht (z. B. Sulfat, Chlorid). Dies wird auch in einer Studie des Umweltbundesamtes [Schachermayer et al. 1998] bestätigt. Auch die Bodenluft-Parameter (BL) verhalten sich teilweise analog. Hier zeigen diese Übereinstimmung vor allem die Mittelwerte der niedrigsten gemessenen Werte je Altablagerung (O<sub>2</sub>min, CH<sub>4</sub>min, CO<sub>2</sub>min) und der maximale gemessene O<sub>2</sub>-Wert je Altablagerung. Dies kann beim Auftreten von mehr Niederschlägen durch einen schnelleren Abbau und damit besseren Abbaugrad erklärt werden.

Die weiteren Parameter, die bei Abbau oder Auslaugung eine Rolle spielen, wie der Trockensubstanz-Gehalt, die mittlere Ablagerungstiefe der Altablagerung und das Wasser-/Feststoff-Verhältnis (L/S-Gehalt) wurden als nächster Schritt untersucht. Der TS-Gehalt ist

mit 71,9 zu 71,3 % nahezu ident, die mittlere Tiefe variiert nur um 8,2 % und auch die L/S-Werte sind mit 7,9 % nur gering von einander abweichend.

Als nächster Schritt wurden die Gesamtgehalte der Schwermetalle [mg/kg TS] im Feststoff und im Eluat der beiden Datengruppen in Relation zu den mittleren Niederschlägen gestellt.

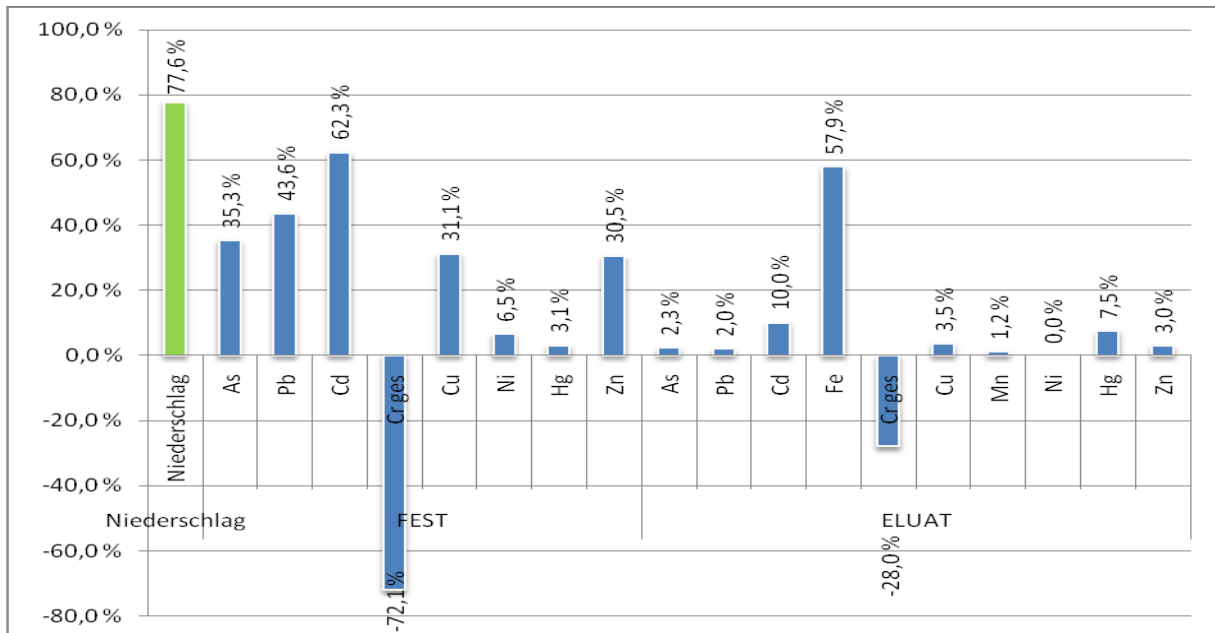


Abbildung 14: Veränderungen der Mittelwerte der Schwermetalle im Vergleich zur Änderung des Niederschlages der Datengruppe EVAPASSOLD zur Datengruppe VNPOÖ

Bei den Schwermetallen kommt es bei Zunahme der Niederschläge ebenfalls bei der überwiegenden Anzahl der Parameter zu deutlichen Gehaltsabnahmen bzw. Konzentrationsverminderungen. Nur Chrom ges. im Feststoff und im Eluat zeigen umgekehrte Tendenzen. Die Schwermetalle sind relativ stark an die Abfall- bzw. Bodenmatrix (Tonminerale und organische Substanz) gebunden. Dadurch sind die relativen Änderungen deutlich geringer. Cadmium, Zink und Eisen sind die mobilsten Metalle im Boden [Gerzabek 2010]. Diese zeigen eine relativ gute Übereinstimmung mit den Niederschlagswerten. Chrom ges. hingegen ist wenig löslich und sehr stark an die Feststoffmatrix gebunden.

Es wurden in Folge nochmals die Ergebnisse des durchgeführten Signifikanztests, bereinigt um die Summe des Niederschlags der Betriebsdauer der Altablagerung ( $h_{NB}$ ), bestimmt und überprüft. Die Mittelwerte von EVAPASSOLD wurden dabei auf 100 % gesetzt.

Die Parameter Nitrat (0,047) und Chlorid (0,015) weisen einen signifikanten Zusammenhang von  $p < 0,05$  auf. Die Bodenluftparameter  $O_2max$  (0,000),  $O_2min$  (0,001)  $CO_2max$  (0,000) und  $CO_2min$  (0,000) weisen einen hoch signifikanten Zusammenhang vom  $p < 0,001$  auf.

**Zusammenfassend kann aus den oben dargestellten Auswertungen gefolgert werden:**

Die statistische Auswertung hat unter Einbeziehung der Summe der Niederschläge während des Betriebes ( $h_{NB}$ ) ergeben, dass sich zwischen den beiden Datensätzen EVAPASSOLD und VNPOÖ bei einigen Parametern signifikante Korrelationen ergeben.

Nitrat und Chlorid weisen eine signifikante Korrelation  $p < 0,05$  auf. Die Bodenluftparameter  $O_2max$ ,  $O_2min$ ,  $CO_2max$  und  $CO_2min$  weisen eine hoch signifikante Korrelation  $p < 0,001$  auf.

Es wird daher aufgrund der ermittelten Ergebnisse von maßgeblichen Parametern für Hausmüllablagerungen eine fachliche Zuordnung der Daten zu einer gemeinsamen Ablagerungs-Gesamtmenge getroffen.

#### 5.2.4 Weiteres Prüfkriterium für Vergleichbarkeit der Datenmengen

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Gilt weiterhin, die im Forschungsvorhaben EVAPASSOLD festgelegte Grenze von maximal 50.000 m<sup>3</sup> Ablagerungsvolumen, für die Gültigkeit der Aussagen? Welchen Einfluss hat das Ablagerungsvolumen auf die Messwerte?

Im Forschungsprojekt EVAPASSOLD wurde die Aussage gemacht, dass die Ergebnisse nur für kommunale Hausmülldeponien bis 50.000 m<sup>3</sup> Gültigkeit haben, wobei im Projekt von den 28 untersuchten Deponien jedoch nur eine Deponie mit über 50.000 m<sup>3</sup> (d.h. 83.200 m<sup>3</sup>) untersucht wurde. Diese Deponie mit größerem Ablagerungsvolumen zeigte deutlich höhere Werte bei den Feststoffgehalten der Schwermetalle (Pb, Cd, Zn, Cr, As und Cu) und statistisch signifikante Unterschiede bei den Bioassays (Ökotoxizitätstests) zu allen anderen Deponien [Heyer 2003]. Im Datensatz VNPOÖ sind je zwei Deponien in der Größenordnung knapp unter 50.000 m<sup>3</sup> (45.000 und 48.000 m<sup>3</sup>) und größer 50.000 m<sup>3</sup> (60.000 und 70.000 m<sup>3</sup>) untersucht worden. Die Datensätze der jeweils kleineren Gruppe reichen aus, um eine vergleichende statistische Auswertung durchführen zu können.

Es wurde daher eine Auswertung der Mittelwerte und Standardabweichungen für die Gesamtheit aller untersuchten Altdeponien (Altablagerungen), für die 4 Gruppen:

- bis 44.999 m<sup>3</sup>,
- ab 45.000 m<sup>3</sup>,
- bis 49.999 m<sup>3</sup>,
- ab 50.000 m<sup>3</sup>,

mit allen verfügbaren Parametern durchgeführt. Als weiteres Kriterium wurde die **Signifikanz der Gruppen mittels T-Test**, unter Beachtung der Gleichheit der Varianzen mittels



**Levene's Test**, ermittelt. Es wurde die gleiche Vorgangsweise, wie unter Punkt 5.2.2 Statistische Auswertungen der beiden Datenmengen, gewählt.

Tabelle 12: Mittelwerte der Feststoff- und Eluatparameter für die 4 Ablagerungsklassen A: bis 44.999 m<sup>3</sup>, B: ab 45.000 m<sup>3</sup>, C: bis 49.999 m<sup>3</sup>, D ab 50.000 m<sup>3</sup> Verfüllvolumen

Parameter	Verfüllvolumen		Verfüllvolumen		Parameter
	A	B	C	D	
Feststoff	Mittelwert bis 44.999 m <sup>3</sup> [mg/kg]	Mittelwert ab 45.000 m <sup>3</sup> [mg/kg]	Mittelwert bis 49.999 m <sup>3</sup> [mg/kg]	Mittelwert ab 50.000 m <sup>3</sup> [mg/kg]	Feststoff
TS	72,68	72,99	<b>70,93</b>	<b>74,10</b>	TS
As	21,52	19,17	<b>19,90</b>	<b>24,77</b>	As
Pb	<b>303,84</b>	<b>202,62</b>	<b>285,47</b>	<b>215,45</b>	Pb
Cd	<b>4,79</b>	<b>6,88</b>	<b>4,30</b>	<b>10,48</b>	Cd
Cr ges	<b>330,97</b>	<b>87,25</b>	<b>268,68</b>	<b>118,38</b>	Cr ges
Cu	<b>239,64</b>	<b>165,35</b>	<b>223,49</b>	<b>186,63</b>	Cu
Ni	57,27	46,44	53,15	57,46	Ni
Hg	1,21	1,16	1,20	1,17	Hg
Zn	751,20	760,41	753,12	758,14	Zn
∑KW	<b>347,99</b>	<b>1069,51</b>	<b>324,29</b>	<b>1770,91</b>	∑KW
PAK 16	<b>17,44</b>	<b>14,08</b>	<b>17,21</b>	<b>12,66</b>	PAK 16
Eluat					Eluat
Lf	<b>748</b>	<b>836</b>	<b>737</b>	<b>948</b>	Lf
pH	7,62	7,73	7,66	7,64	pH
Nitrat	<b>5,06</b>	<b>15,02</b>	<b>8,36</b>	<b>6,90</b>	Nitrat
Nitrit	<b>0,33</b>	<b>1,05</b>	0,55	0,58	Nitrit
NH <sup>+</sup> <sub>4</sub>	3,55	3,17	3,43	3,46	NH <sup>+</sup> <sub>4</sub>
Chlorid	<b>12,71</b>	<b>17,79</b>	14,14	14,84	Chlorid
Sulfat	<b>181,84</b>	<b>155,47</b>	<b>165,90</b>	<b>210,29</b>	Sulfat
AOX	0,031	0,042	0,034	0,034	AOX
CSB	<b>48,32</b>	<b>110,58</b>	<b>52,54</b>	<b>128,76</b>	CSB
TOC	<b>17,44</b>	<b>14,08</b>	<b>18,22</b>	<b>37,01</b>	TOC
∑KW	0,28	0,38	<b>0,26</b>	<b>0,52</b>	∑KW
Al	<b>0,29</b>	<b>0,49</b>	0,36	0,32	Al
As	0,020	0,021	0,020	0,022	As
Pb	0,05	0,05	0,05	0,05	Pb
Cd	<b>0,0082</b>	<b>0,0050</b>	<b>0,0078</b>	<b>0,0048</b>	Cd
Cr ges	0,05	0,05	0,05	0,05	Cr ges
Fe	0,32	0,37	<b>0,31</b>	<b>0,49</b>	Fe
Cu	0,05	0,05	0,05	0,05	Cu
Mn	0,26	0,22	<b>0,24</b>	<b>0,30</b>	Mn
Ni	0,05	0,05	0,05	0,05	Ni
Hg	0,001	0,001	0,001	0,001	Hg
Zn	0,11	0,10	0,11	0,10	Zn

**Fettgedruckt:** deutlicher Unterschied zwischen den Ablagerungsklassen

Es hat sich gezeigt, dass es im Vergleich der Ablagerungsklassen A und B sowie C und D zu deutlichen Unterschieden bei einzelnen Parametern kommt. Bei der Teilung der Altablagerungen kleiner und größer als 50.000 m<sup>3</sup> zeigen sich deutlich mehr Veränderungen bei jenen Parametern, die für Hausmüllablagerungen charakteristisch sind. Es kommt bei den statistischen Auswertungen mit Ablagerungsbegrenzung 50.000 m<sup>3</sup> bei 24 Parametern zu deutlichen Veränderungen gegenüber 21 Parametern bei einer Ablagerungsbegrenzung von 44.999 m<sup>3</sup>.

Tabelle 13: Mittelwerte der Atmungsaktivität und der Bodenluftparameter der 4 Ablagerungsklassen A: bis 44.999 m<sup>3</sup>, B: ab 45.000 m<sup>3</sup>, C: bis 49.999 m<sup>3</sup> und D: ab 50.000 m<sup>3</sup> Verfüllvolumen

Parameter	Verfüllvolumen				Parameter
	A	B	C	D	
	Mittelwert bis 44.999 m <sup>3</sup> [mg O <sub>2</sub> /gTS]	Mittelwert ab 45.000 m <sup>3</sup> [mg O <sub>2</sub> /gTS]	Mittelwert bis 49.999 m <sup>3</sup> [mg O <sub>2</sub> /gTS]	Mittelwert ab 50.000 m <sup>3</sup> [mg O <sub>2</sub> /gTS]	
<b>Atmungsaktivität</b>					<b>Atmungsaktivität</b>
<b>AT<sub>4</sub></b>	<b>0,4</b>	<b>2,2</b>	<b>0,5</b>	<b>3,5</b>	<b>AT<sub>4</sub></b>
<b>AT<sub>21</sub></b>	<b>1,4</b>	<b>7,2</b>	<b>1,8</b>	<b>10,5</b>	<b>AT<sub>21</sub></b>
<b>Bodenluftparameter</b>	[Vol.%]	[Vol.%]	[Vol.%]	[Vol.%]	<b>Bodenluftparameter</b>
O <sub>2</sub> max	15,5	15,5	14,5	19,4	O <sub>2</sub> max
<b>O<sub>2</sub> min</b>	<b>5,4</b>	<b>3,0</b>	<b>5,3</b>	<b>1,9</b>	<b>O<sub>2</sub> min</b>
<b>CH<sub>4</sub> max</b>	<b>14,6</b>	<b>33,9</b>	<b>18,5</b>	<b>30,7</b>	<b>CH<sub>4</sub> max</b>
<b>CH<sub>4</sub> min</b>	<b>0,3</b>	<b>4,5</b>	<b>2,1</b>	<b>0,0</b>	<b>CH<sub>4</sub> min</b>
CO <sub>2</sub> max	11,6	10,2	11,1	11,4	CO <sub>2</sub> max
<b>CO<sub>2</sub> min</b>	<b>3,5</b>	<b>8,1</b>	<b>5,8</b>	<b>1,5</b>	<b>CO<sub>2</sub> min</b>

**Fettgedruckt:** deutlicher Unterschied zwischen den Ablagerungsklassen

Als ausschlaggebend für die Abgrenzung für Altablagerungen (Deponien) kleiner/größer 50.000 m<sup>3</sup> werden eingestuft:

TS-Gehalt, Lf, Cd<sub>Feststoff</sub>, TOC<sub>Eluat</sub>, CSB<sub>Eluat</sub>, PAK<sub>16</sub>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, ΣKW<sub>ges</sub><sub>Eluat</sub>, Fe<sub>Eluat</sub>, Mn<sub>Eluat</sub>, AT<sub>4</sub>, O<sub>2</sub> min<sub>Bodenluft</sub>

Weiters zeigen sich in der statistischen Auswertung für folgende Parameter jeweils deutliche Unterschiede bei:

Cr<sub>gesFeststoff</sub>, ΣKW<sub>gesFeststoff</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cd<sub>Eluat</sub>, CH<sub>4</sub>min.

Im Rahmen der vorliegenden Dissertationsarbeit kann gezeigt werden, dass die Gültigkeit der Aussagen des Projektes EVAPASSOLD auch unter Einbeziehung der Erweiterungsdaten „Verdachtsflächenfreie Nationalparkgemeinden OÖ“ weiterhin für alle Standorte bis 50.000 m<sup>3</sup> Verfüllvolumen aufrecht bleiben.

Die weiteren statistischen Auswertungen erfolgen daher mit den beiden Ablagerungsklassen (Verfüllvolumen):

< 50.000 m<sup>3</sup> und

> 50.000 m<sup>3</sup>.

**Zusammenfassend kann aufgrund der durchgeführten statistischen Untersuchungen festgestellt werden, dass sich die Mittelwerte und Standardabweichungen, der für Hausmüll charakteristischen Parameter von Altdeponien (Altablagerungen) mit einem Volumen von kleiner 50.000 m<sup>3</sup> deutlich von denen größer 50.000 m<sup>3</sup> unterscheiden.**

## 6 DISKUSSION DER ZUSAMMENGEFÜHRTEN ERGEBNISSE AUS EVALUIERUNG UND PRAXISTEST IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

Im vorangegangenen Kapitel wurde der statistische Nachweis erbracht, dass die Datensätze des EU-LIFE Projektes EVAPASSOLD (28 Ablagerungen) und jene des Erweiterungsprojektes „Verdachtsflächenfreie Nationalparkgemeinden OÖ“ (VNPOÖ) (12 Ablagerungen) einer **gemeinsamen Datenmenge** angehören.

In diesem Kapitel wird versucht, mittels statistischer Methoden Aussagen über die Gesamtheit der Datensätze zu erhalten. Da es sich um relativ große Datenmengen handelt, werden in den folgenden Unterkapiteln nur jene Auswertungen ausführlich dargestellt, die zu aussagekräftigen Ergebnissen führten. Von den insgesamt 124 Datensätzen mit jeweils 45 Parametern (siehe Tabelle 12 und 13 in Kapitel 5.2.4) wurden daher nur jene weiter verfolgt, die als aussagekräftig für Ablagerungen mit hohem Hausmüllanteil angesehen wurden, wie z. B. die Bodenluftparameter, TOC und die Stickstoffparameter (Nitrat und Ammonium).

Zur leichteren Zusammenschau der Auswertungen wurden diese im folgenden Kapitel beschrieben und gemeinsam diskutiert.

### 6.1 Deskriptive Statistik

Im vorangegangenen Kapitel konnte im Rahmen der vorliegenden Dissertationsarbeit durch statistische Untersuchungen der beiden Datensätze gezeigt werden, dass diese, unter Einbeziehung des Niederschlags, signifikante Korrelationen aufweisen und somit einer gemeinsamen Datengrundmenge angehören. Diese Datensätze werden daher gemeinsamen weiteren statistischen Auswertungen unterzogen.

Zuerst werden die Einzelwerte einer statistischen Auswertung unterzogen.

Um die Einzelergebnisse der jeweiligen Parameter sowie deren Mittelwert, Median, Standardabweichung und Perzentile mit den Maximalwerten und Minimalwerten in Relation setzen zu können, benötigt man einen relativen Maßstab.

Als Auswertemaßstäbe wurden der **Prüfwert (PW)** und der **Maßnahmenschwellenwert (MSW) nach ÖNORM S 2088-1 Ausgabe 1. 9. 2004** im Ablagerungsgut für Feststoffe und Eluate herangezogen. Wobei für die Maßnahmenschwellenwerte bei einigen Parametern auf jene Werte zurückgegriffen wurde, die in der ÖNORM S 2088-1 Ausgabe 1. 10. 1997 definiert waren und in der Ausgabe 2004 nicht mehr angeführt wurden.

Das Unterschreiten der Prüfwerte sagt aus, dass diese Werte übliche Hintergrundwerte in Böden sind, die überall vorkommen können. Das Überschreiten der Prüfwerte hingegen besagt, dass weitere Erhebungen und Untersuchungen zur Sachverhaltsklärung notwendig sind. Die Prüfwerte in der ÖNORM S 2088-1 wurden für sensible (Prüfwert a) und für

weniger sensible Grundwasserbereiche (Prüfwert b) definiert. Der Prüfwert a (**PWa**) gilt für wasserrechtlich besonders geschützte oder wasserwirtschaftlich bedeutende Gebiete sowie für Standorte mit geringem Schadstoff-Rückhaltevermögen der wasserungesättigten Bodenzone. Der Prüfwert b (**PWb**) gilt für alle übrigen Standorte, an denen aufgrund der hydrologischen, geologischen oder hydrogeologischen Standortverhältnisse die Möglichkeit des Eintrages von Schadstoffen in das Grundwasser deutlich reduziert ist.

Um allgemein gültige Aussagen in der vorliegenden Arbeit zu erhalten, wird daher als **Auswertemaßstab der konservative Prüfwert a (PWa)** gewählt.

Das Überschreiten der Maßnahmenschwellwerte besagt, dass in der Regel Sanierungs- oder Sicherungsmaßnahmen notwendig sind. Die Maßnahmen-Schwellenwerte wurden in der ÖNORM S 2088-1 für Eluate für sensible Grundwasserbereiche (Maßnahmen-Schwellenwert a) und weniger sensible Grundwasserbereiche (Maßnahmenschwellenwert b) definiert.

Um in der vorliegenden Arbeit allgemein gültige Aussagen zu erhalten, wird daher als Auswertemaßstab für Konzentrationen im Eluat ebenfalls der Maßnahmenschwellenwert a (**MSWa**) gewählt. Bei Konzentrationen für Gesamtgehalte im Boden/Feststoff ist in Tabelle 1 der **ÖNORM S 2088-1 Feststoffe** nur ein Maßnahmenschwellenwert definiert (**MSW**).

Im Vergleich zu den definierten Auswertemaßstäben PW und MSW wurden nicht nur die **Maximalwerte** und **Minimalwerte** angeführt, sondern es wurde auch der Mittelwert, der Median, die Standardabweichung und die Perzentile 25 %, 50 % und 75 % ermittelt.

Der arithmetische **Mittelwert** hat den Nachteil, dass er sehr empfindlich gegenüber "Ausreißern" ist [Sachs 2002]. Da die Datensätze aufgrund der Inhomogenität der abgelagerten Abfälle bei der Analytik von Proben aus Altablagerungen großen Schwankungen ausgesetzt sind, ist in solchen Fällen der Median als Zentralwert aussagekräftiger. Daher wurde als zusätzlicher weiterer beschreibender Parameter auch der Median berechnet.

Zusammenfassend werden hier die statistischen Parameter nochmals erläutert:

Der **Median** gibt denjenigen berechneten Wert an, der die Verteilung in zwei gleich große Hälften teilt [Sachs 2002].

Die **Standardabweichung** ist ein Maß für die Streuung der Werte um ihren Mittelwert.

Die **Quartile (Perzentile)** werden analog zum Median definiert. Der Median ist in dieser Bezeichnungsweise das 2. Quartil Q2 (Perzentil 50 %).

Unteres Quartil Q1 bzw. **Perzentil 25**: 25 % der Werte liegen darunter.

Oberes Quartil Q3 bzw. **Perzentil 75**: 75 % der Werte liegen darunter.

## 6.1.1 Ergebnisse der Feststoffuntersuchungen

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Resultieren aus den Gesamtgehalten der untersuchten Parameter Maßnahmen nach dem Bewertungsmaßstab ÖNORM S 2088-1?

Als erster Schritt wurden die Werte der Gesamtgehalte der jeweiligen Parameter in der Abfallprobe ausgewertet. Die Gesamtgehalte wurden entsprechend den Vorgaben der ÖNORM S 2088-1 analysiert.

Tabelle 14: Häufigkeitsverteilung ausgewählter Einzelparameter für Gesamtgehalte im Festkörper von 124 Proben aus 40 Altablagerungen

Parameter	Mittelwert [mg/kg]	Median [mg/kg]	Standardabweichung [mg/kg]	Min [mg/kg]	Max [mg/kg]	Perzentil 25 [mg/kg]	Perzentil 50 [mg/kg]	Perzentil 75 [mg/kg]	PW [mg/kg]	MSW [mg/kg]
<b>Feststoff</b>	<b>Gesamtgehalte</b>									
TS	72	73	9	37	85	67	73	78		
As	20	13	17	10	<b>85</b>	10	13	24	<b>40</b>	<b>100</b>
Pb	<b>274</b>	<b>186</b>	420	10	<b>4140</b>	81	<b>186</b>	<b>340</b>	<b>100</b>	<b>1000</b>
Cd	<b>5,3</b>	1,0	13,5	1	<b>142</b>	1,0	1,0	<b>5,5</b>	<b>2</b>	<b>20</b>
Cr <sub>ges</sub>	<b>249</b>	55	1137	15	<b>10000</b>	33	55	85	<b>100</b>	<b>600</b>
Cu	<b>228</b>	<b>139</b>	313	13	<b>2406</b>	64	<b>139</b>	<b>253</b>	<b>100</b>	<b>1000</b>
Ni	53	40	51	13	<b>457</b>	28	40	58	<b>100</b>	<b>500</b>
Hg	1,2	1,0	0,6	0,7	<b>6</b>	1,0	1,0	1,2	<b>2</b>	<b>20</b>
Zn	<b>757</b>	<b>541</b>	782	48	<b>5692</b>	262	<b>542</b>	<b>943</b>	<b>300</b>	<b>2000</b>
∑KW	483	99	1311	1	<b>7902</b>	36	99	242	<b>500</b>	<b>1000</b>
PAK <sub>16</sub>	<b>17</b>	2,3	38	0,3	<b>214</b>	0,3	2,3	<b>12,6</b>	<b>4</b>	<b>100</b>

Zur besseren Übersicht wurden alle Werte in der Tabelle 14 **fett** hinterlegt, die Überschreitungen der **Prüfwertes (PW)** darstellen. Werte, die auch die Maßnahmen-Schwellenwerte überschritten haben, wurden zusätzlich **unterstrichen** dargestellt.

Bei der überblicksmäßiger Betrachtung der Werte der oben stehenden Tabelle 14 zeigt sich bei fast allen Parametern eine sehr große Streuung der analysierten Werte.

Die **Minimalwerte** liegen bei allen Parametern unter den Prüfwerten der ÖNORM S 2088-1. Nur der Parameter Cadmium erreicht 50 % des Prüfwertes, die anderen bleiben meist unter 25 % des Prüfwertes.

Die **Maximalwerte** liegen außer bei Arsen, Quecksilber und Nickel alle über den Maßnahmen-Schwellenwerten. Einige davon (Cadmium, Chrom ges. und ∑KW) liegen hoch signifikant über den entsprechenden Maßnahmenschwellenwerten.

Die **Mittelwerte** der Parameter Pb, Cd, Cr<sub>ges</sub>, Cu, Zn und PAK<sub>16</sub> überschreiten jeweils die Prüfwerte der ÖNORM S 2088-1. Wobei meist eine ca. 2,5 fache Überschreitung, bei PAK<sub>16</sub> eine 4,25 fache Überschreitung gegeben ist. Kein Mittelwert überschreitet die Maßnahmenschwellenwerte der ÖNORM S2088-1. Definitionsgemäß sind **nach ÖNORM S 2088-1** daher bei den aufgefundenen Mittelwerten der jeweiligen Parameter in der Regel **keine Maßnahmen zu setzen**.

Die hohe Streuung der analysierten Messwerte zeigt sich deutlich in der Standardabweichung. Quecksilber zeigt eine relative Standardabweichung von 50 %, die anderen Parameter zumindest ca. 100 % und Chrom ges. bis zu 450%.

Betrachtet man hingegen den **Median**, den mittleren Wert, so zeigt sich ein etwas anderes Bild. Nur bei Blei, Kupfer und Zink kommt es zu Überschreitungen des Prüfwertes der ÖNORM S 2088-1, wobei meist eine 1,5 fache Überschreitung gegeben ist. Die Medianwerte unterschreiten deutlich die Maßnahmenschwellenwerte der ÖNORM S2088-1. Definitionsgemäß sind nach ÖNORM S 2088-1 daher bei den aufgetretenen Medianwerten der jeweiligen Parameter in der Regel keine Maßnahmen zu setzen.

Bei hohen Schwankungen der Einzelwerte ist es sinnvoll, neben dem Median auch die **Perzentile** 25 % und 75 % auszuwerten und näher zu betrachten. Kein Perzentil 75 %-Wert liegt über dem Maßnahmenschwellenwert, die meisten sind deutlich darunter. Nur 5 Parameter liegen über dem jeweiligen Prüfwert. Davon zeigen bis auf PAK<sub>16</sub> (300%) alle anderen 4 Parameter nur jeweils eine Überschreitung von 30 %. Das bedeutet, dass nur wenige „Ausreißer“ überhaupt Maßnahmen im Sinne der Definition der ÖNORM S 2088-1 erfordern. Betrachtet man die Ergebnisse des Projektes EVAPASSOLD mit der im Rahmen dieser Arbeit gewonnenen größeren Datenmenge, so zeigt sich, dass einige Maximalwerte als Überschreitung des MSW dazukommen, die Mediane und 75 % Perzentile sind jedoch häufig geringer. Das heißt es gibt weniger „Ausreißer“ bei vermehrten Datenmengen.

**Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass nur einige Maximalwerte (7 von 11) bei den untersuchten Parametern der Feststoffuntersuchungen im Gesamtgehalt über den jeweiligen, in der ÖNORM S 2088-1 definierten Maßnahmenschwellenwerten (MSW) zu liegen kommen. Alle 75 % Perzentil-Werte der Parameter bleiben unter dem jeweiligen MSW. Nur bei wenigen Analysenwerten resultieren Maßnahmen im Sinne der Definition nach ÖNORM S 2088-1. Die in der ÖNORM S 2088-1 definierten Grenzwerte sind aufgrund internationaler risikobasierter Abschätzungen auf die Schutzfaktoren Mensch-Tier-Pflanze abgestimmt. Durch Wahl des statistischen Parameters als Bewertungsgröße für erforderliche Maßnahmen könnte ein relatives Risiko bewertet werden. Beispielsweise wäre die fachliche Konvention denkbar, das 75 % Perzentil als Maßstab für Maßnahmen heranzuziehen. Dies würde bedeuten, dass all jene Standorte, deren gemessene Konzentrationen diesen Wert überschreiten Maßnahmen setzen müssen. Dazu wäre jedoch die Datenbasis noch deutlich zu vergrößern und die fachliche und politische Zustimmung zu finden.**



## 6.1.2 Ergebnisse der Eluatuntersuchungen

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Resultieren aus den Eluatgehalten der untersuchten Parameter Maßnahmen nach dem Bewertungsmaßstab ÖNORM S 2088-1?

Die Bestimmungsgrenzen für die Eluatparameter waren zwischen den beiden Datengruppen EVAPASSOLD und VNPOÖ unterschiedlich. Daher mussten sie auf das gleiche Niveau gehoben werden. Bei den Parametern Pb, Cd, Cr<sub>ges</sub> und Hg waren die Bestimmungsgrenzen im Projekt EVAPASSOLD gleich dem Prüfwert der ÖNORM S 2088-1. Daher war dies auch für alle Messwerte der Messserie VNPOÖ gleich zu setzen, um eine entsprechende Gesamtauswertung durchführen zu können.

Tabelle 15: Häufigkeitsverteilungen der Einzelparameter im Eluat von 124 Proben aus 40 Ablagerungen

Parameter	Mittelwert [mg/kg]	Median [mg/kg]	Standard-Abweichung [mg/kg]	Min [mg/kg]	Max [mg/kg]	Perzentil 25 [mg/kg]	Perzentil 50 [mg/kg]	Perzentil 75 [mg/kg]	PWa [mg/kg]	MSW a [mg/kg]
<b>Eluat</b>	<b>Eluatgehalte</b>									
Lf	778	644	536	218	<b>3930</b>	381	644	<b>1002</b>	<b>1000</b>	<b>3000</b>
pH	7,6	7,7	0,4	6,3	8,6	7,5	7,7	7,9	<6> <b>11</b>	<5> <b>12</b>
Nitrat	7,8	1,0	21,6	1,0	<b>151,0</b>	1,0	1,0	3,4	<b>30</b>	<u>3</u>
Nitrit	<b>0,5</b>	0,1	2,0	0,05	<b>19,1</b>	0,05	<b>0,12</b>	<b>0,20</b>	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>
NH <sup>+</sup> <sub>4</sub>	<b>3,6</b>	0,2	7,2	0,1	<b>46,8</b>	0,2	0,2	<b>3,4</b>	<b>0,5</b>	<b>5,0</b>
Chlorid	14	10	12	10	90	10	10	10	<b>200</b>	<u>3</u>
Sulfat	177	91	181	40	<b>840</b>	40	91	241	<b>250</b>	<u>3</u>
AOX	<b>0,03</b>	0,01	0,06	0,01	<b>0,37</b>	0,01	0,01	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>	--
CSB	<b>60</b>	15	183	5	<b>1464</b>	9	15	<b>39</b>	<b>20</b>	<b>50</b>
TOC	21	8	71	2	583	4	16	18	--	--
∑KW	<b>0,3</b>	0,1	0,8	0,1	<b>5,9</b>	0,1	0,1	0,1	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>
Cyanid	0,03	0,03	0,01	0,03	<b>0,09</b>	0,03	0,03	0,03	<b>0,05</b>	<b>0,5</b>
Fluorid	0,48	0,44	0,27	0,20	<b>2,64</b>	0,31	0,44	0,57	<b>1,5</b>	<b>5,0</b>
Al	<b>0,45</b>	0,20	0,71	0,10	<b>7,70</b>	0,10	<b>0,21</b>	<b>0,38</b>	<b>0,2</b>	<b>10,0</b>
As	0,02	0,02	0,004	0,01	<b>0,06</b>	0,02	0,02	0,02	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>
Pb	0,05	0,05	0,001	0,05	<b>0,06</b>	0,05	0,05	0,05	<b>0,05</b>	<b>0,5</b>
Cd	<b>0,007</b>	<b>0,006</b>	0,004	0,00	<b>0,010</b>	0,002	<b>0,006</b>	<b>0,007</b>	<b>0,005</b>	<b>0,05</b>
Cr <sub>ges</sub>	0,05	0,05	0,045	0,05	<b>0,55</b>	0,05	0,05	0,05	<b>0,05</b>	<b>1,0</b>
Fe	0,3	0,2	0,6	0,1	<b>4,9</b>	0,1	0,2	0,4	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>
Cu	0,1	0,1	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>
Mn	<b>0,3</b>	0,1	0,4	0,1	<b>2,5</b>	0,1	0,1	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>
Ni	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>
Hg	0,001	0,001	0,0003	0,001	<b>0,003</b>	0,001	0,001	0,001	<b>0,001</b>	<b>0,005</b>
Zn	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	<b>1,0</b>	<b>3,0</b>

<sup>3</sup> begrenzt durch die Leitfähigkeit, die Werte sind anzuführen

Zur besseren Übersicht wurden alle Werte in der Tabelle 15 **fett** hinterlegt, die Überschreitungen des **Prüfwertes (PWa)** darstellen. Werte die auch die **Maßnahmen-schwellenwerte (MSW)** überschritten haben, wurden zusätzlich **unterstrichen** dargestellt.

Bei der überblicksmäßigen Betrachtung der Werte der oben stehenden Tabelle 15 zeigt sich bei vielen Parametern eine relativ große Streuung der analysierten Werte.

Die **Minimalwerte** liegen bei allen betrachteten Parametern unter den Prüfwerten der ÖNORM S 2088-1, wobei die Parameter  $\Sigma$ KW, Kupfer, Mangan und Nickel annähernd 100 % des Prüfwertes erreichen. Bei den Metallen Blei, Cadmium, Chrom<sub>ges</sub> und Quecksilber entspricht die Bestimmungsgrenze dem Prüfwert, wodurch keine definitive Aussage getroffen werden kann welche Werte unter dem entsprechenden Prüfwert zu liegen kommen.

Die **Maximalwerte** liegen bei Leitfähigkeit, Nitrit, Ammonium, CSB und  $\Sigma$ KW, Eisen und Mangan (d.h. 7 von 24) über den Maßnahmenschwellenwerten. Die Parameter Nitrit, Ammonium, CSB und  $\Sigma$ KW weisen zudem sehr deutliche Überschreitungen auf.

Die **Mittelwerte** überschreiten bei den Parametern Nitrit, Ammonium, CSB, Aluminium, Cadmium und Mangan jeweils die Prüfwerte der ÖNORM S 2088-1, wobei meist eine ca. dreifache Überschreitung, bei Ammonium eine siebenfache Überschreitung gegeben ist. Nur der Mittelwert für CSB überschreitet auch den Maßnahmenschwellenwert der ÖNORM S2088-1. Definitionsgemäß sind nach ÖNORM S 2088-1 daher bei den aufgetretenen Mittelwerten der jeweiligen Parameter in der Regel nur vereinzelt Maßnahmen zu setzten.

Die hohe Streuung der Analysenwerte zeigt sich deutlich in der **Standardabweichung**, die für etliche Parameter bei mehr als 100 % liegt.

Betrachtet man hingegen den **Median**, den mittleren Wert, so zeigt sich ein deutlich anderes Bild. Nur bei Cadmium kommt es zu einer Überschreitung des Prüfwertes der ÖNORM S 2088-1. Die Parameter Nitrit, Blei, Chrom<sub>ges</sub>, Quecksilber, Nickel, Kupfer und Aluminium erreichen zu 100 % den Prüfwert. Die anderen Medianwerte unterschreiten deutlich die Prüfwerte  $\mu$  (PW<sub>a</sub>) der ÖNORM S2088-1. Definitionsgemäß sind nach ÖNORM S 2088-1 daher bei den aufgetretenen Medianwerten in der Regel keine Maßnahmen zu setzten.

