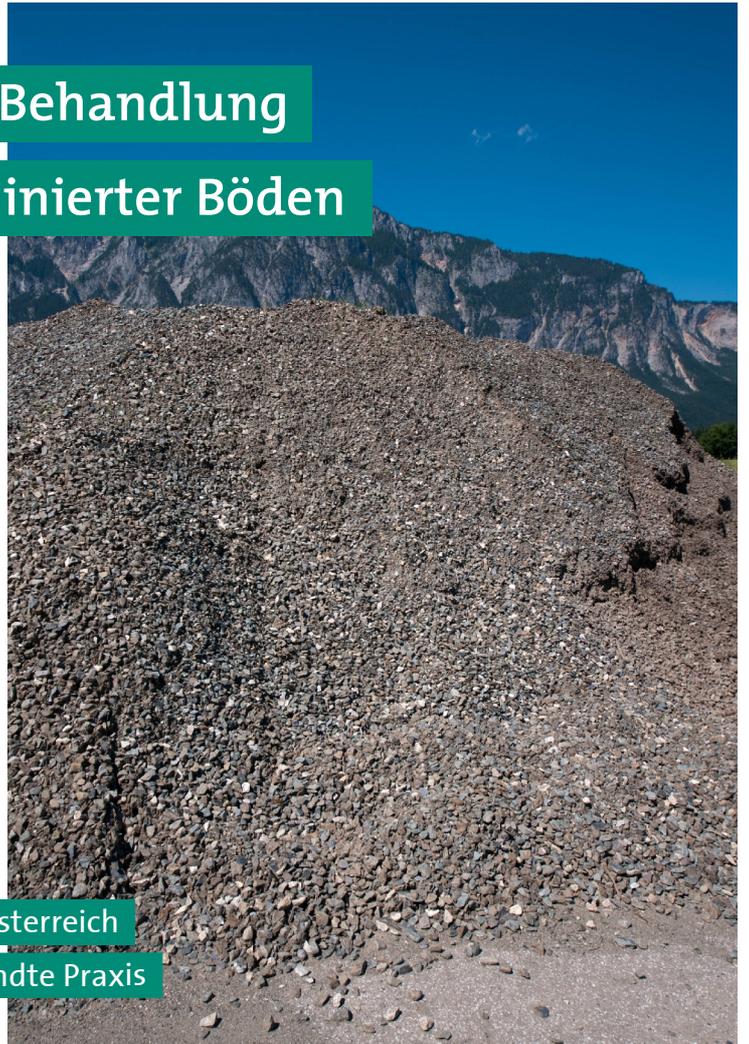


Ex-Situ Behandlung

kontaminierter Böden

Anlagen in Österreich
und angewandte Praxis



EX-SITU BEHANDLUNG VON KONTAMINIERTEN BÖDEN

Anlagen in Österreich und
angewandte Praxis

Peter Thaler
Birgit Walter

REPORT
REP-0390

Wien, 2012

Projektleitung

Peter Thaler

AutorInnen

Peter Thaler, Birgit Walter

Lektorat

Maria Deweis

Satz/Layout

Elisabeth Riss

Umschlagphoto

© Peter Thaler

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Eigenvervielfältigung

Gedruckt auf CO₂-neutralem 100 % Recyclingpapier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2012

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-193-2

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	5
1 EINLEITUNG	11
2 BESCHREIBUNG MÖGLICHER EX-SITU-VERFAHREN	12
2.1 Allgemeines	12
2.1.1 Dekontaminationsverfahren	12
2.1.2 Sicherungsverfahren	14
2.1.3 Übersicht über großtechnische Ex-situ-Verfahren	14
2.2 Chemisch-physikalische Verfahren	16
2.2.1 Verfahrenstechnische Grundoperationen	16
2.3 Mikrobiologische Verfahren	20
2.3.1 Landfarming	21
2.3.2 Regenerationsmieten	23
2.3.3 Bioreaktoren	26
2.4 Thermische Verfahren	27
2.4.1 Verbrennung	28
2.4.2 Pyrolyse	28
2.5 Mechanische Verfahren	29
3 REGELWERKE	30
3.1 Bundesabfallwirtschaftsplan 2011	30
3.2 ÖNORM S 2028 „Biologische Behandlung kontaminierter Böden“	31
4 QUALITÄTSSICHERUNG	32
4.1 Allgemeines	32
4.2 Biologische Verfahren	32
4.2.1 Voruntersuchungen	32
4.2.2 Prozessüberwachung	33
4.2.3 Freigabeuntersuchung	33
4.2.4 Dokumentation	33
4.3 Chemisch-physikalische Verfahren	34
4.3.1 Bodenmechanische Parameter	34
4.3.2 Chemisch-physikalische Parameter	34
4.4 Sonstiges	34
5 ANLAGEN IN ÖSTERREICH	35
5.1 Allgemeines	35
5.2 Mikrobiologische Anlagen	35
5.2.1 Mikrobiol. Bodenbehandlung: Ökotechna Entsorgungs- und Umwelttechnik Ges.m.b.H.	35

5.2.2	Biolog. Forschungszentrum Neusiedl/Zaya: OMV Austria Exploration u. Production GmbH.....	46
5.2.3	Mikrobiologische Behandlung: OMV Austria Exploration u. Production GmbH.....	48
5.2.4	Mikrobiologische Anlage: Herbst Entsorgungsgesellschaft mbH	50
5.2.5	Biobeete: Freudenthaler GmbH & Co KG	52
5.2.6	Biologie St. Pantaleon: HAELA Abfallverwertung GmbH.....	54
5.3	Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen	60
5.3.1	Bodenwaschanlage: Abbruch-, Boden- und Wasserreinigungsges.m.b.H. (ABW)	60
5.4	Thermische Behandlungsanlagen	63
5.4.1	Drehrohrofen 1 und 2: Fernwärme Wien GesmbH	63
5.4.2	Wirbelschichtofen: ABRG – Asamer-Becker Recycling GmbH	66
5.5	Mechanische Behandlungsanlagen	67
5.5.1	Bodenwaschanlage: HAELA Abfallverwertung GmbH.....	67
5.6	Mechanische Behandlungsanlagen in Kombination mit Verfestigungs-/Stabilisierungsverfahren	75
5.6.1	Behandlungsanlage Linz: Bernegger GmbH	75
5.6.2	Behandlungsanlage Ternberg: Bernegger GmbH	79
5.7	In Planung befindliche Anlagen	83
6	LITERATURVERZEICHNIS	84

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Studie werden Anlagen zur Behandlung von kontaminierten Böden in Österreich hinsichtlich Verfahren und Technik dargestellt. Die Beschreibung beschränkt sich auf stationäre Anlagen, die Ex-situ-Verfahren anwenden.

Von den 18 erhobenen Ex-situ-Bodenbehandlungsanlagen sind zehn dem mikrobiologischen Verfahren, drei dem mechanischen Verfahren, zwei dem mechanischen Behandlungsverfahren in Kombination mit Verfestigung/Stabilisierung, eine dem chemisch-physikalischen Verfahren und zwei dem thermischen Verfahren zuzuordnen:

18 Anlagen in Österreich

Tabelle: Liste der Betreiber und Standorte von Ex-situ-Bodenbehandlungsanlagen in Österreich.

Firma	Anlagenstandort	Bundesland	Verfahren
Abbruch-, Boden- und Wasserreinigungsges.m.b.H.(ABW)	1110 Wien Simmering	W	chemisch-physikalisch
ABRG – Asamer-Becker Recycling GmbH	9601 Arnoldstein – Gailitz*	KT	thermisch
ALTEC Umwelttechnik, Betriebsstätte der OEKOTECHNA Entsorgungs- und Umwelttechnik Ges.m.b.H.	9601 Arnoldstein	KT	mikrobiologisch
Arge GROUND UNIT	4020 Linz	OÖ	mechanisch
Bernegger GmbH	4020 Linz	OÖ	mechanisch, Verfestigung/Stabilisierung
Bernegger GmbH	4452 Ternberg	OÖ	mechanisch, Verfestigung/Stabilisierung
böhler Abfall GmbH	6800 Feldkirch	VO	mechanisch
Fernwärme Wien GesmbH	1110 Wien	W	thermisch
Freudenthaler GMBH Co KG	6401 Inzing	T	mikrobiologisch
HAELA Abfallverwertung GmbH	4303 Sankt Pantaleon-Erla	NÖ	mikrobiologisch
HAELA Abfallverwertung GmbH	4470 Enns – Kristein	OÖ	mechanisch
Herbst Entsorgungsgesellschaft mbH	8294 Unterrohr	ST	mikrobiologisch
Huter Recycling und Transport GmbH	6150 Stafflach	T	mikrobiologisch
M.E.G. Mikrobiologische Erddekontamination GmbH	4493 Schwarzenthal	OÖ	mikrobiologisch
Mikrobiologische Abfallbehandlungs GmbH	2432 Schwadorf bei Wien	NÖ	mikrobiologisch
OMV Austria Exploration u. Production	2241 Schönkirchen	NÖ	mikrobiologisch
OMV Austria Exploration u. Production	2183 Neusiedl an der Zaya	NÖ	mikrobiologisch
TERRA Umwelttechnik GmbH	2100 Korneuburg**	NÖ	mikrobiologisch

* Die Anlage hat den Konsens zur Behandlung kontaminierter Böden, wird aber in der Praxis kaum ausgeübt.

** Die Anlage ist zurzeit nicht mehr in Betrieb.

behandelte Abfallarten In den beschriebenen Bodenbehandlungsanlagen werden sowohl kontaminierten Böden als auch andere gefährliche und nicht gefährliche Abfallarten behandelt. Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über Abfallarten, die in den angeführten Anlagen behandelt werden:

Tabelle: Behandelte Abfallarten nach dem Abfallverzeichnis gemäß Österreichischer Abfallverzeichnisverordnung.

Abfall Schlüssel-Nummer	Spezifizierungs-code	Abfall-Gefährlichkeit	Bezeichnung	Beschreibung
31423		g	ölverunreinigte Böden	
31423	36		ölverunreinigte Böden	Bodenaushubmaterial sowie ausgehobenes Schüttmaterial, KW-verunreinigt, nicht gefährlich
31424		g	sonstige verunreinigte Böden	
31424	37		sonstige verunreinigte Böden	Bodenaushubmaterial sowie ausgehobenes Schüttmaterial, sonstig verunreinigt, nicht gefährlich
31441		g	Brandschutt oder Bauschutt mit schädlichen Verunreinigungen	
31467			Gleisschotter	
31467	77	g	Gleisschotter	gefährlich kontaminiert
31639		g	sonstige Schlämme aus Fäll- und Löseprozessen mit produktions-spezifischen schädlichen Beimengungen	
54503		g	rohölhaltiger Schlamm	
54504		g	rohölverunreinigtes Erdreich, Aushub- und Abbruchmaterial	
54505		g	sonstige rohölverunreinigte Rückstände aus der Erdölförderung	
54701		g	Sandfanginhalte, öl- oder kaltreinerhaltig	
54702		g	Ölabscheiderinhalte (Benzinabscheiderinhalte)	
54703		g	Schlamm aus Öltrennanlagen	
91501	77	g	Straßenkehricht	gefährlich kontaminiert
94704			Sandfanginhalte	
94704	77		Sandfanginhalte	gefährlich kontaminiert
94801			Schlamm aus der Abwasserbehandlung, mit gefährlichen Inhaltsstoffen	

mikrobiologische Behandlung Bei den mikrobiologischen Behandlungsanlagen in Österreich kommt großteils das dynamische Mietenverfahren (Wendemietenverfahren) zur Anwendung. Nur in wenigen mikrobiologischen Anlagen wird das statische Mietenverfahren (Ruhebeetverfahren) angewendet.

Die mikrobiologische Bodenbehandlung findet meist in geschlossenen Hallen mit Abluftreinigung statt. Zwei Anlagen betreiben die Abfallbehandlung im Freien. Eine Anlage ist mit einem Flugdach ausgestattet.

Generell sind der eigentlichen biologischen Behandlung eine bzw. mehrere mechanische Behandlungsstufen vorgeschaltet. Dabei werden Störstoffe ausgeschieden bzw. das zu behandelnde Material auf eine bestimmte Korngröße abgesiebt.

Die Mietenhöhe liegt im Bereich von 150–300 cm. Die Mieten werden sowohl als Feuchtmieten (Zufuhr von Prozesswasser) als auch als Trockenmieten (keine Wasserzufuhr – natürlicher Wassergehalt des Bodens) betrieben. Als Strukturmaterial wird den Böden Rindenmulch, Stroh, Holzhäcksel sowie Grün- und Rasenschnitt und zum Teil auch anorganisches Material beigemischt. In allen Fällen werden Stickstoff- und/oder Phosphorverbindungen in organischer oder anorganischer Form als Nährstoffe der Bodenbakterien zugeführt.

Nur in einem Teil der Behandlungsanlagen erfolgt eine Zugabe von bodenfremden Bakterien und Pilzen zur Beschleunigung der Bodenbehandlung. Einige Anlagenbetreiber halten eine diesbezügliche Zugabe für kontraproduktiv.

Eine mikrobiologische Behandlungsanlage war 2010 noch in Betrieb, ist aber derzeit stillgelegt und abgebaut.

Bei den in Österreich angewendeten mechanischen Verfahren wird die Reinigung vor allem durch physikalische Prinzipien wie Klassierung, Abtrennung, Reibungswirkung und Waschvorgänge bewirkt. Je nach Verfahrenstechnik und der Zugabe von Hilfsmitteln zur Verbesserung der Reinigungsleistung (z. B. Tenside) werden die Schadstoffe im Waschwasser bzw. in den Schlämmen (Sink- oder Schwimmschlamm) gebunden. Die Waschwässer werden zumeist so lange im Kreislauf geführt, bis eine Aufkonzentration den weiteren Gebrauch beeinträchtigen würde.

***mechanische
Behandlung***

Zwei Behandlungsanlagen kombinieren mechanische Verfahren zur Behandlung von kontaminierten Böden mit Verfestigungs-/Stabilisierungsverfahren. Eine genaue Abgrenzung zwischen Bodenwaschverfahren, welche zu den chemisch-physikalischen Methoden gezählt wird, und mechanischen Bodenbehandlungsverfahren ist nicht möglich. Die Übergänge zwischen beiden Verfahren sind fließend.

In den beschriebenen chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen sowie in den zwei angeführten Verbrennungsanlagen finden ebenfalls Bodenbehandlungen statt. Diese sind allerdings nicht der Hauptzweck dieser Anlagen. Eine der erwähnten Verbrennungsanlagen verfügt über eine Bewilligung zur Behandlung kontaminierter Böden, hat aber von dieser in den letzten Jahren kaum Gebrauch gemacht.

***chemisch-
physikalische,
thermische
Behandlung***

Das primäre Ziel der Behandlung verunreinigter Böden ist die Reduktion der Kontaminationen für die Zuordnung zu bestimmten Deponieklassen. Ein weiteres Ziel ist die Herstellung mineralischer Materialien für die Verwertung. Je nach Ausgangsmaterialien werden somit entweder Erden nach Vorgaben des Bundesabfallwirtschaftsplans oder Recyclingbaustoffe gemäß den Richtlinien des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes (BRV) hergestellt.

Behandlungsziele

SUMMARY

In this study, facilities for the treatment of contaminated soils in Austria are described, along with the processes and the technology they apply. Descriptions are limited to those stationary installations where ex-situ processes are applied.

18 plants in Austria Of the 18 surveyed ex-situ soil treatment facilities, ten are microbiological treatment facilities, three are mechanical treatment facilities, two facilities apply mechanical treatment combined with solidification/stabilisation, one is a chemical-physical treatment facility and in two facilities thermal treatment processes are applied:

Table: List of operators and sites of ex-situ soil treatment plants in Austria

Company	Site	Federal Province	Treatment
Abbruch-, Boden- und Wasserreinigungsges.m.b.H.(ABW)	1110 Wien Simmering	Vienna	chemical-physical
ABRG – Asamer-Becker Recycling GmbH	9601 Arnoldstein – Gailitz*	Carinthia	thermal
ALTEC Umwelttechnik, Betriebsstätte der OEKOTECHNA Entsorgungs- und Umwelttechnik Ges.m.b.H.	9601 Arnoldstein	Carinthia	microbiological
Arge GROUND UNIT	4020 Linz	Upper Austria	mechanical
Bernegger GmbH	4020 Linz	Upper Austria	mechanical, solidification/stabilisation
Bernegger GmbH	4452 Ternberg	Upper Austria	mechanical, solidification/stabilisation
böhler Abfall GmbH	6800 Feldkirch	Vorarlberg	mechanical
Fernwärme Wien GesmbH	1110 Wien	Vienna	thermal
Freudenthaler GMBH Co KG	6401 Inzing	Tyrol	microbiological
HAELA Abfallverwertung GmbH	4303 Sankt Pantaleon-Erla	Lower Austria	microbiological
HAELA Abfallverwertung GmbH	4470 Enns – Kristein	Upper Austria	mechanical
Herbst Entsorgungsgesellschaft mbH	8294 Unterrohr	Styria	microbiological
Huter Recycling und Transport GmbH	6150 Stafflach	Tyrol	microbiological
M.E.G. Mikrobiologische Erddekontamination GmbH	4493 Schwarzenthal	Upper Austria	microbiological
Mikrobiologische Abfallbehandlungs GmbH	2432 Schwadorf bei Wien	Lower Austria	microbiological
OMV Austria Exploration u. Production	2241 Schönkirchen	Lower Austria	microbiological
OMV Austria Exploration u. Production	2183 Neusiedl an der Zaya	Lower Austria	microbiological
TERRA Umwelttechnik GmbH	2100 Korneuburg**	Lower Austria	microbiological

* The site has a permit for the treatment of contaminated soils which is, however, rarely carried out in practice.

** Site currently no longer in operation.

In the soil treatment plants described in this study, contaminated soils are treated as well as hazardous and non-hazardous wastes. The following table gives an overview of the waste types treated in these plants:

Treated waste types

Table: Treated waste types according to the Austrian List of Wastes Ordinance.

Waste key number	Specification code	Level of threat¹	Designation	Description
31423		h	Oil contaminated soils	
31423	36		Oil contaminated soils	Excavated soil and excavated filling material, HC contaminated, non-hazardous
31424		h	Other contaminated soils	
31424	37		Other contaminated soils	Excavated soil and excavated filling material, contaminated otherwise, non-hazardous
31441		h	Debris or demolition waste with harmful impurities	
31467			Rail ballast	
31467	77	h	Rail ballast	Dangerously contaminated
31639		h	Other sludges from precipitation and digestion processes with product-specific harmful admixtures	
54503		h	Sludge containing crude oil	
54504		h	Soil contaminated with crude oil, excavation and demolition material	
54505		h	Other residues contaminated with crude oil from oil production	
54701		h	Material from desanding, containing oil or cold cleaning agents	
54702		h	Oil separator contents (gasoline separator contents)	
54703		h	Sludge from oil separation plants	
91501	77	h	Street sweepings	Dangerously contaminated
94704			Material from desanding	
94704	77		Material from desanding	Dangerously contaminated
94801			Sludge from wastewater treatment, with hazardous ingredients	

In the microbiological treatment facilities in Austria, the process mainly used is a dynamic biopile technique. A static biopile process is used only in a few microbiological plants.

Microbiological treatment

Microbiological soil treatment usually takes place in closed halls with exhaust gas cleaning. In two plants waste treatment is carried out in the open air. One of the plants is equipped with a flying roof.

¹ h ... hazardous

In general, one or more mechanical treatment steps precede the actual biological treatment. This is done to eliminate impurities and to crush or sieve the material which has to be treated, in order to obtain a specific particle size.

Biopile heights range from 150–300 cm. Biopiles are treated either by a wet process (adding process water) or a dry process (no water added – using the natural water content of the soil). Bark mulch, straw, wood chaff and green and garden waste is admixed as bulk material to the soils, as well as inorganic material in some cases. In all cases nitrogen and/or phosphorous compounds (either organic or inorganic) are added as nutrients for soil bacteria.

The admixture of allochthonous bacteria and fungi for speeding up the soil treatment process is only done in some of the treatment facilities. Some of the operators consider it to be counterproductive.

One of the microbiological treatment facilities was still in operation in 2010, but has meanwhile been shut down and dismantled.

Mechanical treatment

Mechanical treatment in Austria is mainly achieved by applying the principles of physics, including classification, separation and the effect of friction as well as through washing processes. Depending on the process technology and the admixture of additives for improving treatment capacity (e.g. tensides), pollutants are bound to the wash water or sludge (settled sludge or floating sludge). The wash water is usually passed through the cycle until it reaches a point where its concentration would have a negative impact on its further use.

Two treatment plants combine mechanical treatment of contaminated soils with solidification and stabilisation methods. A clear distinction between soil washing systems, which are regarded as a physical-chemical method, and mechanical soil treatment systems is not possible. There are shifting overlaps between both processes.

Chemical-physical, thermal treatment

Soil treatment also takes place in the chemical-physical treatment plants described in this study, as well as in the two combustion plants. It is, however, not the main purpose of these facilities. One of the combustion facilities, although having a permit for the treatment of contaminated soils, has rarely used it in the last few years.

Aims of treatment

The primary aim of the treatment of contaminated soils is to reduce contamination in order to allow allocation to specific landfill classes. Another aim is the production of minerals suitable for recovery. Depending on the source materials, either minerals according to the specifications of the Federal Waste Management Plan or recycled building materials - in compliance with the guidelines of the Austrian Construction Materials Recycling Association are produced.

1 EINLEITUNG

Kontaminierte Böden fallen in vielen Bereichen, wie zum Beispiel an Altstandorten (z. B. Öllager, Industrieanlagen) bzw. Altlasten und Bauvorhaben, an. Die Ursache der Belastung ist mannigfaltig, auch Unfälle führen zu Bodenverunreinigungen.

Ursachen der Bodenkontamination

Für die Sanierung stehen grundsätzlich folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

Sanierungsverfahren

- In-situ: im Untergrund
- Ex-situ:
 - On-site: am Standort, auf dem betroffenen Gelände
 - Off-site: nicht am Standort, in einer externen Behandlungsanlage

Die Anwendung von Ex-situ-Verfahren ist grundsätzlich mit einer Auskoffierung des verunreinigten Bodens verbunden. Alle Ex-situ-Verfahren können sowohl on-site als auch off-site ausgeführt werden.

Ziel der Behandlung kontaminierter Böden ist das Erreichen der Grenzwerte für die Zuordnung zu bestimmten Deponieklassen im Falle einer Deponierung.

Ziele der Bodenbehandlung

Ein weiteres Ziel ist die Herstellung von umweltverträglichen, mineralischen Materialien für die Verwertung, um so natürliche Ressourcen und Deponievolumen zu schonen.

Als Grundsatz ist zu beachten, dass tatsächlich ein **Abbau der Schadstoffe** stattfindet und nicht nur eine Verringerung der Schadstoffkonzentrationen durch Verdünnung (z. B. Mischen verschieden belasteter Böden) oder durch Flüchtigkeit bestimmter Schadstoffe erfolgt.

Ziel der vorliegenden Studie war, eine aktuelle Bestandsaufnahme der Ex-situ-Behandlung kontaminierter Böden und den in der Praxis angewandten Verfahren durchzuführen und Angaben zu Anzahl und Kapazität der Bodenbehandlungsanlagen zu ermitteln. Im Detail wurden folgende Daten erhoben:

- Die Art und Anzahl der Bodenbehandlungsanlagen in Österreich,
- der Stand der Technik für die Behandlung kontaminierter Böden,
- die angewandten Verfahren sowie die weiteren Behandlungs-/Verwertungswege,
- die Qualitätssicherung bzw. Prozesssteuerung der Behandlungsverfahren in der Praxis.

2 BESCHREIBUNG MÖGLICHER EX-SITU-VERFAHREN

2.1 Allgemeines

Bodenbehandlungsverfahren sind grundsätzlich in In-situ-Verfahren und Ex-situ-Verfahren einzuteilen.

Als in-situ werden alle Verfahren bezeichnet, bei denen die Behandlung des Bodens in seiner natürlichen Lagerungsumgebung ohne Aushub von Material erfolgt, d. h. der natürlich vorliegende Boden stellt selbst den Reaktorraum für das Behandlungsverfahren dar.

Die Behandlung des Bodens nach vorherigem Aushub (Ex-situ-Verfahren) kann entweder auf dem Gelände selbst, d. h. on-site, oder außerhalb des kontaminierten Bereichs, d. h. off-site (z. B. in einer zentralen Behandlungsanlage oder zusammen mit einer anderen Sanierungsmaßnahme) erfolgen (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1993).

Der vorliegende Bericht beschränkt sich auf Ex-situ-Verfahren.

Dabei kann theoretisch die Sanierung von kontaminierten Böden durch folgende Arten von Maßnahmen erreicht werden:

1. Dekontaminationsverfahren (siehe Kapitel 2.1.1),
2. Sicherungsverfahren (siehe Kapitel 2.1.2).

2.1.1 Dekontaminationsverfahren

Die folgenden Verfahren sind den Dekontaminationsverfahren zuzurechnen (RÖHRS 2003).

Chemisch-physikalische Verfahren

In den chemisch-physikalischen Verfahren wird ein aus chemischer oder physikalischer Sicht zu beschreibender Unterschied (Löslichkeitsprodukt, Verteilungskoeffizient, Dampfdruck etc.) zwischen Schadstoff und Bodenmaterial ausgenutzt, um die Schadstoffe bestmöglich vom Bodenmaterial abzutrennen.

Dabei ist es aus technologischer Sicht zweckmäßig, zwischen Bodenwaschverfahren und Extraktionsverfahren zu unterscheiden und beide unter dem Oberbegriff chemisch-physikalische Verfahren zusammenzufassen. Der Unterschied zwischen Waschverfahren und Extraktionsverfahren besteht im Mechanismus des Schadstofftransportes.

Dispergieren und Emulgieren

Bodenwaschverfahren: Kennzeichnend für den Waschprozess ist die Überführung von partikulärem Schadstoff in die Waschlösung und seine Dispergierung bzw. Emulgierung. Dispergieren ist das Zer- und Verteilen von in einer bestimmten Art gebundenen festen Bodenbestandteilen in einem Dispersionsmedium (Wasser). Unter Emulgieren wird das Verteilen einer Flüssigkeit in einem mit ihr nicht mischbaren Dispersionsmedium (Wasser) verstanden. Bei der Bodenwäsche wird meist Wasser als Reinigungsmittel eingesetzt. Die Zugabe von Zusatzstoffen erhöht die Waschwirkung (Tenside für lipophile Kontaminanten, Komplexbildner für Schwermetalle, Säuren/Basen für die pH-Wert-Regulierung und Flotationsstoffe für lösliche Substanzen zur selektiven Überführung in die abtrennbare Phase).

Extraktionsverfahren: Bei den Extraktionsverfahren wird der Schadstoff in der Extraktionslösung echt gelöst (molekular oder ionogen). Der Einsatz von Chemikalien ist kein ausreichendes Kriterium für die Zuordnung zu Waschverfahren oder Extraktionsverfahren. So ist die Entfernung von unpolaren Kohlenwasserstoffen mit Tensidzusatz ein Waschverfahren, da das Öl in der Waschlösung nicht gelöst, sondern emulgiert wird. Die Extraktion mit organischen Lösungsmitteln wie n-Hexan, Cyclohexan oder Petrolether findet z. B. Anwendung auf MKW-, PAK- und PCB-Altlasten. Zur Erhöhung der Extraktionsleistung hat sich die Gegenstromextraktion als Verfahren der Wahl durchgesetzt. Die Verdampfbarkeit des Lösungsmittels garantiert eine rückstandsfreie Sanierung (MÜLLER 2006).

**Gegenstrom-
extraktion**

Chemisch-physikalische Bodenbehandlungsverfahren finden in Österreich Anwendung. Details können dem Kapitel 5.3 entnommen werden.

Thermische Verfahren

In den thermischen Verfahren wird zwischen einer direkten und einer pyrolytischen Verbrennung unterschieden. Bei der letzteren Methode erfolgt nur das Verbrennen des Schadgases, nachdem die Schadstoffe vom Boden in einer vorgeschalteten Stufe abgedampft wurden. Bei der Nachverbrennung der Schadgase werden Temperaturen von bis zu 1.200 °C erreicht. Die direkte Behandlung des Bodens erfordert Temperaturen von 800–1.000 °C. Dem Verbrennungsprozess nachgeschaltet ist eine Rauchgasreinigung/Entstaubung für entstehende Gase. Ein Problem ist die Dioxin-Bildung. Eine Erhöhung der Brenntemperaturen zur Vernichtung der Dioxine zieht aber eine Vergrößerung der NO_x-Mengen nach sich. Die thermischen Verfahren haben im Allgemeinen einen Wirkungsgrad von über 90 %. Jedoch ist der behandelte Boden dann „biologisch tot“. Nicht geeignet sind Verbrennungsmethoden für schwerflüchtige Stoffe, Schwermetalle und anorganische Verbindungen.

**Problem der
Dioxin-Bildung**

Thermische Bodenbehandlungsverfahren werden in Österreich – in sehr eingeschränktem Ausmaß – eingesetzt. Details sind in Kapitel 5.4 zu finden.

Biologische Verfahren

Unabdingbar für eine biologische Sanierung ist eine im Bodenkörper vorhandene und funktionierende Mikroflora. Bakterien bilden den Hauptanteil der zum Abbau organischer Substanzen fähigen Mikroorganismen. Der aerobe Abbau wird durch die oxidative Wirkung der Bakterien gefördert. Für einige Stoffe (ausgewählte chlorierte Kohlenwasserstoffe) ist aber auch ein anaerober Abbaupfad bekannt. Aerober Abbau ist aufgrund der meist vollständigen Mineralisierung zu Kohlendioxid und Wasser jedoch vorteilhafter. Wegen ihrer guten Anpassungsfähigkeit und aufgrund eines Angebots an Nährstoffen sind die Mikroorganismen auch in einem belasteten Boden noch in ausreichender Anzahl vorhanden. Mit der Bereitstellung von optimalen Bedingungen können sie zur Bodenbehandlung genutzt werden. Die Vermehrung der Mikroorganismen kann durch die Beimengung von einfach zu verwertenden organischen Stoffen positiv beeinflusst werden. Die Beeinflussung weiterer Parameter (Temperatur, Wassergehalt) kann den Abbauprozess fördern. Auch wenn die Vorarbeit für eine biologische Sanierung sehr umfangreich ausfällt, so liegt ihr Vorteil in der technisch und energetisch günstigeren und eher umweltfreundlichen Vorgehensweise.

**aerob und
anaerob Abbau
durch Bakterien**

Biologische Bodenbehandlungsverfahren finden in Österreich Anwendung. Details können dem Kapitel 5.2 entnommen werden.

Mechanische Verfahren

***kontaminierte
Wässer und
Schlämme***

Rein mechanische Verfahren bedienen sich der Reibwirkung durch rotierende Trommeln, Schnecken und Siebe und der Bodenbestandteile untereinander, unter Einsatz von Wasser. Meist sind auch Grobabscheider in Form von Gitterrosten, Brecher und Magnetabscheider vorgeschaltet. Die Schadstoffe werden dabei in die flüssige Phase bzw. in Schlämme (Sink-, Schwimmschlämme) übergeführt. Verfahrensbedingt fallen hierbei große Wassermengen an, die weiter behandelt werden müssen. Durch Rückführung der Brauchwässer in den Behandlungsprozess können diese Mengen reduziert werden, wobei es jedoch unweigerlich zu einem Aufkonzentrierungsprozess kommt. Die aufkonzentrierten Brauchwässer und die kontaminierten Schlämme bedürfen einer weiteren Behandlung. Die Abgrenzung dieses Verfahrens zu den Bodenwaschverfahren ist nicht eindeutig, da die Übergänge fließend sind.

Mechanische Bodenbehandlungsverfahren werden in Österreich eingesetzt. Details sind in Kapitel 5.5 zu finden.

2.1.2 Sicherungsverfahren

Das in der Praxis überwiegend angewandte Ex-situ-Sicherungsverfahren ist das Immobilisierungsverfahren. Das Ziel dieses Verfahrens ist die Einschränkung oder zumindest die Verringerung der Mobilität von Schadstoffen durch Verfestigung (Zugabe von geeigneten Bindemitteln, z. B. Kalk, Gips, Beton, Ton, Kunstharz) (RÖHRS 2003).

Da in Österreich Ex-situ-Sicherungsverfahren in der Praxis nicht angewendet werden, wird auf dieses Verfahren nicht im Detail eingegangen.

2.1.3 Übersicht über großtechnische Ex-situ-Verfahren

In den folgenden Abbildungen werden kurze Übersichten zu den einzelnen Bodenbehandlungsverfahren mit den dazugehörigen Einsatzbereichen in Abhängigkeit von den Schadstoffen gegeben.

Tabelle 1: Schematische Übersicht über großtechnische ex situ- Bodenbehandlungsverfahren (BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 2002).

	Biologische Verfahren	Thermische Verfahren	Bodenwasch-Verfahren
Verfahrensweise	mikrobiologischer Abbau aerob und anaerob	Verbrennen Verdampfen	Extraktion Mobilisierung Spaltung
Bodenbelastung	organisch	organisch, anorganisch (bedingt)	organisch, anorganisch
Bodentyp	kaum Einschränkung nach entsprechender Vorbehandlung	keine Einschränkung	Kies, Sand, Schluff und Ton (bedingt)
Verfahrensort	on site, off site, in situ	on site, off site	on site, off site
Verwendbarkeit des Bodens	Wiedereinbau, Rekultivierung, Verbleib im Boden	Wiedereinbau, Rekultivierung	Wiedereinbau der verschiedenen Fraktionen
zu entsorgende Reststoffe	keine	Filterstäube, Schlämme	kont. Restmaterial bis 10 % Schlamm

Tabelle 2: Auswahl potenzieller Sanierungstechniken – Ex-situ-Verfahren (FIEDLER & LANGE 2006).

Schadstoffe(-gruppen)	Sanierungsverfahren biologisch	Sanierungsverfahren chemisch-physikalisch	Sanierungsverfahren thermisch
LCKW	geeignet	teilweise geeignet	geeignet
KW (aliphatisch)	geeignet	geeignet	geeignet
MKW	geeignet	geeignet	geeignet
Benzin, BTX	geeignet	geeignet	geeignet
Phenole	geeignet	geeignet	geeignet
PAK (bis 4 Ringe)	geeignet	teilweise geeignet	geeignet
PAK (mit 5–6 Ringen)	teilweise geeignet	teilweise geeignet	geeignet
PAK (7 u. mehr Ringe)	nicht geeignet	teilweise geeignet	geeignet
PCB	teilweise geeignet	geeignet	geeignet
Dioxine/Furane	nicht geeignet	teilweise geeignet	geeignet
Cyanide (leicht löslich)	geeignet	geeignet	geeignet
Cyanide (komplex)	nicht geeignet	geeignet	geeignet
Cadmium, Arsen	nicht geeignet	geeignet	teilweise geeignet
Quecksilber	nicht geeignet	teilweise geeignet	teilweise geeignet
Schwermetalle (allg.)	nicht geeignet	teilweise geeignet	nicht geeignet
Bodenart/Material			
Kies	geeignet	geeignet	geeignet
Mittelsand	geeignet	geeignet	geeignet
Schluffiger Sand	geeignet	geeignet	geeignet
Feinsand	geeignet	geeignet	geeignet
Lehm	teilweise geeignet	teilweise geeignet	geeignet
Ton	nicht geeignet	nicht geeignet	geeignet
Bauschutt	geeignet	geeignet	teilweise geeignet
Asche	teilweise geeignet	nicht geeignet	geeignet
Schlamm	teilweise geeignet	teilweise geeignet	teilweise geeignet

2.2 Chemisch-physikalische Verfahren

Wie bereits ausgeführt, sind unter dem Oberbegriff „chemisch-physikalische Bodenreinigungsverfahren“ sowohl Bodenwaschverfahren als auch Extraktionsverfahren zusammengefasst, wobei beim Bodenwaschverfahren der Reinigungseffekt in erster Linie auf physikalischen Wirkprinzipien beruht und beim Extraktionsverfahren chemische Prozesse dominieren (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1993).

Tabelle 3: *Physikalisch-chemische Behandlungsverfahren für Böden. (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1993).*

Verfahren	Prinzip	Behandlungsmittel
Bodenwaschverfahren	Ablösen des Schadstoffes von Bodenpartikeln durch mechanische Energie, Überführung des Schadstoffes ins Reinigungsmedium als Suspension oder Emulsion, Schadstoffseparation	Wasser; Wasser und Tenside
Extraktionsverfahren	Molekulares Lösen und Überführung des Schadstoffes in das Extraktionsmedium	Wäßrige Lösung von Säuren, Laugen, Komplexbildner, organische Lösungsmittel

Naturgemäß wird jeder Waschprozess von Lösungsvorgängen begleitet. Dieser Vorgang ist aber für den Gesamtprozess von untergeordneter Bedeutung. In der Praxis ist daher oftmals eine Überschneidung von physikalischen und chemischen Prozessen gegeben.

auswaschbare Schadstoffe

Bodenwaschverfahren sind zur Abtrennung u. a. folgender Schadstoffe geeignet (MÜLLER 2006):

- Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW),
- Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW),
- Benzol-Toluol-Ethylbenzol-Xylole (BTEX),
- polychlorierte Biphenyle (PCB),
- Cyanide,
- polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK),
- Dioxine, Furane und
- Schwermetalle (mit Einschränkung).

Eine dem Stand der Technik entsprechende Bodenwaschanlage verfügt in der Regel über Dichtesortiereinrichtungen in der Kies- und Sandfraktion sowie über eine Attrition- und Sandflotationsanlage. Zudem ist eine Kreislaufführung des Prozesswassers mit einer Prozesswasseraufbereitung Bestandteil einer Bodenwaschanlage (ARV 2009).

2.2.1 Verfahrenstechnische Grundoperationen

Um die angegebene Ziele zu erreichen, bedient sich die Verfahrenstechnik verschiedener, auf den speziellen Einsatz abgestimmter Kombinationen verfahrenstechnischer Grundoperationen, wie sie in Abbildung 1 für die üblichen Verfahrensschritte zusammengestellt sind.

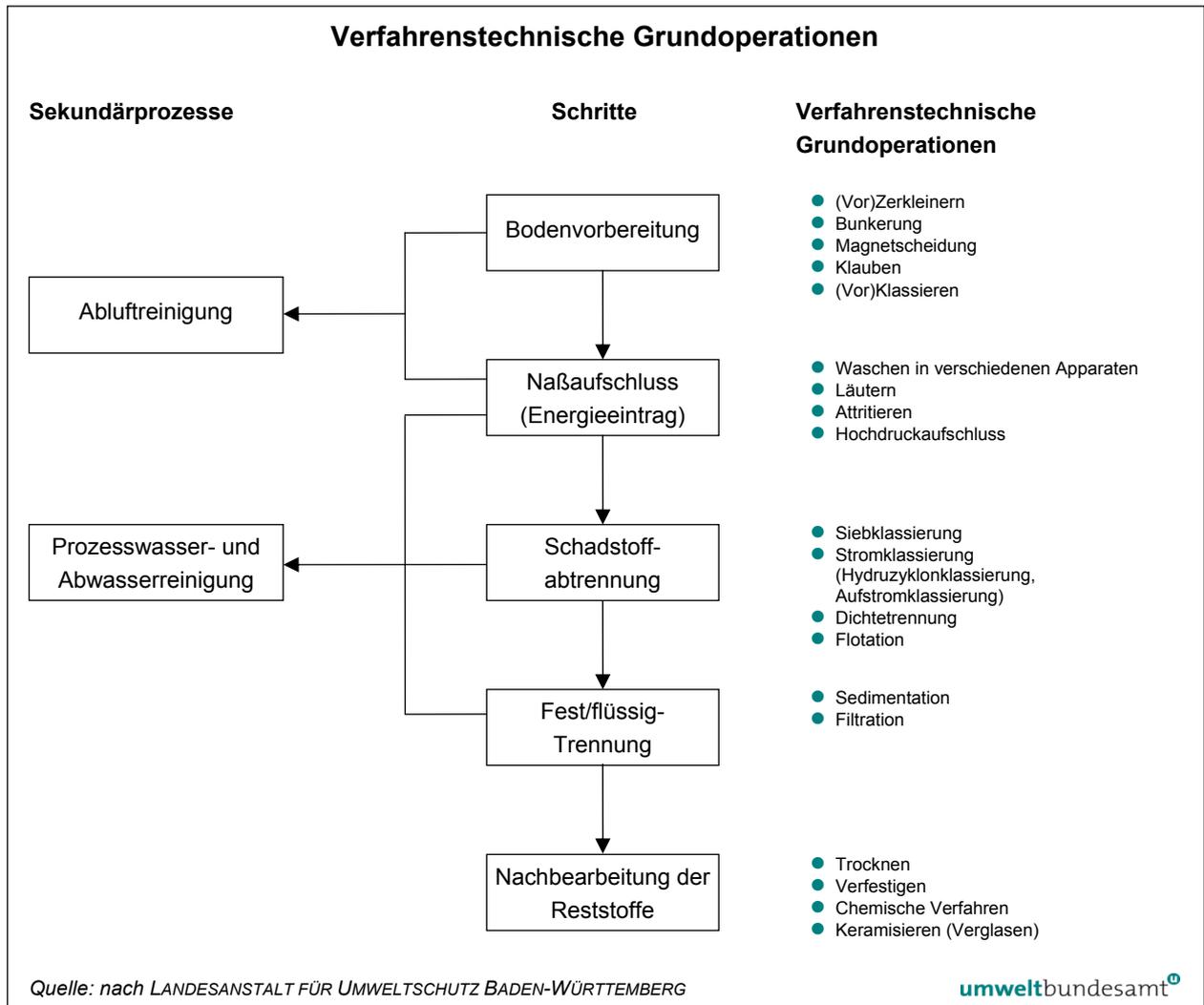


Abbildung 1: Verfahrenstechnische Grundoperationen.