Wegen hoher Schwankungen der Einzelwerte, war es sinnvoll neben dem Median auch die **Perzentile** 25 % und 75 % auszuwerten und näher zu betrachten. Diese zeigen ein ähnliches Bild, wie bei den Feststoffanalysen (siehe Tabelle 14). Kein Perzentil 75 % liegt über dem Maßnahmenschwellenwert (MSW<sub>a</sub>). Die meisten, außer Ammonium (68 %) und CSB (78 %), sind deutlich darunter im Bereich von 25 % angesiedelt. Nur 8 Parameter liegen über dem jeweiligen Prüfwert (PW<sub>a</sub>). Davon zeigen bis auf Ammonium (680%) alle anderen Parameter nur jeweils eine Überschreitung von max 100 %. Das bedeutet, dass nur wenige „Ausreißer“ von den insgesamt 124 Datensätzen überhaupt Maßnahmen im Sinne der Definition der ÖNORM S 2088-1 erfordern.

**Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass nur wenige Maximalwerte und nur ein Mittelwert (d.h. CSB mit 60 mg/kg) bei den untersuchten Parametern der Eluatuntersuchungen über den jeweiligen, in der ÖNORM S 2088-1 definierten**

**Maßnahmschwellenwerten (MSWa) zu liegen kommen. Alle 75 % Perzentil-Werte der Parameter bleiben unter dem jeweiligen MSWa.**

### 6.1.3 Ergebnisse der Respirometeruntersuchungen

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Resultieren aus der Biologischen Aktivität im Respirometer der untersuchten Parameter zu fordernde Maßnahmen und welcher Bewertungsmaßstab ist heranzuziehen?

Die Respirometeruntersuchungen wurden nur im Projekt EVAPASSOLD durchgeführt. Daher kann hier nur auf ein eingeschränktes Datenmaterial zurückgegriffen werden. Dieser Parameter gibt Aussagen über den Restgehalt und die Verfügbarkeit biologisch abbaubarer Anteile in den Feststoffproben. Es wurde das genormte Verfahren über 4 Tage (AT<sub>4</sub>) einer Versuchsdauer von 21 Tagen (AT<sub>21</sub>) gegenüber gestellt.

Tabelle 16: Biologische Aktivität im Respirometer – statistische Auswertung von 81 Proben aus 28 Altablagerungen

Parameter	Mittelwert [mgO <sub>2</sub> /gTS]	Median [mgO <sub>2</sub> /gTS]	Standard- Abweichung [mgO <sub>2</sub> /gTS]	Min [mgO <sub>2</sub> /gTS]	Max [mgO <sub>2</sub> /gTS]	Perzentil 25 [mgO <sub>2</sub> /gTS]	Perzentil 50 [mgO <sub>2</sub> /gTS]	Perzentil 75 [mgO <sub>2</sub> /gTS]	PW	MSW
AT <sub>4</sub>	0,86	0,46	1,05	0,08	3,52	0,29	0,46	0,98	--	--
AT <sub>21</sub>	2,88	1,83	3,10	0,19	10,49	1,00	1,83	3,91	--	--

Für die beiden Parameter sind in den ÖNORMEN keine Prüfwerte oder Maßnahmschwellenwerte definiert. In der Publikation des Umweltbundesamtes „Deponienachsorge – Handlungsoptionen, Dauer, Kosten und quantitative Kriterien für die Entlassung aus der Nachsorge“ [Stegman et al. 2006], wird für AT<sub>4</sub> ein Zielwert zum Nachsorgeende mit < 2,5 mg O<sub>2</sub>/gTS abgeleitet und mit dem in der BRD definierten Grenzwert für mechanisch biologisch behandelte Abfälle von AT<sub>4</sub> < 5 mg O<sub>2</sub>/gTS als Zuordnungswert verglichen. Der Zielwert wurde aus den Ergebnissen des BMBF-Verbundvorhabens „Deponiekörper“ [Ehrig & Brinkmann 1998] abgeleitet. In diesem Vorhaben wurde allerdings empfohlen, statt des AT<sub>4</sub> eine verlängerte Testreihe mit AT<sub>21</sub> für Materialien aus Altdeponien (Altablagerungen) vorzusehen. Zielwerte dafür wurden jedoch nicht definiert.

In Österreich gelten nach dem ÖVAW-Positionspapier „Konzeptionelle Überlegungen zur Entlassung aus der Deponienachsorge“ [ÖWAV 2008] als Zielbereich für die Beendigung der Nachsorge AT<sub>4</sub> < 1-3 mg O<sub>2</sub>/gTS. Für den Parameter AT<sub>4</sub> ist der Grenzwert für mechanisch biologisch behandelte Abfälle mit < 7 mg O<sub>2</sub>/gTS in der Deponieverordnung 2008, Anhang 1, [BGBl II Nr. 39/2008] festgelegt.

In Analogie zu den definierten Prüfwerten und Maßnahmenschwellenwerten wird vom Autor ein **Prüfwert für AT<sub>4</sub> von 2,5 mg O<sub>2</sub>/gTS** vorgeschlagen. Der MSW wäre deutlich unter dem Grenzwert für mechanisch biologisch behandelte Abfälle mit einem AT<sub>4</sub>-Wert von 7,0 mg O<sub>2</sub>/gTS anzusiedeln, da dieser Grenzwert für reaktionsarme Abfälle in einer abgedichteten Deponie gelten. Es wird daher in dieser Arbeit vorgeschlagen, den Maßnahmenschwellenwert für den Parameter AT<sub>4</sub> mit 5 mg O<sub>2</sub>/gTS festzulegen.

**Respirometeruntersuchungen sind zur Abschätzung des Restgehaltes und der Verfügbarkeit biologisch abbaubarer Anteile in den Feststoffproben gut geeignet. Von Altablagerungen stehen allerdings nur wenige Untersuchungen zur Verfügung. Als Zielwert für das Nachsorgeende wird aufgrund deutscher und österreichischer fachlicher Einschätzungen als Prüfwert beim Parameter AT<sub>4</sub> < 2,5 mg O<sub>2</sub>/gTS und als Maßnahmenschwellenwert AT<sub>4</sub> < 5 mg O<sub>2</sub>/gTS vorgeschlagen.**

#### 6.1.4 Ergebnisse der Bodenluftuntersuchungen

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Resultieren aus den Ergebnissen der Bodenluftuntersuchungen Maßnahmen nach dem Auswertungsmaßstab ÖNORM S 2088-3 ?

In der ÖNORM S 2088-3 Altlasten Teil 3: Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Luft ist auf Seite 12 als Orientierungswert für den Methangehalt im Deponiekörper 5 Vol.% des Deponiegas-Volumens angegeben, ab dem von einer andauernden Deponiegasbildung auszugehen ist. Ab diesem Wert ist die Prüfung von Maßnahmen notwendig. In Analogie zur Definition des Prüfwertes der ÖNORM S 2088-1 wurde dieser Wert vom Autor als Prüfwert definiert.

In der ÖNORM S 2088-3 ist weiters definiert, dass ab einem Methangehalt von > 20 Vol.% in Abhängigkeit von der tatsächlichen Nutzung und Bebauung die Notwendigkeit von zusätzlichen Maßnahmen zu prüfen ist. In Analogie zur Definition des Maßnahmenschwellenwertes der ÖNORM S 2088-1 wurde daher dieser Wert in der vorliegenden Dissertationsarbeit als Maßnahmenschwellenwert für Bebauung definiert.

Die ÖNORM S 2088-3 gibt weiters auf Seite 13 als Orientierungswert für den Kohlendioxidgehalt im Deponiekörper 5 Vol.% an, ab dem weitergehende Maßnahmen zu prüfen sind. In Analogie zur Definition des Prüfwertes der ÖNORM S 2088-1 wurde dieser Wert als Prüfwert definiert.

In der ÖNORM S 2088-3 wird ebenfalls vorgeschlagen, das mittlere Verhältnis Methan/Kohlendioxid zu bestimmen, um eine voraussichtliche Zuordnung zu den Langzeitphasen der Gasproduktion [Rettenberger 1995] zu erhalten. Für die **Kohlendioxidphase** wurden die **Grenzen CH<sub>4</sub>:CO<sub>2</sub> = 0,08 bis 0,2** von Rettenberger [Rettenberger 1995] definiert. Diese werden in Analogie zur Definition des Prüfwertes und des Maßnahmenschwellenwertes der ÖNORM S 2088-1 als Prüfwert bzw. als Maßnahmenschwellenwert definiert. Der Parameter wird als CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub><sub>mittel</sub> einheitlich bezeichnet.

Der **Parameter  $CH_{4max}/CO_2$  mittel – Verhältnis in einer Meßstelle** wurde im Rahmen des Projektes EVAPASSOLD [NÖ Landesakademie 2005] vorgeschlagen, um sogenannte „Hot spots“ nicht zu übersehen. Dabei wurde der höchste Methan-Messwert einer Altablagerung für die Bestimmung des Parameters herangezogen und durch den mittleren  $CO_2$ -Gehalt dividiert. Es wurden die  **$CH_{4max}/CO_{2mittel}$ -Werte** für die **Methanoxidationsphase mit 0,25 – 1** nach Rettenberger abgeleitet [Rettenberger 1995]. Diese wurden vom Autor dieser Arbeit in Analogie zur Definition des Prüfwertes und des Maßnahmenschwellenwertes der ÖNORM S 2088-1 als Prüfwert bzw. als Maßnahmenschwellenwert definiert. Dieser Parameter wird einheitlich  $CH_{4max}/CO_2$  mittel in 1 Messstelle

In unten stehender Tabelle werden die Ergebnisse der Bodenluftanalysen dargestellt. Bei einer Altablagerung wurden keine Bodenluftproben gezogen. Daher sind weniger Datensätze von 39 Altablagerungen vorhanden.

Tabelle 17: Häufigkeitsverteilungen der Parameter in der Bodenluft von 123 Datensätzen von 39 Altablagerungen

Parameter	Mittelwert [Vol. %]	Median [Vol. %]	Standard- Abweichung [Vol. %]	Minimalwert [Vol. %]	Maximalwert [Vol. %]	Perzentil 25 [Vol. %]	Perzentil 50 [Vol. %]	Perzentil 75 [Vol. %]	Definierter Wert	
									PW [Vol. %]	MSW [Vol. %]
O <sub>2</sub> max	15,2	19,1	6,9	0,0	20,9	10,3	19,1	20,3	--	--
O <sub>2</sub> min	4,5	1,7	5,2	0,0	19,4	0,5	1,7	9,1	--	--
CH <sub>4</sub> max	<b>21,2</b>	<b>13,0</b>	23,9	0,0	<b>72,0</b>	0,0	<b>13,0</b>	<b>51,6</b>	<b>5,0</b>	<b>20</b>
CH <sub>4</sub> min	1,6	0,0	5,3	0,0	<b>21,0</b>	0,0	0,0	0,0	<b>5,0</b>	<b>20</b>
CO <sub>2</sub> max	<b>11,4</b>	10,0	6,4	1,5	<b>29,0</b>	<b>7,1</b>	<b>10,0</b>	<b>15,0</b>	<b>5,0</b>	--
CO <sub>2</sub> min	5,0	2,0	8,2	0,0	<b>10,0</b>	0,5	2,0	5,0	<b>5,0</b>	--
CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> mittel	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	0,8	0,0	<b>2,7</b>	0,0	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,08</b>	<b>0,20</b>
CH <sub>4max</sub> / CO <sub>2</sub> mittel in 1 Meßstelle	<b>2,6</b>	<b>1,4</b>	5,5	0,0	<b>34,0</b>	0,0	<b>1,4</b>	<b>2,3</b>	<b>0,25</b>	<b>1,0</b>

Zur besseren Übersicht wurden alle Werte in der Tabelle 17 **fett** hinterlegt, die Überschreitungen der definierten **Prüfwerte (PW)** darstellen. Werte die auch die definierten **Maßnahmenschwellenwerte** überschritten haben wurden zusätzlich **unterstrichen** dargestellt.

Bei der Betrachtung der Werte der oben stehenden Tabelle 17 zeigten sich große Streuungen der analysierten Werte, besonders beim Parameter  $CH_{4max}/CO_2$  mittel in 1 Messstelle. Daher wurde auch die, für Bodenluftparameter unübliche Auswertung, getrennt nach Maximalwerten und Minimalwerten, vorgenommen und hier jeweils innerhalb dieser Gruppe der Mittelwert, Median, Minimalwert und Maximalwert bestimmt. In den untersuchten Altablagerungen wurden zumindest an 4 Stellen, bei größeren an bis zu 8 Stellen Bodenluftuntersuchungen durchgeführt. Oft zeigte sich dabei an lediglich einer Stelle noch

eine (deutlich) nachweisbare Methanbildung. Dadurch kann die große Streuung der Maximal- und Minimalwerte der Bodenluftparameter erklärt werden. So kommt es öfter vor, dass sich ein Teil der Altablagerung noch in der Methanoxidationsphase und ein weiterer Teil bereits in der Luftphase [Rettenberger 1995] befindet. Dies ist vor allem damit zu begründen, dass es im Müllkörper stark wechselnde Anteile an organischen Bestandteilen gibt, die durch Inhomogenitäten in der Oberflächenabdeckung dazu führen, dass es in den untersuchten Altablagerungen ab einer Tiefe von > 3 m auch noch nach mehr als 15 Jahren zu einer erheblichen Deponiegasbildung kommt. Daher wird der im Rahmen des Projektes EVAPASSOLD vorgeschlagene Parameter  $CH_{4max}/CO_2$  mittel in 1 Meßstelle zur Abklärung von „hot spots“ als sinnvoll erachtet.

**Hinsichtlich einer gefahrlosen Bebauung werden die Bodenluftparameter als sensibelste Gruppe der Untersuchungsergebnisse (Feststoff, Eluat, Bodenluft) eingestuft, die einer weiteren vertieften Untersuchung unterzogen werden sollten. Bei vielen der untersuchten Altablagerungen sind Maßnahmen nach ÖNORM S 2088-3 erforderlich. Der, im Rahmen des Projektes EVAPASSOLD, vorgeschlagene Parameter  $CH_{4max}/CO_2$  mittel in 1 Meßstelle zur Abklärung von „hot spots“ wird weiterhin als sinnvoll erachtet.**

### 6.1.5 Auswertung der Überschreitungen der Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte für alle Standorte

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Wie lässt sich das Gefährdungspotential einer Altablagerung bewerten? Weisen Altablagerungen kleiner 10.000 m<sup>3</sup> ein geringeres Risiko auf?

Neben den Bewertungen der Analysenwerte von Einzelparametern der untersuchten Altablagerungen wird als nächster Schritt der Versuch unternommen, eine Charakterisierung der untersuchten Altablagerungen nach dem **Gefährdungspotential** durchzuführen. Dazu wurde die Anzahl der Überschreitungen der Prüfwerte (PW) und die Überschreitung der Maßnahmen-Schwellenwerte (MSW) der ÖNORM S 2088-1 (Ausgabe 1997) ausgewertet. Es wurde deshalb die Ausgabe 1997 gewählt, da hier wesentlich mehr MSW definiert waren und die Auswertungen von EVAPASSOLD [NÖ Landesakademie 2005] ebenfalls darauf Bezug nehmen.

In der nachfolgenden Tabelle 18 wurden bei allen Altablagerungen aus dem EU-Life Projekt EVAPASSOLD (28 Standorte) und aus dem Erweiterungsprojekt VNPOÖ (12 Standorte) zur zusätzlichen Beschreibung das Ablagerungsvolumen und die mittlere Tiefe angeführt. Die Altablagerungen wurden nach der Anzahl der Überschreitungen der Prüfwerte fallend gereiht. Alle Werte, bei denen auch die Werte der MSW überschritten sind wurden **fett** unterlegt. Der **Index<sub>E</sub>** zeigt an, dass dies beim jeweiligen Parameter für das Eluatergebnis relevant ist.



Es wurde damit auch der Versuch unternommen festzustellen, inwieweit die Größe der Altablagerung (Volumen) für die Höhe der Umweltgefährdung der Altablagerung, ausgedrückt durch PW- und MSW-Überschreitungen, ausschlaggebend ist.

Weiters sollten die Parametergruppen „Metalle“ (Eluat und Feststoff), „andere Schadstoffe“ (Eluat und Feststoff) und „Bodenluftkennwerte“ getrennt bewertet werden.

Tab. 18: PW- und MSW-Überschreitungen aller analysierten Parameter der untersuchten Altablagerungsstandorte der Projekte „EVAPASSOLD“ und „VNPOÖ“

Standort	Volumen m <sup>3</sup>	Tiefe m	Überschreitungen bei den Parametern Anzahl	PW Anz	MSW Anz.
TU	83200	6,0	Pb, <b>Cd</b> , <b>Cr</b> , Cu, Hg, <b>Zn</b> , PAK <sub>16</sub> , Lf, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, <b>CSB</b> , TOC, <b>KW<sub>E</sub></b> , Cyanid <sub>E</sub> , Al <sub>E</sub> , As <sub>E</sub> , Pb <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , <b>Fe<sub>E</sub></b> , <b>Mn<sub>E</sub></b> , <b>CH<sub>4</sub>max</b> , CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	26	12
SF	23700	4,0	As, Pb, <b>Cd</b> , Cu, Ni, Zn, PAK <sub>16</sub> , Lf, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, <b>CSB</b> , TOC, <b>KW<sub>E</sub></b> , Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , <b>CH<sub>4</sub>max</b> , CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	21	8
BR	70000	5,0	As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, PAK <sub>16</sub> , Lf, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, TOC, <b>KW<sub>E</sub></b> , Al <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , <b>CH<sub>4</sub>max</b> , CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	21	6
SA	9000	5,0	<b>Pb</b> , Cr, Cu, Zn, PAK <sub>16</sub> , Lf, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, CSB, TOC, Cyanid <sub>E</sub> , Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , Fe <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , CH <sub>4</sub> max, CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	21	4
LO	25000	3,0	Pb, <b>Cr</b> , <b>Cu</b> , Ni, Zn, PAK <sub>16</sub> , Lf, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, <b>CSB</b> , TOC, <b>KW<sub>E</sub></b> , Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , Cr <sub>E</sub> , Fe <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> mittel,	21	3
HA	31300	6,0	As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn, PAK <sub>16</sub> , Lf, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, TOC, <b>KW<sub>E</sub></b> , Cyanid <sub>E</sub> , Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , <b>Fe<sub>E</sub></b> , Mn <sub>E</sub> ,	20	1
NF	47100	4,0	Pb, Cd, Cu, Hg, <b>Zn</b> , Lf, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , <b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , AOX, <b>CSB</b> , TOC, Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , <b>CH<sub>4</sub>max</b> , CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	19	7
EB	37800	5,0	As, Pb, Cu, Zn, Lf, <b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, CSB, TOC, Fluorid, Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , <b>CH<sub>4</sub>max</b> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> mittel, <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	19	4
PU	33800	7,0	Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, PAK <sub>16</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , AOX, <b>CSB</b> , TOC, Cd <sub>E</sub> , <b>Mn<sub>E</sub></b> , <b>CH<sub>4</sub>max</b> , CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	18	5
PI	10000	4,0	As, <b>Cr</b> , <b>Cu</b> , Ni, Zn, Lf, <b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, CSB, TOC, Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , CH <sub>4</sub> max, CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	18	4
HF	--- <sup>1</sup>	4,5	Pb, <b>Cu</b> , Zn, Lf, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, CSB, TOC, <b>KW<sub>E</sub></b> , Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , CH <sub>4</sub> max, CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	18	4
FR	25000	4,5	<b>Pb</b> , Cr, Zn, PAK <sub>16</sub> , Lf, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, TOC, Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , <b>CH<sub>4</sub>max</b> , CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	17	5
NU	8000	4,5	<b>Pb</b> , Cu, <b>Zn</b> , PAK <sub>16</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , AOX, TOC, Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , <b>CH<sub>4</sub>max</b> , CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	16	6
DR	13700	2,0	Cd, Cu, <b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , AOX, CSB, TOC, <b>KW<sub>E</sub></b> , Cyanide, Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , CH <sub>4</sub> max, CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	16	4
SW	15000	4,2	Pb, Cr, Cu, Zn, PAK <sub>16</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, TOC, <b>KW<sub>E</sub></b> , <b>Mn<sub>E</sub></b> , CH <sub>4</sub> max, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> mittel, <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	16	2
PÖ	80000	11,0	Pb, Cd, Cu, PAK <sub>16</sub> , Lf, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, TOC, Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , CH <sub>4</sub> max, CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	16	1
RP	15100	4,0	Pb, Cd, Zn, Lf, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , AOX, TOC, Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , <b>CH<sub>4</sub>max</b> , CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel</b> , <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	14	4
RA	45000	7,0	As, Pb, Cd, Cu, <b>Zn</b> , PAK <sub>16</sub> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> , AOX, TOC, <b>KW<sub>E</sub></b> , Fluorid, Al <sub>E</sub> , Cu <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> ,	14	3



<b>HÖ</b>	38000	4,5	Pb, Zn, Lf, <b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> , AOX, TOC, KW <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , CH <sub>4</sub> max, <b>CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel, CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	13	<b>4</b>
GR	11500	3,0	Pb, Cd, Cu, <b>Zn</b> , Lf, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , AOX, CSB, TOC, Cd <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , CO <sub>2</sub>	12	<b>1</b>
GO	8000	3,4	PAK <sub>16</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> , TOC, Cyanide, Cd <sub>E</sub> CH <sub>4</sub> max, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> mittel, CH <sub>4</sub> max/CO <sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle	11	<b>1</b>
EL	--- <sup>1</sup>	3,4	PAK <sub>16</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, TOC</b> , Cd <sub>E</sub> , Mn <sub>E</sub> , <b>CH<sub>4</sub>max</b> , CO <sub>2</sub> , <b>CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub>mittel, CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle</b>	10	<b>3</b>
<b>KO</b>	7400	3,5	Pb, Cd, <b>Cr, Zn</b> , PAK <sub>16</sub> , AOX, TOC, <b>KW<sub>E</sub></b> , Al <sub>E</sub> , Cr <sub>E</sub>	10	<b>3</b>
<b>MO</b>	48000	5,0	<b>Pb</b> , Cu, Zn, PAK <sub>16</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , AOX, CSB, TOC, CO <sub>2</sub>	10	<b>1</b>
LA	26500	5,0	Pb, Cd, Zn, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , AOX, TOC, KW <sub>E</sub> , Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub>	9	<b>0</b>
OE	22500	2,5	Pb, Cu, Zn, PAK <sub>16</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , TOC, Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , CO <sub>2</sub>	9	<b>0</b>
HB	5700	2,0	Cu, Zn, Lf, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , TOC, Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , CO <sub>2</sub>	9	<b>0</b>
WE	8000	1,0	Pb, Cu, Zn, PAK <sub>16</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , TOC, Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub> , CO <sub>2</sub>	9	<b>0</b>
<b>EU</b>	10000	4,7	Pb, Cd, Cu, Zn, PAK <sub>16</sub> , KW <sub>E</sub> , Al <sub>E</sub> , CO <sub>2</sub>	8	<b>0</b>
SM	8000	3,0	Pb, Cr, Cu, Zn, PAK <sub>16</sub> , TOC, Cd <sub>E</sub> , CO <sub>2</sub>	8	<b>0</b>
<b>FO</b>	2000	2,0	Pb, Cd, Cu, <b>Zn</b> , LF, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , <b>Mn<sub>E</sub></b>	7	<b>2</b>
EI	5400	3,5	Pb, Cr, Cu, Zn, TOC, Cd <sub>E</sub> , CO <sub>2</sub>	7	<b>0</b>
LS	9000	4,0	Pb, Cd, Cu, Zn, AOX, Al <sub>E</sub> , Cd <sub>E</sub>	7	<b>0</b>
RE	8000	3,2	Pb, Cd, Cu, Zn, PAK <sub>16</sub> , AOX, CO <sub>2</sub>	7	<b>0</b>
<b>RO</b>	12000	5,0	Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, PAK <sub>16</sub> , KW <sub>E</sub>	7	<b>0</b>
<b>MÜ</b>	3100	4,5	Cr, Ni, PAK <sub>16</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TOC, KW <sub>E</sub>	6	<b>0</b>
ER	6100	3,0	Cd, Cu, Ni, Zn, AOX, Cd <sub>E</sub>	6	<b>0</b>
HO	7600	3,0	Pb, Cd, Zn, AOX, Cd <sub>E</sub> , CO <sub>2</sub>	6	<b>0</b>
<b>KÄ</b>	60000	6,5	PAK <sub>16</sub> , Al <sub>E</sub> , CO <sub>2</sub>	3	<b>0</b>

<sup>1</sup> Volumen nicht sicher feststellbar **VNPOÖ-Standorte sind fett hinterlegt**

Es wurde der Altablagerungsstandort RÄ vorab ausgeschieden, da dieser ausschließlich mit Kartonagen, Holz, Aschen und Verpackungsmaterial eines Rehabilitationszentrums verfüllt wurde. Daher verbleiben für die weiteren Auswertungen von den 40 Standorten nur mehr 39.

#### • Zusammenhang zwischen PW-Überschreitungen und Ablagerungsvolumen

Betrachtet man überblicksmäßig die Anzahl der Prüfwertüberschreitungen im Zusammenhang mit dem jeweilig korrespondierenden Ablagerungsvolumen, so zeigt sich auf dem ersten Blick kein klarer Zusammenhang. Daher wurde eine grafische Auswertung durchgeführt.

In nachfolgender Abbildung 15 zeigt das Bestimmtheitsmaß mit  $R^2 = 0,2349$  keinen ausgeprägten Zusammenhang zwischen Anzahl der PW-Überschreitungen und Deponiegröße. Die Streuung der Werte ist relativ groß. So weist beispielsweise die viertgrößte Altablagerung mit 60.000 m<sup>3</sup> Ablagerungsvolumen nur 3 PW-Überschreitungen auf. Im Gegensatz dazu weist eine kleine Ablagerung mit 9.000 m<sup>3</sup> Ablagerungsvolumen 21 von maximal 25 Prüfwertüberschreitungen aus.

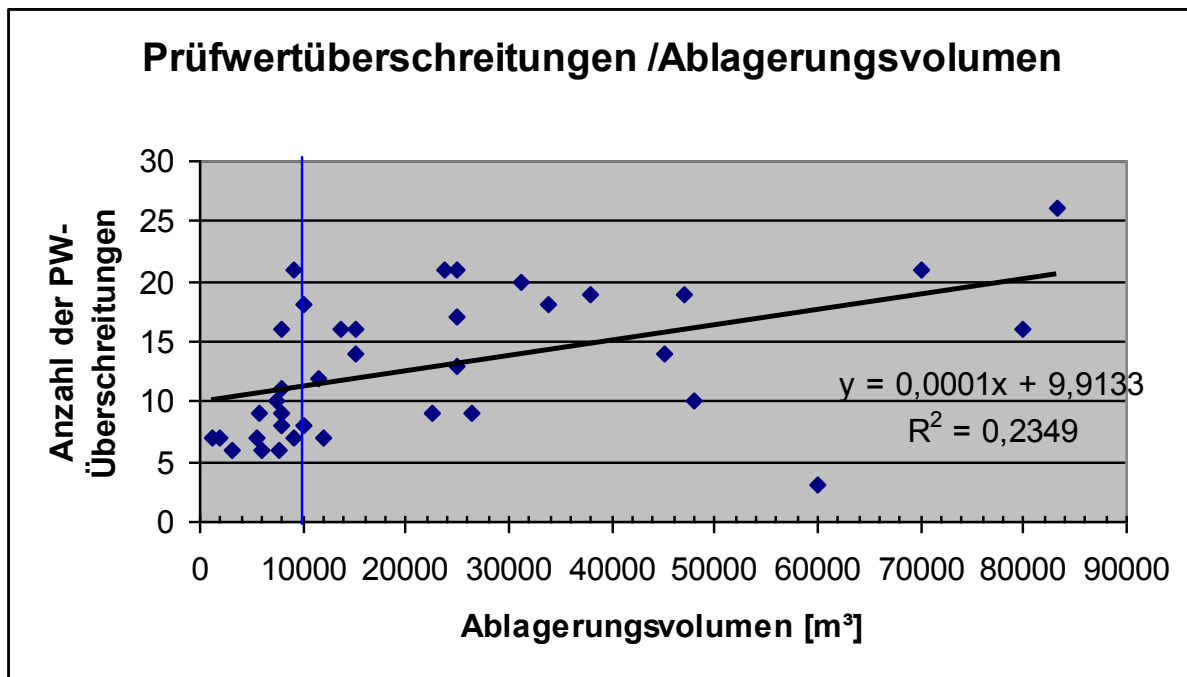


Abbildung 15: Zusammenhang von Deponievolumen und PW-Überschreitungen

Unter Heranziehung des Bewertungsmaßstabes der Prüfwertüberschreitungen der ÖNORMEN S 2088-1 und S 2088-3 zeigt sich deutlich, dass es keine feststellbare Größe des Ablagerungsvolumens gibt, ab der keine PW-Überschreitungen auftreten.

Betrachtet man die Standorte  $< 10.000 \text{ m}^3$ , so zeigt sich deutlich, dass diese im überwiegendem Ausmaß nur 5 -10 Überschreitungen aufweisen (12 von 16 Standorten). Standorte mit  $> 10.000 \text{ m}^3$  Ablagerungsvolumen weisen deutlich mehr PW-Überschreitungen auf. Generell lassen somit kleinere Standorte ein geringeres Gefährdungspotential erkennen. Es hängt das Gefahrenpotential eines Standortes jedoch auch stark vom Inhalt und den Abbaubedingungen seit dem Ablagerungszeitraum ab.

Die grafische Darstellung der Maßnahmen-Schwellenwerte in Abhängigkeit vom Ablagerungsvolumen hingegen gibt kein klares Bild. Die Streuung ist sehr hoch, da es eine größere Anzahl an Standorten mit keinen Überschreitungen gibt und andere bei gleichem Ablagerungsvolumen 6 bis 8 Überschreitungen aufweisen ( $R^2=0,2013$ ). Auf eine Darstellung wird daher verzichtet.

- **Zusammenhang zwischen Parametergruppen und Überschreitungen von Prüfwerten und Maßnahmenschwellenwerten**

Da sich bei der Gesamtanzahl der Überschreitungen der Prüfwerte und Maßnahmenschwellenwerte im Bezug auf die Ablagerungsgröße kein eindeutiger Zusammenhang ergab bzw. sich keine eindeutigen Aussagen treffen ließen, wurde versucht aufzuzeigen wie die jeweiligen Parametergruppen Metalle (Eluat und Feststoff), andere Schadstoffe (Eluat und Feststoff) sowie Bodenluftkennwerte getrennt von einander, für die Überschreitung von

MSWa verantwortlich zeichnen. Es wird in den folgenden Aussagen Bezug auf Tabelle 18 genommen.

Insgesamt kam es aufgrund der Untersuchungsergebnisse bei 26 der 39 ausgewerteten Altablagerungen zu Überschreitungen von zumindest einem Parameter der MSWa der ÖNORM S 2088-1 (1997). Dies bedeutet, dass in der Regel bei diesen Altablagerungen bestimmte Maßnahmen zu setzen sind. Dies sind 2/3 aller untersuchten Altablagerungen. Bei 5 von diesen 26 Altablagerungen kam es nur bei einem Parameter zu einer MSWa-Überschreitung. Bei der überwiegenden Anzahl (15 von 26) waren Überschreitungen von mehr als 3 Parametern für die Forderung nach Ergreifen von Maßnahmen verantwortlich.

Als weiteren Schritt wurden die Überschreitungsgrößen PWa und MSWa getrennt für die folgenden Parametergruppen untersucht und bewertet:

- Metalle (Feststoff und Eluat);
- andere Schadstoffe (Feststoff und Eluat);
- Bodenluftkennwerte .

Nachfolgend werden die Begriffe PWa und MSWa verkürzt mit PW und MSW bezeichnet.

#### Überschreitungen der Maßnahmen-Schwellenwerte:

Insgesamt betrachtet, teilten sich die MSW-Überschreitungen, wie in Tabelle 19 dargestellt, relativ gleichmäßig auf alle drei Gruppen auf.

Tabelle 19: Verteilung der MSW - Überschreitungen von Altablagerungen innerhalb der untersuchten Parametergruppen

Parametergruppe	MSW Anzahl	MSW [%]
Metalle	26	28
andere Schadstoffe	31	32
Bodenluftparameter	39	40
<b>Summe</b>	<b>96</b>	<b>100</b>

Bei differenzierter Betrachtung der Überschreitungen von Maßnahmenschwellenwerten (MSW) der jeweiligen Standorte zeigt sich folgendes Bild:

- Bei 5 Standorten, die nur jeweils eine Überschreitung des MSW aufweisen, waren 3x Metalle im Feststoff, 2x andere Schadstoffe und 1x Bodenluftparameter ausschlaggebend;
- Bei 7 Standorten, die bis zu zwei Überschreitungen des MSW aufweisen waren 6 x Metalle im Feststoff und Eluat, 2x andere Schadstoffe und 2x Bodenluftparameter ausschlaggebend;
- Bei 11 Standorten, die bis zu drei Überschreitungen des MSW aufweisen waren 11x Metalle im Feststoff und Eluat, 5x andere Schadstoffe und 5x Bodenluftparameter ausschlaggebend;
- Bei 15 Standorten, die mehr als 3 Überschreitungen des MSW aufweisen waren 16x Metalle im Feststoff und Eluat, 27x andere Schadstoffe und 34x Bodenluftparameter ausschlaggebend.

Erst ab zumindest 2 MSW-Überschreitungen sind andere Schadstoffe und Bodenluftparameter mehrheitlich ausschlaggebend für in der Regel erforderlichen Maßnahmen bei MSW-Überschreitungen.

#### Überschreitungen der Prüfwerte:

Von allen 39 untersuchten Altablagerungen weisen alle mehr als 3 PW-Überschreitungen auf.

Von allen 39 untersuchten Altablagerungen weisen 15 weniger als 10 PW-Überschreitungen auf. Dies sind 38 % aller Altablagerungen. In dieser Klasse mit weniger als 10 Prüfwert-Überschreitungen je Altablagerung kommt es bei einer Altablagerung zu einer zusätzlichen MSW-Überschreitung. In dieser Klasse waren 68x Metalle im Feststoff und Eluat, 31 x andere Schadstoffe (Feststoff und Eluat) und 11x Bodenluftparameter für die Prüfwertüberschreitungen verantwortlich.

Insgesamt betrachtet waren Prüfwert-Überschreitungen bei den Metallen wesentlich häufiger anzutreffen als bei den anderen beiden Parameter-Gruppen. Andererseits waren fast die Hälfte (46 %) der PW-Überschreitungen bei den Bodenluftparametern auch MSW-Überschreitungen, bei den Metallen hingegen nur 11 %.

Tabelle 20: Verteilung der PW – und MSW-Überschreitungen von Altablagerungen innerhalb der untersuchten Parametergruppen

Parametergruppe	PW Anzahl	PW [%]	MSW Anzahl	MSW [%]	MSW/PW [%]
Metalle	230	49	26	28	11
andere Schadstoffe	156	33	31	32	19
Bodenluftparameter	84	18	39	40	46
<b>Summe</b>	470	100	96	100	20

**Wenn bei Altablagerungen messbare Konzentrationen (Vol.%) an Bodenluftparametern (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) vorliegen, dann sind diese meist in relevanten Größen. Das heißt, es kommt oft zu Überschreitungen der Maßnahmenschwellenwerte, die entsprechende Maßnahmen erfordern. Daher ist auf diese Parameter besonderes Augenmerk zu richten.**

- **Auswertung von Überschreitungen der Prüfwerte und Maßnahmenschwellenwerte kleiner Standorte bis 10.000 m<sup>3</sup> Ablagerungsvolumen**

Eine weitere Überlegung für Auswertungen war die Annahme, dass kleinere Altablagerungen ein geringeres Gefährdungspotential aufweisen. Daher wurde eine gezielte Auswertung von kleineren Standorten durchgeführt und diese größeren Standorten gegenüber gestellt (siehe Abbildungen 16 und 17). Als Trennlinie wurde das Ablagerungsvolumen kleiner/größer 10.000 m<sup>3</sup> gewählt. Dies deshalb, da in NÖ viele sogenannte „Gemeindedeponien“ bzw. „Sturzplätze“ zwischen 1950 und 1975 großteils nur ein Ablagerungsvolumen von 5.000 bis 10.000 m<sup>3</sup> aufwiesen [NÖ Landesakademie 1999]. Für Altablagerungen bis 10.000 m<sup>3</sup> gilt nach dem Leitfaden Verdachtsflächen [Amt der NÖ Landesregierung 1998] ein Abschlag von der Stoffgefährlichkeit von -0,5 (bei Werten zwischen 2,0 bis 3,0).

Es zeigt sich bei der generellen Betrachtung von Deponien (Altablagerungen) mit einem Ablagerungsvolumen < 10.000 m<sup>3</sup>, ein leichter Trend, dass weniger Überschreitungen der PW und MSW feststellbar sind (siehe Abbildung 15). Abweichend davon war es jedoch bei einer Altablagerung zu 21 PW-Überschreitungen, wobei davon auch 4 MSW-Überschreitungen waren, gekommen. Bei einer weiteren kleinen Altablagerung sind bei 16 PW-Überschreitungen sogar 6 MSW-Überschreitungen feststellbar. Insgesamt ist es bei 4 von 13 Standorten < 10.000 m<sup>3</sup> zu MSW-Überschreitungen gekommen. Dies bedeutet nach der ÖNORM S 2088-1, dass bei diesen 4 Standorten in der Regel Maßnahmen zur Verminderung des Gefährdungspotentials zu treffen sind. Davon waren bei 2 Standorten die Bodenluftwerte ausschlaggebend. Bei keinem Standort waren Maßnahmen nur aufgrund der gemessenen Bodenluftwerte, sondern immer mit anderen Parametern (Ammonium und

Schwermetalle im Feststoff) gemeinsam, angezeigt. Bei den beiden restlichen Standorten war Ammonium sowie Zink und Chrom im Feststoff ausschlaggebend.

Betrachtet man die 3 Parametergruppen und bewertet sie getrennt, so zeigt sich, dass es insgesamt zu gleich vielen MSW-Überschreitungen bei den Metallen, anderen Schadstoffen und Bodenluftparametern kommt.

Bei der Betrachtung im Detail zeigt sich folgendes Bild:

Bei den Feststoffparametern zeigen sich bei Altablagerungen kleiner 10.000 m<sup>3</sup> in Relation zu größer 10.000 m<sup>3</sup> bei PW-Überschreitungen nur bei den Parametern Zink (67,4 % zu 82,1 %) und bei PAK<sub>16</sub> (37,1 % zu 54,2 %) ein relevanter Unterschied.

Bei den Eluatparametern zeigen sich bei Altablagerungen kleiner 10.000 m<sup>3</sup> in Relation zu Altablagerungen größer 10.000 m<sup>3</sup> bei PW-Überschreitungen bei den Parametern Nitrit (35,7 % zu 64,4 %) und bei Ammonium (25,0 % zu 45,6 %) relevante Unterschiede.

In der nachfolgenden Tabelle 21 werden jene Parameter gegenüber gestellt, die für den **Abbaugrad der Deponie (L/S, CSB und TOC)** kennzeichnend sind. Weiters werden die **für eine Bebauung als sensibel bewerteten Bodenluftparameter** dargestellt. Zusätzlich wurde der vom Autor im vorangegangenen Kapitel definierte **Faktor h<sub>NB</sub>**, als Maß für die Niederschlagsmenge, die während der offenen Betriebsphase in den Abfallkörper eingedrungen ist und in Analogie zum L/S-Verhältnis der dimensionslose Faktor

$$h_{NB}/T = \text{Höhe}_{\text{Niederschlag Betrieb}} / \text{mittlere Ablagerungstiefe [m/m]}$$

getrennt für kleine (< 10.000 m<sup>3</sup>) und große (> 10.000 m<sup>3</sup>) Altablagerungen ausgewertet und einander gegenübergestellt.

Tabelle 21: Gegenüberstellung charakteristischer Parameter der Altablagerungen größer und kleiner 10.000 m<sup>3</sup> Volumen

Parameter	Ablagerungsvolumen < 10.000 m <sup>3</sup>	Ablagerungsvolumen > 10.000 m <sup>3</sup>
Mittelwert h <sub>NB</sub> [mm]	<b>9495</b>	15909
Mittelwert L/S [-]	<b>6,15</b>	4,31
Mittelwert h <sub>NB</sub> /T [m/m]	<b>3,43</b>	3,06
Anzahl NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -PW-Überschreitungen [%]	<b>25,0</b>	45,6
Anzahl CSB PW-Überschreitung [%]	<b>8,7</b>	50,8
Anzahl CSB MSW-Überschreitung [%]	<b>8,7</b>	28,6
Anzahl TOC PW-Überschreitung [%]	<b>50,0</b>	73,3

Anzahl PW CH <sub>4</sub> max > 5 Vol.% [%]	<b>26,1</b>	66,3
Anzahl MSW CH <sub>4</sub> max > 20 Vol.% [%]	<b>8,7</b>	53,3
Anzahl PW CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> mittel [Vol.%/Vol.%]	<b>26,1</b>	68,5
Anzahl MSW CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> mittel [Vol.%/Vol.%]	<b>17,4</b>	58,7

CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> mittel: Dies ist das mittlere Verhältnis von CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> aus allen Messstellen einer Altablagung.

Der mittlere Gesamtniederschlag der offenen Betriebsdauer  $h_{NB}$  ist ebenfalls deutlich unterschiedlich, in Abhängigkeit vom Ablagerungsvolumen kleiner/größer 10.000 m<sup>3</sup>. Dies ist dadurch erklärbar, dass kleinere Altablagungen oft nur wenige Jahre betrieben wurden und daher die Gesamtsumme der Niederschläge geringer ausfällt.

Der Wert  $h_{NB}/T$  zeigt nur geringe Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Die Dauer des offenen Betriebes der Altablagungen zur Niederschlagshöhe  $h_{NB}$  in dieser Periode steht in ähnlichem Verhältnis wie zur Ablagerungstiefe. Größere Deponien weisen meist größere Ablagerungstiefen auf. Die Höhe des mittleren L/S-Wertes ist bei kleineren Altablagungen deutlich höher als bei größeren Altablagungen. Dies ist damit begründet, dass die größeren Altablagungen meist eine deutlich größere Tiefe der Ablagerungen aufweisen und dieser Faktor reziprok linear in die Berechnung einfließt. Die Höhe des mittleren L/S-Verhältnisses für Ablagerungsvolumina < 10.000 m<sup>3</sup> liegt bei 6,15 [m/m].

Zum besseren Verständnis der beiden gewählten Parameter  $h_{NB}/T$  und L/S wurde ein Kriterienvergleich von  $h_{NB}/T$  und L/S für alle untersuchten Altablagungen durchgeführt. Ab einem Wert des L/S-Verhältnisses > 5,0 [m/m] ist nach der im Endbericht EVAPASSOLD 2003 vorgenommenen Risikobewertung [Heyer 2003a] kein Gefährdungspotential mehr vorhanden (in den folgenden Abbildungen als Grenzlinie **rot** eingezeichnet). Im nachfolgenden Kapitel der vorliegenden Dissertation wird als Risikogrenze für die Bebaubarkeit der Wert  $H_{NB}/T < 4,4$  ermittelt. Dies erfolgt aufgrund von Einzelparameterauswertungen. Als Vorwegnahme der Zusammenschau der Einzelergebnisse des nachfolgenden Kapitels 6.3 wird an dieser Stelle vergleichend der Wert in den folgenden Abbildungen als Grenzlinie **grün** eingezeichnet.

Als erster Schritt wurde der Kriterienvergleich für die Altablagungen in den beiden Gruppen kleiner 10.000 m<sup>3</sup> und größer 10.000 m<sup>3</sup> durchgeführt.



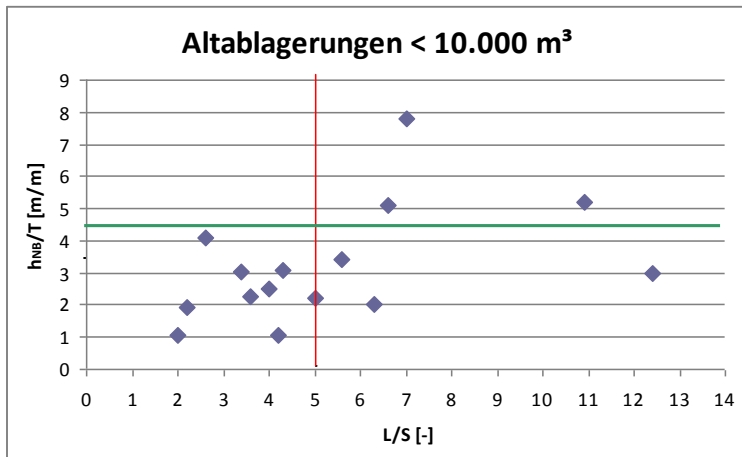


Abbildung 16: Kriterienvergleich von  $h_{NB}/T$  und  $L/S$  für alle untersuchten Altanlagen < 10.000 m³ Ablagerungsvolumen

Kriterium  $h_{NB}/T$  erfüllt: 3

Kriterium  $L/S$  erfüllt: 7

Beide Kriterien erfüllt: 3

☒ Altanlage mit erfüllten Kriterien, die die Grenzwerte nicht einhalten können: 0

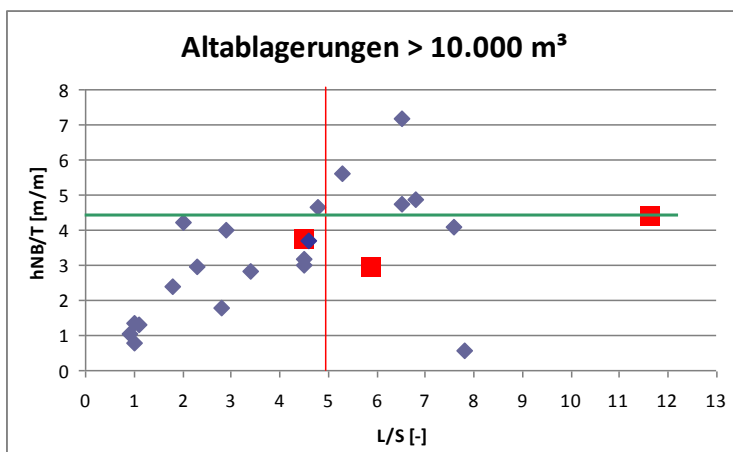


Abbildung 17: Kriterienvergleich von  $h_{NB}/T$  und  $L/S$  für alle untersuchten Altanlagen > 10.000 m³ Ablagerungsvolumen

Kriterium  $h_{NB}/T$  erfüllt: 5

Kriterium  $L/S$  erfüllt: 8

Beide Kriterien erfüllt: 5

☒ Altanlage mit erfüllten Kriterien, die die Grenzwerte nicht einhalten können: 2

Ab einem Wert des  $L/S$ -Verhältnisses  $> 5,0$  [m/m] ist nach der im Endbericht EVAPASSOLD 2003 vorgenommenen Risikobewertung [Heyer 2003a] grundsätzlich kein Gasemissionspotential mehr vorhanden und zudem liegen die Elutionswerte unterhalb der Maßnahmenschwelwerte. Die Datenüberprüfung ergibt, dass es zwar bei den

Elutionswerten zu keinen Überschreitungen der MSW kommt, jedoch überschreiten in der Altablagerung EB der Mittelwert und fast alle Einzelwerte die Grenzwerte für Bodenaushubmaterial mit Hintergrundbelastung mit 8 mg/kg TM nach DVO bzw. nach BAWPL 2011 überschritten. Somit sind bei Aushub des Materials jedenfalls Maßnahmen zu setzen. Dies wird in der nachfolgenden Abbildung 18 dargestellt.

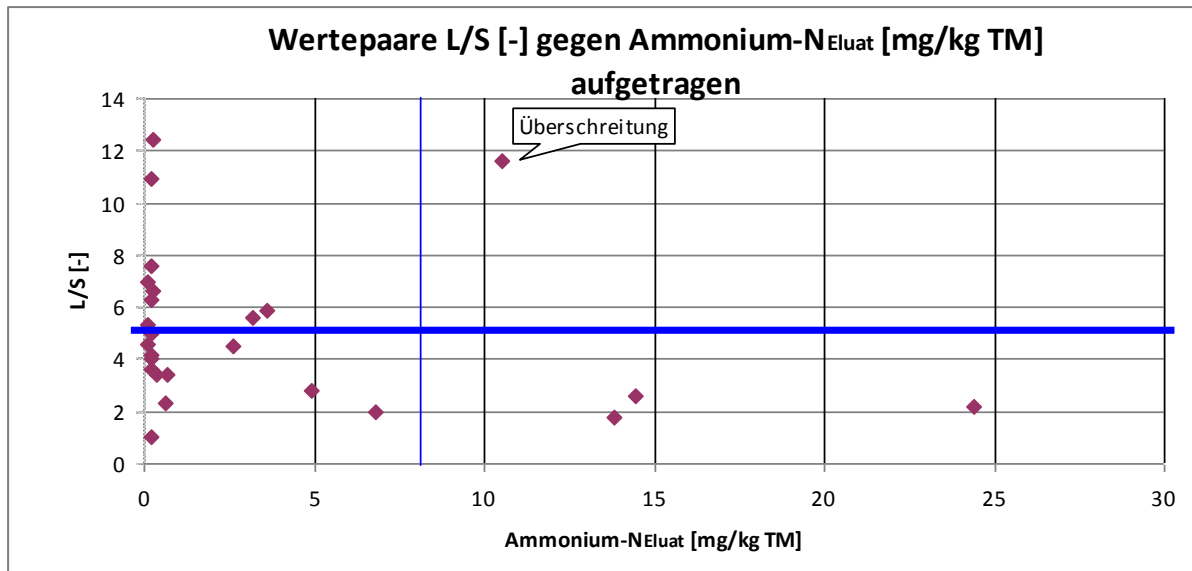


Abbildung 18: Zusammenhang von L/S und Ammonium-N im Eluat für fachlich eingeschränkte Standorte

Einige der Ablagerungen < 10.000 m<sup>3</sup> weisen im Ablagerungsmaterial einen hohen Anteil an stark bindigem Bodenaushub auf. Dadurch kommt es zu verzögerter bzw. nicht statt findender Wasserversorgung der abgelagerten organischen Bestandteile. In weiterer Folge kommt es daher zu einer verzögerten Deponiegas-Entwicklung (Hauptkomponenten CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub>). Dadurch kommt es erst später und verzögert zum Durchlaufen der stabilen Methanphase und aller nachfolgenden Langzeitphasen [Rettenberger 1995].

Ab einem Methangehalt > 5 Vol.% ist nach ÖNORM S 2088-3 von andauernder Deponiegasbildung auszugehen. Aus der Abbildung 19 ist erkennbar, dass bei 2 Standorten ein erhöhtes Gasbildungspotential gegeben ist. Beim Standort EB mit einem Maximalwert von 22 Vol.% CH<sub>4</sub> liegen die restlichen Analysenwerte bei 1-3 Vol.%. Beim Standort DR mit einem Maximalwert von 17 Vol.% CH<sub>4</sub> liegen die restlichen Analysenwerte bei 5,5, 4,0 und 0 Vol.%. Der Absaugversuch zeigte konstant über 12 % CH<sub>4</sub> in der abgesaugten Bodenluft.

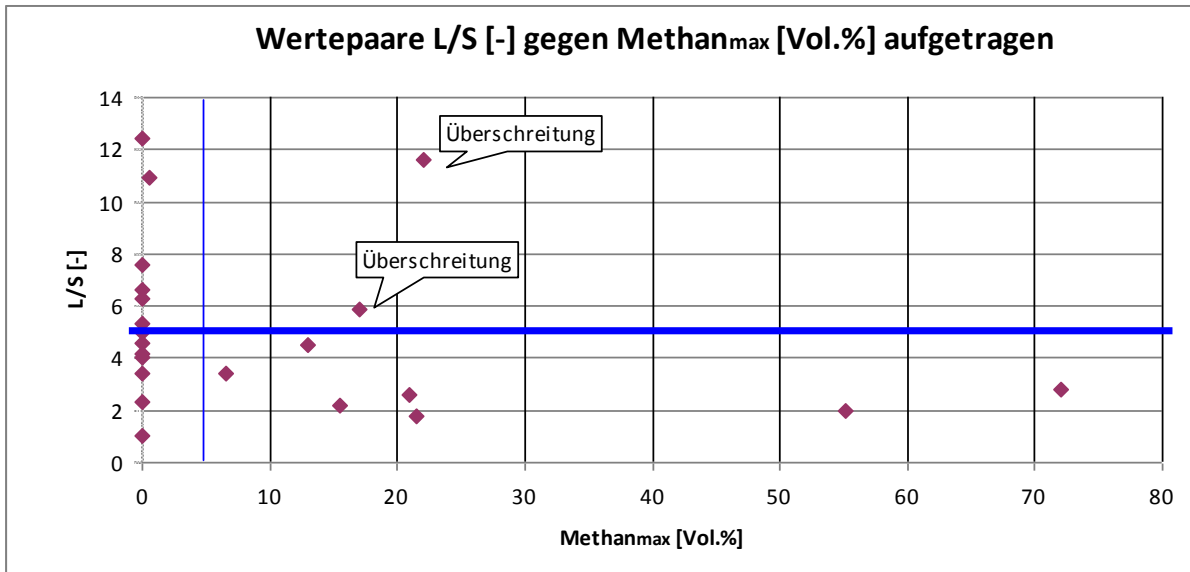


Abbildung 19: Gegenüberstellung L/S zu Methan max. im Deponiegas-Volumen im Deponiekörper. Begrenzung der Wertepaare durch CH<sub>4</sub> < 5 Vol.%

Als nächster Schritt wurden als alle untersuchten Altablagerungen mit den beiden Kriterien verglichen. Hier zeigt sich, dass es bei Einhaltung des Kriteriums  $h_{NB}/T > 4,4$  zu keinen Überschreitungen von Grenzwerten der ÖNORM S 2088-1 bzw. der DVO kommt. Hingegen treten bei Erfüllung des Kriteriums  $L/S > 5$  zwei Überschreitungen von Grenzwerten auf.

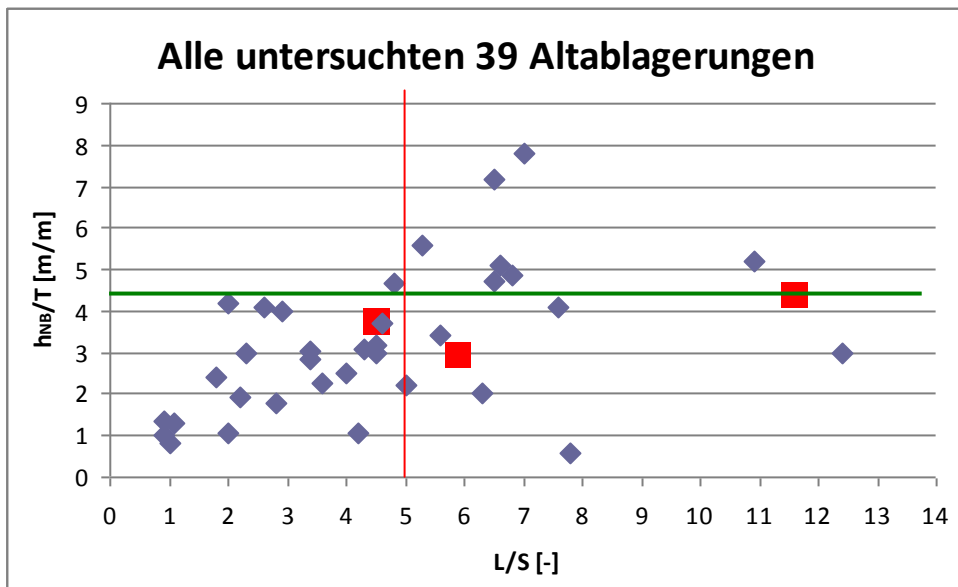


Abbildung 20: Kriterienvergleich von  $h_{NB}/T$  und L/S für alle 39 untersuchten Altablagerungen

Kriterium  $h_{NB}/T$  erfüllt: 8

Kriterium L/S erfüllt: 15

Beide Kriterien erfüllt: 7

☒ Altablagerung mit erfüllten Kriterien, die die Grenzwerte nicht einhalten können: 2

Die Aussagen sowohl im Projekt EVAPASSOLD als auch im Rahmen der vorliegenden Dissertation gelten nur bis max. 50.000 m<sup>3</sup>. Standorte, die den Vorgaben (Hausmüllablagerungen kleiner und mittlerer Gemeinden, max Ablagerungsvolumen < 50.000 m<sup>3</sup>, mittlere Tiefe < 5, 0 m und keine Hinweise auf toxische wirkende Schwermetalle) nicht entsprochen haben, wurden für nachfolgende Abbildung eliminiert. Mit diesen fachlich eingeschränkten Standorten, insgesamt 25, wurden im nachfolgenden Kapitel 6.3 die Einzelauswertungen der Parameter TOC, Ammonium, CH<sub>4</sub> max, CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel, CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub>mittel in 1 Meßstelle durchgeführt. Durch die fachlichen Einschränkungen werden einige Extremwerte eliminiert. Insgesamt zeigen die eingeschränkten Standorte in Abbildung 21 jedoch eine sehr ähnliche Verteilung. Hier zeigt sich ebenso, dass es bei Einhaltung des Kriteriums  $h_{NB}/T > 4,4$  zu keinen Überschreitungen von Grenzwerten der ÖNORM S 2088-1 bzw. der DVO kommt. Hingegen treten bei Erfüllung des Kriteriums  $L/S > 5$  zwei Überschreitungen von Grenzwerten auf.

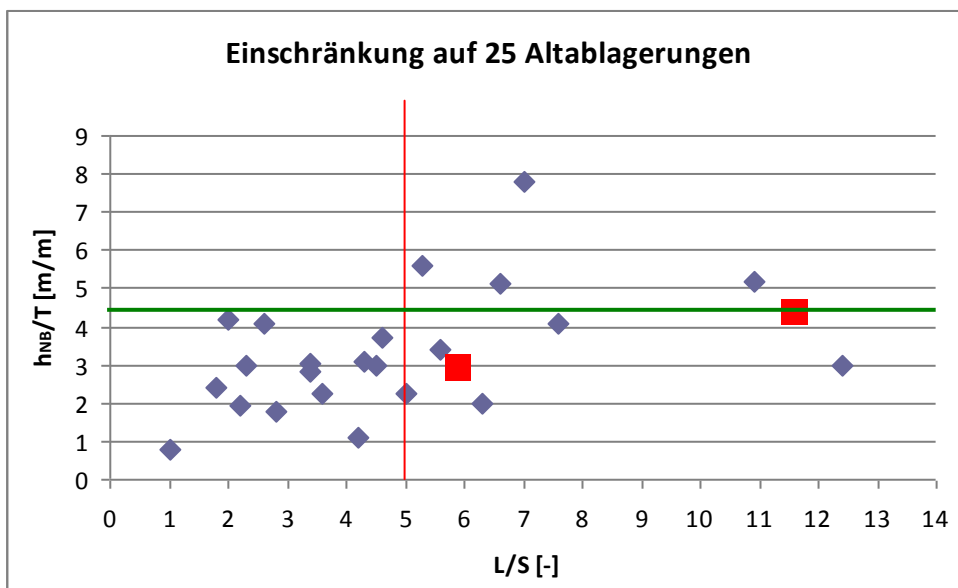


Abbildung 21: Kriterienvergleich von  $h_{NB}/T$  und  $L/S$  für 25 ausgewählte Altablagerungen

Kriterium  $h_{NB}/T$  erfüllt: 4

Kriterium  $L/S$  erfüllt: 11

Beide Kriterien erfüllt: 4

☒ Altablagerung mit erfüllten Kriterien, die die Grenzwerte nicht einhalten können: 2

Die Bodenluftparameter sind aufgrund der vorangegangenen Auswertungen als sensibel eingestuft worden. Da nur von 22 Standorten Bodenluftuntersuchungen vorliegen wurde weiters die Einschränkung auf diese 22 Standorte ebenfalls im Detail untersucht und in Abbildung 22 dargestellt. Hier zeigt sich, dass es bei Einhaltung des Kriteriums  $h_{NB}/T > 4,4$  zu keinen Überschreitungen von Grenzwerten der ÖNORM S 2088-3 kommt. Hingegen treten bei Erfüllung des Kriteriums  $L/S > 5$  zwei Überschreitungen von Grenzwerten auf.

### Einschränkung auf 22 Altablagerungen

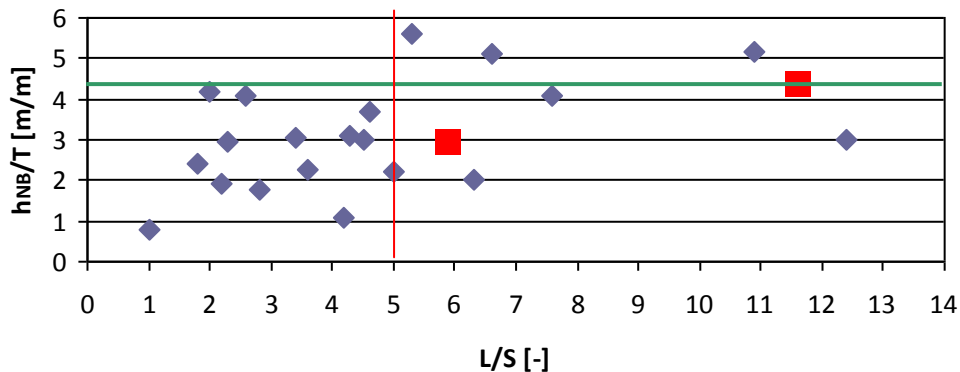


Abbildung 22: Kriterienvergleich von  $h_{NB}/T$  und  $L/S$  für 22 ausgewählte Altablagerungen

Kriterium  $h_{NB}/T$  erfüllt: 3

Kriterium  $L/S$  erfüllt: 9

Beide Kriterien erfüllt: 3

☒ Altablagerung mit erfüllten Kriterien, die die Grenzwerte nicht einhalten können: 2

Somit kann durch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen die Aussage, dass ab einem Wert des  $L/S$ -Verhältnisses  $> 5,0$  [m/m] grundsätzlich kein Gasemissionspotential mehr vorhanden ist [Heyer 2003a], nicht bestätigt werden.

Für Standorte  $< 10.000$  m<sup>3</sup> sind diese Ergebnisse jedoch weiterhin zutreffend, da die Standorte, die die Aussage widerlegen, ein Ablagerungsvolumen von 13.700 bzw. 37.800 m<sup>3</sup> aufweisen.

Es zeigen sich vor allem bei den Bodenluftparametern und bei den Parametern  $NH_4^+$ , CSB und TOC im Ablagerungsgut deutliche Unterschiede zwischen den beiden Ablagerungsklassen  $< 10.000$  m<sup>3</sup> und  $> 10.000$  m<sup>3</sup>.

Folgende Parameter sind bei Ablagerungen kleiner 10.000 m<sup>3</sup> einstufigsrelevant:

**MSW:** 3x  $NH_4^+$ , 3x Zn, 2x Pb, je 1 x Cr,  $\sum KW_E$ ,  $Mn_E$ ,  $CH_4$  max,  $CH_4/CO_2$  mittel,  $CH_{4max}/CO_2$  mittel in 1 Messstelle

**PW:** Schwermetalle,  $PAK_{16}$ , AOX, CSB, TOC,  $NH_4^+$ ,  $\sum KW_E$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  max,  $CH_4/CO_2$  mittel,  $CH_{4max}/CO_2$  mittel in 1 Messstelle

Bei Altablagerungen kleiner 10.000 m<sup>3</sup> Ablagerungsvolumen sind vor allem Ammonium, einige Schwermetalle (Zink, Blei, Chrom) und  $\sum$ Kohlenwasserstoffe für erforderliche Maßnahmen einstufigsrelevant. Die Bodenluftparameter sind im

**Gegensatz zu Ablagerungsvolumina  $> 10.000 \text{ m}^3$  für Maßnahmen zur Bebaubarkeit dieser Flächen nur vereinzelt einstufigsrelevant.**

**Als ein Ergebnis dieser Dissertationsarbeit kann aufgrund der durchgeführten Untersuchungen keine Einschränkung des Gefährdungspotentials für Altablagerungen  $< 10.000 \text{ m}^3$ , wie dies der NÖ Leitfaden Verdachtsflächen vorsieht, empfohlen werden.**

**Als ein weiteres Ergebnis dieser Dissertationsarbeit kann durch die durchgeführten Untersuchungen die Risikobewertung durch den Faktor L/S [Heyer 2003a], wonach kein Risiko bei Flächen mit  $L/S > 5,0$  besteht, nicht bestätigt werden.**

## 6.2 Clusteranalysen

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Wie lassen sich Deponiestandorte zu Gruppen zusammenfassen, die ähnliches Verhalten zeigen? Welche Parameter(gruppen) sind dafür geeignet? Ziel ist es reaktive Deponien zu erkennen. Als Auswertungsmaßstab dienen die ÖNORM S 2088-1 und S 2088-3 sowie niederschlagsbezogene Parameter.

Nach der Betrachtung von Einzelparametern und Parametergruppen (Metalle und „andere Schadstoffe“ im Feststoff und Eluat sowie Bodenluftparameter) wurde nunmehr der Versuch unternommen festzustellen, ob bestimmte Parametergruppen bzw. Einzelparameter sich ähnlich verhalten oder in einer relevanten Beziehung (Wechselwirkung) zueinander stehen, um dann entsprechende Schlüsse daraus ziehen zu können.

Die Clusteranalyse ist ein statistisches Verfahren das dazu dient, die untersuchten Altablagerungen mittels Einzelparametern oder Parametergruppen so zu gruppieren, dass die Unterschiede zwischen den Altdeponien innerhalb der Cluster minimiert und zwischen den Clustern maximiert werden.

Zur leichteren Zusammenschau der Auswertungen werden diese im folgenden Kapitel beschrieben und gemeinsam diskutiert.

Für die weiteren statistischen Auswertungen wurden alle Analysenergebnisse der Feststoff-, Eluat- und Bodenluftuntersuchungen nochmals einzeln auf auffällige Einzelwerte hin kontrolliert und jene Werte ausgeschieden, die zu einer extremen Verzerrung des Mittelwertes des Standortes geführt hätten. Es waren dabei nur Feststoffparameter betroffen. Es waren dies beim Standort NF ein **Zink-Wert**, bei den Standorten TU und PU jeweils ein **CSB-Wert** und bei Standort LO ein **Zink-**,  **$\sum KW_{ges}$** - und **Chrom<sub>ges</sub>**-Wert. Da bei 3 Standorten (KO, FO, MÜ) aufgrund der Voruntersuchungen keine Bodenluftmessungen durchgeführt wurden, konnten diese nicht ausgewertet werden. Es verbleiben somit 36 Standorte, die eine vollständige vergleichbare Datenbasis aufweisen.

In Analogie zu den Untersuchungen im Projekt EVAPASSOLD wurde die **Ward-Methode zur Clusterbildung** für die Analysenergebnisse von Bodenluft-, Feststoff-, Eluatuntersuchungen sowie niederschlagsbezogenen Parametern herangezogen. Dadurch ist gewährleistet, dass Teilergebnisse direkt miteinander verglichen werden können. Der **Ward-Algorithmus** ist das wichtigste hierarchische Verfahren für Clusteranalysen [Bortz 1999]. Unter dem Kriterium des minimalen Zuwachses der Fehlerquadratsumme erfolgt eine sukzessive Fusion der Objekte bzw. Cluster bis alle Cluster zu einem vereinigt sind. Zu Grunde gelegt wird sowohl die euklidische Distanz, als auch die quadrierte euklidische Distanz. Im Weiteren werden die Ergebnisse des Single Linkage und der Ward Methode, berechnet mit quadrierten euklidischen Distanzen, dargestellt. Es wird mit der Standardisierung „maximale Magnitude von 1“ gearbeitet (der größte Zahlenwert der Serie wird gleich 1 gesetzt).

Es werden von den vielen durchgeführten Clusteranalysen nur solche explizit besprochen und exemplarisch gezeigt, die zur Nachvollziehbarkeit für die weiteren Aussagen erforderlich sind.

In den vorangegangenen Untersuchungen zeigten sich die Bodenluftparameter als sensible Parameter hinsichtlich einer Aussage betreffend gefahrlose Bebauung der Altablagerungen. Durch diese Parametergruppe können reaktive Deponien gut erkannt werden.

- **Clusterung alle Bodenluftparameter**

Daher wurde die erste Clusteranalyse mit allen in den Untersuchungen analysierten Bodenluftparametern ( $O_2$  max,  $O_2$  min,  $CH_4$  max,  $CH_4$  min,  $CO_2$  max,  $CO_2$  min,  $CH_4/CO_2$  mittel und  $CH_{4max}/CO_{2\text{mittel}}$  in 1 Messstelle) durchgeführt.

Bei den Clusteranalysen mit den Werten aller Bodenluftparameter zeigte sich eine deutliche Trennung in 2 Gruppen mit einigen Untergruppen, die wiederum in Sub-Untergruppen zerfallen. Insgesamt ergab sich keine gute Clusterung, um damit Interpretationen durchzuführen. Daher wurde auf eine Abbildung verzichtet.

- **Clusterung eingeschränkte Bodenluftparameter (ohne Sauerstoff)**

Nach einigen weiteren Versuchsdurchgängen wurde der Parameter Sauerstoff in der Bodenluft ausgeschieden, da dieser der korrespondierende Faktor für die übrigen Werte, außer Spurenstoffe, darstellt. Hier zeigte sich ein wesentlich deutlicheres Bild.



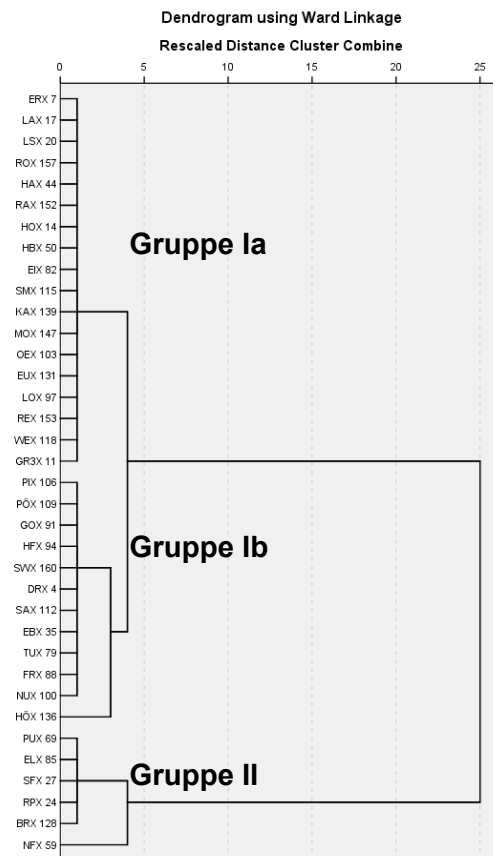


Abbildung 23: Clusterung der Bodenluftparameter CH<sub>4</sub> max, CH<sub>4</sub> min, CO<sub>2</sub> max, CO<sub>2</sub> min CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel und CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> in 1 Messstelle

Es entstanden bei freier Wahl der Cluster-Anzahl 2 sehr deutlich von einander abgegrenzte Cluster (Abbildung 23). Ein Cluster wies zwei deutliche Untergruppen auf. Hier ließen sich die im zusammenfassenden Abschlussbericht des EU-Projektes EVAPASSOLD der Phasen I-III des Fachbereiches 2 Historische Erkundung, Chemische Analytik und Toxikologie [NÖ Landesakademie 2005] dargestellten Typisierungen, und zwar:

- **ausgelaugt/stabilisiert, Gruppe Ia nach Clusteranalyse**
- **potentiell emittierend, Gruppe Ib nach Clusteranalyse**
- **aktuell emittierend, Gruppe II nach Clusteranalyse**

anhand der Einzelanalysenwerte bis auf einen Wert sehr gut zuordnen, wobei die Typisierung im Projekt EVAPASSOLD aufgrund von wesentlich weniger Daten durchgeführt wurde. Im Projekt EVAPASSOLD betrug die Anzahl der Standorte 14 gegenüber dem nunmehr zur Verfügung stehenden Datenpool von insgesamt 36 Standorten. Offensichtlich sind die Aussagen mit der 2,5 fachen Datenmenge für die Daten Bodenluft ohne Einbeziehung des Parameters Sauerstoff konsistent. Wie bereits obenstehend berichtet, zeigte sich bei der Clusteranalyse mit den Bodenluftparametern CH<sub>4</sub> max, CH<sub>4</sub> min, CO<sub>2</sub>

max, CO<sub>2</sub> min, CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> mittel und CH<sub>4</sub>max/CO<sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle, eine deutliche Trennung in 2 Gruppen mit einer Untergruppe:

- **Gruppe Ia** (in Abbildung 23 oben): Sehr gut organisch abgebaute (weitgehend stabilisierte) Deponien; **L/S > 4,2**, gering höhere als natürlich vorkommende Konzentrationen an CO<sub>2</sub> in der Bodenluft, kein Methan vorgefunden mit Ausnahme von Standort HÖ. Der Standort HÖ zeigt sehr uneinheitliche Ablagerungen (teilweise mächtige Auflage an Bauschutt und Kies und teilweise Auflage von schluffigen Material aus der Kieswäsche). Die L/S-Werte sind für folgende Standorte zu korrigieren: LA weist nur geringe bis sehr geringen Hausmüll-Anteile mit grobkörnigen Abraummaterial gemischt auf, ebenso wie Standort MO, wo nur sehr schwer abbaubare Lederabfälle die geringen Werte erklären (Anzahl der Standorte = 18).
- **Gruppe Ib** (in Abbildung 23 Mitte): Potentiell emittierende Standorte (Hausmüll ist in dichter Matrix gebunden oder mit dichter Abdeckung versehen) oft mit höheren Methan-Werten, wenn bereits Wasserzutritt gegeben (Anzahl der Standorte = 12).
- **Gruppe II** (in Abbildung 23 unten): aktuell weitgehend noch emittierende Standorte mit korrelierenden **L/S-Werte < 2,8**, wobei 2 Standorte deutlich darüber liegen. Dies sind Standort EL infolge Lagerung des Hausmülls in dichter Lehmgrube mit dichtem Abraummaterial vermengt und Standort RP mit Hausmüll-Ablagerungen in hoch reißfesten Plastiksäcken, welche einen Wasserzutritt zum Hausmüll verhinderten, wie bereits im Abschlussbericht EVAPASSOLD Phasen I-III, im Fachbereich 2, erwähnt [NÖ Landesakademie 2005] (Anzahl der Standorte = 6).

- **Clusterung eingeschränkter Bodenluftparameter und L/S-Verhältnis**

Nun wurde als nächster Schritt der Faktor L/S in die Clusteranalyse einbezogen, da dieser Faktor im Forschungsprojekt EVAPASSOLD als Kennzahl für die oben dargelegten 3 Typen: „**stabilisiert**“, „**potentiell emittierend**“ und „**aktuell emittierend**“ ermittelt wurde. Bei der Clusteranalyse mit dem L/S-Verhältnis und den Bodenluftparametern CH<sub>4</sub> max, CH<sub>4</sub> min, CO<sub>2</sub> max, CO<sub>2</sub> min, CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> mittel, CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> in 1 Messstelle zeigte sich, eine deutliche Trennung in 2 Gruppen mit einer Untergruppe.

Die Clusterung ist nahezu ident zur Clusterung eingeschränkter Bodenluftparameter (ohne Sauerstoff), trotz erhöhter Datenmenge, daher wurde auf eine Abbildung verzichtet.

- **Clusterung eingeschränkte Bodenluftparameter und h<sub>NB</sub>/T**

Da im Rahmen der internen Diskussion des Projektteams und auch im Rahmen der Abschlussveranstaltung zum Projekt EVAPASSOLD Kritik an der Genauigkeit des L/S-Wertes hinsichtlich unterschiedlicher Oberflächenabdeckungen [Müller 2006] aufgezeigt

wurde, hat der Autor im Rahmen der vorliegenden Dissertationsarbeit einen neuen **Parameter  $h_{NB}/T$**  eingeführt, der nur den Zeitraum der offenen Deponie (Altablagerung) berücksichtigt. Der Faktor setzt sich zusammen aus Niederschlagshöhe während des offenen Betriebes der Altablagerung (Deponie) in Relation zur Ablagerungstiefe ( $h_{NB}/T$ ):

$$h_{NB}/T = \text{Höhe Niederschlag Betrieb} / \text{mittlere Ablagerungstiefe [m/m]}$$

Bei der Clusteranalyse mit dem Faktor  $h_{NB}/T$  und den Bodenluftparametern  $CH_4$  max,  $CH_4$  min,  $CO_2$  max,  $CO_2$  min,  $CH_4/CO_2$  mittel und  $CH_4/CO_2$  in 1 Messstelle zeigte sich wiederum eine deutliche Trennung in 2 Gruppen mit einer Untergruppe.