2.2.1.1 Bodenvorbereitung

Der erste Schritt ist üblicherweise die Bodenvorbereitung. Damit soll das zu behandelnde Material in die für den Waschprozess erforderliche Form gebracht werden (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1993).

Typische Operationen der Bodenvorbereitung sind:

- Transport des ausgekofferten Bodens,
- (Vor)Zerkleinern,
- (Vor)Klassieren,
- Eisenabscheidung durch Magnetscheidung,
- Vorbunkern oder Zwischenlagern,
- Bodenluftabsaugung.

**typische
Vorbereitungsschritte**

In der Regel wird bei der Bodenvorbereitung trocken gearbeitet. Die dafür auszuwählenden Aggregate orientieren sich an den gestellten Anforderungen. So sollten die vorgesehenen Bunker über eine geeignete Abzugseinrichtung verfügen. Um grobe, bei der weiteren Behandlung störende Eisenteile abzutrennen

oder eisen- und schwermetallhaltige Verunreinigungen aus Böden zur Verminderung des Metallgehaltes auszusortieren, bedient man sich üblicher Überbandmagnete.

Die (Vor)Zerkleiner- und (Vor)Klassierstufen dienen zur Einstellung der für die folgenden Verfahrensschritte erforderlichen Korngröße des Materials. Als Trennapparate finden Siebe, Zyklone und Klärer Anwendung (MÜLLER 2006).

Eine nicht unerhebliche Bedeutung für den Gesamtprozess kommt den Transport- und Lagereinrichtungen zu. Es muss darauf geachtet werden, dass dabei unterschiedlich kontaminierte Aushübe nicht miteinander vermischt werden und die Lagerung den Kontaminationen entsprechend erfolgt.

2.2.1.2 Nassaufschluss

Waschen und Läutern

An die Bodenvorbereitung schließt sich als nächster Verfahrensschritt der Nassaufschluss an. Darunter wird das Lösen der zwischen dem Schadstoff und dem Boden bestehenden Bindung verstanden. Dies erfolgt durch Eintrag mechanischer Energie in die Suspension. Der Nassaufschluss wird durch das sog. Waschen und Läutern erreicht – verfahrenstechnisch adäquate Vorgänge, wobei die Begriffsnutzung traditionell verwurzelt ist. Im Allgemeinen spricht man bei der Aufbereitung bergbaulicher Rohstoffe vom Läutern und in anderen Industriezweigen vom Waschen (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1993).

Generell lassen sich zwei Waschverfahren unterscheiden (MÜLLER 2006):

Mechanische Schadstofftrennung

In diesem Verfahren wird die Schadstofftrennung mit Wasser und Zuführung von mechanischer Energie erreicht, um die Bindungskräfte des Schadstoffes am Bodenkorn zu überwinden, z. B. durch:

- *Hochdruck-Wasserstrahlrohre*: Im Hochdruckstrahlapparat tritt Wasser mit sehr hohem Druck (bis 300 bar) aus einem Düsenkranz aus und schießt kegelförmig (der Winkel des Kegels kann variiert werden) in einem Punkt zusammen.
- *Schwertwäscher*: In der Schwertwäsche wird der Boden mit Wasser vermengt. Durch die Rührbewegung werden vorhandene Lehmklumpen aufgelöst. Schwerter können – in Abhängigkeit von ihrem Einbau – den Bodentransport hemmen bzw. beschleunigen, d. h. die Bodenverweilzeit und die Scherbeanspruchung (Reibung) verändern.
- *Zentrifugalprallapparat*: Beim Zentrifugalprallapparat wird der zu behandelnde Boden einem rotierenden Streuteller aufgegeben und durch die Zentrifugalkräfte gegen einen Prallring geschleudert, wo es zu einem Aufschluss der Agglomerate und Verkrustungen kommt.
- *Vibrationsschnecken*: Die Vibration der Transportschnecke erzeugt hohe Scherbeanspruchungen am Schneckenrand und führt so zum Aufbrechen von Bodenklumpen.
- *Attritionstrommeln*: In einer Attritionstrommel werden unter Zugabe von Wasser die anhaftenden Schadstoffe vom Grobkorn abgerieben, zunächst in der Flüssigkeit suspendiert und danach an den Feinanteilen des Bodens adsorptiv gebunden.

Chemische Schadstofftrennung

In diesem Verfahren werden verschiedene Hilfsstoffe wie z. B. Tenside, Dispergiermittel, Komplexbildner, Säuren und Laugen verwendet, um den Schadstoff während des Waschvorgangs vom Bodenkorn zu trennen.

Zusätze von Tensiden zum Aufschluss dienen dabei i. d. R. zur Benetzungsverbesserung und zur Stabilisierung der Suspension. Einen ähnlichen Effekt können auch pH-Wert-Veränderungen haben, obwohl dadurch auch Lösevorgänge initiiert werden können (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1993).

2.2.1.3 Schadstoffabtrennung

Nach erfolgter Freisetzung des Schadstoffes wird im folgenden Verfahrensschritt die Schadstofffraktion durch geeignete Grundoperationen von dem gereinigten Boden getrennt. Übliche Grundoperationen dafür sind Klassierprozesse, die Dichtentrennung und die Flotation. Die Auswahl der Operationen richtet sich nach den vorhandenen Unterschieden in den Eigenschaften von Schadstoff und Boden.

Kann die Trennung aufgrund von Korngrößenunterschieden durchgeführt werden, werden Klassierverfahren eingesetzt. Für den Kornbereich < 1 mm sind die Stromklassierverfahren günstig. Bei gröberer Körnung wird die Siebklassierung bevorzugt.

Klassierverfahren

Bestehen Dichteunterschiede, so kann die Trennung durch Dichtesortierung erfolgen.

Dichtesortierung

Die Flotation beruht auf Benetzungsunterschieden zwischen Boden und Schadstoff. Gegebenenfalls kann durch Zusatz von so genannten Sammlern (z. B. Fettsäuren u. a.) die Hydrophobie verstärkt werden. Die Flotation ist ein Sortierverfahren für den Feinkornbereich (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1993).

Flotation

2.2.1.4 Fest/flüssig-Trennung

Bei allen Sortierverfahren fallen Suspensionen an, die im nachfolgenden Verfahrensschritt entwässert werden müssen. Dazu dienen die bekannten Prozesse der Fest/flüssig-Trennung. In der Regel werden verschiedene Formen der Filtration und Sedimentation bevorzugt. Gegebenenfalls können Filtrationsmittel oder Flockungsmittel zugefügt werden, um den Prozess zu intensivieren. Der Schadstoff ist nach der Fest/flüssig-Trennung im Filterkuchen angereichert.

Für die groben Fraktionen wie Kies und Sand genügen Entwässerungsschnecken und Schwingentwässerer. Hier kommen Schwingsiebe zum Einsatz, deren Siebparameter auf eine optimale Entwässerungswirkung abgestimmt sein müssen.

Schwingsiebe

Für die Entwässerung der feinkörnigen Schlufffraktionen kommen die wirksameren Trennprozesse Sedimentation und Filtration zur Anwendung (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1993).

Sedimentation und Filtration

2.2.1.5 Nachbehandlung der Reststoffe

Prozess- und Abwasserbe- handlung

Bei der Wasserbehandlung ist zwischen Prozesswasser- und Abwasserbehandlung zu unterscheiden. Die Prozesswasserbehandlung beinhaltet die Reinigung des im Kreislauf befindlichen kontaminierten Waschwassers, die Abwasserbehandlung betrifft die Reinigung des aus dem Prozess ausgeschleusten Wassers. Beide Behandlungen unterscheiden sich weniger in den angewandten Grundoperationen als in den Anforderungen an die Restschadstoffgehalte (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1993).

Fällungsprozesse

Gelöste Kontaminationen werden über Fällungsprozesse in unlösliche Verbindungen überführt und anschließend mechanisch abgetrennt. Im organischen Bereich werden Schadstoffe u. a. auch an Aktivkohle angelagert (MÜLLER 2006).

2.2.1.6 Variationsmöglichkeiten

Die vorgenommene Zerlegung des Bodenwaschens in einzelne Verfahrensschritte ist als Grundmuster zu bewerten. Je nach Erfordernis wird in der Praxis davon abgewichen. Die Übergänge zwischen den einzelnen Verfahrensstufen sind fließend und überschneiden sich in der Praxis. So ist zwischen Nassaufschluss und Schadstoffabtrennung keine klare Abgrenzung möglich.

Neben den Hauptverfahrensschritten der Bodenwäsche gibt es weitere, die in Abbildung 1 als Sekundärprozesse bezeichnet sind. Sie sind Bestandteil einer jeden Bodenwaschanlage und dienen zur Behandlung der anfallenden sekundären Stoffströme wie belastete Abluft und Wässer. Die Abluftbehandlung erfordert i. d. R. durch Staubabscheidung und Adsorption bzw. Absorption gasförmiger Schadstoffe (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1993).

2.3 Mikrobiologische Verfahren

Bei mikrobiologischen Verfahren wird die Fähigkeit von Mikroorganismen zur Verstoffwechslung von z. B. Kohlenstoffverbindungen eingesetzt, um umweltgefährdende Stoffe wie Mineralölkohlenwasserstoffe, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und weitere organische Verbindungen so weit umzuwandeln, dass diese nicht mehr umweltgefährdend oder zumindest nicht mehr bioverfügbar sind. Im Wesentlichen wird hierbei der aerobe Abbau, also der Metabolismus unter Sauerstoffzufuhr genutzt. Ziel der verschiedenen Techniken in der mikrobiologischen Sanierung ist es, die physikalischen und chemischen Randbedingungen so einzustellen, dass der mikrobiologische Abbau optimiert abläuft (HOFFMANN 2009).

Gegenüber thermischen und chemisch-physikalischen Verfahren besitzen biologische Verfahren den Vorteil, dass die eingesetzten Bodenmaterialien in ihrem Aufbau und Gefüge weitgehend erhalten bleiben und die organischen Schadstoffe günstigstenfalls zu Wasser und Kohlendioxid metabolisiert werden.

Vielfach ist bereits vor Beginn der eigentlichen Ex-situ-Sanierung eine Abnahme der Schadstoffkonzentration zu beobachten, die auf unterschiedliche Ursachen zurückzuführen ist (HUPE et al. 2000):

- Ausgasung flüchtiger Kontaminanten,
- Verdünnungseffekt durch Zugabe von Zuschlagstoffen wie z. B. Kompost, Stroh, Rindenmulch,
- rascher biologischer Abbau im Laufe der Aufbereitung als Folge einer verbesserten Sauerstoffversorgung, Homogenisierung und Oberflächenvergrößerung.

Bei der Ex-situ-Behandlung besteht gegenüber den In-situ-Verfahren der Vorteil, den Boden aufbereiten, gleichmäßig homogenisieren und gezielt Nährstoffe zugeben zu können. Mit diesen Prozessschritten kann steuernd in den Abbauprozess eingegriffen werden, wodurch sowohl eine Optimierung der Abbauraten als auch eine Verkürzung der Behandlungsdauer erzielt werden soll (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1991).

Prinzipiell werden drei verschiedene On-/Off-site-Verfahrenstechnologien unterschieden:

- Landfarming,
- Regenerationsmieten,
- Bioreaktoren.

Jedes Verfahren kann für verschiedene Bodenmaterialien und Schadstoffe unterschiedlich gut geeignet sein. Im Vorfeld sind gezielte Bodenuntersuchungen durchzuführen, um die Einsatzmöglichkeiten von verschiedenen Verfahren zu konkretisieren.

Diese Bodenuntersuchungen sollen Aufschluss geben über

- die Art der abzubauenen Schadstoffe,
- die Schadstoffkonzentrationen,
- die Feuchte- bzw. den Wassergehalt des kontaminierten Materials,
- die vorhandene Mikroflora sowie
- die Bodenkennwerte (Körnungsgröße, Tonanteile etc.).

Des Weiteren sollte untersucht werden, ob Überkorngrößen vorliegen, die einer separaten Zerkleinerung zugeführt werden müssen (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1991).

2.3.1 Landfarming

Unter Landfarming wird das Anlegen großer, landwirtschaftlich bearbeitbarer Flachbeeten verstanden. Das kontaminierte Material wird ausgekoffert und falls erforderlich zerkleinert. Dabei werden grobe Bestandteile wie Ziegel oder Betonbrocken aussortiert. Das verbleibende Material durchläuft anschließend Shredder- und/oder Siebanlagen, um die gewünschte Partikelgröße zu erhalten, für die die Anwendung landwirtschaftlicher Geräte geeignet ist. Die groben Überstücke werden auf die gewünschte Korngröße zerkleinert und dem übrigen kontaminierten Material beigemischt. Das so aufbereitete Material wird dann auf großflächigen Flachbeeten aufgeschüttet und während der Behandlung unter

Verfahrenstechnologien

gezielte Bodenuntersuchungen

Anlage von Flachbeeten

Zugabe von Nährstoffen, Trägersubstanzen und Mikroorganismen wiederholt durchgepflügt. Die Beete sind zur Basis hin abgedichtet, um austretendes Sickerwasser aufzufangen. Zur Erhöhung der Drainagewirkung kann zusätzlich eine Sandschicht eingebaut werden.

Das zuvor aufbereitete Material wird üblicherweise in einer Höhe von maximal 0,4 m aufgeschüttet. Einige Anbieter schütten das kontaminierte Material auch bis zu einer Höhe von 0,7–0,8 m auf. Durch den Einsatz von Zwangsbelüftern und zusätzlicher Beheizung kann die Aufschüttungshöhe auf bis zu 1–1,5 m vergrößert werden. Diese Varianten des Landfarmings haben aber schon eher den Charakter einer Regenerationsmiete (siehe Kapitel 2.3.2). Die verfahrenstechnischen Unterschiede sind hier fließend.

Die Flachbeete werden i.d.R. ohne spezielle Abdeckung betrieben. Verschiedentlich werden sie aber auch durch ein Zelt oder eine Halle abgedeckt, um auftretende Emissionen zu fassen und in nachgeschalteten Abluftbehandlungsanlagen zu reinigen.

Einige Betreiber bepflanzen die Beete und fördern somit den mikrobiellen Abbau in den Wurzelzonen. Darüber hinaus kann durch die Abdeckung der Flachbeete mit einer sauerstoffdurchlässigen Folie der Einfluss der Witterung verringert und die Temperatur im Beet durch den erzielten Treibhauseffekt erhöht werden.

Abdichtung der Beete

Zur Basis hin werden die Beete entweder mit einer bis zu 0,5 cm starken Kunststoffdichtungsbahn (PVC) abgedichtet oder es werden verdichtete Tonlagen als Untergrundabdichtung verwendet. Auch Beton als Basisabdichtung wird verwendet.

Zur Erhöhung der Drainagewirkung kann eine Sandschicht eingebaut werden, oder aber die Drainagewirkung wird über ein zusätzliches Entwässerungssystem verstärkt.

Homogenisierung des Materials

Die aus der Landwirtschaft stammenden Arbeitsprozesse mit Eggen, Pflügen, Fräsen etc. werden zur Homogenisierung des Materials und damit zur gleichmäßigen Verteilung der Schadstoffe eingesetzt. Die Beete werden in Abständen zwischen einigen Wochen oder Monaten durchmischelt.

Bewässerung der Beete

In der Regel erfolgt keine gesonderte Bewässerung der Beete. Die Feuchtigkeit wird über Mikroorganismen-Suspensionen eingetragen. Im Zusammenhang mit einer Tiefenauflockerung der Beete kann aber auch Wasser zur Erhaltung der Bodenfeuchte durch verschiedene Bewässerungsvorrichtungen mit eingetragen werden.

Belüftung der Beete

Zur Steigerung der Belüftung und zur gleichzeitigen Sicherstellung der Tiefenauflockerung wird das Beet z. B. durch landwirtschaftliche Pflugmaschinen oder durch Fräsen in regelmäßigen Abständen aufgelockert.

Des Weiteren kann die Belüftung des aufgeschütteten Bodenmaterials mit Druckluft, die über pulsierende Injektionslanzen in bestimmten Abständen in das Beet eingedüst wird, erfolgen. Diese Maßnahme trägt gleichzeitig zur Lockerung der Bodenstruktur bei. Dabei auftretende Emissionen werden, falls die Behandlung nicht überdacht erfolgt, üblicherweise nicht gesondert behandelt, sondern gehen in die Atmosphäre über.

Je nach Verfahren werden dem zu behandelnden Material unterschiedliche Komponenten zugemischt:

Nährstoffe

Die Art der Nährstoffe, die Häufigkeit der Zudosierung, die eingesetzte Menge, etc. richten sich nach dem Nährstoffbedarf der verwendeten Mikroorganismen, der in Laboruntersuchungen ermittelt wird. Es können unterschiedliche strukturverbessernde Zusätze wie z. B. Borke, Kompost, Stroh etc. verwendet werden. Sie dienen auch zur Auflockerung des Bodens und zur besseren Durchmischung des kontaminierten Materials. Außerdem sollen sie einen besseren Kontakt der Mikroorganismen zum kontaminierten Material ermöglichen.

Mikroorganismen

Die Art, die Menge und die Zusammensetzung der einzubringenden Mikroorganismen richten sich nach Laboranalysen und verfahrensspezifischen Besonderheiten. Zur Beschleunigung des mikrobiellen Abbauvorganges werden autochthone Mikroorganismen in einem Fermenter vermehrt und anschließend mit Nährstoffen gemischt. Das Mikroorganismen-Nährstoff-Gemisch wird dann in einen herkömmlichen landwirtschaftlichen Sprühausleger oder in einen Schleuderstreuer eingefüllt, der auf einem Traktor montiert wird. Von dort aus wird die Mischung gleichmäßig über das Beet verteilt. Die anschließende Bearbeitung der Beete mit der Motorhacke stellt eine gründliche Verteilung der zugegebenen Mischung unter das Bodenmaterial sicher.

Es können folgende Emissionen auftreten:

anfallende Emissionen

Sickerwasser

Anfallendes Sickerwasser kann als gereinigtes Prozesswasser der Behandlung wieder zugegeben werden oder als gereinigtes Abwasser der öffentlichen Kanalisation bzw. einem Vorfluter zugeführt werden.

Abluft

Auftretende Emissionen in die Luft können bei einer überdachten Behandlung im Zelt oder in der Halle z. B. an Biofiltern gereinigt werden und anschließend in die Atmosphäre abgegeben werden. Bei einer Behandlung unter freiem Himmel ohne Abdeckung werden die auftretenden Emissionen nicht gefasst (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1991).

2.3.2 Regenerationsmieten

Zur Behandlung kontaminierten Bodenmaterials werden oft sog. Regenerationsmieten in Verbindung mit mikrobiologischen Abbauprozessen angeboten. Aus dem ausgekofferten kontaminierten Material werden zunächst die Grobteile aussortiert und anschließend zerkleinert. Danach wird das kontaminierte Material homogenisiert und mit Zuschlagstoffen, Nährstoffen sowie ggf. mit Mikroorganismen durchmischt. Anschließend wird das so aufbereitete Material lagenweise in einer Regenerationsmiete aufgeschüttet. Die Mieten variieren dabei in Höhe, Ausdehnung und Form. Die Mieten können mit verschiedenen Abdeckun-

gen betrieben werden. Zur Basis hin werden sie i.d.R. mit Kunststoffdichtungsbahnen abgedichtet, um den Eintritt von Sickerwasser in den Untergrund zu verhindern. Durch gezielte Steuerung und verfahrenstechnische Variation von Belüftung und Bewässerung soll die Abbauleistung verbessert werden.

Die Gesamthöhe der Regenerationsmieten variiert zwischen 0,8–2 m.

Abdeckung der Miete

Als Abdeckung der Mieten stehen mehrere Alternativen zur Verfügung

- Abdeckung durch Kunststoffdichtungsbahnen,
- Abdeckung durch Bepflanzung,
- Überdachung mit einer Halle und einer Abluftbehandlung,
- Abdeckung durch Zelte,
- Kombinationen aus Folienabdeckung und Überdachung mit einer Halle.

Generell besteht die Möglichkeit, überdachte bzw. überzeltete Mieten im Winter leicht zu heizen. Dadurch können Temperaturschwankungen verhindert werden.

Abdichtung der Miete

Zur Basis hin wird i. d. R. eine Kunststoffdichtungsbahn verwendet. Die Stärke der Folie kann variieren, beträgt aber normalerweise ab 0,2 cm. Als weitere Abdichtungsmaterialien kommen z. B. Beton oder anbieterspezifische Dichtungssysteme, wie z. B. Spezialplatten zu Anwendung. Diese Spezialplatten weisen neben der Abdichtung weitere Funktionen wie Drainage, Belüftung oder Bewässerung auf.

Sickerwasserfassung

Die Sickerwasserfassung in einer Miete kann über Drainrohre erfolgen, die in die Miete eingebaut worden sind. Des Weiteren können als Drainmaterialien Vliese verwendet werden, die als Zwischenlagen in die Miete integriert sind.

Die Förderung der mikrobiellen Stoffwechselaktivitäten erfolgt durch technische Maßnahmen, wie z. B. häufiges Umwälzen (Fräsen) des Erdreichs.

Bewässerung der Miete

Zur Bewässerung der Mieten kommen verschiedene Techniken zur Anwendung. Die Miete kann in einen Prozesswasserkreislauf (Feuchtmiete) integriert sein. Dabei wird die Miete entweder von oben oder von unten mit Wasser berieselt oder besprüht bzw. durchströmt. Das Sickerwasser wird aufgefangen, zu einem Auffangbecken geleitet und nach Aufbereitung wieder dem Berieselungs- bzw. Befeuchtungsprozess zugeführt oder aber nach Reinigung dem Vorfluter zugeleitet.

In einigen Verfahren werden die Mieten nicht bewässert, sondern der natürliche Wassergehalt des Bodenmaterials verwendet (Trockenmiete). Modifizierte Verfahren bieten eine Mietentechnik an, die mit trockenen Mieten arbeitet. Dabei wird kein Wasser auf den Mieten verrieselt, sondern die Mieten werden durch häufiges Wenden und Homogenisieren ausgetrocknet.

Belüftung der Miete

Um in den Mieten ständig ein aerobes Abbaumilieu aufrecht zu erhalten, werden sie in unterschiedlichster Weise belüftet. Die Belüftung kann

- über in die Miete eingebaute Drainrohre,
- über Zwischenlagen aus Kies bzw. Holzhackschnitzel oder ähnlichem Material,
- durch intensives Mischen und Wenden des gesamten Bodenmaterials mittels Spezialmaschinen,
- über einen von unten nach oben geführten Lufteintrag oder
- über Luftpflanzen

erfolgen.

Der Abbau der Schadstoffe durch Mikroorganismen in einer Miete wird gesteuert durch die Zugabe von:

Nährstoffen

Je nach Verfahrensanbieter werden die Nährstoffe in Wasser gelöst und über eine in einen Prozesskreislauf integrierte Bewässerungsanlage bzw. Berieselungsanlage oder aber trocken durch mechanisches Mischen in die Miete eingebracht. Die jeweils zu dosierende Menge der Nährstoffe richtet sich nach dem Bedarf der Mikroorganismen, nach den vorliegenden Schadstoffen und nach Optimierungsversuchen im Labor. In der Regel wird ein Gemisch aus den Elementen Phosphor und Stickstoff zudosiert.

Trägersubstanzen

Als Trägersubstanzen für die Mikroorganismen kommen unterschiedliche Materialien in Frage. So werden Kiefernborke, Baumrinde, Stroh, Torf oder ähnliches Material im Ausmaß von z. B. 10–20 % zum kontaminierten Material nach vorausgegangenem Optimierungsversuchen zugemischt.

Oberflächenaktive Substanzen

Die Zugabe von oberflächenaktiven Substanzen wird bei den Regenerationsmieten nur in Einzelfällen angewendet. Der Hauptgrund dafür liegt darin, dass eine ausreichende Homogenisierung derartiger Zusätze verfahrenstechnisch in den Mieten nur schwer realisierbar ist.

Mikroorganismen

Es werden entweder

- autochthone, schadstoffadaptierte Mikroorganismen oder
- allochthone, speziell gezüchtete aber nicht genetisch veränderte Mikroorganismen

dazugegeben.

Die Förderung des mikrobiellen Abbaus erfolgt durch Ausnutzung der entstehenden Prozesswärme und/oder durch Überdachung der Mieten im Sommer und Beheizung derselben im Winter und/oder durch intensives Mischen und Homogenisieren der Bodenmasse.

Emissionen werden üblicherweise bei eingehausten Mieten aufgefangen und gereinigt. Die gereinigte Abluft wird anschließend in die Atmosphäre abgegeben.

Der Durchsatz bei den Verfahrensorten kann sehr unterschiedlich sein und ist flächen- und schadstoffabhängig. Die Regenerationsdauer ist im Wesentlichen abhängig von

- der Schadstoffart und dem Schadstoffgehalt,
- der Schadstoffkonzentration,
- der Bodenart/Schichtung,
- der zulässigen Restkonzentration,
- den angewandten Optimierungs- bzw. Prozesssteuerungsmaßnahmen.

Regenerationsdauer

Sie kann zwischen einigen Wochen bis zu 2 Jahren betragen.

**Schadstoffabbau
ist besser
kontrollierbar**

Durch die Mietentechnik ist der Abbau von Schadstoffen im Vergleich zum Landfarming und zu In-situ-Verfahren besser steuer-, kontrollier- und bilanzierbar. Dies trifft v. a. auf überdachte bzw. überzeltete Mieten mit einer nachgeschalteten Abluftbehandlungsanlage sowie einer kontrollierten Sickerwasseraufbereitung zu. Dabei gibt es Varianten der Mietentechnik, bei denen Heizschlangen in der überdachten bzw. überzelteten Miete verlegt werden, um durch gezielte Temperatursteuerungen den mikrobiellen Abbau zu begünstigen. Die in die Hallen-/Zelt-Atmosphäre verlagerten Schadstoffe müssen anschließend aufgefangen und über eine Abluftreinigung geleitet werden. Die gereinigte Abluft kann dann in die Atmosphäre entlassen werden.

**Nachteile der
Regenerations-
mieten**

Nachteilig bei diesem Verfahren ist zunächst die mechanische Aufbereitung des kontaminierten Materials. Hier können leichtflüchtige Schadstoffe ungehindert in die Atmosphäre ausgasen. Außerdem können auch beim Durchfräsen der Mieten, bei jeder Zwangsbelüftung oder bei Wendevorgängen mit Spezialmaschinen leichtflüchtige Komponenten in die Gasphase übertreten, was einen mikrobiologischen Abbau vortäuscht. Hier erfolgt lediglich eine Kontaminationsverlagerung in die Atmosphäre (Strip-Effekt). Bei Trockenmieten ist es fraglich, inwieweit bei Wassergehalten < 20 % in der Miete ein mikrobieller Abbau überhaupt noch stattfindet. Bei Feuchtmieten ist der Ausgasungseffekt nicht so hoch, dafür ist der verfahrenstechnische Aufwand zur Sickerwasserbehandlung aufgrund der größeren Wassermengen erhöht. In den Mieten können die mikrobiellen Stoffwechselprozesse zu einer verstärkten Erwärmung führen und somit die Ausgasungsrate fördern.

Die Basisabdichtung wird grundsätzlich bei allen Verfahrensanbietern angewendet und weist insgesamt nur geringe Unterschiede auf (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1991).

2.3.3 Bioreaktoren

Aufgrund der langen Sanierungsdauer sowie der begrenzten Steuerungsmöglichkeiten bei Regenerationsmieten und beim Landfarming werden Bioreaktoren eingesetzt, um die Abbauprozesse zu beschleunigen, den Reinigungsgrad zu verbessern, die behandelbare Schadstoffpalette zu erweitern sowie den biologischen Abbau kontrollierbar zu machen.

**Aufgaben von
Bioreaktoren**

Bioreaktoren sind abgeschlossene Systeme, in denen die für den mikrobiologischen Sanierungsprozess wichtigen verfahrenstechnischen Parameter gut gesteuert werden können. Außerdem sind bei völlig geschlossenen Systemen die unvermeidbaren Emissionen über Abluft und Abwasser besser technisch beherrschbar. Bioreaktoren zeichnen sich aus, durch

- Verbesserung der Prozesssteuerung,
- optimierte Homogenisierung der Schadstoffe,
- Verbesserung der Zugänglichkeit der Schadstoffe für die Mikroorganismen,
- Beschleunigung des Schadstoffabbaus, Verwendung speziell kultivierter Mikroorganismen,
- Verbesserung der Kontrollierbarkeit des Schadstoffabbaus.

Deshalb wird erwartet, dass

- die Abbauezeiten verkürzt werden können,
- die Reinigungsgrade verbessert werden können sowie
- die im vorgegebenen Zeit- und Finanzrahmen behandelbare Schadstoffpalette erweitert werden kann.

Das kontaminierte Bodenmaterial wird ausgekoffert und – falls erforderlich – zunächst in einer Brech- oder Siebanlage auf die notwendige Korngröße zerkleinert. Anschließend erfolgt die Zugabe schadstoffabbauender Mikroorganismen. Danach wird das kontaminierte Bodenmaterial-Mikroorganismen-Gemisch dem Bioreaktor zugeführt. Der Abbau der Schadstoffe wird dadurch gefördert, dass Sauerstoff, Wasser, Nährstoffe, Temperatur etc. optimal dosiert und kontinuierlich überwacht bzw. gesteuert werden können, sodass optimale Lebensbedingungen für die Mikroorganismen geschaffen werden können. Für den schnellen Abbau der Schadstoffe ist auch die permanente Durchmischung des kontaminierten Materials mit den zugeführten Substanzen von Bedeutung, damit die Ausbildung eines Schadstoff-Nährstoff-Sauerstoffgradienten innerhalb des Bioreaktors verhindert werden kann. Eine gezielte Emissionskontrolle der ausgasenden Abbauprodukte ist möglich (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1991).

Zu den gemessenen und eingestellten Parametern zählen:

- pH-Wert,
- Feuchtegehalt,
- Sauerstoffkonzentration,
- Nährstoffkonzentration,
- Redoxpotenzial,
- Temperatur.

<http://www.umwelt.sachsen.de>

2.4 Thermische Verfahren

Thermische Bodenreinigungsverfahren eignen sich besonders für hochkonzentrierte und auch für gemischte Kontaminationen im Boden, die sich mit anderen Technologien nicht entfernen lassen. Die Behandlung ist weitgehend unabhängig von der Struktur des Bodens. Das Prinzip der thermischen Bodenreinigung beruht auf dem Siedeverhalten der Verunreinigungen. Erreicht die Erwärmung des Bodens den Siedepunkt einer Komponente, wird ein derartiger Dampfdruck entwickelt, dass die Substanz nahezu vollständig in die Gasphase überführt wird. Selbst die bei Raumtemperatur festen bzw. hochviskosen Komponenten der Teeröle überwinden bei diesem Temperaturbereich die starken Adsorptionskräfte in den Poren der Bodenpartikel. Da schon bei niedrigeren Temperaturen eine Verdampfung der Stoffe einsetzt, lassen sich oft schon bei mittleren Temperaturen von 400 °C bis etwas über 500 °C die geforderten Grenzwerte für Restgehalte von PAK unterschreiten.

Verunreinigungen werden in Gasphase übergeführt

**Vorteile der
thermischen
Behandlung**

Die Vorteile der thermischen Behandlung bestehen darin, dass diese für nahezu alle Bodenarten und einen weiten Schadstoffbereich – mit Einschränkungen vor allem bei den Schwermetallen – geeignet ist. Auch bei hoher Ausgangskonzentration kann eine geringe Endkonzentration an Schadstoffen erreicht werden. Außerdem erhält man eine vergleichbar hohe Durchsatzleistung.

**Nachteile der
thermischen
Behandlung**

Nachteilig bei den genannten thermischen Verfahren sind der hohe Energiebedarf, das Anfallen von Rauchgasreinigungsrückständen und die hohen Investitionskosten, v. a. bedingt durch die hohen Temperaturen in den Behandlungsräumen und durch die Rauchgasreinigung.

Es wurden daher thermische Anlagen entwickelt, bei denen im Niedertemperaturverfahren die Schadstoffe lediglich ausgetrieben und anschließend in der Gasphase verbrannt oder kondensiert werden. Dadurch lassen sich die Investitionskosten und der Energiebedarf und somit auch die Behandlungskosten reduzieren.

Für die thermischen Verfahren existiert weniger eine technische als vielmehr eine wirtschaftliche Grenze. Daher ist der Betrieb gegenwärtig überwiegend auf die Behandlung hoher Kontaminationen beschränkt (BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 2002).

**behandelbare
Schadstoffe**

Thermische Verfahren sind in erster Linie zur Reinigung von Böden geeignet, die mit organischen Kontaminationen wie KW, PAK, PCB, EOX, aber auch mit flüchtigen anorganischen Verbindungen wie z. B. Cyaniden und Schwermetallen mit niedrigem Siedepunkt (Quecksilber) belastet sind.

Die Grundkonzeption einer thermischen Bodenbehandlungsanlage besteht aus der Sortierung und Zerkleinerung (25–50 mm), der Vortrocknung, dem Ofenteil und der Kühlung sowie den Anlagen zur Abluftreinigung. Der thermisch behandelte Boden weist keine biologische Aktivität mehr auf (LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN 2005C).

2.4.1 Verbrennung

Bei der Verbrennung werden die Schadstoffe durch direkte Beheizung im Drehrohr- oder Wirbelschichtofen bei Sauerstoffüberschuss bei 450–800 °C verbrannt. Die Verweilzeit des Bodens im Ofen liegt je nach Verfahren bei 30–60 Minuten. In der Nachverbrennung werden die in Gasform überführten Schadstoffe bei Temperaturen bis zu 1.300 °C behandelt.

2.4.2 Pyrolyse

Als Pyrolyse wird die thermische Behandlung des Bodens unter weitgehendem Sauerstoffabschluss verstanden. Der Boden wird bei Temperaturen von 400–800 °C verschwelt. Die Nachverbrennung erfolgt bei Temperaturen von 1.000–1.300 °C. Es fallen geringere Mengen an zu behandelndem Rauchgas an als bei der direkten Verbrennung (LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN 2005C).

2.5 Mechanische Verfahren

Bei den mechanischen Verfahren wird die Reinigung vor allem durch Absieb-, Klassierungs-, Abrieb- und Waschvorgänge erreicht. Zum Einsatz kommen Gitterroste, Schwing- und Trommelsiebe sowie Waschschnellen bzw. Waschtrommeln.

Hauptmerkmal dieser Verfahren ist der Einsatz von Waschwässern, wobei die Kontaminationen von der festen Phase in die flüssige Phase bzw. Schlammphase übergeführt werden.

Einsatz von Waschwässern

Je nach Verfahrenstechnik und der Zugabe von Hilfsmitteln zur Verbesserung der Reinigungsleistung (z. B. Tenside) werden die Schadstoffe im Waschwasser bzw. in den Schlämmen (Sink- oder Schwimmschlamm) gebunden.

Die Waschwässer werden zumeist so lange im Kreislauf geführt, bis eine Aufkonzentration den weiteren Gebrauch behindert.

Die aufkonzentrierten Waschwässer und die Schlämme müssen einer weiteren Behandlung zugeführt werden.

Eine Abgrenzung zum Bodenwaschverfahren, welches zu den chemisch-physikalischen Methoden zählt, ist schwierig, da die Grenzen fließend sind.

3 REGELWERKE

3.1 Bundesabfallwirtschaftsplan 2011

Für bestimmte Abfälle und Stoffströme enthält der Bundesabfallwirtschaftsplan 2011 Handlungsgrundsätze, welche den Stand der Technik darstellen.

Im Kapitel 7.12. des Bundesabfallwirtschaftsplan 2011 finden sich Bestimmungen zu „Kohlenwasserstoff- oder PAK-kontaminierte Böden oder bodenähnliche Materialien (biologische Behandlung in Ex-situ-Verfahren).

Die biologische Behandlung von Kohlenwasserstoff- oder PAK-kontaminierten Böden oder bodenähnlichen Materialien kann eine ökologisch und ökonomisch wichtige Alternative zur thermischen Behandlung darstellen.

biologische Behandlung

Die biologische Behandlung erfolgt dabei ex-situ in Mieten. Als Grundsatz ist zu beachten, dass tatsächlich ein biologischer Abbau der Schadstoffe (Kohlenwasserstoffe oder PAKs) stattfindet und nicht nur eine Verringerung der Schadstoffkonzentrationen durch Verdünnung (z. B. Mischen verschieden belasteter Böden) oder durch Flüchtigkeit bestimmter Schadstoffe (insbesondere niedrig siedender Kohlenwasserstoffe).

Eine Verdünnung widerspricht dem Vermischungsverbot des AWG 2002 sowie den Grundsätzen einer nachhaltigen Abfallwirtschaft. Anzumerken ist, dass im Rahmen des Ausstufungsverfahrens die befugte Fachperson oder Fachanstalt bestätigen muss, dass keine Hinweise vorliegen, dass der Abfall mit anderen Materialien vermischt worden ist (vgl. Anlage 3 Punkt II der Festsetzungsverordnung).

Für die biologische Behandlung in Ex-situ-Verfahren ist die ÖNORM S 2028 „Biologische Behandlung kontaminierter Böden heranzuziehen, anhand derer die Qualität der Behandlung und des behandelten Materials beurteilt werden kann.

analytische Kontrolle der Schadstoffreduktion

Entsprechend dem Stand der Technik ist die analytische Kontrolle sowohl der Eingangsströme, als auch der Ausgangsströme aus der Aufbereitung erforderlich. Die analytische Kontrolle jedes zu behandelnden Materials hat zumindest die in der Behandlung abzubauenen Schadstoffe zu umfassen. Mit Hilfe von Leitparametern ist die Identität des Outputmaterials mit dem Inputmaterial nachzuweisen. Zur Kontrolle einzelner Mieten kann weiters die Bestimmung von Hemmfaktoren (gemäß Kapitel 5.2 der ONORM S 2028) sowie sonstiger Eigenschaften (gemäß Kapitel 5.3 der ONORM S 2028) notwendig sein. Um eine unzulässige Verringerung der Schadstoffkonzentrationen durch Verdünnung (z.B. Mischen verschieden belasteter Boden) auszuschließen, ist zu belegen, dass nur tatsächlich mit abbaubaren organischen Schadstoffen verunreinigte Boden oder bodenähnliche Materialien, bei denen ein biologischer Abbau unter den konkreten Rahmenbedingungen des jeweiligen Verfahrens grundsätzlich erfolgen kann, der biologischen Behandlung unterzogen werden. Es können nur solche Materialien gemeinsam behandelt werden, die mit gleichen Schadstoffen in vergleichbaren Konzentrationsbereichen belastet sind. Durch die Differenz der Konzentrationen vor (Eingang) und nach (Ausgang) der Behandlung ist die Schadstoffabnahme nachzuweisen.