Auch diese Clusterung ist beinahe ident zur vorangegangenen Auswertung der Bodenluftwerte ohne Sauerstoff (Abbildung 23), trotz erhöhter Datenmenge. Die Clusterung ist darüber hinaus völlig ident zur Clusterung der Bodenluftwerte mit dem Faktor L/S-Verhältnis. Daher können beide Parameter L/S und  $h_{NB}/T$  sehr gut für eine Unterscheidung der Gruppen herangezogen werden. Auf eine Abbildung wird daher verzichtet.

- **Clusterung eingeschränkte Bodenluftparameter,  $h_{NB}/T$ -Faktor und Eluatparameter**

In weiterer Folge wurde versucht die Eluatparameter in die Clusterungen mit einzubeziehen. Dies gestaltete sich schwierig, da die Werte sehr unterschiedliche Größenordnungen von 0,001 bis 5000 aufweisen. Zudem konnten nicht alle Parameter einbezogen werden, da nicht bei allen Untersuchungen gleiche Parameter bzw. bei Kohlenwasserstoffen gleiche Analysen- und Auswertungsverfahren eingesetzt worden sind. Es waren daher nur wenige Altablagerungen vertreten, da die Parameter CSB und  $\sum KW$  nicht bei allen analysiert wurden. Es zeigte sich kein nachvollziehbarer Zusammenhang. Auf eine Abbildung wird daher verzichtet.

Als nächster Schritt wurden die Parameter CSB und  $\sum KW$  aus der Gruppe der Eluatparameter eliminiert. Bei der nochmaligen Clusteranalyse mit den Bodenluftparametern  $CH_4$  max,  $CH_4$  min,  $CO_2$  max,  $CO_2$  min,  $CH_4/CO_2$  mittel und  $CH_4/CO_2$  in 1 Messstelle, sowie  $h_{NB}/T$ -Faktor und ausgewählter Eluatparameter (Lf, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Chlorid, Sulfat, AOX [als Cl] und TOC) zeigte sich hingegen eine deutliche Trennung in 2 Gruppen (I und II) mit Untergruppen (Abbildung 24). Es ist ein Standort weniger ausgewertet worden, da vom Standort RE keine TOC-Werte vorliegen. Somit verbleiben 35 Standorte.

**Gruppe I** (in Abbildung 24 oben): Alle durch Niederschläge ausgelaugten Standorte ohne nennenswerte Mengen an Deponiegas. Nur im Standort (EL) zeigten sich partiell erhöhte Bodenluftwerte. Hier wurde Hausmüll vermischt mit lehmigem Material in einer dichten Lehmgrube eingebaut. Anzahl der Standorte: 14.

**Gruppe IIa** (in Abbildung 24 oben Mitte): Alle Standorte weisen hohe Schwermetallwerte im Feststoff (Pb, Cu, Cr) und höhere Bodenluft-Werte auf. Anzahl der Standorte: 2.

**Gruppe IIb<sub>1</sub>** (in Abbildung 24 unten Mitte): Alle Standorte weisen hohe Schwermetallwerte im Feststoff (Pb, Cd, Cu, Cr), hohe Eluat- Konzentrationen und hohe Bodenluftwerte (CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub>) auf. Nur Standort GR weist keine erhöhten Bodenluftwerte auf. Anzahl der Standorte: 5.

**Gruppe IIb<sub>2</sub>** (in Abbildung 24 unten): Alle Standorte weisen erhöhte NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-und NH<sub>4</sub><sup>+</sup> -Werte auf. Bis auf Standort HB weisen alle hohe Bodenluftwerte (vor allem auf CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> mittel und CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> in 1 Messstelle) auf. Anzahl der Standorte: 9.

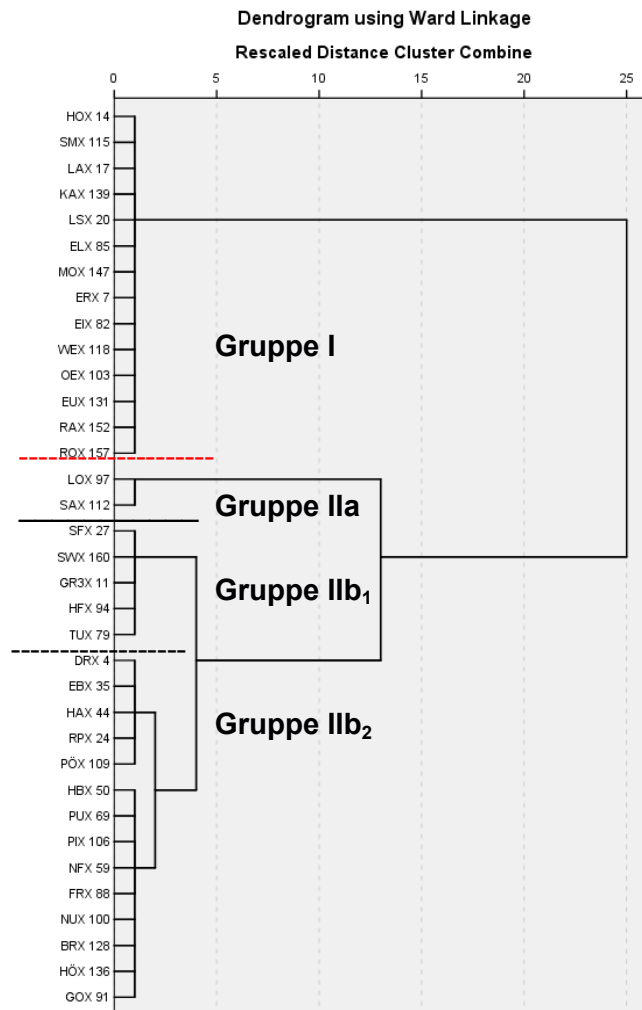


Abbildung 24: Clustering Bodenluftparameter ohne Sauerstoff,  $h_{NB}/T$ -Faktor und ausgewählte Eluatparameter (Lf, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, AOX , TOC)

- **Weitere Clusterungen**

Bei Weglassen der Bodenluftparameter ohne Sauerstoff vom vorangegangenen Cluster konnten keine Beziehungen im Dendrogramm der Clustering erkannt werden.

Als weiterer Schritt wurden die Bodenluftparameter ohne Sauerstoff mit den Werten L/S und den Eluatparametern als Clusterung ausgewertet. Hier zeigte sich ebenfalls eine relativ gute Trennung in 2 Cluster, und zwar:

**Gruppe I** (ohne Abbildung oben): Alle Standorte ohne erhöhte Konzentrationen bei den Bodenluftparametern, bis auf Standort EL, wo Hausmüll mit lehmigen Material in dichter Lehmgrube eingebaut wurde. L/S-Werte sind  $> 3,4$  meist jedoch  $> 4,5$ .

**Gruppe II** (ohne Abbildung unten): L/S-Werte uneinheitlich zwischen 1,0 bis 10,9; keine klare Trennung in reaktive Standorte gegeben, einige Standorte haben vielleicht aufgrund höherer Schwermetallwerte und  $PAK_{16}$  geringere Abbauraten und sind noch reaktiv (L/S-Werte  $> 4,5$ ; 4,8; 6,8). Standort HB ist mit L/S-Wert 10,9 und nur sehr geringen Bodenluftwerten und wenig Hausmüllanteil nicht nachvollziehbar.

Auch eine weitere Auswertung für L/S-Werte und Eluatparameter ergab keine sinnvolle Clusterung, da die Standorte TU und PI (als sehr reaktive Standorte bekannt) mit allen anderen ausgelaugten Standorten in einer Clusterung vorgefunden werden.

Als weiterer Schritt wurden nun auch die Werte  $h_{NB}$ ,  $h_{NB}/T$  zu den Bodenluftwerten hinzugefügt und eine weitere Clusterauswertung durchgeführt, um eine starke Betonung der Niederschläge im Betriebszeitraum als Indikator für das Abbauverhalten zu testen. Es konnten dabei jedoch keine sinngebenden Beziehungen erkannt werden.

**Durch Clusteranalysen von Parametergruppen lassen sich Altablagerungen zu Gruppen zusammenfassen, die ähnliches Verhalten zeigen.**

**Die im Rahmen der vorliegenden Dissertationsarbeit durchgeführten Clusteranalysen zeigten bei den Parameter bzw. Parametergruppen: Bodenluft ohne Sauerstoff,  $h_{NB}/T$  (Niederschläge während des offenen Betriebes in Relation zur Ablagerungstiefe) und den Eluatparametern Lf, pH-Wert, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Chlorid, Sulfat, AOX sowie TOC Clusterungen mit nachvollziehbaren Aussagen.**

**Diese Parameter bzw. Parametergruppen werden für die Einzelbetrachtungen weiter verfolgt.**

### 6.3 Einzelauswertungen der Parameter bzw. Parametergruppen

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Welche Parameter sind für eine Abschätzung über den Zustand der Altablagerung (reaktiv oder abgebaut) geeignet? Ziel ist es reaktive Deponien zu erkennen. Als Auswertungsmaßstab werden die ÖNORM S 2088-1 und S 2088-3 sowie niederschlagsbezogene Parameter verwendet.

Im Kapitel 5.1 Deskriptive Statistik wurden vor allem die **Bodenluftparameter**, **einige Schwermetalle (Zink, Blei und Chrom)** sowie die Parameter **Ammonium, TOC** und **CSB** für erforderliche Maßnahmen nach ÖNORM S 2088-1 bzw. S 2088-3 als einstufigsrelevant ermittelt. Aus den Clusteranalysen wurden die **Bodenluftparameter** und **ausgewählte Eluatparameter (Lf, pH-Wert, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Chlorid, Sulfat, AOX)** als zuordnungsrelevant für Gruppen von Altablagerungen identifiziert. Es wird nun im nächsten Schritt versucht, aufbauend auf diesen Parametern, allgemeine Zusammenhänge zu finden. Diese Zusammenhänge sollen für eine Abschätzung über den Zustand der Altablagerung (noch reaktiv oder bereits weitgehend abgebaut) und deren mögliches Gefährdungspotential, vor allem für das Grundwasser und in Hinblick auf eine mögliche Baulandwidmung, Auskunft geben.

Mögliche Einfluss-Parameter sind:

- Ablagerungsalter und Ablagerungsdauer
- hydrologische/geohydrologische Parameter: Niederschlag, L/S und  $h_{NB}/T$ .

Daher sollen mit diesen Parametern Einzelauswertungen durchgeführt werden.

### 6.3.1 Ablagerungsalter

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Ab welchem Alter der Altablagerung kann diese als nicht mehr reaktiv eingestuft werden? Welche Parameter sind für eine Abschätzung über den Zustand der Altablagerung (reaktiv oder abgebaut) geeignet? Ziel ist es reaktive Deponien zu erkennen. Als Auswertungsmaßstab werden die ÖNORM S 2088-1 und S 2088-3 sowie niederschlagsbezogene Parameter verwendet (L/S,  $h_{NB}/T$ ).

Als ersten Ansatzpunkt für das Auffinden von Zusammenhängen wurde versucht, das mittlere Alter der Altablagerungen in Beziehung zu den oben erwähnten Parametern zu setzen.

Dazu wurde angestrebt, einen Zusammenhang zwischen dem mittleren Alter der Deponie und dem Abbaugrad, ausgedrückt durch die Parameter: Ammonium, TOC und CSB im Eluat und den eingeschränkten Bodenluftparametern (ohne Sauerstoff) herzustellen. Der abbaubare Organikanteil des abgelagerten Abfalls wird durch mikrobiologisch-biochemische Prozesse umgesetzt. Die Ausbreitung der Metalle und Salze erfolgt vielfach durch physikalisch-chemische Mechanismen. In welchem Zustand sich die Deponie befindet, kann dabei anhand der Sickerwasserqualität sowie der Gasproduktion und -zusammensetzung beschrieben werden [Stegmann 1990 und Rettenberger 1995].

Es ist auch aus der Literatur [Ehrig 1989 und Stegmann et al. 2006] bekannt, dass nur das Alter einer Ablagerung alleine nicht für den Abbaugrad ausschlaggebend ist. Vielmehr werden für die organischen Umsetzungsvorgänge entsprechende Milieubedingungen

(Feuchtigkeit, Temperatur, pH-Wert, Sauerstoff oder sauerstoffreiche Verbindungen) benötigt.

Als Ergebnis kann dazu festgehalten werden:

Die Excelauswertungen ergaben weder bei linearer noch bei exponentieller Korrelation erkennbare Zusammenhänge.

### 6.3.2 Niederschlagsdaten

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Ab welcher Niederschlagsmenge auf der Altablagerung kann diese als nicht mehr reaktiv eingestuft werden?

Im zweiten Schritt der Untersuchung wurde analog zu den statistischen Auswertungen der Datenmenge des Praxistests und deren Vergleichbarkeit mit der Datenmenge des Forschungsprojektes EVAPASSOLD der **Niederschlag als Beziehungsgröße** herangezogen. Für Abbauvorgänge sind nur jene Mengen an Niederschlag relevant, die auch tatsächlich in den Müllkörper eindringen und diesen durchsickern und damit zum Feuchtigkeitsgehalt beitragen. Während der Betriebsdauer der Deponie (bzw. Altablagerung) ist meist eine weitgehend uneingeschränkte Durchsickerung der Niederschläge in den Abfallkörper möglich. Dem Verfasser dieser Dissertationsschrift sind aus eigener Praxis (aus der Aktenlage und aus Verhandlungen vor Ort sowie aus den durchgeführten Untersuchungen im Forschungsprojekt EVAPASSOLD) kaum kleinere Altablagerungen bekannt, die einen oberflächhaften Abfluss von Niederschlägen im größeren Ausmaß aufwiesen.

Die meisten betrachteten Altablagerungen im Projekt EVAPASSOLD und im Projekt VNPOÖ weisen nur eine relativ geringe Flächenausdehnung auf. Daher waren meist große Teile der Altablagerung über den größten Teil der Betriebsdauer offen. Die Verfülldauer hat sich meist über etliche, oft mehr als 10 Jahre, erstreckt. Die Verfüllhöhe lag meist unter 5 m Mächtigkeit. Weiters war in dem betrachteten Zeitraum der Verfüllung die **Überkopfschüttung ohne Verdichtung** üblich. Diese ermöglicht ebenfalls eine gute Durchsickerung während der Betriebsdauer und nur geringes oberflächliches Abfließen von Niederschlägen. Wesentlich größer sind die Unsicherheiten in Bezug auf die Eigenschaften der Oberflächen-Abdeckung der Altablagerungen (Stärke, Durchlässigkeitsfaktor (kf-Wert), Oberflächengestaltung, Pflanzendecke der Rekultivierung). Diese Eigenschaften beeinflussen jedoch ganz wesentlich den Wasserhaushalt einer Deponie, der für Abbauvorgänge entscheidend ist. Um Unsicherheiten möglichst auszuschalten, wurden in Art einer „worst case“ – Betrachtung nur jene Niederschlagsmengen, für die in den Akten ermittelte Betriebsdauer der offenen Schüttphase, in die weiteren Betrachtungen einbezogen und mit den Parametern TOC (als C) in mg/kg TM, Ammonium (als N) in mg/kg TM und Methan max (Vol.%) der Bodenluft verglichen.



- **TOC:** Ab **20.000 mm** Niederschlagssumme im Betrieb ( $h_{NB}$ ) kam es bei allen betrachteten Altablagerungen zu keiner Überschreitung des Grenzwertes von 200 mg/kg TM (für Bodenaushub nach der DVO, Anhang 1, Tabelle 2 Schadstoffgehalt im Eluat [BGBl. II Nr. 39 2008]).
- **Ammonium:** Ab **25.000 mm** Niederschlagssumme im Betrieb ( $h_{NB}$ ) kam es bei allen betrachteten Altablagerungen zu keiner Überschreitung des Grenzwertes für  $NH_4^+$ -N von 8,0 mg/kg TM (für Bodenaushub nach der DVO, Anhang 1, Tabelle 2 Schadstoffgehalt im Eluat [BGBl. II Nr. 39 2008]).
- **Methan max:** Ab **25.000 mm** Niederschlagssumme im Betrieb ( $h_{NB}$ ) kam es bei allen betrachteten Altablagerungen zu nur 1 Überschreitung des Orientierungswertes von 20% Methangehalt des Deponiegasvolumens im Deponiekörper nach der ÖNORM S 2088-3, Seite 13. Die Altablagerung mit Überschreitung des Orientierungswertes (d.h. der Standort BR) weist ein Deponievolumen von 70.000 m<sup>3</sup> auf. Aufbauend auf den Ergebnissen im Forschungsprojekt EVAPASSOLD und dem Praxistest werden in dieser Arbeit nur Aussagen für Deponien < 50.000 m<sup>3</sup> bewertet. Unter dieser Voraussetzung hielten alle in dieser Dissertationsarbeit bewerteten Altdeponien den Orientierungswert ein.

**Zusammenfassend kann die Aussage getroffen werden, dass ab einer Niederschlagssumme während des Betriebes der Altablagerung von**

$$\underline{h_{NB} > 25.000 \text{ mm}}$$

**keine Überschreitungen der betrachteten Grenzwerte TOC,  $NH_4^+$  von Bodenaushubdeponien und  $CH_4$  nach österreichischen Regelwerken auftreten.**

### 6.3.3 Niederschlag/Ablagerungstiefe ( $h_{NB}$ -Faktor)

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Welche niederschlagsbezogenen Parameter sind für eine Abschätzung über den Zustand der Altablagerung (reaktiv oder abgebaut) besser geeignet? Ziel ist es, noch reaktive Deponien zu erkennen. Als Auswertungsmaßstab werden die ÖNORM S 2088-1 und S 2088-3 sowie niederschlagsbezogene Parameter (L/S,  $h_{NB}/T$ , etc.) verwendet.

Als dritter Schritt wurde der, aus der Clusteranalyse als sinnvoll ermittelte Wert Summe Niederschläge der Betriebsdauer zu mittlere Ablagerungstiefe ( $h_{NB}/T$ -Faktor) den Parametern Ammonium, TOC und Bodenluftmesswerte ohne Sauerstoff gegenüber gestellt und bewertet. Dem Parameter  $h_{NB}/T$  wurde gegenüber dem Wert L/S der Vorzug gegeben, da vor allem der kf-Wert bzw. die Bewertung der Oberflächenabdeckung mit größeren Fehlern behaftet erscheinen. Müller stuft die Abschätzung der Durchlässigkeit der Oberflächenabdeckung als problematisch ein [Müller 2006]. Im Forschungsprojekt EVAPASSOLD wurde mittels Bodenansprache durch den Geologen aus nur 1-3 seichten

Schürfen bis in ca. 30 cm Tiefe die Durchlässigkeit für die gesamte Altablagerung eingeschätzt. Aufgrund der oftmals bei Altablagerungen vorgefundenen großen Inhomogenitäten wird nach Müller den Ergebnissen eine zu große Genauigkeit zugeordnet. Ehrig et al. kommen im Abschlussbericht des Verbundvorhabens „Mechanisch- Biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ zu ähnlichen Schlüssen hinsichtlich der Heterogenität der Oberflächenabdeckung, wodurch die Niederschlagsmengen, die nach Ende der Betriebsdauer bis zum Betrachtungszeitpunkt in den Deponiekörper eindringen, nur ungenau bestimmt werden können [Ehrig et al. 1998].

Von den insgesamt in die Betrachtungen einbezogenen 40 Altablagerungsstandorten wurde in vorangegangenen Schritten ein Standort (RE) ausgeschieden, da kein Hausmüll sondern hauptsächlich Verpackungsmaterial eines Rehabilitationszentrums abgelagert worden ist. Weitere 4 Standorte wurden im Rahmen der Clusteranalysen aufgrund auffälliger Einzelwerte ausgeschieden, die auf Industriemüllanteil und Metallabfälle hinweisen (TU, PU, KO, LO). Von den verbleibenden 35 Standorten wurden weitere 5 ausgeschieden, die ein Ablagerungsvolumen  $> 50.000 \text{ m}^3$  aufweisen (EL, PÖ, KÄ, BR, HF). Die Mittelwerte der für Hausmüll charakteristischen Parameter von Altablagerungen  $> 50.000 \text{ m}^3$  unterscheiden sich aufgrund der durchgeführten Auswertungen im Kapitel 5.2.3 deutlich von jenen  $< 50.000 \text{ m}^3$ . Weiters wurden jene 5 Standorte (HA, RA, PU, PÖ, KÄ) ausgeschieden, deren mittlere Ablagerungstiefe größer 5,0 m beträgt, da nur bis zu dieser Tiefe von einer homogenen Wasserverteilung innerhalb der Schüttung ausgegangen werden kann [Döberl et al. 2006]. Der Standort HÖ der erweiterten Untersuchung des Praxistests in OÖ (VNPOÖ) weist in der analytischen Beurteilung Überschreitungen an Blei (PW), Cadmium (5facher PW) und Quecksilber (7facher PW), jeweils im Gesamtgehalt auf und zeigte bei den Schürfen eine sehr uneinheitliche Abdeckung mit einem großen Anteil an bindigem Material, welches teilweise aus der Kieswäsche stammt. Weiters wurden erhöhte Methanwerte vorgefunden. Dieser Standort ist atypisch und nach der vorliegenden Bewertung des Umweltbundesamtes Wien weiter in Detail zu untersuchen und daher bei der vorliegenden Auswertung auszuscheiden. Der Standort LO wurde in Phase III des Forschungsprojektes EVAPASSOLD aufgrund des festgestellten hohen Industriemüllanteils in den weiteren Auswertungen nicht mitberücksichtigt. Beim Standort PI wurde im Forschungsprojekt EVAPASSOLD aufgrund festgestellter hoher Ökotoxizität davon ausgegangen, dass Sondermüllanteile (überwachungsbedürftige Abfälle), die mit Standard-Parametern nicht erfasst werden, mit abgelagert wurden [NÖ Landesakademie 2003]. Dieser Standort wird ebenso ausgeschieden. Der Standort RP wurde im Forschungsprojekt EVAPASSOLD als Sonderfall qualifiziert, da der Hausmüll in extrem reifsten Kunststoffsäcke abgelagert wurde, die bei den Schürfen großteils unversehrt vorgefunden wurden. Daher wurde dieser Standort ebenfalls als untypisch für vergleichende Aussagen nur bedingt in die Schlussfolgerungen einbezogen [NÖ Landesakademie 2003]. Dieser Standort wird ebenfalls ausgeschieden. Einige Standorte erfüllen mehrere Ausscheidungskriterien (d.s. PU, PÖ, KÄ, LO). Es verbleiben für die weiteren Untersuchungen somit **25 Standorte**.

**TOC:** Als vergleichbare Werte für TOC im Eluat sind in Österreich nach dem Bundesabfallwirtschaftsplan (**BAWPL 2011**), Punkt 7.15 Aushubmaterialien, Tabelle 2, eluierbare Anteile, für die Klassen A2-G, A2 und für die Sonderregelung für Bodenaushubmaterial mit erhöhter Hintergrundbelastung jeweils **100 mg/kg TM** festgesetzt [BMLFUW 2011]. Der Grenzwert für **Bodenaushub** beträgt **200 mg/kg TM** nach der DVO, Anhang 1, Tabelle 2 [BGBl. II Nr. 39 2008]. Der geringere Bewertungsmaßstab wurde eingetragen. Die Wertepaare wurden in untenstehender Abbildung 25 dargestellt. Ab einem Wert von  $h_{NB}/T > 4,4$  [m/m] liegt der TOC-Wert aller ausgewerteten Altablagerungen im Bereich  $< 100$  mg/kg TM. Es ergibt sich keine Änderung beim Bezugswert 200 mg/kg TM.

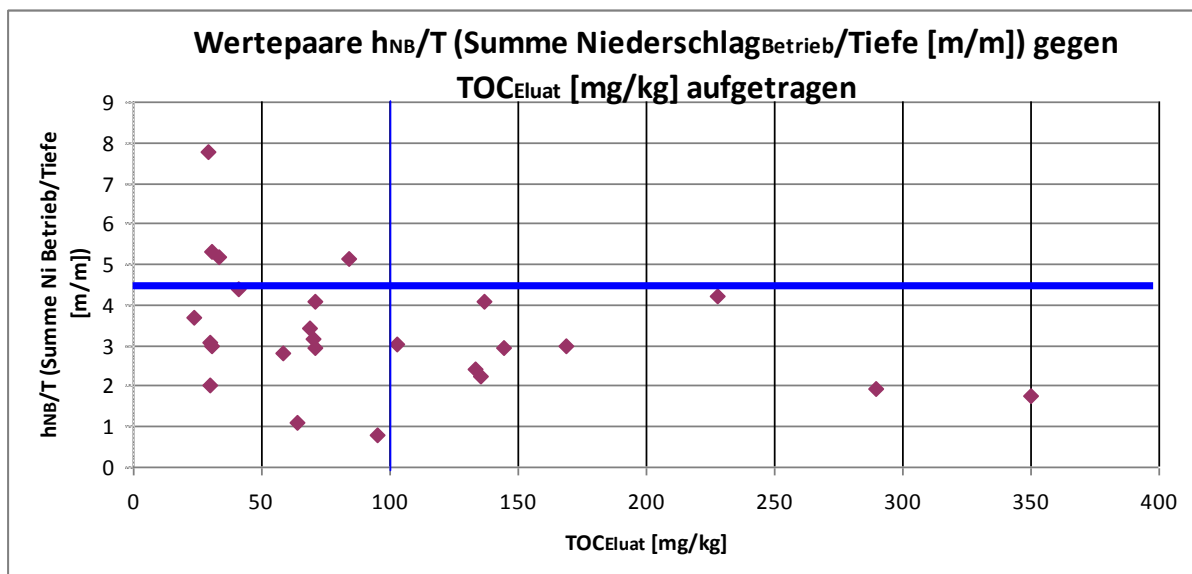


Abbildung 25: Gegenüberstellung  $h_{NB}/T$  (Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) zu  $TOC_{Eluat}$  im Ablagerungsgut. Begrenzung der Wertepaare durch  $TOC < 100$  bzw.  $< 200$  mg/kg TM

Insgesamt weisen die untersuchten Standorte geringe Konzentrationen an  $TOC_{Eluat}$  auf. Es kommt nur bei 3 Standorten zur Überschreitung des Grenzwertes für  $TOC_{ELUAT}$  für Bodenaushub nach DVO. Durch die Einhaltung der gewählte Grenze  $h_{NB}/T > 4,4$  können 5 von 25 Standorten (20 %) vorab ohne weitere Untersuchungen ausgeschieden werden.

**Ammonium:** Die Wertepaare wurden in untenstehender Abbildung 26 mit linearer Beziehung dargestellt. Der in Österreich festgelegte Vergleichs-Wert beträgt nach dem **BAWPL 2011**, Tabelle 2, eluierbare Anteile, Sonderregelung für Bodenaushubmaterial mit erhöhter Hintergrundbelastung **8,0 mg/kg TM** [BMLFUW 2011]. Der Grenzwert für Bodenaushub beträgt 8,0 mg/kg TM nach der DVO, Anhang 1, Tabelle 2 [BGBl. II Nr. 39 2008]. Der Maßnahmenschwellenwert der ÖNORM S 2088-1 (Ausgabe 1997) weist 50 mg/kg TM, der Prüfwert a weist 10 mg/kg TM und der Prüfwert b 20 mg/kg TM auf. Ab einem Wert von  $h_{NB}/T > 4,4$  [m/m] liegt der Ammonium-Wert aller ausgewerteten Altablagerungen im Bereich  $< 5$  mg/kg TM.

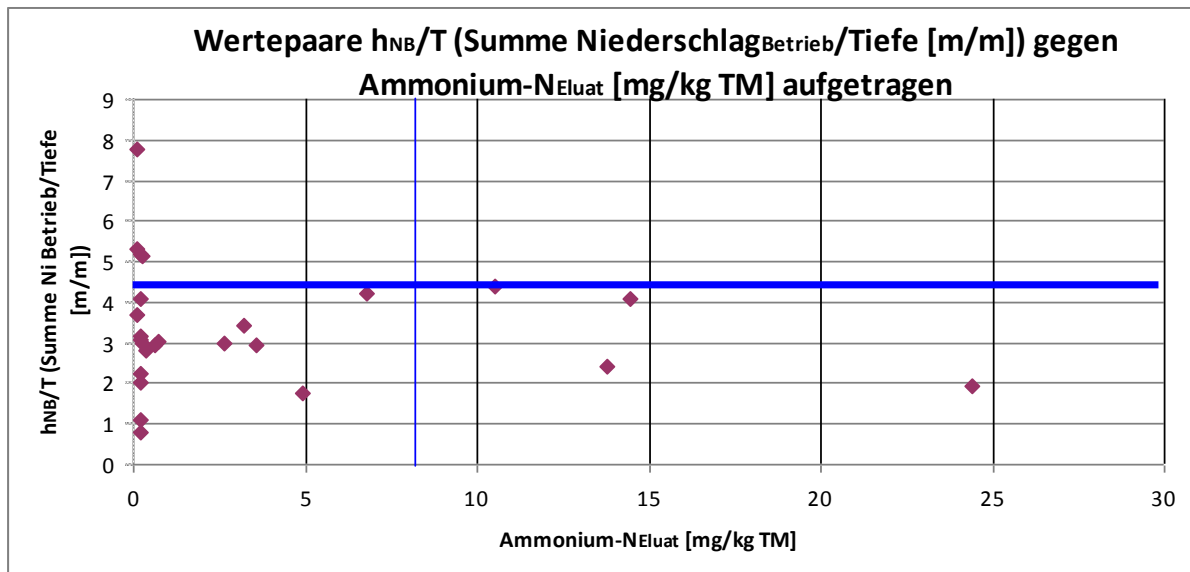


Abbildung 26: Gegenüberstellung  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) zu Ammonium- $N_{Eluat}$  im Ablagerungsgut. Begrenzung der Wertepaare durch  $NH_4^+-N < 8 \text{ mg/kg TM}$ .

Es zeigt sich in obiger Abbildung deutlich, dass fast alle ermittelten Werte des Parameters  $NH_4-N$  auf sehr niedrigem Niveau liegen. Unter Heranziehung des Prüfwertes  $\alpha$  der ÖNORM S 2088-1 mit  $10 \text{ mg/kg TM}$  als Vergleichswert kommt es nur bei vier Werten zu einer Überschreitung. Diese Überschreitungen betragen jedoch maximal den Wert von  $24 \text{ mg/kg TM}$ . Der MSW-Wert der ÖNORM S 2088-1 mit  $50 \text{ mg/kg TM}$  wird von allen Standorten eingehalten und von mehr als der Hälfte deutlich unterschritten. Grundsätzlich sind nach ÖNORM S 2088-1 keine Maßnahmen erforderlich, jedoch bei Aushub und Verfuhr dienen die genannten Grenzwerte für Bodenaushub nach BAWPL 2011 als Beurteilungskriterien für eine Ablagerung. Durch die Einhaltung der gewählte Grenze  $h_{NB}/T > 4,4$  können 4 von 25 Standorten (16 %) vorab ohne weitere Untersuchungen ausgeschieden werden.

Bei Heranziehung des Bezugswertes L/S anstatt  $h_{NB}/T$  halten die im Projekt EVAPASSOLD definierte Grenze von  $L/S > 5$  [Heyer 2003a] 11 von 25 Altablagerungen ein, jedoch bei einem Standort kommt es zu einer fachlich nicht erklärbaren Überschreitung (siehe Punkt 6.1.5). Daher wird das strengere Kriterium  $h_{NB}/T$  weiterhin bevorzugt.

**Bodenluftparameter:** Bei 3 Altablagerungen wurden aufgrund der Vorerkundungen keine Bodenluftuntersuchungen durchgeführt. Daher vermindert sich für die Beurteilung der Bodenluftparameter die Anzahl der untersuchten Ablagerungen auf 22 Standorte.

**Methan min:** Ab  $NB/T > 4,4 \text{ [m/m]}$  ist bei allen untersuchten Altablagerungen in den meisten Messpunkten oder zumindest in einem Messpunkt kein Methan enthalten. Dies zeigt, dass sich (weite) Teile der Deponie bereits in der Phase V nach Rettenberger [Rettenberger 1995] befinden. Auf eine Abbildung dieser Auswertungen wird verzichtet.

**Methan max:** Ab einem Wert von  $h_{NB}/T > 4,4$  [m/m] liegen die Werte bis auf einen Wert in allen untersuchten Altablagerungen und in allen Messpunkten unter dem Wert  $> 5$  Vol.% Methangehalt des Deponiegasvolumens im Deponiekörper.

Ab einem Methangehalt  $> 5$  % des Deponiegas-Volumens im Deponiekörper ist nach ÖNORM S 2088-3 von einer andauernden Deponiegasbildung auszugehen. Es ist die Notwendigkeit weiter gehender Maßnahmen für bebaute Gebiete zu prüfen. Von den untersuchten Standorten weisen 9 der 22 Standorte einen Wert  $> 5$  Vol.% auf. Alle Standorte mit  $h_{NB}/T > 4,4$  weisen Methankonzentration in der Bodenluft  $< 5$  Vol.% auf. Dies sind 4 von 22 Standorten (18 %). Diese Standorte können ohne weitere Untersuchungen ausgeschieden werden.

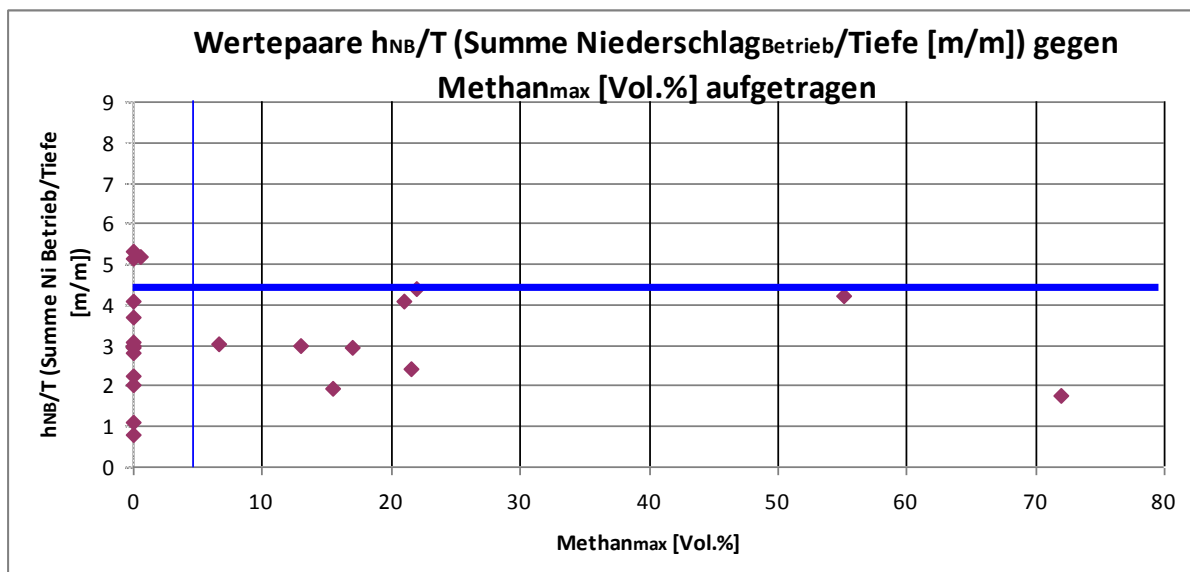


Abbildung 27: Gegenüberstellung  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) zu Methan max. im Deponiegas-Volumen im Deponiekörper. Begrenzung der Wertepaare durch  $CH_4 < 5$  Vol%.

Bei Heranziehung des Bezugswertes L/S anstatt  $h_{NB}/T$  halten die im Projekt EVAPASSOLD definierte Grenze von  $L/S > 5$  [Heyer 2003a] 8 von 22 Altablagerungen ein, jedoch kommt es bei 2 Standorten zu fachlich nicht erklärbaren Überschreitungen (siehe Punkt 6.1.5). Wobei bei einem Standort (EB) nur in einem Messpunkt von 8 ein Wert mit 22 Vol.% und in den anderen Messpunkten 1-3 Vol.% nachgewiesen wurden. Beim Standort DR sind kommt es bei 2 Messpunkten zu Werten  $> 5$  Vol.% und im Absaugversuch können konstant ca. 15 % nachgewiesen werden. Daher wird das strengere Kriterium  $h_{NB}/T$  weiterhin bevorzugt.

**Methan/CO<sub>2</sub> mittel:** Es wurde, wie in der ÖNORM S2088-3 vorgeschlagen, das Verhältnis Methan/Kohlendioxid bestimmt. Es wird der Quotient der Summe aller gemessenen CH<sub>4</sub>-Werte durch die Summe der gemessenen CO<sub>2</sub>-Werte gebildet. Von diesem Wert jeder der 22 Altablagerungen wird mit dem Parameter NB/T ein Wertepaar gebildet und in Abbildung 27 dargestellt.

Tabelle 22: Zuordnung der Altablagerungen zu den Deponielangzeitphasen nach Rettenberger aufgrund der durchschnittlich gemessenen CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> – Verhältnisse [NÖ Landesakademie 2005]

Bezeichnung	Langzeitphase	Min. [%/%]	Max. [%/%]	Altablagerung (durchschnittliches CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> -Verhältnis)
Kohlendioxidphase	V	0,08	0,2	

Damit lässt sich nach [Rettenberger 1995] eine Zuordnung der meisten Altablagerung zu den Langzeitphasen vornehmen. In der ÖNORM S 2088-3, „Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Luft“, werden die von Rettenberger beschriebenen und definierten Langzeitphasen dahingehend relativiert, dass diese keinen in allen Teilen des Deponiekörpers homogenen Prozess darstellen. Unterschiedliche Bereiche können sich in unterschiedlichen Abbaustadien befinden. Daher ist diese Zuordnung auch nur als voraussichtliche Zuordnung in Übereinstimmung mit Rettenberger einzustufen. Das Wachstum von Methanbakterien wird durch die toxische Wirkung von Pestiziden, Schwermetallen und einigen chlorierten Kohlenwasserstoffen gehemmt. Poller [Poller 1999] und Schachermayer [Schachermayer & Lampert 2008] zitieren im Report „Deponiegaserfassung auf österreichischen Deponien“, des Umweltbundesamtes Wien (2008) diese Wirkung. Die gleichen Autoren zitieren an gleicher genannter Stelle, dass Schwermetalle in gelöster Form hemmend auf die Methangärung wirken. Daher wurden in vorliegender Arbeit Standorte, die deutlich erhöhte Schwermetallkonzentrationen aufwiesen, nicht in den Auswertungen berücksichtigt.

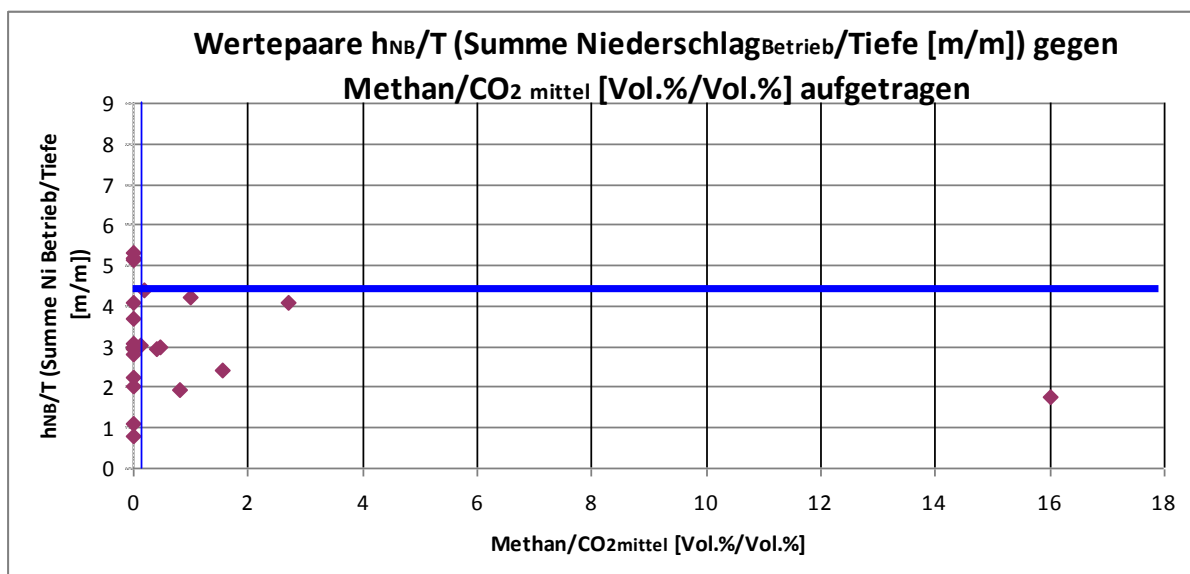


Abbildung 28: Gegenüberstellung  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) zu CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>mittel im Deponiegas-Volumen. Begrenzung der Wertepaare durch CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> mittel < 0,2.

Wie aus Abbildung 28 hervorgeht, weisen 7 der 22 untersuchten Standorte einen Wert  $> 0,2$  auf. Alle Standorte mit  $h_{NB}/T > 4,4$  weisen Wertepaare  $CH_4/CO_2$  mittel  $< 0,2$  auf. Dies sind 4 von 22 Standorten (18 %). Diese Standorte können ohne weitere Untersuchungen ausgeschieden werden.

**Methan/ $CO_2$  in 1 Messstelle:** Es wurde, wie in der ÖNORM S2088-3 vorgeschlagen, bei jeder Altablagerung das Verhältnis Methan/Kohlendioxid je Messpunkt bestimmt. Damit lässt sich nach Rettenberger [Rettenberger 1995] eine voraussichtliche Zuordnung der meisten Altablagerung zu den Langzeitphasen vornehmen. Bei der Berechnung eines durchschnittlichen  $CH_4/CO_2$  – Verhältnisses können leicht „hot spots“ übersehen werden. Im Abschlussbericht der Phasen I-III des Forschungsprojektes EVAPASSOLD wurde daher jede Messung einzeln berücksichtigt und das Verhältnis dieses Messpunktes getrennt ausgewertet. Der ungünstigste Fall wurde dann für die Auswertungen erfasst [NÖ Landesakademie 2003]. In die vorliegende Dissertationsarbeit wurde diese Vorgangsweise übernommen, um Vergleiche durchführen zu können.

Wie bereits erwähnt wurde, verlaufen die Phasen nach Rettenberger nicht in der gesamten Deponie gleichlaufend ab. Unterschiedliche Deponiebereiche können sich aufgrund der Abfallzusammensetzung, der Durchlässigkeit des abgelagerten Materials, der relativen Lage im Deponiekörper (Rand oder Mitte) und eventueller Hemmungen für den Abbau in einem unterschiedlichen Stadium befinden. Durch die Erfassung jedes einzelnen Wertes kann diesem Umstand Rechnung getragen werden. Es sind dadurch auch eventuell vorhandene kleinräumige Gefahrenpotentiale („hot spots“) erkennbar. So kann die voraussichtliche Zuordnung nach Rettenberger in der Aussagekraft wesentlich verfeinert werden. Es werden daher sensible „hot spots“ ermittelt und als „Worst Case“- Fall ausgewertet.

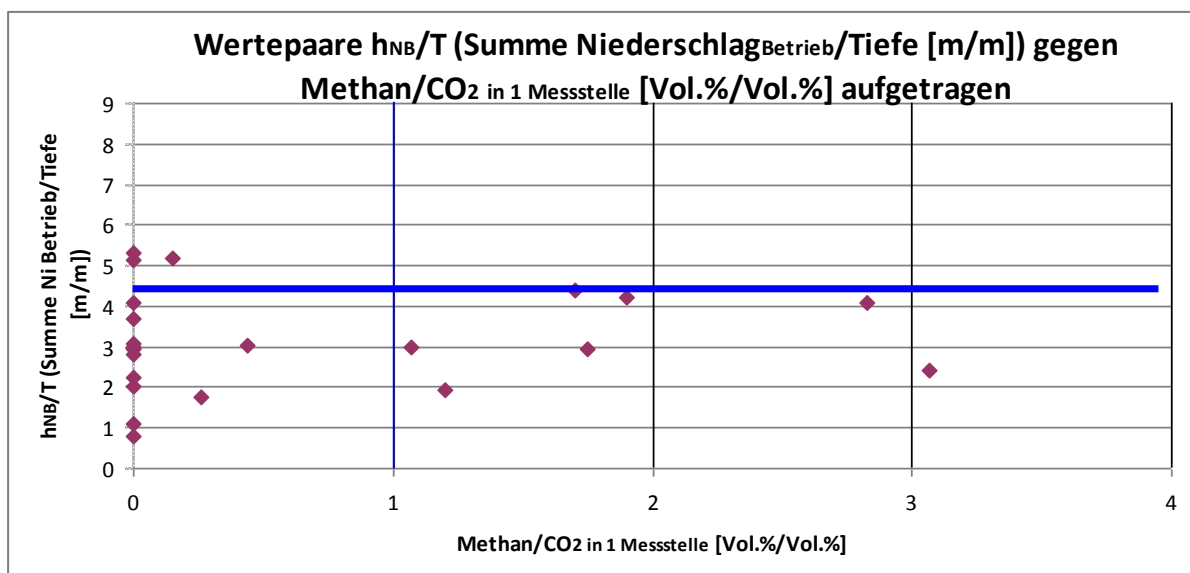


Abbildung 29: Gegenüberstellung  $H_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) zu  $CH_4/CO_2$  in 1 Messstelle im Deponiegas-Volumen. Begrenzung durch  $CH_4/CO_2$  in 1 Messstelle  $< 1,0$ .



In Abbildung 29 sind die Wertepaare  $h_{NB}/T$ -Verhältnis gegen  $CH_4/CO_2$  in 1 Messstelle dargestellt. In dieser Abbildung zeigt sich, dass 3 Werte im Bereich  $h_{NB}/T > 4,4$  links von der Grenzlinie  $CH_4/CO_2 < 1$  zu liegen kommen. Diese 3 Wertepaare liegen auch unter dem Wert für  $CH_4/CO_2 < 0,25$ . Nach der Definition von Rettenberger liegen damit alle 3 betrachteten Altablagerungen in jedem gemessenen Punkt im Bereich der Kohlendioxidphase ( $< 0,25$ ). In dieser Phase sinkt der Methangehalt unter 5%, der Stickstoffgehalt liegt bei 60 % und Sauerstoff kann bis zu 15 % des Deponiegas-Volumens erreichen, wie die ÖNORM S 2088-3 Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Luft angibt. Bei weiterem Fortschreiten des Abbaues werden jene Konzentrationen erreicht, wie sie (mit Ausnahme von  $CO_2$ ) für unbeeinflusste Bodenluft typisch sind. Es erfüllen nur 3 der 22 Standorte die Voraussetzungen, dass keine weiteren Untersuchungen erforderlich sind. Ein Standort mit  $h_{NB}/T < 4,4$  hat einen  $CH_4/CO_2$  in 1 Messstelle – Wert von 1,7 [Vol.%/Vol.%] und stellt damit einen „Ausreißer“ für das vorgeschlagene  $h_{NB}/T$ -Kriterium dar. Dieser Standort weist vom Grundwasser eingestaute und durchlässige Bereiche auf. Die Bodenluftmessungen zeigten entsprechend ein sehr inhomogenes Bild.

Bei Heranziehung des Bezugswertes  $L/S$  anstatt  $h_{NB}/T$  halten die im Projekt EVAPASSOLD definierte Grenze von  $L/S > 5$  [Heyer 2003a] 8 von 22 Altablagerungen ein, jedoch kommt es bei 2 Standorten zu fachlich nicht erklärbaren Überschreitungen (siehe Punkt 6.1.5). Daher wird das strengere Kriterium  $h_{NB}/T$  weiterhin bevorzugt.

#### **Zusammenfassung:**

**Aufgrund der im Rahmen dieser Dissertation durchgeführten Auswertungen bei den für den organischen Abbau in Hausmülldeponien wesentlichen Parametern TOC, Ammonium sowie  $CH_4$  und  $CO_2$  kann gezeigt vertreten werden, dass bei Altdeponien (Altablagerungen nach ÖNORM S 2088-1) bei Erreichen des Wertes:**

**$h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe)  $> 4,4$  [m/m]**

**nur mit einem geringen Gefahrenpotential für eine Bebauung zu rechnen ist.**

**Der Gültigkeitsbereich dieser Aussage wird durch folgende Bedingungen eingeschränkt:**

- Tiefe der Ablagerung maximal 5,0 m
- maximales Ablagerungsvolumen 50.000 m<sup>3</sup>,
- Alter der Ablagerungen muss jedenfalls deutlich größer als 15 Jahre sein,
- Fehlen von toxisch wirkenden Schwermetallgehalten (Blei, Cadmium, Quecksilber) und anderen Hemmstoffen im Feststoff im Bereich  $>$  des fünffachen Prüfwertes der ÖNORM S 2088-1.

**Bei Einhaltung dieser Bedingungen kann der Parameter  $h_{NB}/T$  für eine Ausweisung als potentielles Bauland herangezogen werden. Wie gezeigt wurde, trifft das gewählte Kriterium  $h_{NB}/T > 4,4$  auf 5 von 25 Altablagerungen zu. Es können dadurch 20 % der Flächen, durch dieses Screening, ohne weiter Untersuchungen ausgeschieden werden. Dadurch kommt es zu erheblichen Einsparungen. Von den in NÖ geschätzten 2000 Altablagerungen können so ca. 300 - 400 ausgeschieden werden. Auf Österreich bezogen können von den derzeit eingetragenen durch Anwendung des  $h_{NB}/T$ -Kriteriums 5.000 Verdachtsflächen ca. 800 bis 1000 ohne weitere Untersuchungen ausgeschieden werden.**

**Aufgrund der Inhomogenität von Ablagerungen wird zur Absicherung der Aussage für die definitive Ausweisung als Bauland ein kostenoptimiertes Untersuchungsprogramm vorgeschlagen. Dieses Untersuchungsprogramm wird im folgenden Kapitel behandelt.**

## 7 SCHLUSSFOLGERUNGEN

### 7.1 Erstbewertung/Erstabschätzung von Altablagerungen

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Bei nicht wenigen Altablagerungen fehlen für eine Abschätzung des Umweltrisikos meist Angaben über die Standortbedingungen (Volumen, Schütthöhe, Fläche, Ablagerungsdauer, Ablagerungsmaterial, Materialeinbau). Welche Parameter können mit reduzierten Daten eine Abschätzung ermöglichen?

Die Erstbewertung/Erstabschätzung erfolgt in NÖ nach dem vorliegenden Leitfaden des Bundeslandes NÖ, wie im Kapitel 2.4 „Derzeitige Vorgangsweise bei Altablagerungen“ ausführlich dargestellt ist. Auch in den deutschen Bundesländern, beispielsweise Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen ist eine ähnliche Vorgangsweise Stand der Technik (siehe Kapitel 2.4).

Die Abschätzung von möglichen Gefahren, die von Altablagerungen für den Menschen ausgehen können, erfolgt über die Beurteilung der Umweltmedien Wasser, Boden und Luft. In diese Abschätzung gehen die **Standortbedingungen** (Volumen, Schütthöhe, Fläche, Ablagerungsdauer, Ablagerungsmaterial, Materialeinbau) und die **Umgebungsverhältnisse** (Jahresniederschlag, Niederschlagsverteilung im Jahresschnitt, Abstand zum Grundwasser, Grundwasserschwankungsbereich, hydrogeologische Untergrundverhältnisse) sowie **potentielle und tatsächliche Gefährdungspotentiale von Schutzgütern** (Grundwasserschongebiet, Grundwasserschutzgebiet, Einzugsbereich bestehender Brunnen, Abstand zur nächsten Bebauung, Einbauten auf der oder nahe zur Altablagerung, Migrationsmöglichkeiten für Deponiegas, etc.) ein. Diese Einflussgrößen sind möglichst sorgfältig zu eruieren. Nur wenn die Ergebnisse dazu vorliegen, kann eine Erstabschätzung/Erstbewertung durchgeführt werden.

Für eine Abschätzung fehlen in manchen bis vielen Fällen vor allem die Standortbedingungen der Ablagerung. Somit kann weder das Schadstoffpotential zum Zeitpunkt der Befüllung der Altablagerung, noch das aktuelle Schadstoffpotential der Altablagerung in Relation zum „natürlichen“ Schadstoffpotential nach der im Projekt Altlastenmanagement 2010 Arbeitspaket 1 [UBA 2008] definierten Beurteilung von kontaminierten Standorten ermittelt werden.

Die Umgebungsverhältnisse und die Gefährdungspotentiale der Schutzgüter können meist mit wesentlich höherer Genauigkeit erfasst werden.

Durch die vorliegende Dissertationsarbeit soll eine Hilfestellung für die Abschätzung des aktuellen Schadstoffpotentials von Altablagerungen mit einem Ablagerungsvolumen bis zu 50.000 m<sup>3</sup> geschaffen werden.

Derzeit geschieht dies im ersten Schritt aus den vorhandenen Daten im Akt der Behörde. Eine zusätzliche Begehung der Fläche erweist sich als äußerst informatives Verfahren

[Heyer 2003a]. Zur Abgrenzung der Ablagerung und für die Positionierung der später durchzuführenden Bohrungen zur Gewinnung der Bodenluftproben oder der Schürfe wird die Befragung vor Ort (Anrainer, Grundbesitzer, Gemeindemitarbeiter) oftmals als unverzichtbar eingestuft [Heyer 2003a].

Der zeitliche Verlauf der Emissionen über den Wasserpfad wird im Wesentlichen von vier Faktoren beeinflusst [Heyer 2003b]:

- dem mobilisierbaren Schadstoffpotential,
- dem Wasserhaushalt im Deponiekörper,
- dem Mobilisierungsverhalten aufgrund der Verfügbarkeit,
- den Milieubedingungen (aerob, anaerob, pH-Wert, Temperatur, etc.).

In der vorliegenden Arbeit wurden die Ergebnisse des Forschungsprojektes EVAPASSOLD mit 28 untersuchten Altablagerungen durch die Daten von weiteren 12 Altablagerungen des Projektes „Nationalpark Kalkalpen - frei von Verdachtsflächen“ (VNPOÖ) ergänzt und die Aussagen überprüft. Nicht alle Altablagerungen haben den Vorgaben für Hausmülldeponien von kleinen Orten und Städten entsprochen. Daher konnten nicht alle vorhandenen Daten für die verschiedenen Auswertungen berücksichtigt werden.

Der **Ablagerungszeitraum** lag zwischen **1960 bis 1989**. Die Altablagerungen wiesen ein **Volumen** von **1.300 bis 83.200 m<sup>3</sup>** auf. Davon hatten 4 Standorte Altablagerungsvolumina > 50.000 m<sup>3</sup>. Nach den im Projekt EVAPASSOLD durchgeführten statistischen Auswertungen [NÖ Landesakademie 2005] weisen etwa 80 % aller Altablagerungen aus Österreich und Deutschland ein geringeres Ablagerungsvolumen als 50.000 m<sup>3</sup> auf. Die mittlere **Ablagerungstiefe** betrug **1,0 bis 11,0 m**, wobei diese nur bei 6 Altablagerungen größer als 5,0 m war. Weiters wurden die jährlichen Niederschlagsmengen während des Ablagerungszeitraumes den Auswertungen zu Grunde gelegt.

Mittels statistischer Methoden wurde versucht, aus der Fülle der Daten (Bodenluft, Feststoff- und Eluatuntersuchungen, sowie Ergebnisse aus den Deponiesimulationsreaktorversuchen) relevante Parameter und Richtwerte für das aktuelle Schadstoffpotential zu ermitteln und dieses zu bewerten. Weiters wurde der aus der Literatur [NÖ Landesakademie 2005] bekannte Parameter Wasser/Feststoff-Verhältnis (W/F bzw. L/S) vergleichend bewertet.

#### **Als ein wesentliches Ergebnis ist festzuhalten:**

**Bei der Erstbewertung/Erstabschätzung von Altablagerungen in Österreich kann der im Rahmen dieser vorliegenden Dissertationsarbeit ermittelte Parameter  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) zur Abschätzung des aktuellen Gefährdungspotentials einer Altablagerung herangezogen werden. Damit lassen sich in Form eines Screenings ca. 20 % aller Altablagerungen ohne weitergehende**

**Untersuchungen wegen geringfügigen Gefährdungspotentials aus dem Verdachtsflächen-Status ausscheiden.**

**Es gilt folgendes Kriterium:**

$$\underline{h_{NB}/T \text{ (Summe Niederschlag}_{\text{Betrieb}} / \text{Tiefe)} > 4,4 \text{ [m/m]}}$$

**Ab einem Wert von  $h_{NB}/T > 4,4$  [m/m] kann von einem geringen Gefährdungspotential ausgegangen werden.**

**Einschränkend für die Bewertung ist, dass die Ergebnisse nach den durchgeführten statistischen Auswertungen nur bis zu einem maximalen Ablagerungsvolumen von 50.000 m<sup>3</sup> und einer mittleren Tiefe von 5,0 m gelten.**

**Eine weitere Einschränkung betrifft die vorhandenen Konzentrationen an toxisch wirkenden Schwermetallen (Blei, Cadmium, Quecksilber) im Bereich über dem fünffachen Prüfwert der ÖNORM S 2088-1 im Eluat und Feststoff, die eine Hemmung des mikrobiologischen Substratabbaus im Deponiekörper bewirken können.**

Das Wachstum von Methanbakterien wird durch toxisch wirkende Schwermetalle in gelöster Form gehemmt [Poller 1990 und Schachermayer & Lampert 2008]. Deshalb ist im Rahmen des Aktenstudiums und bei Grabungen vor Ort besonderes Augenmerk auf (potentiell) toxisch wirkende Ablagerungsmaterialien, wie beispielsweise Gerberei- und Lederabfälle, Farben- und Lackabfälle, Chemikalienabfälle, „Sondermüll“ und Metallschlacken zu legen.

Der für die Gültigkeit der Aussagen einschränkende Faktor Ablagerungsvolumen größer 50.000 m<sup>3</sup> wurde auf seine Relevanz hin im Rahmen der vorliegenden Dissertationsarbeit ebenfalls überprüft.

Im Zuge der Bearbeitung der Daten des Projektes EVAPASSOLD I-III und der Untersuchungen des Projektes VNPOÖ hinsichtlich des Ablagerungsvolumens zeigten sich größere Unterschiede zwischen der Aktenlage und dem vermutlichen Ausmaß nach einer Luftbildauswertung bzw. nach einer Überprüfung durch Schürfe.

Es kam dabei zu Differenzen beim Ablagerungsvolumen von – 38 % bis +540 %. Dies ist eine sehr hohe Schwankungsbreite. Betrachtet man jedoch die Grenze von 50.000 m<sup>3</sup> als maßgeblich für die Aussagen aus der vorliegenden Dissertationsarbeit, so ist es nur bei zwei untersuchten Altablagerungen zu einer Veränderung der Einschätzung des Volumens im Bereich der Grenze der Aussagen von größer/kleiner 50.000 m<sup>3</sup> gekommen. Bei einer Altablagerung ist es dabei zu einer Erhöhung des Volumens aufgrund der Informationen laut Akt von 40.000 auf 92.500 m<sup>3</sup> und bei einer weiteren von 25.000 auf 59.000 m<sup>3</sup> gegenüber der späteren Auswertung aus den Schürfen bzw. der Luftbildauswertung gekommen. Die Einschätzungen der als Zeitzeugen befragten Personen (Bürgermeister, Gemeindearbeiter, Grundbesitzer) betreffend das Ablagerungsvolumen lieferten akzeptable Ergebnisse. Aufgrund der durchgeführten statistischen und umweltanalytischen Bewertung ist für die

Gültigkeit der Aussagen die Grenze vom 50.000 m<sup>3</sup> Ablagerungsvolumen für alle Standorte als nachvollziehbar zu bewerten.

Die Summe der Niederschläge im Betriebszeitraum geht in einem linear proportionalen Verhältnis in den Parameter  $h_{NB}/T$  ein. Da die statistische Auswertung der im Betriebszeitraum gefallenen Niederschläge mit größerem Aufwand für die jeweilige hydrologische Abteilung des Amtes der Landesregierung verbunden ist, wurde statistisch untersucht wie groß die Unterschiede beim Parameter  $h_{NB}/T$  ausfallen, wenn der öffentlich zugängliche (meist im Internet bei den Ämtern der Landesregierungen abfragbar) mittlere Niederschlagswert seit Bestehen der entsprechenden Messstelle Verwendung findet. Die Differenz zwischen Jahresniederschlägen im Betriebszeitraum der Altablagerung und mittleren Jahresniederschlägen seit Aufzeichnungsbeginn beträgt im Mittelwert über alle Altablagerungen erstaunlicherweise nur 2,67 %. Dieser Wert wäre zu vernachlässigen. Die höchste Einzelabweichung beträgt jedoch 16,1 %. Da die Summe der Niederschläge linear in den Parameter  $h_{NB}/T$  eingeht, kann es hier zu größeren Differenzen kommen. Der ermittelte Wert von  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) > 4,4 [m/m] hat somit eine Unsicherheit von +/- 0,7 (16,1%) bei Verwendung der mittleren Jahresniederschläge. Diese mögliche Schwankungsbreite wird von Autor der vorliegenden Dissertation fachlich als zu hoch eingestuft.

**Da die Schwankungsbreite der Niederschlagswerte während der Betriebsphasen der untersuchten Altablagerungen zu den mittleren Jahresniederschlägen bis zu 16 % beträgt, wird für die Berechnung des Kriteriums  $h_{NB}/T > 4,4$  [m/m] jedenfalls empfohlen, die für den Betriebszeitraum gültigen Niederschlagswerte zu erheben und der Berechnung zu Grunde zu legen.**

Zu ähnlichen Schlüssen kommt der Endbericht des Bereiches 3, Abfallwirtschaft, des Forschungsvorhabens EVAPASSOLD [NÖ Landesakademie 2005], wo im Zuge der durchgeführten Sensitivitätsanalysen der Eingangsparameter für das Berechnungsmodell BOWAHALD festgestellt wurde, dass durch die Wahl der meteorologischen Daten relativ große Abweichungen hervorgerufen werden. *„Es sollten die mittleren Jahresniederschlagssummen der jeweiligen Standorte als Eingangsparameter vermieden werden“* [NÖ Landesakademie 2005].

Die Tiefe der Altablagerungen geht ebenfalls linear in den Parameter  $h_{NB}/T$  ein. Daher wird auch für diesen Parameter die mögliche Schwankungsbreite statistisch untersucht.

Es werden daher die, in den Akten vorgefundenen Ablagerungstiefen mit jenen Ablagerungstiefen verglichen, die im Rahmen von Schürfen nachgewiesen wurden. Die Ablagerungstiefe in den Schürfen ist auf der jeweiligen Fläche ebenfalls Schwankungen unterworfen, da die Ablagerung häufig in nicht ebenem Gelände (z.B. Gruben) durchgeführt wurde. Daher wurde diese Tiefe für die vergleichende Auswertung gewichtet gemittelt.

Die Auswertung der in den Akten vorgefundenen Ablagerungstiefen ergibt im Mittel über alle untersuchten Altablagerungen eine mittlere Tiefe von 4,5 m. Die im Rahmen der Schürfe nachgewiesene Tiefe (gewichtet gemittelt für die Auswertung) ergibt eine mittlere nachgewiesene Tiefe über alle Flächen von 4,3 m. Diese aus den Mittelwerten berechnete Differenz wäre zu vernachlässigen.

Betrachtet man jedoch die Differenzen der Ablagerungstiefe zwischen Aktenlage und den aus den Schürfen der jeweiligen Altablagerungen ermittelten Werten, so betragen die Differenzen bis zu 4,0 m. Es kommt in einem Fall sogar zu einer maximalen Abweichung von bis zu 400 % (von 1,0 auf 5,0 m). In den Akten ist jedoch meist eine eher größere Tiefe zu finden als in den Schürfen. Meist beträgt die geschätzte Tiefe 3,0 bis 5,0 m. Wenn man den Wert  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) als Bewertungskriterium heranzieht, hat dieser aufgrund der errechneten Differenzen eine **Unsicherheit** von **maximal +3,7 [m/m]** und **maximal – 4,0 [m/m]**. Dies lässt den Schluss zu, dass jedenfalls Schürfe zur Abklärung der Ablagerungstiefe erforderlich sind. Die in Rahmen der VPNOÖ durchgeführten geophysikalischen Messungen zeigten ebenfalls höhere Fehlerquoten von bis zu 2,0 m gegenüber den Schürfen. Betrachtet man jedoch den Wertebereich für  $h_{NB}/T > 4,4$  [m/m] für ausschlaggebend, so zeigt sich, dass es nur bei einem einzigen Standort zu einer Veränderung des Wertes von  $h_{NB}/T$  von 3,7 [m/m] zu 7,5 [m/m] kommt.

Die maximale Ablagerungstiefe, gemittelt über die Fläche einer Altablagerung beträgt bei den 40 untersuchten Standorten bis zu 11,0 m. Bei derartigen Ablagerungstiefen stellt sich die fachliche Frage nach dem gleichmäßigen Abbauverhalten der Ablagerungen bis zu dieser Tiefe. Aus den Ergebnissen des Forschungsvorhabens EMSA [Döberl et al. 2006] ergibt sich, dass bei Altablagerungen mit hausmüllähnlicher Zusammensetzung nur bis zu einer Tiefe von 5,0 m von einer homogenen Wasserverteilung und damit homogenen Abbauvorgängen innerhalb der Schüttung ausgegangen werden kann. Diese Aussagen beruhen allerdings auf wenigen belastbaren Daten, wie die Studienautoren betonen. Die meisten im Rahmen dieser Dissertationsarbeit untersuchten Tiefen der Ablagerungen liegen im Bereich kleiner 5,0 m. Von den insgesamt 39 Altablagerungen weisen nur 6 eine Tiefe über 5,0 m auf. Von diesen 6 Altablagerungen weisen 3 ein Volumen  $> 50.000$  m<sup>3</sup> auf und sind daher für die Gesamtaussagen nicht von Relevanz. Es verbleiben somit 3 Altablagerungen mit erhöhter Tiefe, die im Rahmen der Erstabschätzung einer weitergehenden Untersuchung zu unterziehen sind.

Die im Endbericht des Projektes EVAPASSOLD [Heyer 2003a] vorgeschlagene Vorgangsweise, den weiteren organischen Abbau nach Ende der Betriebszeit durch Abschätzung der Durchlässigkeit der Abdeckung und Bestimmung des L/S-Faktors einzuschätzen, wird im Übereinstimmung mit Müller [Müller 2006] als relativ unsicher eingestuft. Es stellt sich diesbezüglich die Frage nach der Genauigkeit bei der Abschätzung der Durchlässigkeit der Oberflächenabdeckung „*bei Altablagerungen vor 1980, bei denen der Aufbau der Oberflächenabdeckung vertikal als auch lateral als sehr heterogen eingestuft wird*“ [Müller 2006].



Im Endbericht des Bereiches 3, Abfallwirtschaft, des Forschungsvorhabens EVAPASSOLD [NÖ Landesakademie 2005] wurden Sensitivitätsanalysen der Eingangsparameter für das Berechnungsmodell BOWAHALD und damit für die Beeinflussung des L/S-Verhältnisses durchgeführt. Die Autoren kommen zum Schluss, dass die meteorologischen Daten und die Kf-Werte den größten Einfluss auf die Infiltrationsraten und damit auf die Wasser/Feststoff-Verhältnisse (L/S) haben. Die Einflüsse der meteorologischen Daten wurden bereits weiter oben abgehandelt. In der nachfolgenden Tabelle 23 wird von den Autoren dargelegt, dass die Schwankungsbreiten je nach Annahme für die Oberflächenabdeckung eine ganz entscheidende Rolle bei der Berechnung des L/S-Wertes darstellen.

Tabelle 23: Gewichtung der Eingabeparameter zur Berechnung der Infiltrationsrate, entnommen aus dem Abschlussbericht EVAPASSOLD, Phasen I-III, Bereich 3 Abfallwirtschaft [NÖ Landesakademie, 2005]

Eingabeparameter	Abdeckung	Größe der Variation des Eingabeparameters	Änderung Infiltrationsrate [%]	Bemerkung
Kf-Wert rekultiviert	<b>Schicht 1</b>	<b><math>10^{-7}</math> bis <math>10^{-6}</math> m/s</b>	<b>53,6 %</b>	Bei tiefen Schichten hat der Kf-Wert nur einen Einfluss, wenn er sehr klein ist
Kf-Wert rekultiviert	<b>Schicht 2</b>	<b><math>10^{-9}</math> bis <math>10^{-8}</math> m/s</b>	<b>217,1 %</b>	
Kf-Wert rekultiviert	<b>Schicht 3</b>	<b><math>10^{-10}</math> bis <math>10^{-9}</math> m/s</b>	<b>732,5 %</b>	
Kf-Wert rekultiviert	<b>Abfallschicht</b>	<b><math>10^{-9}</math> bis <math>10^{-8}</math> m/s</b>	<b>396 %</b>	
Kf-Wert „offen“	<b>offene Abfallschicht</b>	<b><math>10^{-6}</math> bis <math>10^{-5}</math> m/s</b>	<b>63,6 %</b>	Die Infiltrationsrate wird nur bei Werten zwischen $10^{-3}$ und $10^{-7}$ m/s beeinflusst

Die Werte für den L/S-Faktor streuen bei gleichen meteorologischen Verhältnissen um bis zu 700 %, je nach Ansatz der Mächtigkeit und Durchlässigkeit der Abdeckung.

Bei Krümpelbeck [Krümpelbeck 2000] korrelieren die Sickerwassermengen bei geringmächtigen Abdeckungen mit bis zu 60 % des Niederschlages [mm] und bei mehrere Meter mächtigen Abdeckungen mit 10-40 %. Nach Huber et al. [Huber et al. 2002] kommt es auf bayerischen Deponien zu Werten im unteren Drittel der von Krümpelbeck angegebenen Spannweite. Es liegen jedoch nach Ansicht beider Autoren nur wenige belastbare Ergebnisse von Deponien älter als 20 Jahre vor. Eine lange offene Abfallfläche, geringe Ablagerungsmengen pro Zeiteinheit und unverdichteter Einbau bedeuten, dass ein relativ hoher Anteil an Organik auf aerobem Weg abgebaut werden kann und so nicht mehr für die Methanproduktion zur Verfügung steht [Krümpelbeck 2000].

Wie Kapitel 6.3.3 ausführlich dargelegt, kommt es bei Heranziehung des Bezugswertes L/S anstatt  $h_{NB}/T$  bei 2 untersuchten Altablagerungen, die die im Projekt EVAPASSOLD definierte Grenze von  $L/S > 5$  [Heyer 2003a] einhalten zu nennenswerten Konzentration der maximalen Methanwerte von 15-22 Vol.%. Ab einem Methangehalt  $> 5$  Vol.% ist von einer

andauernden Deponiegasbildung auszugehen und ist die Notwendigkeit von weitergehenden Maßnahmen zu prüfen (ÖNORM S 2088-3).

Aus den oben angeführten Gründen wird daher in der vorliegenden Dissertationsarbeit der Faktor  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) an Stelle des L/S-Verhältnis zur Abschätzung des Gefährdungspotentials herangezogen.

Da beim Faktor  $h_{NB}/T$  weitere Auslaugungen oder Abbauraten während der Zeitspanne nach Aufbringen der Abdeckung bis zum Untersuchungszeitpunkt nicht berücksichtigt werden, liegen die Ergebnisse auf der äußerst konservativen Seite. Es handelt sich bei der Abschätzung aufgrund der Bewertung des möglichen Gefährdungspotentials einer Altablagerung mittels  $h_{NB}/T$  um eine Art von „Worst Case“- Betrachtung.

## 7.2 Bewertung des Gefährdungspotentials unter Einbeziehung der Nutzung

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Welche Parameter sind für eine höherwertige Nutzung als kritisch einzustufen? Wann ist mit großer Wahrscheinlichkeit von keiner Gefährdung durch die Altablagerung zu sprechen?

Im Zuge der statistischen Auswertungen der für den Abbaugrad einer Altdeponie wesentlichen Parameter Ammonium, TOC, CSB jeweils im Eluat und den Bodenluftparametern: CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub> zeigten sich in Beziehung zum Faktor  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) > 4,4 [m/m], dass von den betrachteten Parametern vor allem die Bodenluftparameter kritisch einzustufen sind, insbesondere dann, wenn eine Bebauung der Altablagerungsfläche (d.h. Baulandwidmung) vorgesehen ist.

### Eluatuntersuchungen

Die gemessenen Mittelwerte der Parameter Ammonium und TOC im Eluat weisen bei  $h_{NB}/T$  > 4,4 [m/m] vergleichbare Werte nach dem BAWPL 2011, Tabelle 2, eluierbare Anteile, Sonderregelung für Bodenaushubmaterial mit erhöhter Hintergrundbelastung und den Grenzwerten für Bodenaushub nach der DVO, Anhang 1, Tabelle 2 auf und liegen somit deutlich unter den Prüfwerten und weit unter den Maßnahmenschwellenwerten der ÖNORM S 2088-1 (Ausgabe 1997). In Tabelle 24 sind dazu die Mittelwerte und die maximalen Werte aller untersuchten Altablagerungen angegeben. Für die Parameter Ammonium und TOC standen 124 Einzelergebnisse zur Mittelwertbildung zur Verfügung. Der CSB-Wert wurde in den statistischen Auswertungen, jedoch nicht in den Clusteranalysen, berücksichtigt, da der Parameter nur bei 28 Standorten mit insgesamt 101 Einzelergebnissen ermittelt worden ist.

Tabelle 24: Ausgewählte Eluatparameter mit Vergleichswerten

Parameter	Mittelwert [mg/kg]	Max [mg/kg]	NB/T > 4,4 [mg/kg ]	BAWPL2011 [mg/kg]	DVO [mg/kg]	S 2088-1 PW <sub>a</sub> [mg/kg]	S 2088-1 MSW <sub>a</sub> [mg/kg]
<b>Eluat</b>							
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (als N)	3,6	<b>46,8</b>	5,0	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>	<b>5</b>	<b><u>50</u></b>
TOC (als C)	21	583	100	100	200	--	--
<b>CSB</b>	<b><u>60</u></b>	<b><u>1464</u></b>	--	--	--	<b>20</b>	<b><u>50</u></b>

Zur besseren Übersicht wurden alle Werte in der Tabelle 25 **fett** hinterlegt, die Überschreitungen der **Prüfwertes (PW)** darstellen. Werte, die auch die Maßnahmen-Schwellenwerte überschritten haben, wurden zusätzlich **unterstrichen** dargestellt.

### Bodenluftparameter

Aus den durchgeführten statistischen Auswertungen ergibt sich, dass für eine mögliche höherwertige Nachnutzung von Altablagerungen im Rahmen einer Baulandwidmung vor allem die Bodenluftparameter (Vol.% CH<sub>4</sub> und Vol.% CO<sub>2</sub>) kritisch zu bewerten sind. Die Werte für Methan in der Bodenluft und für das Verhältnis von CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> in der Bodenluft sind nach ÖNORM S 2088-3 die entscheidungsrelevanten Parameter. Zur Bewertung von „hot Spots“ wird der Ansatz des Abschlussberichtes des Forschungsprojektes EVAPASSOLD Phasen I-III [NÖ Landesakademie 2005] herangezogen, der das jeweils höchste Einzelwert-Verhältnis als tauglich für die Beurteilung einstuft. Weitere ähnliche Bewertungen wurden in der Literatur nicht vorgefunden.