Hinsichtlich der Verwendung von Abfallarten (einschließlich der Spezifizierungen) zur Verwertung (oder Beseitigung) wird auf die Anlage 5 der Abfallverzeichnisverordnung verwiesen.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die biologische Behandlung von Kohlenwasserstoff- oder PAK-kontaminierten Boden oder bodenähnlicher Materialien keine mechanisch-biologische Behandlung im Sinne der Deponieverordnung darstellt.

3.2 ÖNORM S 2028 „Biologische Behandlung kontaminierter Böden“

Diese ÖNORM legt die Anforderungen für die biologische Behandlung kontaminierter Böden fest. Ziel der ÖNORM ist es sicherzustellen, dass tatsächlich ein biologischer Abbau der Schadstoffe (z. B. Kohlenwasserstoffe (KW) und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)) stattfindet und nicht nur z. B. eine Verringerung der Schadstoffkonzentrationen durch Verdünnung erfolgt (<http://www.as-search.at/>)

Die ÖNORM dient als Beurteilungsgrundlage für Betreiber und Sachverständige und legt Mindestanforderungen fest. Neben den Verfahrensgrundsätzen behandelt sie Eingangsmaterialien, Voruntersuchungen, Mindestanforderungen an Zwischenlager, die Aufbereitung bei Übernahme, Zuschlagstoffe und Strukturmaterial, Behandlung, Prozessüberwachung, Aufbereitung und Untersuchung des Materials nach Abschluss der Behandlung, Emissionen, Sicherheitsanforderungen und Dokumentation. (<http://www.blt.bmlf.gv.at/vero/mnawa/nr32.pdf>)

**Festlegung von
Mindestan-
forderungen**

4 QUALITÄTSSICHERUNG

4.1 Allgemeines

Die ordnungsgemäße Bodenbehandlung setzt eine zuverlässige Kontrolle und Qualitätsüberwachung von In- und Output, die auf Eigenüberwachung/-kontrolle und einer Fremdüberwachung beruht, voraus.

Wie bereits erwähnt, ist laut Bundesabfallwirtschaftsplan 2011 für die biologische Behandlung kontaminierter Böden in Ex-situ-Verfahren die ÖNORM S 2028 „Biologische Behandlung kontaminierter Böden“ heranzuziehen, anhand derer die Qualität der Behandlung und des behandelten Materials beurteilt werden kann. Diese ÖNORM beinhaltet unter anderem Bestimmungen zur Qualitätssicherung.

Für die anderen angeführten Verfahren zur Bodenbehandlung gibt es keine entsprechenden ÖNORMEN.

4.2 Biologische Verfahren

analytische Kontrolle des Materials

Für eine dem Stand der Technik entsprechende biologische Behandlung KW- und PAK-kontaminierter Böden aus Aushubmaterialien im Ex-situ-Verfahren ist die analytische Kontrolle sowohl der Eingangsströme als auch der Ausgangsströme aus der Aufbereitung erforderlich. Die analytische Kontrolle jedes zu behandelnden Materials hat zumindest die in der Behandlung abzubauenen Schadstoffe zu umfassen.

Zur Kontrolle einzelner Behandlungschargen kann auch die Bestimmung von Hemmfaktoren sowie sonstiger Eigenschaft notwendig sein. Um unzulässige Vermischungen oder Schadstoffverdünnungen auszuschließen, ist zu belegen, dass nur tatsächlich mit abbaubaren organischen Schadstoffen verunreinigte Böden oder Aushubmaterialien, bei denen ein biologischer Abbau unter den konkreten Rahmenbedingungen des jeweiligen Verfahrens grundsätzlich erfolgen kann, der biologischen Behandlung unterzogen werden. Der gemeinsamen Behandlung können nur solche Materialien unterzogen werden, die mit den gleichen Schadstoffen in vergleichbaren Konzentrationsbereichen belastet sind. Durch die Differenz der Konzentrationen vor (Eingang) und nach (Ausgang) der Behandlung ist die Schadstoffabnahme nachzuweisen.

4.2.1 Voruntersuchungen

Die Probenahme erfolgt aus dem angelieferten Material gemäß ÖNORM S 2123-1.

Die Voruntersuchung des Eingangsmaterials sollte folgenden Mindestumfang aufweisen:

- Bestimmung des Schadstoffgehaltes,
- Bestimmung des Wassergehaltes,
- Bestimmung des pH-Wertes aus der Bodensuspension,
- Beschreibung der Textur und Abschätzung der maximalen Wasserhaltekapazität.

Falls darüber hinaus zur Abschätzung des Behandlungserfolges erforderlich, sind noch weitere Parameter (Humusgehalt, mikrobielle Aktivität, Bioverfügbarkeit etc.) zu bestimmen.

4.2.2 Prozessüberwachung

Die Beprobung der Mieten wird während bzw. nach Abschluss der Behandlung durchgeführt:

- Prozesskontrolle: Kontrolle der Schadstoffreduktion oder der Abbaubedingungen innerhalb einer Miete.
- Weitergabe zur Verwertung: Die Probenahme für eine Qualitätskontrolle erfolgt nach Abschluss der Behandlung.
- Weitergabe zur Entsorgung: Die Probenahme ist im Fall der Deponierung anhand der Bestimmungen der DeponieVO 2008 für die Gesamtbeurteilung durchzuführen.

Der Probenahmeplan, die Probenanzahl, die Häufigkeit der Analysen, die Durchführung u. a. m. sind auf die Fragestellung abzustimmen.

4.2.3 Freigabeuntersuchung

Die Freigabeuntersuchung ist entsprechend der geplanten Verwendung und der gesetzlichen Vorgaben zu erstellen (Ausstufungsuntersuchung, Gesamtbeurteilung oder Verwertungsgutachten).

4.2.4 Dokumentation

Die Dokumentation des Behandlungsvorgangs dient insbesondere der Prozesskontrolle und -bilanzierung. Im Betriebstagebuch sind zu dokumentieren:

- Herkunft der Abfälle,
- allfällige Vorbehandlung der Abfälle,
- Aufsetzen der Miete,
- Behandlung,
- Prozesskontrolle,
- nach Abschluss der Behandlung: mechanische Aufbereitung,
- Ergebnis der Freigabeanalyse.

Die Freigabeuntersuchung ist entsprechend der geplanten Verwendung und der gesetzlichen Vorgaben zu erstellen (Ausstufungsuntersuchen, Gesamtbeurteilung oder Verwertungsgutachten gemäß Behandlungsgrundsatz für Bodenmaterialien).

4.3 Chemisch-physikalische Verfahren

4.3.1 Bodenmechanische Parameter

Eine wesentliche bodenmechanische Kenngröße für die Anwendbarkeit einer Bodenwäsche ist der Feinkornanteil des Bodens (< 0,06 mm), der sich aus der Korngrößenanalyse im Labor ergibt. Daneben ist auch der Anteil an Fremdstoffen (z. B. Schlacken, Holz), die als Leichtstoffe aufschwimmen, wichtig. Als weitere nützliche bodenmechanische Standardparameter sind der natürliche Wassergehalt des Bodens und sein Wasseraufnahmevermögen (nach NEFF) zu nennen. Qualitativ zu beurteilen sind ggf. eine Verkittung der Bodenkörner und ihre Porosität; beides kann einen nachteiligen Einfluss auf die Reinigungsleistung einer Bodenwäsche haben (BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 2002).

4.3.2 Chemisch-physikalische Parameter

Die Kenntnis chemisch-physikalischer Parameter wie pH-Wert, Pufferkapazität oder Kationenaustauschkapazität eines Bodens ist für eine erste Beurteilung der Bodenwäsche nicht unbedingt erforderlich. Diese Parameter wirken sich automatisch bei den i. d. R. später noch durchzuführenden Waschversuchen aus und werden bei der Anpassung des Verfahrens auf den Einzelfall entsprechend berücksichtigt (BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 2002).

4.4 Sonstiges

Über die in der Praxis angewandten Qualitäts- und Prozesskontrollen wird im Kapitel 5 zu den einzelnen Anlagen berichtet.

5 ANLAGEN IN ÖSTERREICH

5.1 Allgemeines

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Anlagen ausführlicher beschrieben.

5.2 Mikrobiologische Anlagen

5.2.1 Mikrobiol. Bodenbehandlung: Ökotechna Entsorgungs- und Umwelttechnik Ges.m.b.H

Anlagenstandort

ALTEC Umwelttechnik, Betriebsstätte der OEKOTECHNA Entsorgungs- und Umwelttechnik Ges.m.b.H.
Industriestraße 10
9601 Arnoldstein
Kärnten

Anlagenbetreiber und -eigentümer

Ökotechna Entsorgungs- und Umwelttechnik GmbH
Waldmühlgasse 31
2380 Perchtoldsdorf

Anlagenstatus

Seit dem Jahr 1992 in Betrieb

Anlagenkapazität

Genehmigte Kapazität (Anlagenauslegung):	19.500 t/a gefährliche Abfälle
	30.500 t/a nicht gefährliche Abfälle
Tatsächlicher Durchsatz 2010:	18.083 t

Allgemeine Ausrichtung der Anlage

Abfallbehandlung

- zum Erreichen der Grenzwerte für die Zuordnung zu bestimmten Deponie-
klassen,
- zur Herstellung von mineralischen Materialien für die Verwertung.

Anlagentyp

Mikrobiologische Bodenbehandlungsanlage mittels dynamischen Mietenverfahren (Wendemietenverfahren) ohne zusätzliche Befeuchtung der Mieten (Trockenmietenverfahren).

Anlagenbeschreibung, Verfahrensablauf

In der seit 1992 in Betrieb stehenden, mikrobiologischen Bodenbehandlungsanlage im Industriepark Euronova – Arnoldstein werden ölverunreinigte Böden und eingeschränkt sonstig verunreinigte Böden mikrobiologisch behandelt. Es handelt sich dabei um Verunreinigungen durch Mineralölkohlenwasserstoffe, wie z. B. Motoröl, Heizöl, Benzin, Dieselöl, Kerosin.

Das Bodenreinigungszentrum ALTEC Arnoldstein ist derzeit Österreichs größte nach dem Abfallwirtschaftsgesetz genehmigte stationäre Anlage zur Sanierung von verunreinigtem Erdreich. Die verbaute Fläche beträgt 13.200 m², davon sind 4.200 m² Hallenfläche.

Abbildung 2:
Ökotechna – Gesamt-
ansicht Boden-
behandlungsanlage, im
Vordergrund die Labors
(© ALTEC).



Des Weiteren werden im Werk Arnoldstein Ölschlämme zu Industriebrennstoffen verarbeitet (Pyromulch) oder vererdet (nach dem TERRAFERM[®]-Verfahren²).

Der Abbaumechanismus und der verfahrenstechnische Ablauf bei der Vererdung und Brennstoffherstellung sind identisch.

² TERRAFERM ist ein biologisches Mietenverfahren zur Sanierung und Verwertung von organisch belastetem Erdreich. Das Verfahren ist darauf ausgelegt, alle Prozessparameter im Optimum zu halten. Um dies zu gewährleisten, wird das zu behandelnde Material durch den Einsatz von Spezialmaschinen zerkleinert und homogenisiert. Zugaben an Bodenstrukturmitteln, Nährstoffen und Spurenelementen sowie eine gezielte Anreicherung bodenständiger adaptierter Mikroorganismen beschleunigen den Schadstoffabbau. Biologisch-chemische Untersuchungen begleiten den Prozess. Außer einem separaten Einsatz kann TERRAFERM auch im Verbund mit anderen Verfahren eingesetzt werden. (Quelle www.altec.at)

Funktionsweise des biologischen Abbaus

Die Regeneration belasteter Böden durch mikrobiellen Abbau beruht auf der Fähigkeit von Bakterien und Pilzen, Schadstoffe als Kohlenstoff- und Energiequelle zu nutzen.

Die verunreinigten Böden werden zunächst auf den Gehalt an Schadstoffen und Nährstoffen analysiert. Nach der Bodenvorbereitung, die das Absieben und Brechen des Grobanteils beinhaltet, werden organische Substrate wie Borke, Grünschnitt oder Stroh zur Verbesserung der Bodenstruktur, mineralische Nährstoffe und Spurenelemente zur Versorgung der Bodenmikroorganismen und, falls notwendig, Bakterien und Pilze in den Boden eingebracht.

Es besteht die Möglichkeit standortfremde Mikroorganismen einzusetzen, meist reicht jedoch die Stimulation der autochthonen Bodenflora aus, um eine Optimierung der Reinigungsleistung zu erzielen. Die Steuerung des biologischen Prozesses im Boden erfolgt dadurch, dass die Bedingungen im Boden für die Mikroorganismen optimiert werden. Um das Nährstoffverhältnis, den Sauerstoffgehalt, die Temperatur und den Wasserhaushalt immer am Optimum zu halten wird das Erdreich in einem 14 Tage-Rhythmus mittels Radlader gewendet oder wieder der Aufbereitungsanlage zugeführt.

Der Abbau von Kohlenwasserstoff-Verunreinigungen erfolgt oxidativ oder reduktiv zu anorganischen Stoffen. Dieser biologische Abbau wird auch als Mineralisation bezeichnet.

Verfahrenstechnischer Ablauf

Das angelieferte Material wird zunächst in einer Siebanlage (Trockensiebung mittels Trommelsiebmaschine) sortiert, die Grobfraktion wird in einem Backenbrecher zerkleinert und anschließend der Miete wieder aufgegeben. Vorher werden noch größere Eisenteile, Gesteinsbrocken und Asphalt händisch aussortiert. Kleinere Eisenbestandteile werden nach dem Brechen und Sieben mittels Magnetabscheider abgeschieden.

Abbildung 3:
Ökotechna – Anlieferung
der 300.000sten Tonne
(© ALTEC).



Abbildung 4:
Ökotechna – zu
behandelndes Material
auf Zwischenlager
(© Umweltbundesamt).





Abbildung 5:
Ökotechna – Brecher
und Siebanlage
(© ALTEC).

Das Feinkorn wird mit Kompost (Substrat) und Nährstoffen (anorganische Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen sowie organische Phosphorverbindungen) vermischt, die Zuteilung erfolgt über Substratbunker mit Förderbändern.

Während des Austrages aus der Aufbereitungsanlage durch ein Förderband erfolgt nach Bedarf eine Zugabe der Nährstoff- bzw., wenn notwendig, der Mikrobenlösungen und der Biotensidlösung. Diese Lösungen werden über mehrere Düsen auf das Erdreich aufgespritzt.



Abbildung 6:
Ökotechna – Bedüsung
des Materials
(© ALTEC).

Das vorbehandelte Erdreich wird anschließend von Radladern aufgenommen und in Mietenform ca. 4 m hoch aufgeschüttet. Um aerobe Behandlungsverhältnisse im Mietenkörper zu gewährleisten, wird das Erdreich mittels Radlader in bestimmten Wenderhythmen umgeschichtet. Der Radlader ist mit einer geschlossenen Kabine ausgestattet, die Zuluft wird über einen Aktivkohlefilter gereinigt.

Abbildung 7:
Ökotechna – Aufsetzen
der Mieten (© ALTEC).



Sollte sich bei der laufenden Laborkontrolle herausstellen, dass eine Nährstoffzugabe notwendig ist, dann wird das Material ein weiteres Mal der Aufbereitungsanlage zugeführt.

Nach einer Behandlungsdauer von ca. 6 Monaten entspricht die Restkonzentration der Schadstoffe dem natürlicherweise in Böden anzutreffenden Gehalt.

Das gereinigte Erdmaterial wird nach erfolgter Ausstufung durch das Umweltministerium (Beprobung und Analytik durch akkreditiertes Fremdlabor) je nach Qualität (bautechnische Gutachten) einer Wiederverwendung zugeführt oder deponiert oder thermisch entsorgt.

Wie oben erwähnt, dient die Anlage auch zur Herstellung von Pyromulch. Ziel ist es, ölkontaminierte Schlämme und andere hochkontaminierte Materialien für die Verbrennung aufzubereiten (Konditionierung), die ansonsten durch die mikrobiologische Behandlung nicht erfolgreich behandelt werden können, bzw. deren Behandlung in der Mikrobiologie unwirtschaftlich ist.

Dabei steht hier nicht der Schadstoffabbau im Vordergrund, sondern die Einstellung optimaler Verhältnisse für die Verbrennungsanlagen, d. h. Trocknung, Heizwert- und Korngrößenoptimierung, KonsistenzEinstellung (sehr bindige Materialien sind ungeeignet für Verbrennungsanlagen).

Ausstattung

Die Mieten befinden sich in einer geschlossenen Halle, die gesamte verbaute Hallenfläche beträgt ca. 4.200 m².

Der Hallenboden ist als ca. 200 mm starke Betonmonolithplatte ausgeführt und mit einer 2 mm starken Folie als Sperrschicht gegenüber dem Untergrund ausgelegt. Darunter befindet sich eine mineralische Dichtschicht und ein Flies.

Dieselbe Ausführung gilt auch für das Materialzwischenlager. Dort erfolgt auch die Anlieferung und Übernahme der zu behandelnden Materialien, wobei diese von außen über eine Abwurfkante in separate Boxen abgekippt werden können.

Die Hallen sind durch Rolltore abschließbar und mit CO₂-Messgeräten ausgestattet.

Die Belüftung der Mieten erfolgt durch maschinelles Wenden bzw. Umsetzen.

Die Mieten können auch über Deckenstrahler beheizt werden.

Eine eigene Brückenwaage ist nicht vorhanden, es werden die Wiegeeinrichtungen der Unternehmen A B R G Asamer-Becker Recycling GmbH bzw. Biodiesel Kärnten GmbH mitbenutzt.

Abwassermanagement

Es erfolgt keine Bewässerung der Mieten (Trockenmiete), die natürliche Bodenfeuchte und die Restfeuchte während der Behandlung reichen im Normalfall aus. Eventuell wird gegen Ende der Behandlung etwas nachbefeuchtet.

Eventuell anfallendes Sickerwasser kann über einen Pumpensumpf in der Anlieferungshalle abgepumpt bzw. rückverrieselt werden (kommt allerdings in der Praxis nicht vor, da es sich um ein Trockenmietenverfahren handelt).

Es erfolgt keine Bewässerung der Mieten, beim Behandlungsprozess fallen keine Abwässer an. Die Sanitärwässer werden über das öffentliche Kanalnetz entsorgt.

Abluftmanagement

Die Abluft aus der Anlieferungs- und Behandlungshalle wird erfasst und über einen Biofilter gereinigt, bei Bedarf zusätzlich über einen Aktivkohlefilter (bei sehr geruchsintensive Materialien).

Die Bewilligungsbehörde hat eine Reingaskonzentration von < 30 mg/m³ C_{ges} nach dem Biofilter vorgeschrieben.

Die erfasste Abluftmenge betrug 2010 ca. 6.000 m³/h.

Abbildung 8:
Ökotechna – Abluft-
reinigungsanlage (links
im Hintergrund die
Biofilter)
(© Umweltbundesamt).



Qualitätsmanagement

Vor der Behandlung werden das angelieferte Material auf Art und Menge der Schadstoffe untersucht (Benzin, Diesel, PAK, TOC, Schwermetallgehalte) sowie die Bodenart (sandig bis schluffig) bestimmt. Diese Voruntersuchungen erfolgen sowohl durch das interne Labor als auch durch externe Labors. Wenn keine eindeutigen Aussagen über die Abbaubarkeit der Schadstoffe getroffen werden können, wird das Material entweder nicht übernommen oder, wenn die anorganischen und organischen Parameter eine Weiterbehandlung Richtung Verbrennung oder Deponie zulassen, mechanisch aufbereitet und für das Pyromulchverfahren (Vorbehandlung Richtung Verbrennung) verwendet oder nur gesammelt und zwischengelagert, beprobt und eventuell ausgestuft und anschließend deponiert.

Vor Beginn der Behandlung werden der Schadstoff- und Nährstoffgehalt und der pH-Wert kontrolliert.

Während des Behandlungsprozesses (nach jedem Wendevorgang – in der Regel alle 14 Tage) werden regelmäßige Messung des Wassergehaltes, der Nährstoffgehalte, des Schadstoffgehaltes und gegebenenfalls der Bodenatmung durchgeführt. Sollte der Schadstoffabbau stagnieren, wird der Nährstoffgehalt noch einmal kontrolliert.

Sobald interne Untersuchungen ein Erreichen der behördlich festgesetzten Grenzwerte zeigen, wird ein akkreditiertes Fremdlabor beauftragt, die Probenahme und die notwendigen Analysen durchzuführen.

Die Analytik umfasst die von der Festsetzungsverordnung bzw. Deponieverordnung vorgegebenen Parameter, bei der angestrebten Freigabe der behandelten Böden zusätzlich die von der Kärntner Landesregierung vorgeschriebenen Parameter sowie ein bautechnisches Gutachten nach BRV Richtlinien für Recycling-Baustoffe (grüne Richtlinie).

Zur Bestimmung der Pflanzenverträglichkeit eines Bodens werden zusätzlich Keimpflanzversuche mit Kresse durchgeführt. Als Beurteilungskriterien werden die Wüchsigkeit und die Durchwurzelungsintensität herangezogen.



*Abbildung 9:
Ökotechna –
Kresstests an
behandelten Böden.
Beim dritten von links ist
der Aufwuchs
fehlgeschlagen – dieses
Material wird
höchstwahrscheinlich
deponiert werden
(© Umweltbundesamt).*

Sonstige Anmerkungen

Mit 01.01.2011 wurde die Altec Umwelttechnik GmbH mit Sitz in Wien 23., Liesing mit ÖKOTECHNA fusioniert, die wiederum eine Tochterfirma des ALPINE Mayreder Bau Konzerns ist.

95 % der Anlieferungen erfolgen per Lkw, der Rest mit der Bahn (ein Gleisanschluss ist am Werksgelände vorhanden).

Das Zwischenlager kann ca. 800 t Material aufnehmen, ca. 400 t müssen aber laut Bescheidaufgaben für Materialien aus Unfällen immer freigehalten werden.

Das Umsetzen der Mieten mit Radladern wird als gängige und vernünftige Praxis angesehen. Kompostumsetzer seien bei diesen Materialien nicht praktikabel, da es durch steinige Anteile zu Schäden an den Maschinen kommt.

Bezüglich der Sieblinien der recycelten Materialien ist die Anlage flexibel. In Abhängigkeit von der Beschaffenheit des angelieferten Materials und den gewünschten Fraktionen des Outputmaterials können der Brecher danach eingestellt bzw. das Trommelsieb mit unterschiedlichen Siebeinsätzen ausgerüstet werden.

Die langjährigen Betriebserfahrungen haben gezeigt, dass aus einfach zu behandelnden Materialien – wie z. B. Böden aus Tankstellenliquidierungen – in einem Behandlungszeitraum von 3–6 Monaten wiederverwertbare Produkte erzeugt werden können.

Es gibt aber auch Materialien, deren Dekontamination bis zu 2 Jahre braucht. Dies trifft besonders auf Abfallarten zu, die unter die SN 31424 fallen. Je langkettiger die Kohlenwasserstoffverbindungen sind, desto langwieriger der Abbau.

Erfahrungen haben auch gezeigt, dass die Zugabe von Strukturmaterial im Ausgangsprodukt Probleme im Hinblick auf zu hohe TOC-Gehalte hervorrufen können.

Ebenso ist die Zugabe von bodenfremden Mikroorganismen umstritten, da diese sich erst an die Milieuverhältnisse gewöhnen müssen. Dabei besteht die Gefahr, dass diese von den bereits im Boden vorhandenen Mikroorganismen als leicht aufzuschließende Kohlenstoffquelle bevorzugt „aufgefressen“ werden, wodurch die Reinigungsleistung verlangsamt wird.

Es wird daher versucht, so wenig wie möglich Strukturmaterial und bodenfremde Mikroorganismen zuzugeben und eher optimale Bedingungen für die bereits vorhandenen Mikroorganismen zu schaffen (ausreichende Nährstoffe und Sauerstoffversorgung).

Die ALTEC ist bestrebt, das Inputmaterial so aufzubereiten und zu behandeln, dass im Output wiederverwertbare Materialien entstehen – seien es nun Recycling-Baustoffe für die Bauwirtschaft oder Erden, die natürlichen Böden gleichen. Eine Behandlung in die Richtung, dass das Material deponiefähig wird, wird aufgrund der derzeitigen Marktlage als nicht mehr rentabel angesehen.

Bei den Recycling-Baustoffen (RG-Material) werden die Qualitätsstufen A und A⁺ gemäß den Richtlinien des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes angestrebt. Sollten die Nachkontrollen lediglich Qualität B ergeben, wird das Material in der Regel nochmals behandelt.

*Abbildung 10:
Recyclingmaterial nach
der BRV-Richtlinie:
RG II 0/32 A
(z. B. Frostschutz-
material für den
Straßenbau)
(© Umweltbundesamt).*



Bezüglich der Einhaltung des vorgeschriebenen Abluftgrenzwertes gibt es laut Angaben des Betreibers keine Probleme. Die Konzentrationen an C_{ges} in der Behandlungshalle sind in der Regel um ein Vielfaches niedriger als der Grenzwert.

Daneben gibt es viele Auflagen aus arbeitsmedizinischer Sicht. So sind z. B. das Ausgangsmaterial auf menschenpathogene Keime hin zu untersuchen und die Keim- und Endotoxinkonzentration der Hallenluft zu bestimmen.

Der Aktivkohlefilter wird als „Polizeifilter“ eingesetzt, d. h. nach Bedarf bei besonders geruchsintensiven Belastungen. Dies ist vor allem bei den Abfallarten mit den Schlüsselnummerngruppe SN 54xxx zu beobachten.

Der Anteil an Abfällen, die zwar mit Begleitscheinen angeliefert werden (aufgrund der Herkunft und der Umstände der Entstehung wird dieser Abfalls als gefährlich angenommen), die sich dann aber nach genauerer Analyse als nicht gefährlich herausstellen, ist relativ hoch.

Ergebnisse von Eingangsanalysen haben ergeben, dass bei der Abfallart SN 31423 in ca. 90 % der Fälle dieser Abfall eigentlich nicht gefährlich ist.

Bei der Abfallart SN 31424 wird davon ausgegangen, dass ca. 50–80 % tatsächlich gefährlich sind (PAK, Schwermetalle).

Die Abfälle der Gruppe SN 54xxx erwiesen sich in der Regel als tatsächlich gefährlich.

Typische Abfälle für die Behandlungsschiene Pyromulch sind Abfälle der Gruppe SN 54xxx. Sehr hohe Gehalte an manchen Schadstoffen (z. B. PAK) lassen sich kaum auf Grenzwerte einer Deponieklasse abbauen.

5.2.2 Biolog. Forschungszentrum Neusiedl/Zaya: OMV Austria Exploration u. Production GmbH

Anlagenstandort

Biolog. Forschungszentrum Neusiedl/Zaya
Bahnstraße 34
2183 Neusiedl an der Zaya
Niederösterreich

Anlagenbetreiber und -eigentümer

OMV Austria Exploration u. Production GmbH
Protteser Straße 40
2230 Gänserndorf
Niederösterreich

Anlagenstatus

Seit dem Jahr 1993 in Betrieb

Anlagenkapazität

Genehmigte Kapazität (Anlagenauslegung): **keine Einschränkung**

Allgemeine Ausrichtung der Anlage

Abfallbehandlung

- zum Erreichen der Grenzwerte für die Zuordnung zu bestimmten Deponie-
klassen,
- zur Herstellung von mineralischen Materialien für die Verwertung.

Anlagentyp

Mikrobiologische Bodenbehandlungsanlage mittels dynamischen Mietenverfahren (Wendemietenverfahren) mit Prozesswasserkreislauf (Feuchtmietenverfahren).

Anlagenbeschreibung, Verfahrensablauf

Die Anlieferung des – in externen Labors entsprechend analysierten – Materials erfolgt über die Waage.

Anschließend erfolgt eine Abtrennung von Störstoffen (Beton, Steine) mittels eines Trommelsiebes (Trockensiebung).

Danach erfolgen das Aufbringen auf Mieten und die Zugabe von Strukturmaterial (Stroh).

Die Mieten werden mehrmalig gewendet und anschließend in die Behandlungshalle transportiert.

Hier erfolgt ein Zwangsbelüften durch Druck über einen Belüftungsboden und ein Befeuchten der in der Behandlung befindlichen Mieten.

Eine Temperaturregulierung erfolgt über die Beheizung der Halle und Beheizung der Zuluft.

Als Nährstoffe werden anorganische Stickstoff- und Phosphorverbindungen im Verhältnis von ca. 0,5–1,0 % der behandelten Mengen zugegeben. Die Zugabe erfolgt durch mechanisches Einmischen.

Ausstattung

Die Behandlung der Mieten findet in einer geschlossenen Halle statt. Der Hallenboden ist mit einer 2 mm starken Folie ausgekleidet. Darunter befinden sich Kellerräume.

Der Boden des Lagerbereichs ist in Dichtbeton bzw. Dichtasphalt ausgeführt, darunter befindet sich eine Abdichtung mit einer Folie und einer 2 x 25 cm starken mineralischen Dichtschicht.

Abwassermanagement

Prozess- und Sickerwässer werden im Bereich des Zwischenlagers und der Behandlungsflächen über Drainagerohre erfasst und einem Dichtbetonbecken zugeführt. Überschüssige Prozesswässer werden im Kreislauf zur Befeuchtung der Mieten herangezogen, die Menge beträgt ca. 1.000 m³/a.

Abluftmanagement

Die Abluft der gesamten Behandlungshalle wird erfasst und einem Biofilter zugeführt.

Qualitätsmanagement

Im Zuge der Voruntersuchungen wird das zu behandelnde Material auf KW-Index und KW im Eluat untersucht. Die Analysen werden von einem Fremdlabor durchgeführt.

Die Mieten werden laufend via PC auf Wassergehalt, Sauerstoffgehalt, CO₂-Gehalt und Temperatur überprüft. Begleitend erfolgt eine laufende Kontrolle des Abbauprozesses durch interne Analysen auf KW-Index und CO₂-Gehalt.

Wenn interne Analysen zeigen, dass das Material fertig behandelt ist, erfolgt eine Ausgangsanalyse durch ein externes, akkreditiertes Labor.

Sonstige Anmerkungen

Es werden in dieser Anlage ausschließlich betriebsinterne Abfälle behandelt.

5.2.3 Mikrobiologische Behandlung: OMV Austria Exploration u. Production GmbH

Anlagenstandort

Mikrobiologische Behandlung Deponie Schönkirchen
2241 Schönkirchen
Niederösterreich

Anlagenbetreiber und -eigentümer

OMV Austria Exploration u. Production GmbH
Protteser Straße 40
2230 Gänserndorf
Niederösterreich

Anlagenstatus

in Betrieb

Anlagenkapazität

Genehmigte Kapazität (Anlagenauslegung): **22.000 t/a**

Allgemeine Ausrichtung der Anlage

Abfallbehandlung

- zum Erreichen der Grenzwerte für die Zuordnung zu bestimmten Deponieklassen.

Anlagentyp

Mikrobiologische Bodenbehandlungsanlage mittels dynamischen Mietenverfahren (Wendemietenverfahren) mit Prozesswasserkreislauf (Feuchtmietenverfahren).

Anlagenbeschreibung, Verfahrensablauf

Die Anlieferung des – in externen Labors entsprechend analysierten – Materials erfolgt über die Waage.

Anschließend erfolgt eine Abtrennung von Störstoffen mittels eines Trommelsiebes (Trockensiebung).

Danach erfolgen das Auflegen des Materials in Mieten und die Zugabe von Strukturmaterial (Stroh und teilweise anorganisches Strukturmaterial) und Nährstoffen.

Die Mieten werden laufend gewendet und der Abbauprozess ständig analytisch überwacht.

Nach Prozessende erfolgt der Abtransport des Materials über die Waage zur Beseitigung.

Als Nährstoffe werden anorganische Stickstoff- und Phosphorverbindungen im Verhältnis von ca. 0,5–1,0 % der behandelten Mengen zugegeben. Die Zugabe erfolgt durch mechanisches Einmischen.

Ausstattung

Die Behandlung der Mieten findet im Freien statt. Die Behandlungsfläche ist durch eine 4 x 20 cm starke mineralische Dichtschicht und einer 2 mm starken Folie gegenüber dem Untergrund abgedichtet.

Sickerwässer werden sowohl im Behandlungsbereich als auch im Zwischenlagerbereich durch einen Foliengraben, abgedichtet mit 2 mm starken Folien, abgeleitet.

Abwassermanagement

Prozesswässer werden im Kreislauf zur Befeuchtung der Mieten herangezogen, die Menge beträgt ca. 1.000 m³/a.

Abluftmanagement

Da die Behandlung im Freien stattfindet, ist eine Erfassung der Abluft technisch nicht möglich.

Qualitätsmanagement

Im Zuge der Voruntersuchungen wird das zu behandelnde Material auf KW-Index und KW im Eluat untersucht. Die Analysen werden von einem Fremdlabor durchgeführt.

Zur Prozessüberwachung werden laufend KW-Index und KW im Eluat untersucht.

Wenn der Behandlungsprozess abgeschlossen ist, erfolgt eine Gesamtbeurteilung durch ein externes akkreditiertes Labor.

Sonstige Anmerkungen

Es werden in dieser Anlage ausschließlich betriebsinterne Abfälle behandelt.

5.2.4 Mikrobiologische Anlage: Herbst Entsorgungsgesellschaft mbH

Anlagenstandort

Herbst Entsorgungsgesellschaft mbH
Unterrohr 378
8294 Unterrohr
Steiermark

Anlagenbetreiber und -eigentümer

Herbst Entsorgungsgesellschaft mbH
Unterrohr 378
8294 Unterrohr
Steiermark

Anlagenstatus

Seit dem Dezember 2009 in Betrieb

Anlagenkapazität

Genehmigte Kapazität (Anlagenauslegung): **14.000 t/a**

Allgemeine Ausrichtung der Anlage

Abfallbehandlung

- zum Erreichen der Grenzwerte für die Zuordnung zu bestimmten Deponie-
klassen,
- zur Wiederverwendung als „kulturfähige Erde“ bei einem KW-Index unter
200 mg/kg TS als angestrebtes Behandlungsziel.

Anlagentyp

Mikrobiologische Bodenbehandlungsanlage mittels dynamischen Mietenverfahren (Wendemietenverfahren) ohne zusätzliche Befeuchtung der Mieten (Trockenmietenverfahren).

Anlagenbeschreibung, Verfahrensablauf

Erster Schritt ist die Ausscheidung von Störstoffen. Danach wird das zwischengelagerte Material vor dem Aufsetzen auf Korngröße < 35 mm abgesiebt (Trockensiebung). Das Aufsetzen erfolgt in Mieten mit einer durchschnittlichen Höhe von 2,50 m und einer Breite von 4,50 m. Die Belüftung der Mieten erfolgt durch Wenden bzw. Umsetzen mittels Kompostwender in einer geschlossenen Halle. Als Strukturmaterial wird Grün- und Rasenschnitt sowie Holzhäcksel zugefügt.

Anorganische Nährstoffe werden durch mechanisches Mischen in die Mieten eingebracht.

Ausstattung

Der eigentliche Behandlungsbereich besteht aus einer geschlossenen Halle, mit einem Bodenaufbau aus einer Frostschutzschicht, einer Abdichtungsfolie und 30 cm starkem Beton.

Abwassermanagement

Es erfolgt generell keine Befeuchtung der Hauptrotte, allerdings wird Prozesswasser aus den Nachrotteflächen (Freiflächen, Sickerwassersammelbecken mit 900 m³ Inhalt) zur Temperaturregulierung der Nachrotte rückverrieselt.

Abluftmanagement

Eine technische Erfassung und Behandlung der Abluftströme ist nicht vorhanden.

Qualitätsmanagement

Im Zuge der Voruntersuchungen wird von einem externen Labor der KW-Index der Abfälle bestimmt.

Zur Kontrolle und Steuerung des Behandlungsprozesses werden Sauerstoffgehalt, CO₂-Gehalt und Leitfähigkeit wöchentlich untersucht, Wassergehalt und KW-Index alle zwei Wochen. Temperaturmessungen der Mieten werden täglich durchgeführt.

Die Feststellung des Behandlungserfolges erfolgt durch ein Ausstufungsverfahren anhand der Grenzwerte der Gehalte im Feststoff (Gesamtgehalte) für die Annahme von Bodenaushubdeponien gemäß Anhang 1, DeponieVO 2008.

Sonstige Anmerkungen

Die Anlage ist seit 15.12.2009 in Betrieb – derzeit noch Probetrieb.

5.2.5 Biobeete: Freudenthaler GmbH & Co KG

Anlagenstandort

Schießstand 8
6401 Inzing
Tirol

Anlagenbetreiber und -eigentümer

Freudenthaler GmbH & Co KG
Schießstand 8
6401 Inzing
Tirol

Anlagenstatus

Seit ca. 1990 in Betrieb

Anlagenkapazität

Genehmigte Kapazität (Anlagenauslegung): **keine Einschränkung**

Allgemeine Ausrichtung der Anlage

Abfallbehandlung

- zum Erreichen der Grenzwerte für die Zuordnung zu bestimmten Deponieklassen.

Anlagentyp

Mikrobiologische Bodenbehandlungsanlage mit Einsatz von Mikroorganismen zur Reduktion der Kohlenwasserstoffe.

Anlagenbeschreibung, Verfahrensablauf

Nach der Anlieferung von ölverunreinigtem Erdreich erfolgt eine Analyse. Danach wird das Material mittels Trockensiebung auf eine Korngröße < 100 mm abgesiebt.

Das abgesiebte Material wird in die überdachten Biobeete eingebracht und mit Wasser und geeigneten Mikroorganismen (Bakterien) beregnet. Alternativ wird Wasser aus Bioreaktoren verwendet. Als Düngemittel werden Phosphorverbindungen durch mechanisches Mischen eingebracht. Strukturmaterial kommt nicht zum Einsatz. Die Belüftung der Beete erfolgt passiv durch Luftdiffusion. Nach der Kontrolle des KW-Abbaus erfolgt entweder die Auslieferung auf geeignete Deponien oder das Material geht in die Wiederverwertung.

Ausstattung

Der Behandlungsbereich ist durch eine teilgeschlossene Halle abgedeckt. Der Hallenbereich ist mit einem Betonboden ausgestattet.

Die Biobeete können über eine Bodenheizung erwärmt werden.

Abwassermanagement

Der Hallenboden des Behandlungsbereiches ist mit einem Pumpensumpf ausgestattet.

Das Zwischenlager ist mit einem wasserdichten Betonboden (B 300 WU) ausgestattet. Die Entwässerung erfolgt über ein Gefälle zu Rigolen und wird dem Pumpensumpf zugeführt.

Bei Bedarf werden die rückgeführten Prozesswässer (zur Befeuchtung) über einen Bioreaktor geführt.

Abluftmanagement

Eine technische Erfassung und Behandlung der Abluftströme ist nicht vorhanden.

Qualitätsmanagement

Nach der Anlieferung erfolgt eine Analyse durch ein firmeninternes Labor. Abfälle, die in der Anlage nicht behandelt werden können, gehen in eine externe Entsorgung.

Es erfolgt eine Prozessüberwachung in der Art, dass je nach Erfordernis die relevanten Parameter laufend untersucht werden.

Nach Abschluss der Behandlung erfolgt eine Analyse gemäß den Anforderungen der Deponieverordnung.

5.2.6 Biologie St. Pantaleon: HAELA Abfallverwertung GmbH

Anlagenstandort

Biologie St. Pantaleon
Wagram 1
4303 St. Pantaleon
Niederösterreich

Anlagenbetreiber und -eigentümer

HAELA Abfallverwertung GmbH
Kristein 51
4470 Enns – Kristein
Oberösterreich

Anlagenstatus

Seit Mitte 2005 in Betrieb

Anlagenkapazität

Genehmigte Kapazität (Anlagenauslegung): **100.000 Jahrestonnen**

Allgemeine Ausrichtung der Anlage

Abfallbehandlung

- zum Erreichen der Grenzwerte für die Zuordnung zu bestimmten Deponieklassen,
- zur Herstellung von mineralischen Materialien für die Verwertung.

Anlagentyp

Mikrobiologische Bodenbehandlungsanlage mittels dynamischen Mietenverfahren (Wendemietenverfahren) mit Prozesswasserkreislauf (Feuchtmietenverfahren).

Anlagenbeschreibung, Verfahrensablauf

Angeliefertes Material wird in überdachten Betonboxen zwischengelagert.