Von Krümpelbeck (2000) wurde eine Auswertung der **erfassten Gasmengen** großer Deponien in Deutschland vorgenommen. Nach 15 – 20 Jahren Ablagerungsdauer (Anmerkung: dies entspricht 2-3 „Halbwertszeiten“) ist nur mehr mit einer Gasmenge von etwa **1-2 m<sup>3</sup>/to TS und Jahr** zu rechnen. Nach diesem Ansatz sollten alle in der vorliegenden Arbeit untersuchten Standorte, die **vor 1983** abgeschlossen wurden, keine Gefahr mehr darstellen, wenn man den Bezugspunkt für diese Aussage als das älteste Analysendatum der Bodenluft, das Jahr 2003, heranzieht.

Aus den, dieser Arbeit zu Grunde liegenden Messungen der Bodenluft vor Ort als auch von den zum Teil vorhanden Messergebnissen der Bodenluftparameter aus den DSR-Versuchen ergibt sich jedoch ein anderes Bild.

Von einem der 40 Standorte wurden keine Bodenluftuntersuchungen durchgeführt. Von den verbleibenden 39 untersuchten Standorten wiesen 17 Standorte eine Überschreitung des in der ÖNORM S 2088-3 Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Luft definierten Orientierungswertes für Methan von 5 Vol. % auf. Immerhin noch 10 Standorte wiesen einen Wert für Methan von > 20 % des Deponiegas-Volumens auf. Nach fachlicher Einschränkung

der Altablagerungen aufgrund der Vorgaben (Ablagerungsvolumen < 50.000 m<sup>3</sup>, Tiefe < 5,0 m) und Ausscheiden von Standorten mit in den Schürfen vorgefundener auffälliger Ablagerungen mit hohem Industriemüllanteil oder Metallabfällen sind 25 Standorte für Detailauswertungen verblieben (Kapitel 6.3.3). Diese **25 Standorte** wurden für die Detailauswertungen herangezogen.

Ab einer Überschreitung des **Methangehaltes von 5 Vol. %** sind nach ÖNORM S 2088-3 **weitergehende Maßnahmen für bebaute Gebiete** zu prüfen. Ab einer Überschreitung des **Methangehaltes von 20 Vol. %** sind **weitergehende Maßnahmen** auch **für unbebaute Gebiete** zu prüfen.

Ab einem Methangehalt im Deponiekörper > 5 Vol. % ist nach ÖNORM S 2088-3 von einer andauernden Deponiegasbildung auszugehen. Es ist die Notwendigkeit weitergehender Maßnahmen für bebaute Gebiete zu prüfen. Dieser Wert wird in Analogie zu den Definitionen der ÖNORM S 2088-1 als Prüfwert definiert. Nach der Definition für Prüfwerte der ÖNORM S 2088-1 ist bei Werten, die im Bereich unter den definierten Prüfwerten liegen in der Regel keine Gefährdung gegeben.

Ergeben sich nach LfU-Merkblatt Altlasten 2 (2009) bei einer orientierenden Untersuchung **Methangehalte** von mehr als **1 Vol. %** in der **Bodenluft** nahe an Gebäuden, sollte im nächsten Schritt eine unverzügliche Überprüfung der Innenraumluft und ggf. eine weitere Überwachung erfolgen [Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2009].

Bei den untersuchten Altdeponien, die das vorgegebene Kriterium  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) > 4,4 [m/m] erfüllen, kommt es bei keinem Standort zu Überschreitungen des Methangehaltes > 5 Vol. %. Dies sind 4 von 22 Standorten (d.s. 18 %).

Auch unter Heranziehung des im LfU-Merkblatt Altlasten 2 (2009) definierten Wertes für Methan in der Bodenluft von > 1 Vol. % kommt es bei Einhaltung des Kriteriums  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) > 4,4 [m/m] zu keiner Überschreitung.

Im Rahmen der Sanierung der Altlast ST11: Deponie Alois-Gerstl-Weg in Feldbach wurde in den Jahren 1999-2000 mittels Bio-Pusterverfahren und Untergrundverpressungen eine Sanierung einer Reihenhausanlage, die auf einer mit Hausmüll, Bauschutt und gefährlichen Abfällen (d.s. Lederabfälle aus einer Gerberei) verfüllten Deponie im Ausmaß von ca. 100.000 m<sup>3</sup> errichtet wurde, durchgeführt. Hier wurde Prof. Lorber beauftragt, Sanierungszielwerte für Methan und CO<sub>2</sub> in der Bodenluft festzulegen. Die Festlegung erfolgte auf **max. 1 Vol% CH<sub>4</sub> und max 5 Vol% CO<sub>2</sub>** in ausgewählten Beweissicherungs sondens. Im Rahmen der Beweissicherung zeigte sich, dass einige wenige Bereiche nach mehreren Wochen bzw. Monaten nach der In-Situ-Aerobisierung wieder höhere Konzentrationen an CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub> aufwiesen. In diesen Bereichen wurde das abgelagerte Material verpresst oder geräumt [Lorber & Erhart-Schippek 2006]. Erhöhte Kohlendioxid-Gehalte können aber auch in natürlichen Böden vorkommen. Hier kann es in

Ausanden mit höheren organischen Anteilen (dunkelgrau gefärbter Ausand) nach Traindl [Traindl 2006] zu „*relativ starker Grundbelastung*“ des natürlichen Untergrundes mit Kohlendioxid-Gehalten von 6-11 Vol.% kommen.

**Abschließend kann gefolgert werden, dass mit großer Wahrscheinlichkeit davon auszugehen ist, dass bei Einhaltung des Wertes**

$$h_{NB}/T \text{ (Summe Niederschlag}_{\text{Betrieb}}/\text{Tiefe)} > 4,4 \text{ [m/m]}$$

**in der Regel keine Gefährdung durch Deponiegas gegeben ist.**

**Folgende Einschränkungen gelten für diese Aussage:**

- ✓ **Hausmüllablagerungen kleiner bis mittlerer Orte;**
- ✓ **Keine Hinweise auf toxisch wirkende Ablagerungsmaterialien, wie beispielsweise Gerberei- und Lederabfälle, Farben- und Lackabfälle, Chemikalienabfälle, „Sondermüll“ und Metallschlacken;**
- ✓ **Ablagerungsvolumen < 50.000 m<sup>3</sup>;**
- ✓ **Ablagerungstiefe < 5,0 m (im Mittel über die Fläche).**

- **Zielkriterien für Deponien**

Im letzten Jahrzehnt wurde insbesondere in Deutschland intensive Forschungsarbeit zur Definition von Zielwerten für die Beendigung der Nachsorge von Deponien betrieben. Im Verlauf des Forschungsvorhabens „Deponienachsorge – Handlungsoptionen, Dauer, Kosten und quantitative Kriterien für die Entlassung aus der Nachsorge“, durchgeführt unter Leitung von Prof. Stegmann, wurden im Jahr 2006, als Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Kriterien diskutiert und vorgeschlagen [Stegmann et al. 2006]. Das ÖWAV-Positionspapier „Konzeptionelle Überlegungen zur Entlassung aus der Deponienachsorge [ÖWAV 2008] sieht in Tabelle 8 „Mögliche Zielkriterien für Eluatgehalte von Abfallfeststoffproben zur Beendigung der Deponienachsorge“ auf österreichische Verhältnisse modifizierte Zielkriterien vor.

Tabelle 25: Mögliche Zielkriterien für Eluatgehalte von Abfallfeststoffproben zur Entlassung aus der Deponienachsorge

Parameter	Einheit	$h_{NB}/T > 4,4$ [m/m]	Zielbereich ÖWAV	Zielwert Stegmann et.al.	Prüfwert ÖNORM S 2088-1
TOC	mg/kg	< 100	< 1.500 – 2.500	< 1.500	100
Ammoniumstickstoff (als N)	mg/kg	< 5	< 50 – 500	< 500	20
Atmungsaktivität AT <sub>4</sub>	mg O <sub>2</sub> /g TS	< 1 <sup>1</sup>	< 1 – 3	< 2,5	7 (nach DVO)
<b>Gasspendesumme</b> <b>GS<sub>21</sub></b>	Nl/kgTS	--	< 10	< 10	20 (nach DVO)

<sup>1</sup> Nur Daten von 14 Standorte verfügbar

Unter Heranziehung dieser Zielwerte bzw. Zielbereiche zeigt sich, dass unter Einhaltung des in dieser Arbeit definierten Kriteriums  $h_{NB}/T > 4,4$  die obigen Werte deutlich unterschritten bzw. im Falle der Atmungsaktivität eingehalten werden.

- **Atmungsaktivität**

Einer der Parameter, der in der Literatur [Stegmann et al. 2006, ÖWAV 2008] für eine Entlassung von Deponien aus der Nachsorge herangezogen wird, ist die Bestimmung der Atmungsaktivität nach 4 Tagen (AT<sub>4</sub>). Die Atmungsaktivität wurde nur an 14 Standorten des Forschungsvorhabens EVAPASSOLD untersucht. Bis auf den Standort TU mit 3,5, liegen alle anderen Werte < 1,0 mg O<sub>2</sub>/g TS. Der Standort TU weist mit einem Volumen von 83.200 m<sup>3</sup> das größte Verfüllvolumen des Projektes auf und liegt über der festgesetzten Grenze der Gültigkeit der Aussagen der Untersuchungen von < 50.000 m<sup>3</sup>. Ritzkowski (2005) berichtet bei den Versuchen zur biologischen Stabilisierung der Altdeponie Kühstedt von Werten zwischen 5-7 mg O<sub>2</sub>/g TS vor Beginn der Belüftung und von Werten und zwischen 2 – 3 mg O<sub>2</sub>/g TS nach 22 Monaten Belüftung. Dieser AT<sub>4</sub>-Wert wird vom Ritzkowski neben der Gasspendesumme auch als Stabilitätsparameter („Erfolgskriterien“) [Ritzkowski 2005] bezeichnet. Da aus Feststoffproben von Ablagerungen, die einen Ablagerungszeitraum von mehr als 20 Jahren aufweisen, nur wenige Werte bestimmt wurden und in der Literatur keine Hinweise dazu vorliegen, sollte eine Verdichtung der Datenbasis erfolgen.

**Jedenfalls kann nach vorliegenden obenstehenden Aussagen bei einem Wert von AT<sub>4</sub> < 1 mg O<sub>2</sub>/g TS davon ausgegangen werden, dass nur ein sehr geringes Risiko für eine höherwertige Bebauung des Standortes einer Ablagerung besteht.**

## 7.3 Empfehlungen für die Praxis

### 7.3.1 Empfehlungen für die Behörden

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Welche einfache und kostengünstige Vorgangsweise bei Altablagerungen kann Flächen für eine höherwertige Nutzung bereitstellen?

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Vorgangsweise für Altablagerungen in den einzelnen Bundesländern erhoben (siehe Kapitel 2.1). In den meisten Bundesländern findet sich im entsprechenden Raumordnungsgesetz zumindest eine allgemeine Formulierung, die als Gebot oder Verbot formuliert ist, um höherwertige Nutzungen für Flächen ehemaliger Altablagerungen (Deponien) grundsätzlich einer Eignungsprüfung zu unterziehen. Widmungen für Bauland sind nur auf Bereichen möglich, die aufgrund gegebener oder zu erwartender Umweltbelastungen oder –auswirkungen oder keiner der beabsichtigten Nutzung widersprechenden Immissionsbelastung geeignet erscheinen. Dazu ist in den meisten Fällen ein Gutachten (extern oder amtsintern) erforderlich. Neben den möglichen Umweltgefahren ist vor allem das Setzungsverhalten der Altablagerungen für eine Verbauung als kritisch einzustufen. Altablagerungen sind daher auch von einem bodenmechanischen Gutachter zu beurteilen.

Problematisch jedoch ist in den meisten Bundesländern die Datennachführung der betroffenen Grundstücke der ehemaligen Deponien (Altablagerungen). Nur in Kärnten beispielsweise sind alle bekannten Flächen digital als Polygon verfügbar und amtsintern über ein GIS-System (KAGIS) für alle Dienststellen abrufbar. Meist jedoch existieren nur Datenbanken mit Grundstücksnummern, die nicht aktuell gehalten werden. Hier wird ein Handlungsbedarf der Ämter der Landesregierungen gesehen, die Flächen als Umrisspolygon mit Koordinaten digital verfügbar zu machen. Teilweise finden diese Umstellungen bereits statt. Nur so ist gewährleistet, dass bei Anfragen von Grundbesitzern oder Gemeinden eine einfache Zuordnung zu bekannten Altablagerungen durch die jeweilige Fachabteilung der Länder möglich ist. Auch für die Dienststellen des Amtes der Landesregierung (Raumordnungsrecht und Sachverständigendienst) wäre es sinnvoll, Abfragen von Grundstücken durchführen zu können, um den von der jeweiligen Gemeinde vorgelegten Änderungsentwurf des örtlichen Raumordnungsprogramms einfach überprüfen zu können. In Großbritannien sind die Grundstücksdaten für Altablagerungen nach 1974 digital vorhanden [Nathanail 2012].

Immer wieder werden Einzelfälle von problematischen Bebauungen von Altablagerungen die zu Umweltgefährdungen führen, in den Medien publik, wie beispielsweise die Lederdeponie Unterpremstätten in der Steiermark im Jahr 2007/08 [ORF-Steiermark 2012] und die Badsiedlung in Dornbirn 2011 [Der Standard 2011]. Manchmal kommt es für die betroffenen Gemeinden auch zu Klagen bei Gericht. Beispielsweise wurde die Tiroler Gemeinde Rietz im Zivilprozess verurteilt, für alle Schäden durch das Absinken von drei Reihenhäusern auf dem



Grundstück einer ehemaligen Deponie aufzukommen [ORF-Tirol 2012]. Begründet wird dieses Urteil damit, dass die Gemeinde beim Verkauf des Grundstückes an die Käufer nicht über den ehemaligen Deponiestandort aufklärte und entgegen den Bestimmungen des Tiroler Raumordnungsgesetzes diese „nachgenutzten“ Grundstücke als Bauland ohne jegliche Einschränkung ausgewiesen waren. Die Setzungen betragen in Rietz jährlich ca. zwei Zentimeter. Für die betroffenen Grundbesitzer verliert die Immobilie einerseits ihren Verkaufswert und andererseits werden gesundheitliche Langzeitfolgen bzw. weitere, noch nicht abschätzbare Schadenersatzforderungen befürchtet. Ähnliche Setzungen führten bei der Deponie Alois-Gerstl-Weg in Feldbach zum Auslösen von Untersuchungen und letztlich zur Altlastensanierung.

Die Ergebnisse dieser Arbeit können eine einfache und kostengünstige Hilfestellung für die betroffenen Fachabteilungen darstellen, um in Form eines **Screenings** die Flächen herauszufiltern, von denen mit großer Wahrscheinlichkeit kein Gefährdungspotential mehr ausgeht. Die restlichen, dadurch nicht erfassten Verdachtsflächen wären dann nach den, im nachfolgenden Kapitel vorgeschlagenen, erweiterten Untersuchungen auf eine mögliche Bebaubarkeit einzustufen.

Folgende Erhebungsschritte (d.h. „Screening“) sind aus fachlicher Sicht des Autors für jede amtsbekannte Fläche (Altablagerung) jedenfalls zielführend:

- ✓ Qualitative und quantitative Abschätzung der abgelagerten Materialien (Hausmüll, Bauschutt, gefährliche Abfälle) aus den Akten,
- ✓ Abschätzung des Ablagerungszeitraumes aus den Akten,
- ✓ Abschätzung des Volumens und der Tiefe der Ablagerung aus den Akten,
- ✓ Abschätzung der räumlichen Ausbreitung aus dem aktuellen Luftbild,
- ✓ Vor-Ort Begehung zur Abschätzung der räumlichen Ausbreitung,
- ✓ Befragung der Verantwortungsträger der Gemeinde und der Grundbesitzer (Ablagerungszeitraum, Ausdehnung, abgelagerte Materialien),
- ✓ Einsichtnahme in historische Luftbilder zur besseren Abschätzung der räumlichen Ausbreitung (falls erforderlich),
- ✓ Evaluierung aller erhobenen Daten,
- ✓ Abschätzung der Summe der Niederschläge während der Betriebsdauer der Altablagerung,
- ✓ Überprüfung der in Kapitel 7.2 definierten Kriterien ( $< 50.000 \text{ m}^3$ ,  $< 5 \text{ m}$  Tiefe, etc),
- ✓ Bestimmung des Faktors  $h_{NB}/T$  (**Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe**).

**Ab einem Wert von  $h_{NB}/T > 4,4$  [m/m] kann von einem geringen Gefährdungspotential für eine mögliche Bebauung ausgegangen werden.**

### 7.3.2 Empfehlungen für die weitere Vorgangsweise

Dazu ergibt sich folgende Fragestellung: Welche einfache und kostengünstige Vorgangsweise kann bei Unsicherheiten in der Einschätzung des Gefährdungspotentials eines Grundstückes für eine Bebaubarkeit vorgeschlagen werden?

Wenn ein Grundstück für eine höherwertige Baulandwidmung ausgeschieden werden soll, so sind die in Kapitel 7.3.1 definierten Daten zu erheben, um das  $h_{NB}/T$ -Kriterium (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) so exakt wie möglich bestimmen zu können.

Da die Aussagen der vorliegenden Arbeit nur innerhalb der definierten Grenzen Gültigkeit haben, sind die Rahmenbedingungen sorgfältig zu prüfen.

Kriterium:  $h_{NB}/T > 4,4$  [m/m]

Erforderliche Bedingungen:

- ✓ **Hausmüllablagerungen kleiner bis mittlerer Orte.**
- ✓ **Keine Hinweise auf toxisch wirkende Ablagerungsmaterialien, wie beispielsweise Gerberei- und Lederabfälle, Farben- und Lackabfälle, Chemikalienabfälle, „Sondermüll“ und Metallschlacken.**
- ✓ **Ablagerungsvolumen  $< 50.000$  m<sup>3</sup>.**
- ✓ **Ablagerungstiefe  $< 5,0$  m (im Mittel über die Fläche).**

Wenn diese Voraussetzungen eingehalten sind, kann das  $h_{NB}/T$ -Kriterium bestimmt und angewendet werden. Ab einem Wert von  $h_{NB}/T > 4,4$  [m/m] wird von einem geringen Gefährdungspotential ausgegangen. Diese Annahme beruht auf der Betrachtung eines „Worst Case“-Szenario, da in den Auswertungen die weiteren biologischen Abbauvorgänge nach erfolgter Ablagerung und die Auswaschvorgänge nach Beendigung des aktiven Betriebszeitraumes der Altablagerung (Deponie) unberücksichtigt bleiben. Da für die Abbauvorgänge jedoch die ausreichende Versorgung mit Wasser im Deponiekörper erforderlich ist, kann es bei sehr schnell geschütteten und stark verdichteten Bereichen und zusätzlich zur Abdeckung eingebrachten dichten Erdmaterial punktuell zu geringeren Abbauraten kommen. Stegmann et al. (2006) führen an, dass sichergestellt werden muss, dass eine festgestellte geringe Deponiegasproduktion nicht aufgrund von Austrocknung eingetreten ist, da dann möglicherweise noch ein hohes Restgaspotential in Form von **trocken konservierter biologisch verfügbarer Organik** vorhanden ist. Bei Unklarheiten werden die Bestimmung des Wassergehaltes und des Kohlenstoffgehaltes in

Abfallfeststoffproben und der biologischen Aktivität ( $AT_4$  und  $GS_{21}$ ) empfohlen. Zielwerte und Bereiche sind im Kapitel 7.2 Tabelle 25 mit den in Österreich gültigen Richtwerten angeführt.

Sollten dennoch fachliche Bedenken oder Unsicherheiten in der Einschätzung an einem oder mehreren Faktoren bestehen, so wird vom Autor dieser Dissertationsarbeit folgende erweiterte Vorgangsweise vorgeschlagen:

- **Deponiegasuntersuchungen mit Vorbohrung,**
- **Untersuchung des Eluats aus der Mischprobe der Vorbohrung und Analyse auf ausgewählte Parameter** (pH-Wert, Leitfähigkeit, Ammonium, CSB und TOC und  $\Sigma KW$  (IR)),
- **Durchführung von Bioassays.**
  
- **Deponiegasuntersuchungen mit Vorbohrung.**

Für die Bodenluftuntersuchungen sind in erster Linie die Parameter: Methan, Kohlendioxid und Sauerstoff ausschlaggebend. Da die Kosten für die Gewinnung (Probenahme) der Bodenluftproben erheblich sind, wird vorgeschlagen, auch die umweltrelevanten Spurenstoffe wie flüchtige Chlorkohlenwasserstoffe, flüchtige aliphatische Kohlenwasserstoffe (Benzin-KW), flüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol) und Schwefelwasserstoff zu untersuchen. Dies wird auch im LfU-Merkblatt Altlasten 2 [Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 2009] angeregt. Dadurch können umfassendere Aussagen aus den gewonnenen Proben gemacht werden.

**Deponiegasuntersuchungen** sind jedenfalls **mit Vorbohrung** mit einem Mindest-Durchmesser von 50 mm entsprechend der **ÖNORM S 2090** und dem unveröffentlichten **internen Leitfaden** des **Umweltbundesamtes „Erstabschätzung kommunaler Altablagerungen“** vom Dezember 2008 [Umweltbundesamt 2008] durchzuführen.

Es sind zumindest 5 Messpunkte auszuführen. Bei Altablagerungen mit einer Fläche von mehr als 5.000 m<sup>2</sup> ist ein Messpunkt je angefangener 1.000 m<sup>2</sup> auszuführen.

Bei den Vorbohrungen sind die Schichten des Deponiekörpers (Oberflächenabdeckung und Abfallschichten) einer möglichst genauen Ansprache zu unterziehen und zu dokumentieren. Unter der Annahme von 5 Bodenluftmesssonden mit 50 mm Durchmesser Vorbohrung (2") und einer Tiefe von mind. 3 m im Abfallkörper ist nach Traindl (2012) bei den allermeisten Flächen ausreichend Probenmaterial zu gewinnen, sodass aus den durchbohrten Abfallschichten 2 Mischproben hergestellt werden können. Wichtig ist die genaue organoleptische Ansprache (Geruch, Farbe, Zusammensetzung) und Dokumentation (Fotos des Bohrgutes der Einzelbohrungen) der Untersuchungsserie.

- **Untersuchung des Eluats aus der Mischprobe und Analyse auf ausgewählte Parameter**

Wie bereits erwähnt, sind bei den Vorbohrungen die Schichten des Deponiekörpers (Oberflächenabdeckung und Abfallschichten) zu dokumentieren und aus den Abfallschichten aller Bohrungen 2 Mischproben herzustellen. Dies ist jedoch nur zulässig, wenn die Abfallschichten annähernd gleichmäßig angesprochen werden können. Nach übereinstimmender Einschätzung reichen die erzielbaren Mengen an Material aus den Vorbohrungen aus, um zwei repräsentative Proben für die weitere Analytik gewinnen zu können [Wruss 2012].

Von einer Mischprobe ist der Wassergehalt und ein Eluat gemäß ÖNORM S 2115 herzustellen und auf die Parameter: pH-Wert, Leitfähigkeit, Ammonium, CSB und TOC sowie  $\Sigma KW$  (IR) zu untersuchen. In dem unveröffentlichten internen Leitfaden des Umweltbundesamtes „Erstabschätzung kommunaler Altablagerungen“ [Umweltbundesamt 2008] werden zusätzlich die Parameter Chlorid, Sulfat, Nitrat und Nitrit vorgeschlagen. Dies wird vom Verfasser dieser Arbeit nicht als unbedingt notwendig erachtet.

- **Bioassays**

Von der zweiten Mischprobe sind Bioassays mit Testbatterien durchzuführen, um mögliche Hemmungen durch toxische Stoffe einschätzen zu können.

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen des Forschungsprojektes EVAPASSOLD wurden der Algentest [EN 28692] und der Wurm-Verhaltenstest [Yearly 1996, Donat 2004] als sinnvoll eingestuft. Die Autoren des Endberichtes zum Arbeitspaket 3 des Projektes „Altlastenmanagement 2010“ „Ökologische Risikobeurteilung an kontaminierten Standorten“ kommen zu der Aussage, dass vor allem eine intelligente Kombination mehrerer Bioassays in Form von Testbatterien umfassende Aussagen über die Auswirkungen von Schadstoffen oder Schadstoffgemischen auf ein bestimmtes Ökosystem, bzw. zumindest auf ausgewählte Bodenfunktionen ermöglichen [Edelmann et al. 2011]. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes „Weiterentwicklung und Einsatz von Methoden zur Bewertung des Ist-Zustandes und des langfristigen Emissionsverhaltens von Altablagerungen und Reaktordeponien“, gefördert vom BMLFUW, brachten die praktische Erprobung für derartige Bioassays (Ökotoxizitätsuntersuchungen) [Längert-Mühlegger 2011]. In diesem oben angeführten Forschungsvorhaben konnte die Auswahl der Tests und die Art der Bewertung in der Praxis erfolgreich getestet werden. Daher wurden der Leuchtbakterientest mittels Testkit LumisTox, Algentests mit zwei Spezies, Daphnientest, Wasserlinsentest und terrestrische Pflanzentests mit Kresse und Klee durchgeführt.

Als Ergebnis des Forschungsvorhabens „Weiterentwicklung und Einsatz von Methoden zur Bewertung des Ist-Zustandes und des langfristigen Emissionsverhaltens von Altablagerungen und Reaktordeponien“ werden folgende Tests vorgeschlagen:

- **Leuchtbakterientest** mittels Testkit Lumis Tox: Er ist einfach in der Herstellung, sehr gut reproduzierbar und bringt bereits nach wenigen Stunden das Ergebnis.
- **Daphnientest:** Dieser zeigt andere Wirkmechanismen, als andere ausgewertete Ökotoxtests und wurde daher als unverzichtbar zur Risikobewertung im Projekt eingestuft [Längert-Mühlegger 2011].
- **Wasserlinsentest:** Bei mehreren Standorten im o.a. Projekt trat eine überdurchschnittliche Hemmung im Vergleich zu anderen Tests auf, daher wird auch dieser Test zumindest zur weiteren Evaluierung empfohlen [Längert-Mühlegger 2011].

Die Terrestrischen Tests mit Kresse und Klee werden nicht länger empfohlen, da diese 2 Wochen dauern und die Aussagen nur sehr begrenzt waren. Die Algentests sollten bei weiteren Forschungsvorhaben ebenfalls weiter untersucht werden, da nur ca. 60 % der Tests auswertbar waren [NÖ Landesakademie 2005].

Sinnvoll erscheint es nach Auffassung des Verfassers der vorliegenden Dissertationsarbeit weiterhin den **Wurm-Verhaltenstest** [Yearly 1996, Donat 2004] zusätzlich durchzuführen.

Die erforderliche Probenmenge beträgt für alle vorgeschlagenen Tests ca. 1 kg.

Das im Projekt INTERLAND entworfene Schema zur Vorgangsweise bei der ökotoxikologischen Bewertung von Altablagerungen wird von den Verfassern des Forschungsprojektes als mögliche geeignete Vorab-Analysenmethode positiv eingeschätzt [Längert-Mühlegger 2011].

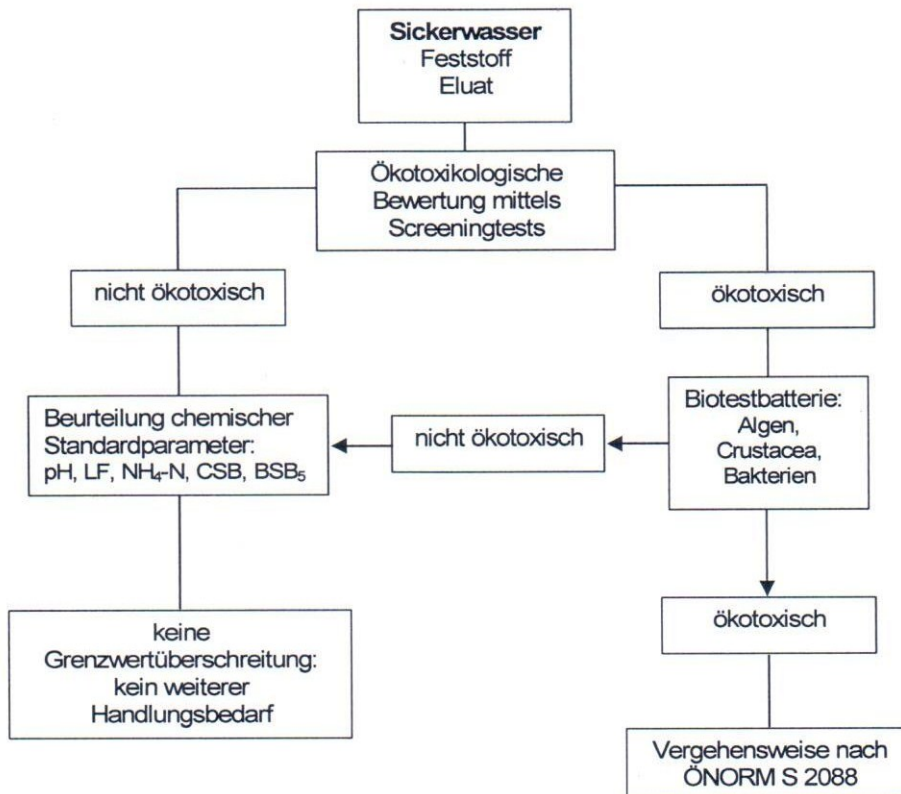


Abbildung 30: Schema zur Vorgangsweise bei der ökotoxikologischen Bewertung von Altablagerungen, entnommen dem Endbericht „Methoden zur Bewertung des Ist-Zustandes und langfristigen Emissionsverhalten von Altablagerungen“ [Längert-Mühlegger 2011].

### Ergebnisbewertung

In dem unveröffentlichten internen Leitfaden des Umweltbundesamtes „Erstabschätzung kommunaler Altablagerungen“ vom Dezember 2008, Seite 39, werden als **Zielwerte für keine weitere Bearbeitung** Methangehalte von < 2,5 Vol.% und Kohlendioxidgehalte < 10 Vol.% an jedem gemessenen Punkt definiert. Wenn bei zumindest 2 Messpunkten ein Methangehalt von mehr als 20 Vol.% oder ein Methan/Kohlendioxidverhältnis von < 1 gegeben ist, dann sind weitere Erhebungen und Untersuchungen notwendig.

In **Deutschland** werden als Bewertungsmaßstab die **Prüfwerte** der **Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV)** herangezogen. Beispielsweise führt der Altlastenerlass Nordrhein-Westfalens aus 2005 [Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport 2005] an, dass bei repräsentativer Beprobung der Fläche die Einhaltung der Prüfwerte der **BBodSchV** eine Gefahr im Sinne des Bodenschutzrechtes ausschließt. Diese können daher für Zwecke der Bauleitplanung herangezogen werden. Die Verordnung enthält nur Prüfwerte für Schwermetalle und für Mineralkohlenwasserstoffen und andere Kohlenwasserstoffe (PAK, BTEX, PCB). Prüfwerte für Bodenluft finden sich nicht darin. Im **LfU-Merkblatt Altlasten 2** [Landesamt für Umweltschutz 2009] wird bei orientierenden Untersuchungen bei **Methangehalten** von **mehr als 1 Vol.%** in der Bodenluft nahe an

Gebäuden unverzüglich eine Überprüfung der Innenraumluft und gegebenenfalls weitere Untersuchungen vorgeschlagen.

**In Großbritannien** werden bei Flächen, die sich innerhalb von 50 m Entfernung zu bebauten Grundstücken befinden, auf jeden Fall Bodenluftuntersuchungen vorgesehen. Ab einem **Methangehalt von mehr als 1 Vol. %** in der Bodenluft werden weitere Untersuchungen vorgeschlagen. Zusätzlich wird die Gasbildungsrate im Bohrloch (Gas Screening Value) nach Wilson & Card (1999) als Parameter in den Gefährdungsabschätzungen und den erforderlichen Maßnahmen mitberücksichtigt.

**Vom Verfasser dieser Dissertationsarbeit werden daher für eine grundsätzliche Baulandwidmung folgende Voraussetzungen (Zielwerte nach Abbildung 31) vorgeschlagen:**

- **Konzentrationen von  $\text{CH}_4 < 2,5 \text{ Vol.}\%$  und von  $\text{CO}_2 < 10 \text{ Vol.}\%$  im Deponiegas-Volumen der Bodenluft in allen Punkten und ein **Methan/Kohlendioxidverhältnis von  $< 1 \text{ Vol.}\%/\text{Vol.}\%$ ;****
- **keine Überschreitung eines Maßnahmenschwellenwertes der ÖNORM S 2088-1 bei den ausgewählten Eluatparametern pH-Wert, Leitfähigkeit, Ammonium, CSB, TOC und  $\sum \text{KW (IR)}$  ;**
- **Bioassays (Leuchtbakterientest, Daphnientest, Wasserlinsentest und Wurm-Verhaltenstest) mit nur geringen Hemmungen ( $< 25 \%$ ) .**

Im Einzelfall (z.B. bei stark schwankenden Analysenwerten) kann es jedoch fachlich erforderlich sein, weitergehende Untersuchungen zur Eignung der Fläche als Bauland vorzusehen.

Dies sind in erster Linie Schürfe mit weiterführender Analytik der gewonnenen Abfallproben und Bewertung nach der ÖNORM S 2088-1.

Damit wird als praktisches Ergebnis dieser Dissertationsarbeit folgendes neues Ablaufschema für eine kostengünstige, abgestufte Vorgangsweise zur Ermittlung der Freigabebedingungen für eine Baulandwidmung von Altablagerungen erstmalig in Abbildung 31 zusammengestellt.



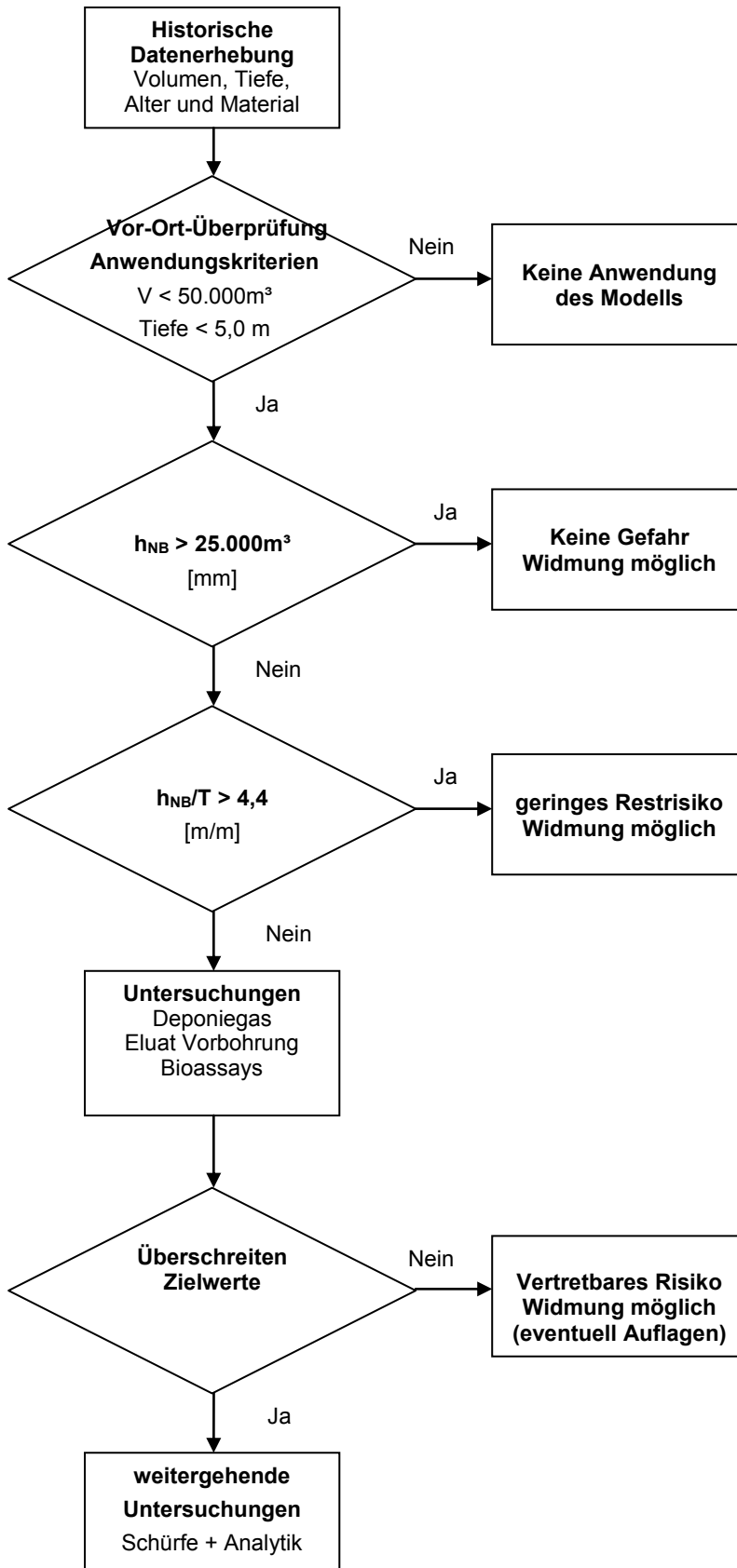


Abbildung 31: Vorgeschlagenes Ablaufschema für eine abgestufte Vorgangsweise zur Ermittlung des Gefährdungspotentials für mögliche Baulandwidmung

## 7.4 Ausblick

Ein großer Teil der etwa 7.000 in Österreich geschätzten ungeordneten alten „Gemeindedeponien“ zeigt relativ kleine Ablagerungsvolumina in der Größenordnung von etwa 10.000 m<sup>3</sup> [Müller 2006]. Der Anteil der „Regionaldeponien“ mit Volumina bis zu 50.000 m<sup>3</sup> ist demgegenüber gering (10-20 %). Ausgehend von den Ergebnissen des Forschungsvorhabens „EVAPASSOLD“ wären nach Müller (2006) von diesen 7.000 Flächen ca. 5.000 Flächen nicht mehr mit dem Makel „Verdachtsfläche“ zu belegen. Maßnahmen bei einer sensiblen Baulandnutzung sind jedoch bei einem Teil der Flächen erforderlich.

Der **Leitfaden des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz** „Hinweise für die Nutzung von Altablagerungen“ aus 2005 empfiehlt bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren bereits im frühen Planungsstadium eine enge Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten (Gemeinde, Investor, Träger öffentlicher Belange, Architekt, Bauingenieur und Altlastensachverständiger). Das Gefährdungspotential muss in Bayern sowohl von den Gemeinden bei der Bauleitplanung (im Widmungsverfahren) als auch von den Bauaufsichtsbehörden bei der Genehmigung der Vorhaben (Baubehörde) berücksichtigt werden. Die allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und die Sicherheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung sowie die

Auswirkungen auf den Boden müssen Berücksichtigung finden. Dies wird durch die Unterschreitung der Prüfwerte der **Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung** sichergestellt.

In den Regelungen der deutschen Bundesländer wird auf die Prüfwerte als Bewertungsmaßstab Bezug genommen. Beispielsweise führt der **Altlastenerlass Nordrhein-Westfalens** aus 2005 [Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport 2005] an, dass bei repräsentativer Beprobung der Fläche bei Einhaltung der Prüfwerte der BBodSchV eine Gefahr im Sinne des Bodenschutzrechtes ausgeschlossen werden kann. Diese Prüfwerte können daher für Zwecke der Bauleitplanung herangezogen werden. Bei Überschreitung dieser Prüfwerte sind weitergehende einzelfallbezogene Sachverhaltsermittlungen geboten. Da nach der deutschen Rechtsprechung die Gemeinde als Trägerin der Bauleitplanung mit der Ausweisung von Bauland das Vertrauen erzeugt, dass die ausgewiesene Nutzung ohne Gefahr realisierbar ist, sind bei begründeten Verdacht von der Gemeinde Untersuchungen und Gutachten einzuholen und die Kosten dafür zu übernehmen, falls nicht Dritte, aufgrund von Vereinbarungen, dafür aufkommen. Flächen, die eine mögliche Gefährdung durch Bodenbelastungen aufweisen, sind für das nachfolgende Verfahren entsprechend zu kennzeichnen („Warnfunktion“).

In **Großbritannien** sind die Bezirksbehörden generell für die Bewilligungen zuständig. Diese können sich der Fachleute der Umweltbehörde des Landes (Environment Agency) bedienen. Sie können auch die für Abfall und Mineralrohstoffe zuständige Behörde (Waste and Minerals Planning Authority) einbeziehen. Dies erfolgt jedoch nur im Einzelfall. Da in Großbritannien seit einigen Jahren eines der deklarierten offiziellen umweltpolitischen Ziele

„Brownfield Development“ darstellt und rasch Erfolge vorgewiesen werden sollen, wurde die Verantwortung stärker auf die Grundbesitzer verlagert [Müller 2012, Bardos 2012]. Dies bedeutet, dass die Grundbesitzer beispielsweise bei Vermietung des Hauses oder einer Wohnung entsprechende Untersuchungen im Eigeninteresse machen müssen.

In Deutschland gibt es viele positive Beispiele für erfolgreiches „Brownfield Development“. Negative Beispiele dringen nur selten an die Öffentlichkeit, wie z.B. die Explosion eines Hauses 100 m entfernt von einer Altablagerung in Loscoe in Derbyshire 1986 [Williams & Aitkenhead 1991].

Die im vorangegangenen Kapitel 7.3 dargestellte Vorgangsweise, die als praktisches Ergebnis der vorliegenden Dissertationsarbeit zu werten ist, sollte bei Vorliegen eines begründeten Verdachts (Eintragung im Verdachtsflächenkataster des Bundes oder Einwendungen von Bürgern mit nachvollziehbaren Aussagen und/oder Dokumenten) und nach Prüfung durch die entsprechenden Fachdienststellen der Länder, bei fachlichen Bedenken oder Unsicherheiten in der Einschätzung einer Fläche, durchgeführt werden.

Da derzeit noch keine praktischen Erfahrungen mit der im Rahmen der vorliegenden Dissertationsarbeit vorgestellten Vorgangsweise zur Baulandwidmung von Altablagerungen vorliegen, wäre es sinnvoll, bei laufenden Raumplanungsverfahren, exemplarisch diese neue Methode bei der Untersuchung von Standorten einzusetzen und diese dabei gewonnenen Ergebnisse mit den üblichen Methoden zu überprüfen.

Die Kosten für derartige Untersuchungen betragen nach dem vorgestellten Modell, für eine Fläche von 5.000 m<sup>2</sup> :

- für Bodenluftuntersuchungen, Eluatuntersuchungen aus den Bohrkernmaterial und eine Testbatterie von Bioassays etwa 2.500 €.
- Zusätzlich kommen noch die Vorarbeiten (Aktstudium, Begehung, Befragung und Einsichtnahme in historische Luftbilder) im Ausmaß von ca. 2.000 € hinzu.

Insgesamt belaufen sich die Kosten somit auf **ca. 4.500 €** (Preisbasis 2012) je Altablagerung. Zusätzlich kommen noch Kosten für die wissenschaftliche Begleitung, Projektabstimmung, Besprechungen und Vorstellung der Ergebnisse dazu.

Für die Kontrolluntersuchungen würden für 5 Schürfe und die Eluatuntersuchungen von 5 Mischproben Gesamtkosten in der Höhe von ca. 5.000 € je Altablagerung anfallen.

Zusätzlich wird die Ermittlung der Gasbildungsrate im Bohrloch (Gas Screening Value) nach Wilson & Card (1999) als weiterer Parameter in den Gefährdungsabschätzungen vorgeschlagen. Dazu liegen noch keine Kosten vor, da diese Methode in Österreich und Deutschland nicht verwendet wird.

Durch Auswertungen und statistische Vergleiche mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit könnte eine gute Basis für die weitere Vorgangsweise bei der Reaktivierung dieser Flächen für Baulandzwecke gefunden werden. Damit wäre es, aus Sicht des Autors möglich, etwa 20 % aller Altablagerungen (Sturzplätze) ohne weitergehende Untersuchungen einer Baulandnutzung zuzuführen und für weitere 50 % mit vereinfachten Untersuchungen eine Aussage über die Bebaubarkeit zu erhalten. Eine Förderung dieser Untersuchungen aus EU-Mitteln sollte geprüft werden.

Durch die praktische Ergebnisse dieser Dissertation könnte eine Begrenzung der Flächeninanspruchnahme und damit eine Reduzierung der Kohlendioxid-Emissionen und des Energieverbrauches in den Gemeinden durch Aktivierung von Baulücken und Brachflächen kostengünstig erzielt werden. Durch geeignetes kommunales Flächenmanagement kommt es zu einer Minimierung der Flächeninanspruchnahme durch verstärkte Innenentwicklung. Dadurch kann ein wichtiger Beitrag zu einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung erbracht werden. Es wäre zusätzlich sinnvoll, die in Großbritannien gebräuchliche Abschätzung der Gasbildungsrate im Bohrloch in der Bewertung der Flächen, wie in Abbildung 28 dargestellt, zu berücksichtigen. Dazu müssten jedoch noch Details der Untersuchungen gemeinsam mit dem Umweltbundesamt und den Sachverständigen der Länder abgeklärt werden. Mit all diesen Untersuchungsergebnissen könnte ein ebenso einfaches Ampelsystem (grün-gelb-rot) für die Verbauung von Grundstücken erarbeitet werden.

Es wird vorgeschlagen, in den österreichischen Bundesländern in einer Modellregion, beispielsweise im Mostviertel in NÖ oder im Mühlviertel in Oberösterreich einen Pilotversuch durchzuführen. Dadurch könnte ein Gewinn für alle anderen Gemeinden in Österreich erzielt werden.

## 8 ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Ausweisung bzw. Umwidmung von Grünland in Bauland (Wohnen, Industrie, Gewerbe) ist nach dem Niederösterreichischen Raumordnungsgesetz [NÖ ROG 2007] eine Prüfung hinsichtlich möglicher Gefahrenmomente aus Verdachtsflächen oder Altlasten daraufhin durchzuführen, ob diese Gefahrenmomente der Umwidmung nicht entgegenstehen. Als Grundlage sind dem Widmungswerber Untersuchungen vorzuschreiben, die eine derartige Beurteilung ermöglichen.

Raumordnung ist in Österreich Länderkompetenz. Daher gibt es unterschiedliche rechtliche und darauf aufbauend fachliche Zugänge. Es wurden in der vorliegenden Arbeit zunächst die Rahmenbedingungen in den 9 Bundesländern und die Vorgangsweisen erhoben. Weiters wurde die Vorgangsweise in den deutschen Bundesländern Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen und in England (UK) exemplarisch dargestellt. Die Ergebnisse sind über weite Teile ähnlich. Es sind üblicherweise Untersuchungen durchzuführen, um eine fachliche Entscheidung für eine höherwertige Widmung erzielen zu können. Eine detaillierte rechtliche Vorgabe im jeweiligen Raumordnungsgesetz findet sich in Österreich außer in Bundesland NÖ nur in Kärnten, sowie in den beispielhaft angeführten deutschen Bundesländern Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen und in abgeschwächter Form auch im Königreich England (UK).

In **Niederösterreich** wurde der **Leitfaden Verdachtsflächen 1998** [Amt der NÖ Landesregierung 1998] für verbindlich erklärt. Aufbauend auf dem Bewertungsschema von Baden-Württemberg wurde das **NÖ Erstbewertungsschema** in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt Wien erstellt. Dieses Schema sieht für Altablagerungen je nach Material, das abgelagert wurde und den vorliegenden Schutzgütern (Grundwasser, Oberflächengewässer, Luft und Boden) einen Risikofaktor vor, der weitere Handlungen vorgibt. Bei der Ermittlung der Stoffgefährlichkeit gibt es im Gegensatz zum Leitfaden von Baden-Württemberg Abminderungsfaktoren für kleine Ablagerungsvolumina. Diese schlagen sich vor allem bei der Bewertung des Schutzgutes Grundwasser stark zu Buche. Im Zuge der Anwendung des NÖ Erstbewertungsschemas durch die Sachverständigen des Landes zeigte sich, dass vor allem die Faktoren Stoffgefährlichkeit und Volumen mit größeren Unsicherheiten behaftet sind. Es wurde daher ein Projekt zur Überprüfung der Methodik des Leitfadens initiiert. Gemeinsam mit dem Bundesland Oberösterreich wurde ein Evaluierungsprojekt auf breiter nationaler Basis mit internationalen Experten als Bearbeiter erstellt und bei nationalen und EU-Förderstellen eingereicht. Das Projekt „**Evaluierung und Erstabschätzung von Altablagerungen (EVAPASSOLD)**“ wurde aus Mitteln von EU-LIFE zu 50 %, vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft zu 40 % und von den Ländern OÖ und NÖ je zu 5 % finanziert. Es sollten modellhaft Altablagerungen sowohl mit Standardmethoden, aber auch mit innovativen Methoden untersucht werden. Dazu wurde ein zweiphasiges Untersuchungsprogramm mit Zwischenevaluierung durchgeführt. In Phase I wurden kleine, ältere Altablagerungen (Ablagerungsvolumen zwischen 5.000 – 10.000 m<sup>3</sup> und Ablagerungszeitraum bis 1970) und

in Phase II größere, jüngere Altablagerungen (Ablagerungsvolumen zwischen 30.000 – 50.000 m<sup>3</sup> und Ablagerungszeitraum bis 1989), untersucht.

Das Untersuchungsprogramm bestand aus:

- Vorerkundungen: historische Recherche, Luftbildauswertung, Geologie/Hydrogeologie, Bestimmung der Schutzgüter;
- Untersuchungen vor Ort: Bodenluftuntersuchungen, Schürf- und Bohrerkundung, Grundwasseruntersuchungen und Vermessung;
- Weiterführenden Laboruntersuchungen: Feststoffaufbereitung, physikalische Feststoffuntersuchungen des Oberbodens und der Basis, chemische Analysen (Eluat und Feststoff), Toxizitätstests, Auslaugungsversuche, biologische Aktivität im Respirometer, Untersuchungen in Deponiesimulationsreaktoren;
- Übertragung der Ergebnisse auf Europäische Verhältnisse und Erstellung eines allgemein gültigen Leitfadens.

Für die Projektphase I wurden aus 12 vorselektierten Standorten 8 für vertiefende Untersuchungen ausgewählt. Die Ergebnisse der Projektphase I wurden evaluiert und die Methoden teilweise durch die dabei gewonnenen Erfahrungen angepasst. Für die Projektphase II wurden 8 Standorte voruntersucht, 6 davon ausgewählt und vertieft weiteruntersucht. Die Ergebnisse des Projektes wurden im Rahmen einer dritten Projektphase mit vereinfachtem Untersuchungsumfang evaluiert.

Dabei hat sich gezeigt, dass eine Vorerhebung mit Vor-Ort-Begehung der Altablagerung als sehr zielführend einzustufen ist. Die ermittelten Volumina und die tatsächliche Lage der Altablagerungen aus der Vorerhebung waren in der Überprüfung mit Luftbildauswertungen bis auf einem Fall ausreichend genau für eine Risikobewertung. Die Art und Mächtigkeit der Oberflächenabdeckung wurde als wichtigster Faktor für das weitere Abbauverhalten und damit das aktuelle Risiko der Altablagerung ermittelt. Die Probenahmestrategie wurde mittels statistischer Ansätze und Überprüfung im Labor überarbeitet. In der Projektphase I zeigte sich bei den meisten Einzelparametern, dass der Mittelwert aller Einzelproben um mehr als 20 % vom Wert der Mischprobe der Altablagerung abweicht. Daher wurde entschieden, dass das arithmetische Mittel der Einzelproben für die weiteren Berechnungen herangezogen wird. Durch die geänderte Homogenisierung der Mischprobe in Projektphase II konnte bei der signifikanten Mehrzahl der Parameter die Abweichung < 20 % erreicht werden. In Projektphase III wurde das Ergebnis bestätigt.

**Folgende Vorgaben für Untersuchungen an Altablagerungen wurden im Projekt EVAPASSOLD definiert:**

- Es ist ein detailliertes Probenahmeprotokoll mit detaillierter Profilgrubenbeschreibung aller Schürfe, Schichtabfolge, Farbe, Geruch, Reaktivitätsstatus des Mülls und

Abschätzung der Anteile Hausmüll/Bauschutt/Bodenaushub/Sonderabfall samt Fotos anzufertigen.

- Eine Verortung der Schürfe in einem Plan ist erforderlich.
- Bei den durchgeführten Bioassays (Ökotoxizitätstests), zeigte sich, dass das gewonnene Material aus den Schürfen bei den Pflanzentests in der Regel gute Keimwirkungen zeigte, jedoch schlecht für eine Durchwurzelung geeignet war. Es wurden alle Pflanzentests mit auf 4 mm abgeseibtem Material wiederholt und für die Bewertung herangezogen. Der Regenwurm Avoidance-Test zeigte gute Zusammenhänge mit entsprechenden Überschreitungen der Maßnahmenschwellenwerte nach ÖNORM S 2088-1.
- Die Lysimeterversuche in den Deponiesimulationsreaktoren zeigten, dass die langfristigen Methanemissionen in Hinblick auf eine spätere Flächennutzung eine wichtige Rolle spielen.

Als **maßgeblicher Faktor für die Gesamtbeurteilung des Gefährdungspotentials** wurde das **Wasser/Feststoff-Verhältnis W/F (bzw. L/S)** ermittelt. Ab einem Faktor **W/F (L/S) > 5, 0 l/kg TS** lagen die Ergebnisse der Elutionsuntersuchungen in der Regel unterhalb der Grenzwerte und es wird dabei von keinen relevanten Gasemissionspotential ausgegangen. Für die Erstabschätzung wurde ein dreistufiger Ablauf vorgeschlagen, je nachdem, ob die Fläche dem „geschlossenen Ablagerungstyp“, dem „offenen Ablagerungstyp“ oder dem „gemischten Ablagerungstyp“ zugeordnet werden.

Das Bundesland Oberösterreich hat diese Ergebnisse, unter maßgeblicher Mitwirkung des Autors in den Gemeinden des OÖ Nationalparks Kalkalpen einem Praxistest (VNPOÖ) unterzogen. Es wurden 12 Verdachtsflächen mit einem Ablagerungsvolumen von 1.300 bis 60.000 m<sup>3</sup> etwas vereinfacht gegenüber dem Projekt EVAPASSOLD untersucht. Dies stellt den Ausgangspunkt dieser Arbeit dar.

In der **vorliegenden Dissertationsarbeit** wurde durch statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse von 40 Altablagerungen, die ehemalige Hausmülldeponien von kleinen Orten oder Städten waren, versucht das aktuelle Schadstoffpotential zu ermitteln. Je nach Auswerteschritt wurden Altablagerungen, die nicht den „typischen“ Voraussetzungen entsprachen, ausgeschieden.

Der Ablagerungszeitraum für diese „Sturzplätze“ war zwischen 1960 bis 1989. Die Altablagerungen weisen ein Volumen von 1.300 bis 83.200 m<sup>3</sup> auf, wobei 4 Volumina > 50.000 m<sup>3</sup> sind. Nach den im Projekt EVAPASSOLD gewonnenen Erkenntnissen [NÖ Landesakademie 2005] weisen in Österreich und Deutschland etwa 80 % aller Altablagerungen ein Ablagerungsvolumen < 50.000 m<sup>3</sup> auf. Bei den in der vorliegenden Dissertationsarbeit untersuchten 40 Altablagerungen beträgt der Bereich der mittleren Ablagerungstiefe 1,0 bis 11,0 m, wobei nur 6 Altablagerungen Tiefen > 5,0 m aufweisen.



Mittels statistischer Methoden (T-Test, Normalverteilung, Levene's Test, Signifikanz der Gruppen, Clusteranalysen) wurde in vorliegender Dissertationsarbeit versucht, aus der Fülle der Daten (Bodenluft, Feststoff- und Eluatuntersuchungen, Ergebnisse der Deponiesimulationsreaktoruntersuchungen) relevante Kriterien, Parameter oder Richtwerte für das aktuelle Schadstoffpotential zu ermitteln und diese zu bewerten. Weiters wurde vergleichend der aus der Literatur [NÖ Landesakademie 2005] bekannte Parameter Wasser/Feststoff-Verhältnis W/F (bzw. L/S) bewertet.

Die Datensätze wurden zuerst auf Plausibilität überprüft und dann, vergleichend untersucht. Insgesamt standen 124 Datensätze (72 EVAPASSOLD und 42 VNPOÖ) zur Verfügung. Zieht man die Differenz des Mittelwertes der Summe der Niederschläge während des Betriebes ( $h_{NB}$ ) der Altablagerung als Vergleichswert heran, so zeigt sich nach statistischer Auswertung bei den **Parametern: Nitrat, Nitrit, AOX und TOC**, jeweils im Eluat, ein **hoch signifikanter** und bei den **Parametern  $O_2$  max,  $O_2$  min,  $CO_2$  max und  $CO_2$  min in der Bodenluft** ein **signifikanter Zusammenhang** beider Datenmengen. Weiters wurden die Datenmengen hinsichtlich der Deponiegröße statistisch verglichen. Die Anwendbarkeit der gewonnenen Ergebnisse im Projekt EVAPASSOLD wurde von den ausführenden Experten auf Ablagerungen  $< 50.000 \text{ m}^3$  beschränkt. Dies wurde mit den gesamten Datensätzen (EVAPASSOLD und VNPOÖ) nochmals überprüft und es konnte gezeigt werden, dass diese Beschränkung auf Standorte bis  $50.000 \text{ m}^3$  weiterhin sinnvoll ist, da sich die Mittelwerte und Standardabweichungen der für Hausmüll charakteristischen Parameter von Altablagerungen, abgelagert vor 1989, mit einem Volumen von kleiner  $50.000 \text{ m}^3$  deutlich von denen größer  $50.000 \text{ m}^3$  unterscheiden.

Die Auswertung der Feststoff- und Eluatuntersuchungen ergab, dass nur wenige Maximalwerte der untersuchten Parameter im Gesamtgehalt oder im Eluat über den in der ÖNORM S 2088-1 definierten Maßnahmenschwellenwerten (MSW) liegen. Bei Überschreiten der MSW sind in der Regel Maßnahmen zu setzen.

Die **Bodenluftparameter sind in Hinblick auf eine höherwertige Bebauung meist die einstufigsrelevanten Parameter**, da es hier die meisten Überschreitungen des Maßnahmenschwellenwertes (MSW) gibt. Der Faktor W/F (L/S)  $< 5,0$  konnte, im Gegensatz zu den Ergebnisse aus dem Projekt EVAPASSOLD mit den erweiterten Datenmaterial, nicht als einstufigsrelevant klassifiziert werden.

Mittels **Clusteranalysen** wurde versucht Gruppen von Parametern zu finden, die eine schnelle Aussage über die Bebaubarkeit einer Altablagerungsfläche ermöglichen. Es wurden die Gruppen Bodenluft-, Feststoff- und Eluatuntersuchungen sowie **niederschlagsbezogene Parameter** ausgewertet. Hierbei zeigten sich unter Einführung des neu definierten Kriteriums  $h_{NB}/T$  [m/m] (**Niederschlagshöhe während der offenen Betriebsphase in Relation zur Ablagerungstiefe**) gute Clusterungen mit den **Eluat-Parametern Lf, pH, Nitrat, Ammonium, Chlorid, Sulfat, AOX und TOC** in zwei Bereichen. Diese erfolgreichen Clusterungen für Einzelbetrachtungen aus den Gruppen wurden weiter verfolgt.

Zusammenfassend kann die Aussage getroffen werden, dass ab einer Niederschlagssumme während des Betriebes der Altablagerungen von  $h_{NB}/T > 25.000$  mm keine Überschreitungen der Grenzwerte von Bodenaushubdeponien auftreten.

Aufgrund der durchgeführten statistischen Auswertungen bei den, für den organischen Abbau **relevanten Parametern TOC, Ammonium** und den **Bodenluftparametern (CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub>)** wird in dieser Dissertationsarbeit erstmalig das Postulat formuliert, dass **bei Altdeponien (Altablagerungen nach der Definition der ÖNORM S 2088-1) bei Erreichen des Wertes:**

$$h_{NB}/T \text{ (Summe Niederschlag}_{\text{Betrieb}}/\text{Tiefe)} > 4,4 \text{ [m/m]}$$

nur ein geringes Gefahrenpotential bei einer Bebauung gegeben ist.

**Folgende Einschränkungen gelten für diese Aussage:**

- ✓ **Hausmüllablagerungen kleiner bis mittlerer Orte;**
- ✓ **Keine Hinweise auf toxisch wirkende Ablagerungsmaterialien, wie z. B. Gerberei- und Lederabfälle, Farben- und Lackabfälle, Chemikalienabfälle, „Sondermüll“ und Metallschlacken, die den Abbau hemmen**
- ✓ **Ablagerungsvolumen < 50.000 m<sup>3</sup>;**
- ✓ **Ablagerungszeitraum vor 1989;**
- ✓ **Ablagerungstiefe < 5,0 m (im Mittel über die Fläche)**

Aufgrund der Inhomogenität von Ablagerungen wird jedoch zur Absicherung dieser Aussage beim Screening, bei dem ca. 20 % der Flächen mit geringem Restrisiko ausgeschieden werden können, für die definitive Ausweisung als Bauland, ein erweitertes, kostenoptimiertes Untersuchungsprogramm vorgeschlagen, wenn nicht eindeutig sichergestellt ist, dass die biologischen Abbauvorgänge während der Ablagerungsdauer und danach mit einer ausreichenden Wasserversorgung einher gegangen sind. Stegmann et al. führen zu Recht an, dass sichergestellt werden muss, dass eine beobachtete geringe Restgasproduktion nicht aufgrund von Austrocknung („Humifizierung“) eingetreten ist, da in diesen Fällen noch ein hohes Restgaspotential in Form von trocken konservierter biologisch verfügbarer Organik vorhanden ist [Stegmann et al. 2006]. Es wird beim Auftreten von Unklarheiten die Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes in Abfallfeststoffproben (TOC) und der biologischen Aktivität (AT<sub>4</sub> und GS<sub>21</sub>) empfohlen. Als Beurteilungswerte werden die Zielwerte in Stegmann et al. [Stegmann et al. 2006] vorgeschlagen.

Sollten dennoch fachliche Bedenken oder Unsicherheiten in der Einschätzung an einem oder mehreren Faktoren bestehen, so wird folgende erweiterte Vorgangsweise vorgeschlagen:

- **Deponiegasuntersuchungen mit Vorbohrung;**
- **Eluatuntersuchung aus einer Mischprobe aus den Abfallschichten der Vorbohrung und Analyse auf ausgewählte Parameter wie:** pH-Wert, Leitfähigkeit, Ammonium, CSB, TOC und  $\Sigma$ KW (IR);
- **Durchführung von Bioassays aus einer Mischprobe aus den Abfallschichten der Vorbohrung.**

In dem unveröffentlichten internen Leitfaden des Umweltbundesamtes „Erstabschätzung kommunaler Altablagerungen“ vom Dezember 2008, Seite 39, werden als Zielwerte für „keine weitere Untersuchung der Altablagerungen erforderlich“ Methangehalte von < 2,5 Vol.% und Kohlendioxidgehalte < 10 Vol.% an jedem gemessenen Punkt vorgegeben. Wenn bei zumindest 2 Messpunkten ein Methangehalt von mehr als 20 Vol.% oder ein Methan/Kohlendioxidverhältnis von >1 gegeben ist, dann sind weitere Erhebungen und Untersuchungen notwendig. In Deutschland wird bei Methangehalten > 1 Vol.% im LfU-Merkblatt Altlasten 2 [Landesamt für Umweltschutz 2009] bei orientierenden Untersuchungen in der Bodenluft nahe an Gebäuden unverzüglich eine Überprüfung der Innenraumluft und gegebenenfalls weitere Untersuchungen vorgeschlagen. In Großbritannien werden bei Flächen, die sich innerhalb von 50 m Entfernung zu bebauten Grundstücken befinden, jedenfalls Bodenluftuntersuchungen vorgesehen. Ab einem Methangehalt >1 Vol. % in der Bodenluft werden weitere Untersuchungen, beispielsweise die Gasbildungsrate von Methan und/oder CO<sub>2</sub> im Bohrloch (Gas Screening Value) [Wilson & Card 1999] als weiterführenden Parameter bei den Gefährdungsabschätzungen vorgeschlagen.

Aus Sicherheitsgründen wird daher vom Autor, in Ergänzung zum **Kriterium  $h_{NB}/T > 4,4$**  für eine Baulandwidmung zusätzlich vorgeschlagen:

- **Bodenluftmesswerte:** Bei allen gemessenen Punkten soll die Konzentration von Methan < 2,5 Vol.% und von CO<sub>2</sub> < 10 Vol.% im Deponiegas-Volumen betragen und ein Methan/Kohlendioxidverhältnis von <1 Vol.%/Vol.% aufweisen;
- **Eluatuntersuchungen:** Alle untersuchten Eluatparameter aus den gewonnenen Proben im Zuge der Vorbohrung der Bodenluftuntersuchungen dürfen keine Überschreitung eines Maßnahmenschwellenwertes der ÖNORM S2088-1 zeigen.
- Bei **Bioassays** (Leuchtbakterientest, Daphnientest, Wasserlinsentest und Wurm-Verhaltenstest) dürfen sich nur geringen Hemmungen (< 25 %) zeigen.

Wenn diese Kriterien und Auflagen erfüllt sind, kann (durch die zuständige Behörde) eine Baulandwidmung einer entsprechenden Altablagerung verantwortlich erfolgen.

## 9 Verzeichnisse

### 9.1 Literatur

Amon, Maria: Beiträge zum Vollzug des ALSAG – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, in: Umweltbundesamt Reports R-149 (Hrsg.): Umweltbundesamt, Wien, 1998. S. 52-55

Amt für amtliche Veröffentlichungen: Grundwasserschutz in Europa, die neue Grundwasserrichtlinie – Konsolidierung des Rechtsrahmens der EU, 2008

Amt der NÖ Landesregierung: Leitfaden Verdachtsflächen – Landesweite Abgleichung der Prioritäten bei der Verdachtsflächenbearbeitung, amtsinternes Arbeitspapier, unveröffentlicht, St. Pölten, 1998

Auer, Nora: Das Altlastensanierungsgesetz, in: Umweltbundesamt Reports R-149 (Hrsg.): Umweltbundesamt, Wien, 1998. S. 3-7

Bardos, Paul: Brownfield Development in Großbritannien, Mail vom 21.2.2012

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LfU) (Hrsg.): Merkblatt Altlasten 1: Untersuchungen und Bewertung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen – Wirkungspfad Boden – Mensch (direkter Kontakt), Augsburg, 2002

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LfU) (Hrsg.): Merkblatt Altlasten 3: Historische Erkundung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen, Januar, 2002

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LfU) (Hrsg.): Merkblatt Altlasten 2: Untersuchungen und Bewertung von flüchtigen Stoffen bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen – Wirkungspfad Boden – Mensch (Pfad Luft), Augsburg, 2009. S.8

Bayerischen Staatsministerien für Landesentwicklung und Umweltfragen, des Innern, für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Gesundheit: Gemeinsame Bekanntmachung der Verwaltungsvorschrift zum Vollzug des Bodenschutz- und Altlastenrechts in Bayern – BayBodSchVwV – vom 11. Juli 2000, AllMBI 2000 S. 473; ber. S. 534.

Bertha, Sandor, Achleitner-Kastner, Sabine: Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, persönliche Mitteilung vom 25. 1. 2010

Blum, Winfried, Spiegel, Heide und Wenzel, Walter: Bodenzustandsinventur: Konzeption, Durchführung und Bewertung; AG Bodenzustandsinventur der Österreichischen bodenkundlichen Gesellschaft, Wien, 2. Auflage, BLF, 1996

Bortz, Jürgen (Hrsg.): Statistik für Sozialwissenschaftler, 5. Aufl.; Berlin: Springer, 1999. S. 554f.

British Standard: BS 10175:2011, Investigation of potentially contaminated land, Code of Practice, 2011

British Standard: BS 8485:2007, Code of Practice for the Characterization and Remediation of Ground Gas in Brownfield Developments, 2007

Boyle, Richard, Witherington, Peter: Report Edition No.: 04, Guidance on Evaluation of Development Proposals on Sites where Methane and Carbon Dioxide are Present, National House-Building Council, RSK Group PLC, 2007

Brunner, Angelika: Amt der Salzburger Landesregierung, Abteilung Umweltschutz: E-Mail vom 11. 1. 2010

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (Hrsg.): Bundesabfallwirtschaftsplan 2011, Punkt 7.15 Aushubmaterialien, S. 271 ff, BMLFUW, 2011

BGBl. I 1994, S. 2705 (Bundesrepublik Deutschland): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (KrW-/AbfG) vom 27. September 1994 zuletzt geändert am 29.10.2001 BGBl. I. S. 2785, Bundesrepublik Deutschland

BGBl. I 1998, S. 502 (Bundesrepublik Deutschland): Bundes – Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 7. März 1998

BGBl. I 1999, S. 1554 (Bundesrepublik Deutschland): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999; zuletzt geändert mit 31. 7. 2009

BGBl. I 2006, S. 3316 (Bundesrepublik Deutschland): Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung vom 21. 12. 2006

BGBl. I 2009, S. 900 (Bundesrepublik Deutschland): Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts, vom 27. 4. 2009

BGBl. I Nr. 1988/685: Bundesverfassungsgesetz vom 29. 11. 1988 mit dem das Bundes-Verfassungsgesetz in der Fassung von 1929 geändert wird (Bundes-Verfassungsgesetz-Novelle 1988) vom 20.12.1988

BGBl. I Nr. 1984/491: Bundesverfassungsgesetz vom 10. 12. 1984 über den umfassenden Bodenschutz

BGBl. I Nr. 1990/325: Abfallwirtschaftsgesetz 1990 (AWG) vom 26.6.1990

BGBI. I Nr. 1993/185: Bundesgesetz über die Förderung von Maßnahmen in den Bereichen der Wasserwirtschaft, der Umwelt, der Altlastensanierung, zum Schutz der Umwelt im Ausland und über das österreichische JI/CDM-Programm für den Klimaschutz (Umweltförderungsgesetz - UFG) vom 16.3. 1993

BGBI. II Nr. 1996/164: Verordnung über Deponien (Deponieverordnung (DVO)) vom 10.4. 1996

BGBI. I Nr. 1996/434: EU-Novelle 1996 zum Abfallwirtschaftsgesetz vom 20.8.1996

BGBI. I Nr. 1997/59: Bundesgesetz mit dem das Wasserrechtsgesetz 1959 geändert wird (Wasserrechtsgesetznovelle 1997) vom 19.6.1997

BGBI. I Nr. 1998/151: Abfallwirtschaftsgesetz-Novelle vom 20.8.1998

BGBI. I Nr. 1998/164: Bundesgesetz vom 30.9.1998, Allgemeines Verwaltungsverfahrensgesetz 1991 (AVG 1991), zuletzt geändert am 1. 1. 2008

BGBI. I Nr. 1999/155: Bundesgesetz vom 17. 8. 1999, Wasserrechtsgesetznovelle 1999 (WRG), zuletzt geändert am 9. 5. 2011

BGBI. I Nr. 2000/89: Bundesgesetz vom 10.8.2000, Umweltverträglichkeitsgesetz (UVP-G 2000) und Version BGBI. I Nr. 149/2006 vom 11.8.2006, zuletzt geändert am 15.12.2012

BGBI. I Nr. 2006/123: Bundesgesetz mit dem das Wasserrechtsgesetz 1959 geändert wird (Wasserrechtsgesetznovelle 2006) vom 26.7.2006

BGBI. I Nr. 2007/43: Bundesgesetz vom 9.7. 2007, Abfallwirtschaftsgesetz 2007 (AWG-Novelle 2007) zuletzt geändert am 16. 2. 2011

BGBI. II Nr. 2008/39: Bundesgesetz vom 30. Jänner 2008, Verordnung über Deponien (Deponieverordnung) zuletzt geändert am 22. 1. 2013

BGBI. I Nr. 2008/42: Bundesgesetz vom 26. 2. 2008, Gewerbeordnung 1994 (GewO), zuletzt geändert am 16. 6. 2010

BGBI. I Nr. 2009/55: Bundesgesetz über Umwelthaftung zur Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden (Bundes-Umwelthaftungsgesetz - B-UHG) vom 19.6.2009

BGBI. II Nr. 2010/103: Nationale GewässerbewirtschaftungsplanVO 2009 – NGPV 2009 vom 30. März 2010

BGBI. I Nr. 2011/14: Bundesgesetz mit dem das Wasserrechtsgesetz 1959 geändert wird (Wasserrechtsgesetznovelle 2011) vom 30.3.2011

BGBl. II Nr. 2011/455: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der die Deponieverordnung 2008 geändert wird, vom 27.12.2011

Burgenländischen Raumplanungsgesetz: LGBl 1/2010 vom 6. 1. 2010

Dechema - Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen, chemische Technik und Biotechnologie e.V. (Hrsg.): Bioassays for Soils, Ad hoc Committee „Methods for Toxicological/Ecotoxicological Assessments of Soils“, Frankfurt/Main, 1995

Department for Communities and Local Government (DCLG): Planning policy Statement 1, Delivering Sustainable Development, 5.5.2005

Department for Communities and Local Government (DCLG): Planning policy Statement 23, Planning and Pollution Control, 3.11.2004

Der Standard: Ärger mit Öko-Wohnungen auf einer Mülldeponie, Ausgabe 18. Juni 2011, S. 8

DIN (Hrsg.): DIN 38414 – DEV S4, Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser, Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung DEV, 1984

Dirmhirn, Helmut: Die rechtlichen und tatsächlichen Grenzen der Altlastensanierung, in: Umweltbundesamt Reports R-149 (Hrsg.): Umweltbundesamt, Wien, 1998. S.43-45

Döberl, Gernot, Fellner, Johann, Allgaier, Gerhard, Brunner, H. Paul, Stegmann, Rainer: Eine neue Methode zur Charakterisierung des Stabilisierungsgrades großer Ablagerungen, Endbericht Forschungsvorhaben EMSA, Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, Eigenverlag, Wien, 2006. S. 145

Donat, Christina, Pruckner, Mathias, Fritz, Johann: Endbericht zum Projekt EVAPASSOLD – Historische Erkundung, Chemische Analytik und Ökotoxikologie, 2003. S. 8-12

Dunger, Volkmar: Dokumentation des Modells BOWAHALD zur Simulation des Wasserhaushaltes von wassergesättigten Deponien und Bergehalden und deren Sickerungssystemen, TU Bergakademie Freiberg, 2002

Edelmann, Eva, Dörrie, Timo, Reichenauer, Thomas, Loibner, Andreas, Ökologische Risikobewertung an Kontaminierten Standorten, Endberichtes zum Arbeitspaket 3 des Projektes Altlastenmanagement, Umweltbundesamt, Report REP-0337, Eigenverlag, Wien, 2011. S. 79

English Partnerships (Hrsg.): National Brownfield Strategy, 2003, English Partnerships, London, 2003. S. 17



Enna, Michael: WGM (Wiener Gewässermanagement GmbH): persönliche Mitteilung vom 24. 10. 2011

Environment Agency: Online im WWW unter URL: <http://environment-agency.gov.uk> Zugriff am 22. 1. 2012

Environment Agency: Online im WWW unter URL: [\[http://findmaps.co.uk/packages/environmental/landfill\]](http://findmaps.co.uk/packages/environmental/landfill), Zugriff am 22.1.2012

Ehrig, Hans-Jürgen, Water and Element Balances of Landfills, in: Baccini Peter (Hrsg.): The Landfill – Reactor and Final Storage; Lecture Notes in Earth Sciences, 20, Springer, Berlin, 1989

Ehrig, Hans-Jürgen, Hörig, Kai, Helfer, Andreas: Abschlussbericht zum Verbundvorhaben „Mechanisch- Biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, Teilvorhaben 3/4, Bergische Universität- Gesamthochschule Wuppertal, Eigenverlag, 1998. S. 188-190

Ehrig, Hans-Jürgen, Brinkmann, Ulf: Verbundvorhaben Deponiekörper, Zusammenfassender Abschlussbericht zum Arbeitsgebiet Siedlungsabfälle, Bericht zu den Teilvorhaben 3-7 im BMBF-Verbundvorhaben „Deponiekörper“, BUGH Wuppertal, Eigenverlag, 1998. S. 49

Europäische Umweltagentur, Management of contaminated Sites in Western Europe, 1999

Ferguson, Colin, Darmendrail, Dominique, Freier, Karin, Jensen, Bjorn K., Jensen, John, Kasamas, Harald, Urzelai, Aranzazu, Vegter, Joop: Risk Assesment for Contaminated Sites in Europe, 1. Scientific Basis, LCM Press, Nottingham, 1998

Furherr, Elisabeth: Das tatsächliche Umwelthaftungsrisiko, Umweltschutz der Wirtschaft,, Heft 4/2009, WKÖ, S.12-14

Gerzabek, Martin H.: Skriptum Umwelttoxikologie, Kapitel Einführung Folie 27, Universität für Bodenkultur Wien, 2010

Gfatter, Susanne: Evaluierung und Erstabschätzung von Altablagerungen (EVAPASSOLD), Toxikologisches Gutachten S. 14 und 73, Gesamtprojekt Endbericht; St. Pölten: NÖ Landesakademie, 2003

Grazin, Silvio, Valtl, Michael: Verdachtsflächenkataster und Altlastenatlas, UBA GmbH, Report REP-0327, (Hrsg.): Umweltbundesamt, Wien, 2011

Great Britain Parliament: Environmental Protection Act 1990, Part 2A, 1990, in der Fassung von 2011

GVBl Nr. 5/1999: Bayerisches Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Bayerisches Bodenschutzgesetz – BayBodSchG) vom 23. Februar 1999. S. 36 ff.