Eine Grobabscheidung (z. B. Holzbestandteile) erfolgt bei Bedarf durch ein mobiles Trommelsieb. Durch den Einsatz unterschiedlicher Siebeinsätze kann die Abscheidung an das zu behandelnde Material angepasst werden.



*Abbildung 11:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – verschiedene
Einsätze für das
Trommelsieb
(© Umweltbundesamt).*

Teilweise werden die Böden auch über die neben der Behandlungshalle befindliche Bauschuttrecyclinganlage geführt, falls das Material dafür geeignet ist. Ziel ist eine weitere Abscheidung größerer Bestandteile, die in der Mikrobiologie nicht behandelt werden können (Steine, Metalle) bzw. die Klassierung der Materialien in bestimmte Sieblinienbereiche für die Herstellung von RC-Material.

Die eigentliche mikrobiologische Behandlung findet in einer geschlossenen Halle statt. Hier erfolgt die Aufsetzung zu Mieten mittels Radlader, der mit einem Sieblöffel ausgestattet ist. Durch den Einsatz dieses Löffels erfolgt eine Homogenisierung und Auflockerung des Materials.

Abbildung 12:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – Sieblöffel –
Anbaugerät für Bagger,
Radlader
(© Umweltbundesamt).



Es werden weder Strukturmaterial noch Bakterien zugesetzt. Der Abbau der Schadstoffe wird nur durch die natürlich vorhandene Bakterienpopulation erreicht.

Zur besseren Aufzucht und weiteren Ernährung dieser vorhandenen Bakterien und zur Einstellung des C/N-Verhältnisses werden den Böden handelsübliche landwirtschaftliche Dünger (Stickstoff, Phosphor) zugegeben. Es wird allerdings darauf geachtet, dass nur solche Dünger verwendet werden, die keine Kupferverbindungen enthalten, da diese Probleme im Endprodukt mit sich bringen können. Die Zugabe dieser Nährstoffe erfolgt in Wasser gelöst über eine Beregnungsanlage, die zur Befeuchtung der Mieten dient. Die Beregnung erfolgt über einen mobilen Starkschlagregner.

Die Umsetzung der Mieten erfolgt ebenfalls mit dem Radlader. Die Häufigkeit richtet sich nach der Mientemperatur und der -feuchtigkeit (ca. ein bis zweimal im Monat).

Die Behandlungsdauer richtet sich nach dem Kontaminationsgrad, dem Alter der Kontamination und den Materialeigenschaften. Die kürzeste Dauer war bis dato drei Monate, es kann aber auch bis zu zwei Jahren und mehr dauern.

Das Behandlungsende ist erreicht, wenn das Material zum Recycling geeignet, anderwärtig verwertbar oder deponiefähig ist, wobei auch wirtschaftliche Komponenten zum Tragen kommen.

Ausstattung

Die Boxen für die Zwischenlagerung haben Betonwände, einen Betonboden und sind überdacht.

Die Behandlungshalle hat ebenfalls einen Betonboden und ist durch Rolltore absperrbar. Die Halle ist auch mit Gaswarngeräten ausgestattet.



Abbildung 13:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – Behandlungshalle mit Entwässerungsrigol
am Vorplatz
(© Umweltbundesamt).



Abbildung 14:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – Miete in der
Halle, ganz oben rechts
ist ein Teil der Abluft-
erfassung zu sehen
(© Umweltbundesamt).

Abwassermanagement

Der Betonboden der Behandlungshalle hat ein Gefälle zu Ablaufschächten, wo das Prozesswasser abgeleitet und einem außerhalb der Halle liegenden offenen Sammelbecken zugeführt wird.

Der Manipulationsbereich vor der Halle und den Zwischenlagerboxen ist mit Riegolen ausgestattet. Die hier anfallenden Wässer werden ebenfalls dem Sammelbecken zugeleitet. Das gesammelte Wasser (auch das Niederschlagswasser) wird zur Befeuchtung der Mieten eingesetzt.

*Abbildung 15:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – Lagerboxen mit
zwischenlagertem
Abfällen
(© Umweltbundesamt).*



Abluftmanagement

Der gesamte Hallenbereich ist mit einem Absaugungssystem ausgestattet, die erfassten Abluftströme werden über einen Aktivkohlefilter einem Kamin zugeführt und über Dach abgeleitet.

Die Qualität der Abluft wird regelmäßig durch externe Fachleute überprüft.



Abbildung 16:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – Teil des
Abluftfassungssystems
und Aktivkohlefilter
(schwarzer Behälter)
(© Umweltbundesamt).

Qualitätsmanagement

Es werden jene Parameter überwacht und im Output analysiert, die maßgeblich dafür waren, dass das Material als gefährlich angeliefert wurde und in der Biologie behandelt werden musste.

Falls auch Recyclingmaterial gewonnen werden soll (Bauschuttrecyclinganlage) werden die Fraktionen zusätzlich nach den Vorgaben des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes analysiert.

Bei Deponiefraktionen werden outputseitig die Parameter gemäß den Vorgaben der Deponieverordnung untersucht.

Sonstige Anmerkungen

Die Anlage befindet sich auf dem Firmengelände der Firma Hasenöhr.

Die Boxen für die Zwischenlagerung sind von der Fa. Hasenöhr angemietet, die Halle ist im Eigentum der HAELA.

Die HAELA ist ein Gemeinschaftsunternehmen der Firmen Hasenöhr GMBH (50 % Anteil) und Entsorgungslogistik Austria GmbH (50 % Anteil).

5.3 Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen

5.3.1 Bodenwaschanlage: Abbruch-, Boden- und Wasserreinigungsges.m.b.H. (ABW)

Anlagenstandort

Abbruch-, Boden- und Wasserreinigungsges.m.b.H. (ABW)
Ailecgasse 38
1110 Wien Simmering
Wien

Anlagenbetreiber und -eigentümer

Abbruch-, Boden- und Wasserreinigungsges.m.b.H.(ABW)
Ailecgasse 38
1110 Wien Simmering
Wien

Anlagenstatus

in Betrieb seit 1993

Anlagenkapazität

Genehmigte Kapazität (Anlagenauslegung): **124.800 t/a**

Allgemeine Ausrichtung der Anlage

Abfallbehandlung

- zur physikalischen und chemischen Behandlung von kontaminiertem Feststoff.

Anlagentyp

Chemisch-physikalische Behandlungsanlage für organische und anorganische Abfälle (CPO/CPA)

Anlagenbeschreibung, Verfahrensablauf

Angewandte Verfahren:

- Entgiftung (Oxidation, Reduktion)
- Entwässerung
- Extraktion
- Fällung
- Flotation
- Neutralisation

Beschreibung der Anlage/Verfahrensablauf

Für die Aufbereitung des kontaminierten Feststoffes stehen 70 % der umbauten Betriebsanlagenfläche zur Verfügung, für die Abwasserreinigung 25 % und die Abluftreinigung 5 %.

Vorbehandlung

Der kontaminierte Feststoff wird zuerst auf einer Brückenwaage gewogen und in der Lagerhalle zwischengelagert.

Die Vorbehandlung des Materials findet in der Lagerhalle statt und umfasst neben einer optischen Sortierung auch Brechen, Sieben und Magnetabscheidung.

Aufschluss und Dichtesortierung 1

Die Auflösung von Agglomeraten wird durch zwei in Serie geschaltete Schwertwäscher bewerkstelligt. Der Grobkornaustrag des zweiten Schwertwäschers kann nach der Siebung wahlweise entweder mit einer Setzmaschine sortiert oder als nicht mehr kontaminierte Grobkornfraktion aus dem Prozess ausgeschieden werden. Vom Schwertwäscherüberlauf werden die kontaminierten Leichtstoffe mit Entwässerungssieben abgetrennt.

Reibwäsche

In eigens konstruierten Rührwerken, die besonders hohe Drehmomente aufbringen können, werden durch Reibkräfte an der Körnoberfläche anhaftende Schadstoffe heruntergelöst.

Dichtesortierung 2

Die im Feinkorn verbliebenen Körner geringer Dichte werden mit einem Aufstromsortierer abgetrennt.

Flotation

Im Körnergrößenbereich unter 100 µm können feste Schadstoffträger flotativ abgetrennt werden.

Entwässerung

Die Entwässerung des Grobkornes geschieht durch Schwerkraft, die des Feinkornes mit Sieben, Eindickern und Kammerfilterpressen.

Extraktion

Mit den in der Anlage zwischen den einzelnen Verfahrensstufen installierten Rührwerken wird eine gute Durchmischung des Feststoffes mit dem Prozesswasser erreicht. Dadurch wird ein sehr hohes Ausbringen an Schadstoffen, die in die Feststoffmatrix eingebunden und nur durch Laugung zu lösen sind, erzielt.

Wasserreinigung

In dieser Stufe wird das Prozesswasser soweit aufbereitet, dass dieses in den einzelnen Verfahrensstufen wieder eingesetzt werden kann. Das Kernstück der Wasserreinigung ist eine pneumatische Flotation. Mit dieser Flotationsanlage können emulgierte Kohlenwasserstoffe aus dem Prozesswasser abgeschieden werden. Der Flotation folgt eine chemische Behandlung des Wassers durch Fällung, Neutralisation und Oxidation.

Ein Teilstrom von ca. 10 % wird noch zusätzlich über ein Sand- und Aktivkohlefilter geführt, um eine Anreicherung von feinstkörnigem Feststoff und emulgierten Kohlenwasserstoffen im Prozesswasser zu verhindern.

Abluftreinigung

Aus der gesamten Betriebsanlage und der Lagerhalle wird Luft abgesaugt und der getrennten Nasswäscheranlage zugeführt.

Mitgeführte Feststoffe, Gase und Aerosole werden mit den zwei in Serie geschalteten Wäschern aus der Abluft entfernt.

5.4 Thermische Behandlungsanlagen

5.4.1 Drehrohrofen 1 und 2: Fernwärme Wien GesmbH

Anlagenstandort

Simmeringer Haide
Haidequerstraße 6
1110 Wien, Simmering
Wien

Anlagenbetreiber und -eigentümer

Fernwärme Wien GesmbH
Spittelauer Lände 45
1090 Wien, Alsergrund
Wien

Anlagenstatus

in Betrieb seit 1993

Anlagenkapazität

Genehmigte Kapazität (Anlagenauslegung): **ca. 15.000 t/a**

Allgemeine Ausrichtung der Anlage

Abfallbehandlung

- zur Inertisierung von Abfällen zum Zwecke der Deponierung.

Anlagentyp

Thermische Behandlungsanlage für gefährlichen Abfall

Anlagenbeschreibung, Verfahrensablauf

Die zwei Drehrohrofen der Behandlungsanlage für gefährliche Abfälle wurden 1980 erstmals in Betrieb genommen. Die zweilinige Abgasreinigung wurde 1987 erbaut, die Abgasnachreinigung 1992. In den Jahren 2001 und 2002 mussten die Kessel der beiden Verbrennungslinien erneuert werden. In der Anlage werden gefährliche, feste, pastöse und flüssige Abfälle aus ganz Österreich mit einem mittleren Heizwert von 13.800 kJ/kg verbrannt.

Die Verbrennungsanlage für gefährliche Abfälle besteht aus

- Anlieferung, Lagerung und Beschickung,
- Feuerungssystem,
- Wasser-Dampf-System,
- Abgasreinigung,
- Abwasserbehandlung.

Die gesamte Reinigungsanlage (behandelt auch die Abluft aus den Wirbelschichtöfen 1 bis 3 für die Verbrennung von Klärschlamm) besteht aus

- einem Elektrofilter,
- einer mehrstufigen Abgaswäsche (saurer Wäscher, SO₂-Wäscher, filtrierender Venturiwäscher, Rest-SO₂-Wäscher, elektrodynamischer Venturiwäscher),
- einer Abgasnachreinigung (Festbettadsorber aus Braunkohleaktivkoks),
- einer DeNO_x-Anlage.

Das gereinigte Abgas wird durch den Kamin emittiert.

Die Wirbelschichtöfen 1 bis 3 und die Drehrohröfen 1 und 2 verfügen über eine gemeinsame Abwasserbehandlungsanlage und Energieverwertung.

Drehrohrfentechnologie.³

Zwei Öfen je 12 m lang, Außendurchmesser 4,5 m, ca. 25 cm dicke Feuerfestausmauerung

Drehung: 0,1–0,6 Umdrehungen pro Minute

Verbrennung bei Temperaturen bis 1.300 °C

³ Quelle: Umweltinformation 2008 Werk Simmeringer Haide der Fernwärme Wien

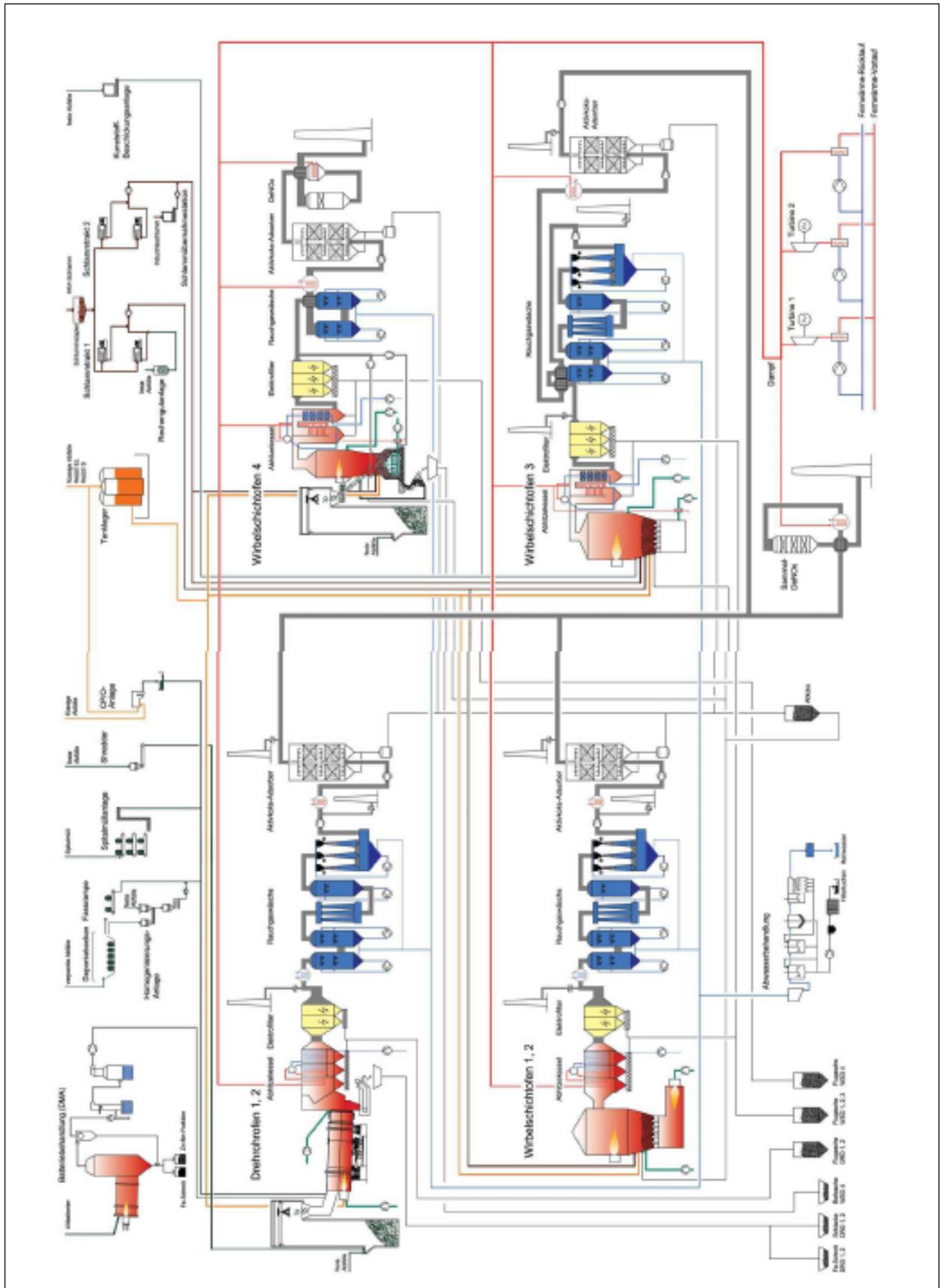


Abbildung 17: Verfahrensfließbild des Werks Simmering Haide (STADT WIEN 2007).

5.4.2 Wirbelschichtofen: ABRG – Asamer-Becker Recycling GmbH

Anlagenstandort

Industriestraße 17
9601 Arnoldstein – Gailitz
Kärnten

Anlagenbetreiber und -eigentümer

ABRG – Asamer-Becker Recycling GmbH
Industriestraße 17
9601 Arnoldstein – Gailitz
Kärnten

Anlagenstatus

in Betrieb

Anlagenkapazität

Genehmigte Kapazität (Anlagenauslegung): **30.000 t/a⁴**

Allgemeine Ausrichtung der Anlage

Abfallbehandlung

- zur Inertisierung von Abfällen zum Zwecke der Deponierung.

Anlagentyp

Thermische Behandlungsanlage für gefährlichen Abfall.

Anlagenbeschreibung, Verfahrensablauf

Das generelle verfahrenstechnische Prinzip der Verbrennung in der Wirbelschicht beruht darauf, dass eine Schüttung aus körnigem, inertem Material (z. B. Sand) in einem Reaktor mit Düsenboden durch Luft entgegen der Schwerkraft so angeströmt wird, dass das Brenngut in einen aufgewirbelten, schwebelähnlichen Zustand gebracht wird. Die Abfälle werden in einem Temperaturbereich von 850 und 950 °C thermisch behandelt.

Sonstige Anmerkungen

Auf der Homepage der ABRG werden im bewilligten Schlüssel-Nr.-Katalog (Stand: 01.04.2004) für den Wirbelschichtofen die SN 31423 und 31424 angeführt. Die Anlage ist aber eine reine Abfallverbrennungsanlage und keine Bodenbehandlungsanlage im engeren Sinne.

Nach telefonischer Auskunft des Betreibers werden im Wirbelschichtofen kontaminierte Böden behandelt, wenn die Behandlung sinnvoll erscheint (organische Belastung). Keine Behandlung erfolgt bei Schwermetallkontaminationen (z. B. Quecksilber). Anfragen zur Behandlung solcher Böden sind eher selten, da die (Mit)Verbrennung gegenüber einer biologischen Behandlung etc. sehr teuer ist. Das heißt, dass eine Behandlung kontaminierter Böden im WSO eher die Ausnahme darstellt.

⁴ Laut Angaben auf der Homepage des Betreibers

5.5 Mechanische Behandlungsanlagen

5.5.1 Bodenwaschanlage: HAELA Abfallverwertung GmbH

Anlagenstandort

Bodenwaschanlage Kristein
Kristein 2
4470 Enns – Kristein
Oberösterreich

Anlagenbetreiber und -eigentümer

HAELA Abfallverwertung GmbH
Kristein 51
4470 Enns – Kristein
Oberösterreich

Anlagenstatus

2011 Umbau (Anpassung an den Stand der Technik)

Anlagenkapazität

Genehmigte Kapazität (Anlagenauslegung): **150.000 Jahrestonnen**
Tatsächlicher Durchsatz 2010: **8.000t (Anlage im Umbau)**

Allgemeine Ausrichtung der Anlage

Abfallbehandlung

- zum Erreichen der Grenzwerte für die Zuordnung zu bestimmten Deponieklassen,
- zur Herstellung von mineralischen Materialien für die Verwertung.

Anlagentyp

Mechanische Anlage zur Bodenbehandlung.

Anlagenbeschreibung, Verfahrensablauf

Die Aufgabe des Materials erfolgt mittels Radlader auf einen Gitterrost, wo eine Grobabscheidung stattfindet. Hier entsteht eine Fraktion mit einer Korngröße zwischen 0 und 150 mm. Fraktionen mit einer Korngröße > 150 mm sind laut Angaben des Betreibers nicht waschbar.

Über ein Förderbandsystem gelangt das Material dann zur eigentlichen Waschanlage, wobei mittels Überbandmagnet vorher noch Eisenteile abgeschieden werden können.

Abbildung 18:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – Aufgabebereich
mit Gitterrost (links) und
Magnetabscheider (Mitte)
(© Umweltbundesamt).