GVBl 2001: Verordnung über Sachverständige und Untersuchungsstellen für den Bodenschutz und die Altlastenbehandlung in Bayern (VSU Boden und Altlasten) vom 3. Dezember 2001, S. 938, zuletzt geändert am 4. August 2003, GVBl 2003. S. 645

Hauer, Andreas: in Hauer, Andreas, List, Wolfgang, Nussbaumer, Markus, Schmelz, Christian: Abfallwirtschaftsgesetz 2002, Kommentar, Verlag Österreich, 2003. S. 439ff

Heyer, Kai-Uwe, Packert, Angelika, Stegmann, Rainer: Untersuchungen zum langfristigen Emissionsverhalten von Abfällen im Deponiekörper. Müll und Abfall, 4/96, 1996, S. 232-240

Heyer, Kai-Uwe, Stegmann, Rainer: The long-term behaviour of landfills: Results of the Joint Research Project "Landfill Body". In: SARDINIA 1997, 6th International Landfill Symposium, Conference Proceedings, Vol. 1, CISA, Cagliari, Italy, 1997, pp.73-87

Heyer, Kai-Uwe: Evaluierung und Erstabschätzung von Altablagerungen, Gesamtprojekt Endbericht, Eigenverlag NÖ Landesakademie, St.Pölten, 2003 (zit. 2003a)

Heyer, Kai-Uwe: Emissionsreduzierung in der Deponienachsorge; Hamburger Berichte Band 21, Verlag Abfall aktuell, Hamburg, 2003, S.178 (zit. 2003b)

Huber, Wolfgang, Schatz, Stefan, Quentin, Arnold: Statistische Auswertung des Sickerwasseranfalls auf bayrischen Deponien; Endbericht Projekt 3260 des bayrischen Landesamts für Umwelt, Eigenverlag, Augsburg, 2002. S. 28

Hudec, Barbara: Sanierung von Altdeponien, Dissertation an der Fakultät für Prozesswissenschaften der Technischen Universität Berlin, 2003. S. 6-7

Hüller, Gerhard, Kummer, Leo: Amt der Burgenländischen Landesregierung: persönliche Mitteilung vom 19. 1. 2010

Huter, Erwin: Konzept/Management: Innovative Techniken und Praxistauglichkeit, Tagungsunterlage Abschlusstagung EU-LIFE-Projekt EVAPASSOLD, NÖ Landesakademie, Wien, 2003 (zit. 2003a)

Huter, Erwin: Konzept und Management des EU-LIFE-Projekt mit dem Ziel der Innovation für die Praxis, Tagungsunterlage der Informationsveranstaltung: Risikoabschätzung von Altablagerungen, NÖ Landesakademie und OÖ Akademie für Umwelt und Natur, Linz, 2003 (zit. 2003b)

Huter, Erwin, Ortner, Gerlinde: EVAPASSOLD, Evaluierung der Erstabschätzung von Verdachtsflächen, Tagungsband DepoTech 2002, Leoben 2002

Huter, Erwin: Ideen, Ziele und geplante Umsetzung, Tagungsunterlage Workshop zum Projekt, EVAPASSOLD, NÖ Landesakademie, St. Pölten, 2000

Huter, Erwin: Evaluation and Preliminary Assessment of Old Deposits EVAPASSOLD, Workshoppaper, International Workshop Contaminated Sites Assessment and Remediation, Milano, 2000. S. 198-202

Kärntner Gemeindeplanungsgesetz 1995 (K-GplG 1995): LGBl. Nr. 23/1995 vom 8. April 1995

Kerschner, Ferdinand: Sonderheft: Spezialausgabe Wasser- und Abfallrecht, Recht der Umwelt (RdU), Manz'sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung, Wien, 2007. S. 22

Köhler, Matthias: Der „Stand der Technik“ in der Umwelthaftung, Recht der Umwelt (RdU) Manz'sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung, Wien, 2008. S. 50-54

Krümpelbeck, Inge: Untersuchungen zum langfristigen Verhalten von Siedlungsabfalldeponien, Dissertation an der Bergischen Universität – Gesamthochschule Wuppertal, 2000. S. 213

Landesabfallgesetz – LAbfG: Gesetz zur Neuordnung des Abfallrechts für Baden-Württemberg, vom 14. 10. 2008, GBl. 2008-14, S. 379, als Eratz für die Fassung vom 15. Oktober 1996, GBl. 1996, S. 617

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) (Hrsg.): Arbeitshilfe für flächendeckende Erhebungen über Altstandorte und Ablagerungen, 2001

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Arbeitsgruppe Altlasten-Handbuch, Altlastenhandbuch Teil I Altlasten-Bewertung des Bundeslandes Baden-Württemberg, herausgegeben vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft Umwelt und Forsten Baden-Württemberg, Karlsruhe, 1988

Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz – LBodSchAG: Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes für Baden-Württemberg, vom 14. 12. 2004, GBl. 2004, 908 in der Fassung vom 17. Dezember 2009

Landesbodenschutzgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (LBodSchg) vom 9. 5. 2000

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA-NRW) (Hrsg.): Materialien Nr. 61: Langfristiges Emissionsverhalten von Altdeponien, LUA-NRW, 2001. S. 188-190

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Band 24: Überwachung, Nachsorge und Eigenkontrolle bei der Altlastenbearbeitung, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Band 24, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA-NRW), Essen, 2006. S.37-38

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Handbuch Altlasten Teil I: Altlastenbewertung; (Hrsg.): Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Wasserwirtschaftsverwaltung, Heft 18, Stuttgart, 1988

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Merkblatt 2 Altlasten, Eigenverlag, 2009. S. 7

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW) (Hrsg.): Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Band 24, Überwachung, Nachsorge und Eigenkontrolle bei der Altlastenbearbeitung, Essen, 2006. S.37-38

Längert-Mühlegger, Helmut: Weiterentwicklung und Einsatz von Methoden zur Bewertung des Ist-Zustandes und des langfristigen Emissionsverhaltens von Altablagerungen und Reaktordeponien, Endbericht, Umweltbundesamt Wien Eigenverlag, Wien, 2011. S. 120-151

Loibner, Andreas P., Szolar, Oliver H., Braun, Rudolf, Hirmann, Doris: Ecological Assessment and Toxicity Screening in Contaminated Land Analysis. In: Chemical Analysis of Contaminated Land, Thompson, K.C. & Nathanail, Paul. (Eds.). Blackwell Publishing, Oxford, U.K. 2003. S. 229-267

Lorber, Karl E., Erhart-Schippeck, Werner: Erkenntnisse interdisziplinärer Begleituntersuchungen der Sanierung der Altablagerung Feldbach, in Tagungsband DepoTech 2000, Hengerer et al., Balkema, Rotterdam, 2000. S. 141-146

Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport: Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen, insbesondere Altlasten, bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren, Altlastenerlass Nordrhein-Westfalens, 2005

Müller, Dietmar: Grundgedanken der ÖNORM S 2088-2 - Zusammenfassung, Altlastenforum des Umweltbundesamtes, Eigenverlag Umweltbundesamt, 2001. S. 7-14

Müller, Dietmar: Vorgangsweise zur Erstabschätzung und Untersuchung von Altablagerungen, in: ÖWAV-Tagungsband (Hrsg.): Hausmülldeponien im ländlichen Raum, St. Pölten, ÖWAV-Tagung am 31. Mai 2006; ÖWAV, 2006. S. 1-12

Müller, Dietmar: Brownfield Development in Großbritannien, Mail vom 21.2.2012

Nathanail, Paul: persönliche Mitteilung, Mail vom 20. Jänner 2012

National House-Building Council, Environment Agency, Chartered Institute of Environmental Health (Hrsg): R&D Publication 6, Volume 1 Guidance for the Safe Development of Housing on Land Affected by Contamination, R&D Publication 6, 2008. S. 14

Niederösterreichische Landesakademie: Projektbeschreibung, EU-Vorhaben LIFE-Umwelt, EVAPASSOLD, unveröffentlicht, 1999. S. 13-14

Niederösterreichische Landesakademie: Abschlussbericht Phasen I-III, Bereiche 1-3, Eigenverlag NÖ Landesakademie, St.Pölten, 2005

NÖ Bodenschutzgesetz (NÖ BSG) 2005: LGBl 6160-4 vom 2. März 2005

NÖ Planzeichenverordnung: LGBl 8000/2-0 vom 13. Juni 2002

NÖ Raumordnungsgesetz 1976 (NÖ ROG 1976): LGBl. Nr. 8000-23 vom 7. September 2007

Nordrhein-Westfälisches Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport und Ministerium für Umwelt und Naturschutz: Gemeinsamer Runderlass vom 14. 3. 2005 zur Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen, insbesondere Altlasten, bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren (ALTLASTENERLASS 2005), 2005

Novak, Johannes: Folgenutzung einer Altablagerung durch Integration von Methanoxidationsfenstern in das Nachnutzungskonzept, in ÖWAV-Tagungsband (Hrsg.): ÖWAV-Tagung Hausmülldeponien im ländlichen Raum, St. Pölten am 31. Mai 2006, ÖWAV, 2006. S. 1-7

Oberösterreichisches Raumordnungsgesetz: 1994, LGBl Nr. 114/1993

OECD (Hrsg.): Test No. 208: Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test, 2006

OECD (Hrsg.): Test No. 211: Guidelines for Testing of Chemicals, 1998

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 2100 Abfallverzeichnis, Wien, Ausgabe 1.10.2005

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 2400 Hydrologie – Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen, Wien, Ausgabe 1.11.2004

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM S 2085: Altlasten – Vorgehensweise bei der Erkundung, Beurteilung und Sanierung von Altablagerungen, Wien, 2000

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM S 2086: Altlasten – Benennungen und Definitionen, Wien, Ausgabe 1997

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM S 2088-1 Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Grundwasser, Wien, Ausgabe 1997

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM S 2088-1 Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Grundwasser, Wien, Ausgabe 2004

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM S 2088-3 Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Luft, Wien, Ausgabe 2003

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM S 2093 Erfassung und Beurteilung des Umweltzustandes von vorgenutzten Flächen bei der Liegenschaftsverwaltung, Wien, Ausgabe 2009

ORF-Steiermark: Lederdeponie Unterpremstätten im Jahr 2007/08, Online im WWW unter URL: <http://stmv1.orf.at/stories/200148>, Zugriff am 12. 8. 2012

ORF-Tirol: Rietz muss zahlen, AK sagt Rechtsschutz zu, Online im WWW unter URL: <http://tirol.orf.at/news/stories/2544054>, Zugriff am 17. 3. 2013

Ortner, Gerlinde, Leditzky, Hans-Peter, Endbericht zum Projekt EVAPASSOLD – Fachbereich Hydrogeologie, 2003. S. 53, 242-243

Österreichischer Baustoff- und Recyclingverband(Hrsg.): LV umweltgerechte Leistungen, Wien, 1999. S. 18-19,

Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftverband 2006 (ÖWAV) (Hrsg.): Hausmülldeponien im ländlichen Raum – Wurde das Risiko bisher überschätzt? Wege zur Sanierung und Folgenutzung!, Tagungsband, Wien: ÖWAV, 2006

Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftverband (Hrsg.): ÖWAV-Positionspapier: Konzeptionelle Überlegungen zur Entlassung aus der Deponienachsorge, erstellt vom ÖWAV-Unterausschuss Deponienachsorge, Eigenverlag ÖWAV, Wien, 2008. S. 21

Poller, Thomas: Hausmüllbürtige LCKW/FCKW und deren Wirkung auf die Methangasbildung, Hamburger Berichte Band 2, Economica Verlag Bonn, 1990

Prohaska, Wilhelm: Das Altlastensanierungsgesetz aus der Sicht der MA 45, in: Umweltbundesamt Reports R-149 (Hrsg.): Umweltbundesamt, Wien, 1998. S.30-35

Punesch, Johann: Amt der NÖ Landesregierung: persönliche Mitteilung am 25. Jänner 2010

Rabitsch, Michael: Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 15 Umwelt: persönliche Mitteilung vom 25. Jänner 2010

Ramke, Hans-Günter: Hydraulische Beurteilung und Dimensionierung der Basisentwässerung von Deponien fester Siedlungsabfälle – Wasserhaushalt, hydraulische Kennwerte, Berechnungsverfahren; Mitteilungen des Lichtweisinstitutes für Wasserbau, Heft 114/1991, Universität Braunschweig, 1991

Rat der Europäischen Gemeinschaften: Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe, 1979

Rat der Europäischen Gemeinschaften: Richtlinie des Rates über gefährliche Abfälle (91/689/EWG) vom 12. Dezember 1991

Rat der Europäischen Gemeinschaften: Richtlinie 1999/31/EG des Rates vom 26. April 1999 über Abfalldeponien (1999/31/EG)

Rat der Europäischen Gemeinschaften und des europäischen Parlaments: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, 2000

Rat der Europäischen Gemeinschaften: Entscheidung des Rates vom 19. Dezember 2002 zur Festlegung von Kriterien und Verfahren für die Annahme von Abfällen auf Abfalldeponien gemäß Artikel 16 und Anhang II der Richtlinie 1999/31/EG, 2002

Rat der Europäischen Gemeinschaften und des europäischen Parlaments: Richtlinie 2004/35/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 21. April 2004 über die Umwelthaftung zur Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden, 2004

Rat der Europäischen Gemeinschaften und des europäischen Parlaments: Richtlinie 2006/118/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung, 2006

Rat der Europäischen Gemeinschaften und des europäischen Parlaments: Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien (Abfallrahmenrichtlinie), 2008

Raschauer, Bernhard: Die Gewässerschädigung im B-UHG, in: Recht der Umwelt, 2008/28, S. 52-54, 2008

Regierungsvorlage (Nachdruck): vom 28. 3. 2002 mit dem ein Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002) erlassen werden sollte, 984 der Beilagen zu den Stenographischen Protokollen des Nationalrates XXL., GP, S. 43 §74 Abs. 4, 2002

Reichl, Hubert, Haftungsfragen bei Sanierung und Folgenutzung von Altablagerungen, in: ÖWAV-Tagungsband (Hrsg.): Hausmülldeponien im ländlichen Raum, St. Pölten, ÖWAV, 2006. S. 2-4

Reitmeir, Michael: Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Umweltschutz: persönliche Mitteilung vom 19. Jänner 2010

Rettenberger, Gerhard: Betriebsleiterhandbuch Deponiegas; Verlag Abfall Aktuell, 1995

Sachs, Lothar(Hrsg.): Angewandte Statistik, Springer Verlag, 2002. S. 338

Salzburger Raumordnungsgesetz 2009 (ROG 2009): LGBl. Nr. 30/2009, vom 1. April 2009



Schachermayer, Elisabeth, Lahner, Theresia, Brunner Paul. H.: Stoffflussanalyse und Vergleich zweier Aufbereitungstechniken für Baurestmassen, Umweltbundesamt (Hrsg.), Wien, 1998. S. 69-70

Schachermayer, Elisabeth, Lampert Christoph.: Erfasste Deponiegasmengen auf österreichischen Deponien – Zeitreihe für die Jahre 2002 bis 2007, Umweltbundesamt (Hrsg.), REP-0100, Wien, 2008. S. 20-22

Schweiger, Johannes: Amt der Vorarlberger Landesregierung: Schreiben vom 2. Februar 2010

Stegmann, Rainer: Die Deponie als Reaktor. In: Entsorgungs-Praxis, Heft 10, 1990. S. 567-571

Stegmann, Rainer, Allgaier, Gerhard, Ritzkowski, Marco: NÖ Landesakademie Endbericht EVAPASSOLD, Bereich 3: Abfallwirtschaft, unveröffentlicht, 2003. S. 24

Stegmann, Rainer, Heyer, Kai-Uwe, Hupe Karsten, Willand, Achim 2006: Deponienachsorge – Handlungsoptionen, Dauer, Kosten und quantitative Kriterien für die Entlassung aus der nachsorge, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Abfallwirtschaft, Förderkennzeichen (UFOPLAN) 204 34 327, Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes Deutschland, Publikation des Umweltbundesamtes Dessau, 2006, Tabelle 8.5, S. 144

Steiermärkische Landesregierung: Planzeichenverordnung PZVO 2007 vom 26. November 2007 mit der die Form, der Maßstab und die Planzeichen für Entwicklungspläne und Flächenwidmungspläne geregelt werden, LGBL 12/2008 vom 18. 1. 2008

Steiermärkischen Landesregierung: Verordnung vom 1. Februar 2001, mit der ein regionales Entwicklungsprogramm für die Planungsregion (politischer Bezirk) Hartberg erlassen wird, LGBl. Nr. 2/2001 vom 30.1.2001

Stein, B.: Bodenkundliche Geländearbeiten, Glossar Boden Online im WWW unter URL: [http://www.wasserbodenstein.de/html/gl\\_boden.html](http://www.wasserbodenstein.de/html/gl_boden.html) Zugriff am 4.3. 2010

Suter, Glen W. II, Efroymsen, Rebecca A., Sample, Bradley E., Jones Daniel S.: Ecological Risk Assessment for Contaminated Sites, Lewis Publishers, CRC Press LLC, Florida, 2000

Tiroler Raumordnungsgesetz (TROG), LGBl Nr. 27/2006 vom 1. 3. 2006

Traindl, Helmut: Gefährdung der Anrainer durch Deponiegase, in: ÖWAV-Tagungsband (Hrsg.) Hausmülldeponien im ländlichen Raum, St. Pölten, 31. Mai 2006; ÖWAV, 2006. S. 11

Traindl, Helmut, Geodata: persönliches Gespräch am 12. Jänner 2012

Umweltbundesamt: Erstabschätzung kommunaler Altablagerungen, unveröffentlichter interner Leitfaden vom Dezember 2008, Umweltbundesamt, 2008. S. 36

Umweltbundesamt: Altlastenmanagement 2010, Arbeitspaket 1: Bund-Länderarbeitskreis, Entwicklung eines Leitbildes „Altlastenmanagement“, Endbericht, Wien, November 2008

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Hrsg.): Richtlinie 3860 Messen von Deponiegas – Grundlagen, 2004

Verwaltungsgerichtshof Österreich: Erkenntnis 2001/07/0139, betreffend Verdachtsflächen, 23.1.2002

Verwaltungsgerichtshof Österreich: Erkenntnis 2004/07/0205, betreffend Verdachtsflächen, 28.4.2005

Verwaltungsgerichtshof Österreich: Erkenntnis 2000/07/0075, betreffend Ablagerungen, 27.9.2000

Verwaltungsgerichtshof Stuttgart, 6. Kammer, Anforderungen an die Rechtmäßigkeit des Flächennutzungsplans, Aktenzeichen 6 K 4152/03, 16. 7. 2007

Vorarlberger Gesetz über die Raumplanung – RPG: LGBl. Nr. 35/2008 vom 20. 6. 2008

Williams, Geoff M., Aitkenhead, Norman: Lessons from Loscoe: the uncontrolled migration of landfill gas; Quaterly Journal of Engeneering Geology & Hydrogeology, May 1991 v. 24 no.2 p. 191-207

Wilson, Steve, Card, Geoff: Reliability and Risk in Gas Protection Design, Ground Engineering, 1999

Wilson, Steve, Oliver, Sarah, Mallett, Hugh, Hutschings, Heidi, Card, Geoff: Assessing risks posed by hazardous ground gases to buildings, CIRIA, Classic House, London, 2007

Weyer, Gunther: Das neue Deponierecht – Inhalt und Auswirkungen, Vortrag im Rahmen der Informationsveranstaltung Neue Entwicklungen im Abfallrecht, am 16. 6. 2009 in Hannover

Weyer, Gunther: Die neue Deponieverordnung im Vollzug, in: Deponietechnik 2010, Hamburger Berichte 35, Verlag Abfall aktuell, 2010, S. 23 – 38

Winkler, Elisabeth: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung Technische Umweltkontrolle 17 C: persönliche Mitteilung vom 30. November 2009

Winkler, Johann: ON-Regel zur neuen Umwelthaftung, RdU, 2008, S. 54

Wruss, Werner: Analysenmengen: persönliche Mitteilung am 21. 1. 2012

Yeardley, Roger B., Lazorchak, James M., Gast Linn C.: The potential of an Earthworm Avoidance Test for Evaluation of Hazardous Waste Sites, Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 16 No. 9. Setac Press USA, 1996

## 9.2 Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
$\Sigma$ KW	Summenparameter Kohlenwasserstoffverbindungen
$\mu\text{m}$	Mikrometer
a	Jahr
$a_0$	Dauer der „offenen“ Ablagerung
$a_R$	Dauer der „geschlossenen“ Ablagerung
AAEV	Allgemeine Abwasser-Emissionsverordnung des BMLFUW
Abs.	Absatz
abh.	abhängig
Al	Aluminium
ALSAG	Altlastensanierungsgesetz
AOX	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene
ARR	EU Abfallrahmenrichtlinie
As	Arsen
ASV	Amtsachverständiger
$AT_4$	Atmungsaktivität nach 4 Tagen
$AT_{21}$	Atmungsaktivität nach 21 Tagen
BBodSchG	Deutsches Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Deute Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
B-UHG	Bundes-Umwelthaftungsgesetz
BOKU	Universität für Bodenkultur Wien
B-VG	Bundesverfassungsgesetz
BSB <sub>5</sub>	Biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen
Cd	Cadmium
CH <sub>4</sub>	Methan
CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> mittel	mittleres Verhältnis von CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> aus allen Messstellen einer Altablagerung
CH <sub>4max</sub> /CO <sub>2</sub> mittel in 1 Messstelle	maximaler CH <sub>4</sub> -Gehalt in 1 Messstelle im Verhältnis zum mittleren CO <sub>2</sub> -Gehalt aller Messstellen einer Altablagerung
cm	Zentimeter
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
Cr	Chrom

Cu	Kupfer
DCLG	Department for Communities and Local Government
DepRL	EU-Richtlinie über Abfalldeponien
d.s.	das sind
DVO	Deponieverordnung Österreich
DSR	Deponiesimulationsreaktor
etc.	et cetera
Fe	Eisen
g	Gramm
GWRL	EU Grundwasserrichtlinie
GM	Gewerbemüll
Hg	Quecksilber
IAM	Institut für Angewandte Mikrobiologie der Universität für Bodenkultur Wien
idF	in der Fassung
i.W.	im Wesentlichen
Kf-Wert	Durchlässigkeitskoeffizient [m/s]
kg	Kilogramm
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz der Bundesrepublik Deutschland
l	Liter
$l_0$	Infiltration in die „offne“ Deponie
$l_R$	Infiltration in die „geschlossene“ Deponie
LBodSchAG	Baden-Württembergisches Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz
LBodSchG	NRW Landes-Bodenschutzgesetz
Lf	Leitfähigkeit
LfU	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
lit.	Buchstabe (litera) bei Gesetzestexten
L/S-Verhältnis	Liquid/Soil-Verhältnis
LUA NRW	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
m	Meter
$m_1$	Faktor für die Austragswirkung aus dem abgelagerten Material
$m_2$	Faktor für den Schadstoffeintrag in das Grundwasser
$m_3$	Faktor für den Schadstofftransport und die Wirkung
$m_4$	Faktor für die wasserwirtschaftliche Bedeutung des Grundwasservorkommens
$m_{TS}$	Masse der Trockensubstanz im Deponieausschnitt
MBA	Mechanisch Biologisch Behandlung
mg	Milligramm
Mg	Magnesium
mm	Millimeter

Mn	Mangan
MSW	Maßnahmenschwellenwert nach ÖNORM S 2088-1
MSW a	Maßnahmenschwellenwert nach ÖNORM S 2088-1 in sensiblen Grundwasserbereichen
MSW b	Maßnahmenschwellenwert nach ÖNORM S 2088-1 in weniger sensiblen Grundwasserbereichen
NB	Niederschlagssumme in der Betriebsphase einer Altablagerung
NB/T	Summe Niederschläge der Betriebsdauer im Verhältnis zur mittleren Tiefe einer Altablagerung
n.b.	nicht bekannt
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium
Ni	Nickel
n.n.	nicht nachweisbar
NÖ.	Niederösterreich
NRW	Nordrhein-Westfalen
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
ÖWAV	Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
OÖ.	Oberösterreich
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
ppm	Part per Million
PPS	Planning Policy Statements
PW	Prüfwert nach ÖNORM S 2088-1
PWa	Prüfwert nach ÖNORM S 2088-1 in sensiblen Grundwasserbereichen
PWb	Prüfwert nach ÖNORM S 2088-1 in weniger sensiblen Grundwasserbereichen
r <sup>2</sup>	Bestimmtheitsmaß
r <sub>4</sub>	maßgebliches Risiko für das jeweilige Umweltmedium
R	maßgebliches Risiko
R <sub>0</sub>	Stoffgefährlichkeit des abgelagerten Materials zum Zeitpunkt der Einbringung in die Altablagerung
r <sub>0</sub>	Stoffgefährlichkeit des abgelagerten Materials nach EVAPASSOLD Endbericht
R <sub>a</sub>	aktuelle Stoffgefährlichkeit
S.	Seite
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfat
T	Tiefe
TAC	Technical Adaption Committee
TOC	Total Organic Carbon Gesamtkohlenstoffgehalt
TS	Trockensubstanz

TUHH	Technische Universität Hamburg-Harburg
TWV	Trinkwasserverordnung Österreich vom 21.8. 2001
UFG	Umweltförderungsgesetz
UH-RL	EU Umwelthaftungsrichtlinie
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
u. a.	unter anderem
u.U.	unter Umständen
V	Volumen
v.a.	vor allem
VFNÖ	Verdachtsflächendatenbank NÖ
VG	Verwaltungsgerichtshof in einem deutschen Bundesland
VNPOÖ	Projekt „Verdachtsflächenfreie Nationalparkgemeinden Oberösterreich
Vol. %	Volumprozent
VwGH	Verwaltungsgerichtshof der Republik Österreich
W/F-Verhältnis	Wasser/Feststoff-Verhältnis
WASTL	Wiener Altstandorte Liste
WRRL	EU Wasserrahmenrichtlinie
Zn	Zink
z.Z.	zur Zeit

### 9.3 Tabellen

Tabelle 1: Stoffgefährlichkeit ( $r_0$ ) aus: Leitfaden Verdachtsflächen 1998.....	54
Tabelle 2: Abminderungs/Erhöhungsfaktoren für die Stoffgefährlichkeit.....	56
Tabelle 3: Festlegungen zur Untersuchung kleinerer Altablagerungen Phase I.....	72
Tabelle 4: Festlegungen zur Untersuchung größerer Altablagerungen Phase II.....	72
Tabelle 5: Übersicht zu den Größenangaben der Ablagerungen durch die befragten Personen im Vergleich zur Aktenlage und zur Luftbilddauswertung.....	90
Tabelle 6: mittlere Infiltration als Anteile des Niederschlags in die offenen und geschlossenen Altablagerungen verändert.....	94
Tabelle 7: Zuordnung der Altablagerungen der Projektphasen I+II aufgrund ihrer durchschnittlichen $CH_4/CO_2$ Verhältnisse zu den Deponielangzeitphasen nach Rettenberger, entnommen dem Endbericht EVAPASSOLD [Heyer 2003] und dem zusammenfassenden Abschlussbericht Phasen I-III [NÖ Landesakademie 2005].....	98
Tabelle 8: Orientierungswerte für Deponiegas-Konzentrationen und empfohlene Maßnahmen für bebaute Gebiete nach ÖNORM S 2088-3.....	100

Tabelle 9: Müllansprachen im Zuge der Feststoffprobennahmen Phase III, entnommen dem Abschlussbericht EVAPASSOLD Phasen I-III [NÖ Landesakademie 2005].....	102
Tabelle 10: Ermittelte Atmungsaktivitäten nach 4 und 21 Tagen Versuchsdauer im Respirometer [Heyer 2003].....	114
Tabelle 11: Gegenüberstellung von Emissionspotenzialen unterschiedlicher Ablagerungstypen [NÖ Landesakademie 2005] .....	121
Tabelle 12: Mittelwerte der Feststoff- und Eluatparameter der Deponieklassen bis 44.999 m <sup>3</sup> und größer 45.000 m <sup>3</sup> bzw. bis 49.999 m <sup>3</sup> und größer 50.000 m <sup>3</sup> Verfüllvolumen.....	135
Tabelle 13: Mittelwerte der Atmungsaktivität und der Bodenluftparameter der Deponieklassen bis 44.999 m <sup>3</sup> und größer 45.000 m <sup>3</sup> bzw. bis 49.999 m <sup>3</sup> und größer 50.000 m <sup>3</sup> Verfüllvolumen.....	136
Tabelle 14: Häufigkeitsverteilung ausgewählter Einzelparameter für Gesamtgehalte im Festkörper von 124 Proben aus 40 Altablagerungen .....	140
Tabelle 15: Häufigkeitsverteilungen der Einzelparameter im Eluat von 124 Proben aus 40 Altablagerungen.....	142
Tabelle 16: Biologische Aktivität im Respirometer – statistische Auswertung von 81 Proben aus 28 Altstandorten .....	144
Tabelle 17: Häufigkeitsverteilungen der Parameter in der Bodenluft von 123 Datensätzen von 39 Deponien.....	146
Tabelle 18: PW- und MSW-Überschreitungen aller analysierten Parameter der untersuchten Altablagerungsstandorte der Projekte „EVAPASSOLD“ und „Verdachtsflächenfreie Nationalparkgemeinden OÖ“ .....	148
Tabelle 19: Verteilung der MSW - Überschreitungen von Altablagerungen innerhalb der untersuchten Parametergruppen.....	151
Tabelle 20: Verteilung der PW - Überschreitungen von Altablagerungen innerhalb der untersuchten Parametergruppen.....	153
Tabelle 21: Gegenüberstellung charakteristischer Parameter der Altablagerungen größer und kleiner 10.000 m <sup>3</sup> Volumen.....	154
Tabelle 22: Zuordnung der Altablagerungen zu den Deponielangzeitphasen nach Rettenberger aufgrund der durchschnittlich gemessenen des CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> – Verhältnisse aus Abschlussbericht Phasen I-III [NÖ Landesakademie 2005].....	175



Tabelle 23: Gewichtung der Eingabeparameter zur Berechnung der Infiltrationsrate, entnommen aus dem Abschlussbericht EVAPASSOLD, Phasen I-III, Bereich 3 Abfallwirtschaft, Seite 80 [NÖ Landesakademie 2005].....	184
Tabelle 24: Ausgewählte Eluatparameter mit Vergleichswerten.....	186
Tabelle 25: Mögliche Zielkriterien für Eluatgehalte von Abfallfeststoffproben zur Entlassung aus der Deponienachsorge.....	189

## 9.4 Abbildungen

Abbildung 1: Anwendung der drei Grundsätze im Rahmen der Altlastensanierung aus: Altlastenmanagement 2010 Arbeitspaket 1 Endbericht [Umweltbundesamt 2008].....	20
Abbildung 2: Stoffgefährlichkeiten aus: Altlastenhandbuch, Teil I, Wasserwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg, Heft 18, modifiziert in Leitfaden Verdachtsflächen 1998 [Amt der NÖ Landesregierung 1998].....	55
Abbildung 3: Arbeitsprogramm des Projektes EVAPASSOLD (entnommen aus dem Projektantrag [NÖ Landesakademie 1999] .....	74
Abbildung 4: Versuchsaufbau eines Deponiesimulationsreaktors DSR (entnommen aus dem Projektantrag [NÖ Landesakademie 1999].....	80
Abbildung 5: Durchführungszeiträume für die Bearbeitungsschritte im Vorhaben, entnommen aus dem Projektantrag [NÖ 1999].....	84
Abbildung 6: Links: Oberflächenabdeckung am Standort EI, erkundet mit Spaten und Krampen. Rechts: Oberflächenabdeckung am Standort OI, erkundet mit dem Bodenbohrer entnommen dem Abschlussbericht EVAPASSOLD Phasen I-III.....	90
Abbildung 7: Verlauf der Konzentrationen von Methan, Kohlendioxid und Sauerstoff aus einer der Sonden des Absaugversuches des Standortes RP, entnommen dem Abschlussbericht EVAPASSOLD Phasen I-III .....	96
Abbildung 8: Gas-Langzeitphasen der Standorte anhand Bodenluftuntersuchungen, entnommen aus Endbericht EVAPASSOLD, Bereich 3 Abfallwirtschaft.....	98
Abbildung 9: Standort ER, Untersuchungsphase I, EVAPASSOLD, Löwenzahnpflanzen über dem Deponiekörper im Vergleich zur Umgebungsfläche [Gfatter 2003].....	110
Abbildung 10: Entwicklung der Deponiegaszusammensetzung unterschiedlicher Ablage- rungstypen im Deponiesimulationsreaktor DSR, entnommen aus Endbericht EVAPASSOLD [Heyer 2003].....	116

Abbildung 11: Abschätzung des Sickerwasseremissionszeitraums für den Parameter CSB am Beispiel des DSR TU, entnommen aus dem Endbericht EVAPASSOLD... ..	118
Abbildung 12: Abgestuftes Untersuchungsprogramm als Teil einer Risikobewertung zur Absicherung des maßgeblichen Risikos R.....	123
Abbildung 13: Veränderungen der Mittelwerte ausgewählter gemessener Parameter (Eluat und Deponiegas) im Vergleich zur Änderung des Niederschlages der Datengruppe EVAPASSOLD zur Datengruppe Verdachtsflächenfreie Nationalparkgemeinden OÖ.....	132
Abbildung 14: Veränderungen der Mittelwerte der Schwermetalle im Vergleich zur Änderung des Niederschlages der Datengruppe EVAPASSOLD zur Datengruppe Verdachtsflächenfreie Nationalparkgemeinden OÖ.....	133
Abbildung 15: Zusammenhang von Deponievolumen und PW-Überschreitungen.....	150
Abbildung 16: Kriterienvergleich von $h_{NB}/T$ und $L/S$ für alle untersuchten Altablagerungen < 10.000 m <sup>3</sup> Ablagerungsvolumen.....	156
Abbildung 17: Kriterienvergleich von $h_{NB}/T$ und $L/S$ für alle untersuchten Altablagerungen < 10.000 m <sup>3</sup> Ablagerungsvolumen.....	156
Abbildung 18: Zusammenhang von $L/S$ und Ammonium-N im Eluat für fachlich eingeschränkte Standorte.....	157
Abbildung 19: Gegenüberstellung $L/S$ zu Methan max. im Deponiegas-Volumen im Deponiekörper. Begrenzung der Wertepaare durch $CH_4 < \% \text{ Vol.}\%$ .....	158
Abbildung 20: Kriterienvergleich von $h_{NB}/T$ und $L/S$ für 39 untersuchte Altablagerungen....	158
Abbildung 21: Kriterienvergleich von $h_{NB}/T$ und $L/S$ für 25 ausgewählte Altablagerungen... 159	159
Abbildung 22: Kriterienvergleich von $h_{NB}/T$ und $L/S$ für 22 ausgewählte Altablagerungen... 160	160
Abbildung 23: Clusterung der Bodenluftparameter $CH_4 \text{ max}$ , $CH_4 \text{ min}$ , $CO_2 \text{ max}$ , $CO_2 \text{ min}$ , $CH_4/CO_2 \text{ mittel}$ und $CH_4/CO_2 \text{ in 1 Messstelle}$ .....	163
Abbildung 24: Clusterung 9 Bodenluftparameter ohne Sauerstoff, NB/T-Faktor und ausgewählte Eluatparameter ( $Lf$ , $NO_2^-$ , $NO_3^-$ , $NH_4^+$ , $Cl^-$ , $SO_4^{2-}$ , AOX, TOC) .....	166
Abbildung 25: Beziehung $h_{NB}/T$ (Niederschlag <sub>Betrieb</sub> /Tiefe) zu TOC im Ablagerungsgut, Begrenzung der Wertepaare durch $TOC < 100$ bzw. $200 \text{ mg/kg TM}$ .....	172

- Abbildung 26: Beziehung  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) zu Ammonium-N<sub>Eluat</sub> im Ablagerungsgut. Begrenzung der Wertepaare durch  $NH_4^+-N < 8 \text{ mg/kg TM}$ .....173
- Abbildung 27: Beziehung  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) zu Methan max. im Deponiegas-Volumens im Deponiekörper . .....174
- Abbildung 28: Beziehung  $h_{NB}/T$  (Summe Niederschlag<sub>Betrieb</sub>/Tiefe) zu  $CH_4/CO_2$  mittel im Deponiegas-Volumen. Begrenzung der Wertepaare durch  $CH_4/CO_2 \text{ mittel} < 0,2$ .....175
- Abbildung 29: Beziehung Summe  $h_{NB}/T$  zu  $CH_4/CO_2$  in einer Messstelle im Deponiegas-Volumen.....176
- Abbildung 30: Schema zur Vorgangsweise bei der ökotoxikologischen Bewertung von Altablagerungen, entnommen dem Endbericht „Methoden zur Bewertung des Ist-Zustandes und langfristigen Emissionsverhalten von Altablagerungen“ [Längert-Mühlegger 2011].....196
- Abbildung 31: Ablaufschema für eine abgestufte Vorgangsweise zur Ermittlung des Gefährdungspotentials für mögliche Baulandwidmung.....198