Das Material wird mittels Siebung (Kreisschwingsiebe) unter gleichzeitiger Bedüsung mit Wasser in drei Fraktionen klassiert: 0–4 mm, 4–32 mm und 32–150 mm.

Die Fraktionen 0–4 mm und 4–32 mm durchlaufen danach jeweils eine Waschschnelle, in der diese Fraktionen unter Reibungseinwirkung und Zugabe von Wasser gewaschen und zugleich weitertransportiert werden.

Die Fraktion 32–150 mm durchläuft eine Waschtrommel, mit ähnlicher Wirkungsweise wie die Waschschnellen.

Nach den Schnellen und der Trommel werden die Fraktionen nochmals mit Wasser bedüst und auf separate Haufen abgeworfen.

Für diese Materialien wird erwartet, dass diese einer Verwertung als Recyclingmaterial zugeführt werden können.



Abbildung 19:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – Schwingsiebe
(oben links) und
Waschschnellen
(© Umweltbundesamt).



Abbildung 20:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – Detail
Schwingsiebanlage
(© Umweltbundesamt).

Abbildung 21:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – Ansicht
Waschschnellen mit
Abwurfrutschen
(© Umweltbundesamt).



Abbildung 22:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – Waschanlage,
rechts sichtbar sind die
Waschtrommel, links die
Antriebe der Waschschnellen, darüber die
Siebeinrichtung
(© Umweltbundesamt).



Das Brauchwasser wird in Absetzbecken gesammelt, wo eine Auftrennung in Bodenschlamm und Schwimmschlamm stattfindet.

Beide Schlämme können mit Räumern, ähnlich denen wie sie in Kläranlagen eingesetzt werden, abgezogen werden.



Abbildung 23:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – Schlamm-
absetzbecken, links und
rechts sind die Antriebe
der Schlammräumer
zu sehen
(© Umweltbundesamt).

Der Bodenschlamm wird durch unterirdische Leitungen in Trockenbecken gepumpt, wo er eingedickt werden soll. Insgesamt sind 12 getrennt beschickbare Beckenabschnitte vorhanden. Das abgetrennte Klarwasser wird wieder dem Waschprozess zugeführt. Wenn durch Aufkonzentration diese Wässer nicht mehr für den Waschprozess verwendet werden können, wird geprüft, inwieweit sie einer Kläranlage zugeführt werden können oder anderweitig zu behandeln sind.



Abbildung 24:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – Schlamm-
trockenbecken mit
Schieber für die
separate Beschickung
(© Umweltbundesamt).

Im Winter ist der Betrieb eingestellt, da die Anlage im Betrieb frostfrei gehalten werden muss.

Untersuchungen während eines Probetriebes haben gezeigt, dass der Bodenschlamm eher gering belastet ist. Man hofft, dass dieser zukünftig auf Baurestmassendeponien verbracht werden kann. Eine weitere Option, die auch schon im Probetrieb durchgeführt wurde, ist die weitere Behandlung in der firmeneigenen Mikrobiologie in St. Pantalion.

Der Schwimmschlamm dagegen ist sehr hoch belastet und soll in Big-Bags abgefüllt werden. Das Wandmaterial der Big-Bags soll dabei als Filter wirken, so dass das Wasser austreten kann und der Schlammanteil zurückgehalten wird. Das Wasser soll aufgefangen und dem Prozess zurückgeführt werden. Der Schlamm soll entweder einer Verbrennung zugeführt oder notifiziert ins Ausland zur weiteren Behandlung/Entsorgung verbracht werden.

Ausstattung

Der Aufgabebereich ist im Belebungsbecken (Betonbecken) der Kläranlage der ehemaligen Zuckerfabrik untergebracht. Der gesamte Manipulationsbereich um die Waschanlage und die Schlammbecken wird asphaltiert (10 cm bituminöse Tragschicht, 4 cm Dichtasphaltbelag).

Errichtet wurden auch sechs überdachte Betonlagerboxen zum Zwecke der Zwischenlagerung und ein eigenes Betriebsgebäude.

*Abbildung 25:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – im Hintergrund
die Boxen für Material-
zwischenlagerung, im
Vordergrund die
Schlammtrockenbecken
(© HAELA).*



Die maschinellen Einrichtungen der Wasch- und Siebanlage wurde aus lärmtechnischen Gründen eingehaust, die Schlammbehandlung findet im Freien statt.



Abbildung 26:
HAELA Abfallverwertung
GmbH – fertiggestellte
Anlage inklusive
Einhausung der Wasch-
und Siebanlage
(© HAELA).

Abwassermanagement

Anfallende Oberflächenwässer des Manipulationsbereiches werden in ein Sammelbecken geleitet, und für den Waschprozess verwendet.

Abluftmanagement

Eine Ablufferfassung und -reinigung ist nicht vorgesehen und laut Betreiberangaben nicht erforderlich.

Qualitätsmanagement

Laut Angaben des Betreibers gibt es für die Eingangsmaterialien zumindest eine chemische Analyse gemäß Deponieverordnung. Bei den Ausgangsmaterialien, die auf eine Deponie verbracht werden, wird eine grundlegende Charakterisierung erstellt. Für Materialien, die recycelt werden sollen, wird eine Untersuchung gemäß den Richtlinien des Recyclingverbandes durchgeführt. Zusätzlich erfolgt eine analytische Kontrolle des in der Behandlung abzubauenen Schadstoffes.

Sonstige Anmerkungen

Der Werdegang der Bodenwaschanlage geht auf die Kläranlage der ehemaligen Zuckerfabrik zurück. Das Belebungsbecken wird derzeit als Aufnahmebereich genutzt, auch ein ehemaliges Gebäude wird noch für die Schaltwarte der neuen Anlage verwendet.

Seit 1994 gibt es einen Bescheid für den Betrieb der Bodenwaschanlage. Mitte 2005 wurde der Betrieb aufgenommen.

Ab 2009 hat die HAELA die Anlage übernommen. Die Erkenntnisse aus einem Versuchsbetrieb, bei dem ca. 8.000 t Böden behandelt wurden, flossen in die Umbauarbeiten ein.

Bei diesem Versuchsbetrieb wurden in Kombination mit der Mikrobiologie in St. Pantaleon (siehe Kapitel 5.2.6) ca. 8.000 t Material aus einer Altlast aufbereitet. Dabei konnten durch die Behandlung in der Bodenwaschanlage 7.500 t Recyclingmaterial (Schotter) wiedergewonnen werden, 500 t Material konnten auf eine Baurestmassendeponie entsorgt werden. Der Versuch zeigte, dass die Anlagenkonstellation für eine Reinigung kontaminierter Böden prinzipiell tauglich ist.

Es wurden auch Versuche mit der Zugabe von Tensiden zu den Waschwässern bei schwer zu reinigenden Böden durchgeführt. Das führte zu dem Ergebnis, dass sich durch die Verringerung der Oberflächenspannung kein Schwimmschlamm bildete. Dafür fanden sich im Bodenschlamm hohe Belastungen. Damit fielen erheblich mehr Schlammengen mit hohen Belastungen an, die wiederum weiterbehandelt oder anderweitig entsorgt werden mussten. Künftig wird daher auf eine Tensidzugabe verzichtet.

Weitere Versuche betrafen die Zugabe von Harnstoff zur biologischen Unterstützung bei der Reinigung von Feinsanden. Auch hier ergab sich wieder die Situation, dass sich kein Schwimmschlamm bildete.

Generell ist die Anlage eher für sandige und kiesige Böden geeignet, weniger für stark bindige Böden.

5.6 Mechanische Behandlungsanlagen in Kombination mit Verfestigungs-/Stabilisierungsverfahren

5.6.1 Behandlungsanlage Linz: Bernegger GmbH

Anlagenstandort

Werk Linz
St. Peterstraße 25
4020, Linz
Oberösterreich

Anlagenbetreiber und -eigentümer

Bernegger GmbH
Gradau 15
4591, Molln, Gradau
Oberösterreich

Anlagenstatus

In Betrieb seit 09.07.1996

Anlagenkapazität

Genehmigte Kapazität (Anlagenauslegung): **70.000 t/a**

Allgemeine Ausrichtung der Anlage

Abfallbehandlung

- zum Erreichen der Grenzwerte für die Zuordnung zu bestimmten Deponie-
klassen,,
- zur Herstellung von mineralischen Materialien für die Verwertung.

Anlagentyp

Mechanische Anlage in Kombination mit Verfestigungs-/Stabilisierungsverfahren.

Anlagenbeschreibung, Verfahrensablauf

Die Abfälle werden wie folgt behandelt:

Nicht gefährliche inerte Baurestmassen:

- Zerkleinerung mittels Backenbrecher und Kegelschredder,
- Klassierung mit Stabrost und Schwingsieben,
- Sortierung durch Magnetabscheider, Handsortierer,
- Zwangsmischverfahren mit einer ÖNORM geprüften Transportbetonmisch-
anlage.

Die Behandlungsart ist abhängig von den jeweils zum Einsatz gelangenden Ab-
fallarten.

Kontaminierte Abfälle (nicht gefährliche, kontaminierte Baurestmassen):

Abhängig von den Analyseergebnissen durch ein autorisiertes Labor werden die Abfälle verwertet bzw. zur Entsorgung vorbereitet. Ist eine Verwertung nicht möglich, so werden die Abfälle derart behandelt, dass eine möglichst reaktionsarme und konditionierte Ablagerung möglich ist.

Gefährliche Abfälle:

Diese Abfälle werden – abgesehen von Notfällen – nur nach Vorlage einer analytischen Beurteilung durch eine fachkundige Person vom Konsenswerber übernommen.

Bei der Zwischenlagerung dieser Abfallklasse wird nach den ADR- bzw. RDI Regelungen vorgegangen.

Die Transportbetonmischanlage wird zur Konditionierung solcher Abfälle bei Bedarf in der Halle auf entsprechend abgedichtetem Untergrund betrieben.

Folgende Aggregate kommen zum Einsatz:

- Mobiler Backenbrecher als Vorbrechanlage mit Dieselantrieb,
- mobiler Kegelbrecher als Nachbrecher mit Dieselantrieb,
- mobile Klassieranlage mit Dieselantrieb (Trockensiebung),
- mobile Sortieranlage,
- Radlader,
- 20 t Hydraulikbagger.

Die Ausscheidung von Störstoffen erfolgt durch Sortierung und Magnetabscheidung.

Ausstattung

Die Anlage besteht aus zwei Hallen (teilgeschlossen) und einer Freifläche. Die Freifläche ist wie folgt aufgebaut:

- 50 cm Frostkoffer,
- 10 cm Planum,
- 6 cm Dichtasphalt BTD16.

Die erste Halle (601) ist mit einem 20 cm starken Betonboden (wasserundurchlässig mit erhöhter chemischer und mechanischer Widerstandsfähigkeit und der Zugabe eines ölabweisenden Bindemittels) ausgeführt.

Der Boden der zweiten Halle (603) ist mit einer 6 cm starken Schicht aus Dichtasphalt ausgeführt.



Abbildung 27:
Bernegger GmbH Linz –
Halle zur Behandlung
und Zwischenlagerung
(© www.bernegger.at).

Abwassermanagement

Die anfallenden Oberflächenwässer werden über ein Retentionsbecken, einen Kompaktschlammfang und einen Ölabscheider in den Reinwasserkanal der Borealis Agrolinz Melamine (ehem. Agrolinz Melamin GmbH) eingeleitet.

Zur Abgrenzung aller überdachten Hallenflächen zu den nicht überdachten Freiflächen wurde eine ca. 10 cm hohe Schwelle errichtet.

Die Gefällsausrichtung der befestigten Flächen ist so ausgeführt, dass an jedem Punkt das Wasser in das Retentionsbecken abfließen kann.

Abluftmanagement

Eine Ablufferfassung und -behandlung ist nicht vorhanden.

Qualitätsmanagement

Die Prüfung der Materialien erfolgt nach Aussehen und Geruch vor Ort.

Weitere Voruntersuchungen (relevante Parameter, z. B. KW bei ölverunreinigten Böden) werden unter Heranziehung eines externen Experten durchgeführt.

Ferner werden die Sieblinien und Korngrößenverteilungen in den aus dem Asphalt-/Abbruchrecycling gewonnenen Produkten überwacht.

Für Materialien die auf die Deponie verbracht werden wird eine Vollanalyse gem. DeponieVO 2008 durchgeführt.

Sonstige Anmerkungen

Dieser Standort ist örtlich im Chemiepark Linz angesiedelt und verfügt über eine Transportbetonmischanlage mit CO₂-Zuschlagsstoffkühlung, einer befestigten und mit Ölabscheider ausgestatteten Lagerhalle und Lagerboxen zur Zwischenlagerung und Aufbereitung von kontaminierten Böden und gefährlichen Abfällen, einer Recyclinganlage, einem Labor, einem Verwaltungstrakt und einer Brückenwaage.

Durch Anschluss an das Gleisanlagensystem des Chemieparks Linz ist auch eine Verlegung der Transporte auf die Schiene möglich.

5.6.2 Behandlungsanlage Ternberg: Bernegger GmbH

Anlagenstandort

Werk Ternberg
Maireben 50
4452, Ternberg
Oberösterreich

Anlagenbetreiber und -eigentümer

Bernegger GmbH
Gradau 15
4591, Molln, Gradau
Oberösterreich

Anlagenstatus

In Betrieb seit 11.05.1993

Anlagenkapazität

Genehmigte Kapazität (Anlagenauslegung): **63.000 t/a**

Allgemeine Ausrichtung der Anlage

Abfallbehandlung

- zum Erreichen der Grenzwerte für die Zuordnung zu bestimmten Deponie-
klassen,
- zur Herstellung von mineralischen Materialien für die Verwertung.

Anlagentyp

Mechanische Anlage in Kombination mit Verfestigungs-/Stabilisierungsverfahren.

Anlagenbeschreibung, Verfahrensablauf

Fremdmaterialien werden manuell vor dem Brechen bzw. schon vor der Anlieferung auf der Baustelle entfernt. Freigemachte Bewehrungsseisen werden als Schrott abgegeben.

Kontaminiertes Aushubmaterial, dessen Zusammensetzung und Beschaffenheit durch Untersuchungen bekannt ist, wird durch Abbinden mit Zement konditioniert.⁵

Recycling von Aufbruchasphalt – Recycling von Bauschutt:

Die Aufbereitung erfolgt in zwei Schritten:

- a. Vorbrechen des Asphaltaufbruchs mit mobiler Backenbrechanlage.
- b. Nachbrechen des vorgebrochenen Materials mit der mobilen Kreiselbrechanlage und Sieben auf definierte Korngrößen. Dieses Material wird in der Lagerhalle zwischengelagert und in der Asphaltmischanlage bzw. auf Baustellen wieder eingesetzt.

⁵ Originalzitat des Betreibers. Begriffsbestimmung nicht konform der DeponieVO 2008 i.d.g.F.

Der angelieferte Bauschutt wird mit einer mobilen Backenbrechanlage vorgebrochen und über die Siebanlage auf die definierte Korngröße sortiert. Fremdmaterialien wie Holz und Kunststoff werden manuell vor dem Brechen bzw. schon vor der Anlieferung auf der Baustelle entfernt. Die freigemachten Bewehrungsseisen werden als Schrott abgegeben.

Bei der Vorbrechanlage handelt es sich um das Modell Lokotrac 100R-mobil mit einem Eigengewicht von 48,5 t. Als Zusatzgeräte kommen ein Spaltsortierer und Auslaufförderer für das feine Material sowie ein Magnetabscheider zur Abscheidung von ferromagnetischen Bestandteilen zum Einsatz. Als Antrieb dient ein Dieselmotor mit 155 kW Leistung bei 1.900 U/min. Die Bandförderer, Zusatzgeräte und die Raupe werden hydraulisch angetrieben, der Brecher mit Keilriemenantrieb.

Als Nachbrechanlage wird das Modell Lokotrac 800-mobil mit einem Eigengewicht von 39 t verwendet. Als Antrieb kommt ein Dieselmotor mit einer Leistung von 150 kW bei 1.800 U/min zum Einsatz. Der Brecher, das Sieb, die Bandförderer und die Raupen werden hydraulisch angetrieben.

Die Vor- und Nachbrechanlagen sind mit einer Berieselungseinrichtung ausgestattet.

Technische Konditionierung⁶ von kontaminiertem Aushub- und Abbruchmaterial.

Die Bernegger GmbH übernimmt nur Materialien zur Konditionierung, deren Zusammensetzung und Beschaffenheit durch Untersuchungen bekannt ist und bei denen durch entsprechende Vorversuche der Behandlungserfolg durch das Konditionierungsverfahren sichergestellt ist. Generell werden Aushub- und Abbruchmaterialien nach Aussehen und Geruch vor Ort bereits geprüft. Bei begründetem Verdacht werden im Labor die Parameter Leitfähigkeit, pH-Wert und TOC bestimmt.

Die Konditionierung erfolgt durch Abbinden des kontaminierten Materials mit Zement, wobei zur Ausbildung eines entsprechend dichten Gefüges Zusatzmittel wie Betonverflüssiger und Hydrophobierungsmittel zudosiert werden. Es kommen zwei Verfahren zum Einsatz:

a. Konditionierung in einer Zwangsmischanlage (Zwangsmischverfahren)

Dieses Verfahren wird für die Konditionierung leicht bindiger oder sandiger Böden angewendet.

Die Materialien werden je nach Notwendigkeit mit den betriebseigenen Aufbereitungsanlagen (Brecher, Siebung) nach einer Sieblinie aufbereitet, so dass die Einhaltung eines Sieblinienbandes gewährleistet ist. Die Durchmischung zu einem homogenen Gefüge erfolgt in einer ÖNORM-geprüften Zwangsmischanlage. In die Mischanlage werden die einzelnen Komponenten ÖNORM-gerecht nach entsprechenden Rezepten verwogen und beigemischt. Anschließend wird das konditionierte Gut verdichtet, wobei folgende Verfahrensweisen angewendet werden: Vergießen in Blöcke; Verdichtung als Flaschenrüttler; Aufbringen in Flächen; Verdichtung mit Straßenwalze.

⁶ Bezeichnung durch den Betreiber

b. Konditionierung mit Bodenfräse (Fräsverfahren)

Dieses Verfahren wird für die Konditionierung stark bindiger Böden wie Lehm oder Ton eingesetzt. Aufgrund der Klebrigkeit von Lehm und Ton ist die Durchmischung im Zwangsmischer nicht möglich.

Bei diesem Verfahren wird das zu behandelnde Material ebenfalls nach einer Sieblinie aufgearbeitet. Anschließend erfolgt mit einem Radlader eine flächenmäßige Verteilung in der Lagerhalle. Damit eine einheitliche Schichtdicke gewährleistet ist, wird das kontaminierte Gut durchgefräst. Die flächenmäßige Bindemittelzugabe erfolgt mit einer handelsüblichen Streumaschine.

Anschließend werden die Bindemittel und das zu konditionierende Gut mittels einer Straßenfräse vermischt. Das Anmachwasser mit dem Additiv wird während des Vermischens mit der Fräsmaschine zudosiert. Die Verdichtung des behandelten Materials erfolgt mit einer Straßenwalze.

Das konditionierte Gut wird nach entsprechender Aushärtung (7–14 Tage) durch die Entnahme von Bohrkernen neuerlich von einer staatlich befugten Prüfanstalt auf die Zuordnung zu einer Deponieklasse (Eluat) überprüft.

Ausstattung

Das Baurestmassen-Zwischenlager ist auch zugleich der Behandlungsbereich und das Zwischenlager für kontaminierte Böden und gefährliche Abfälle, und besteht aus einer 5.000 m² großen Halle mit Flugdach.

Der Boden der Lagerhalle sowie die anschließenden Freiflächen sind in Dichtasphalt ausgeführt.



Abbildung 28:
Bernegger GmbH
Ternberg –
Baurestmassen-
Zwischenlager
(© www.bernegger.at).

Abbildung 29:
Bernegger GmbH
Ternberg – Auf-
bereitungsgeräte im
Einsatz
(© www.bernegger.at).



Abwassermanagement

Die Asphaltflächen sind mit Gefälle zu im Freien befindlichen Einlaufschächten mit Ableitung zu einem Sickerwasserbecken bzw. im Gebäude zu zwei Sammel-schächten mit Pumpensumpf hergestellt.

Die Wässer werden über einen Kompaktschlammfang und einen Ölabscheider in die öffentliche Kanalisation abgeleitet.

Abluftmanagement

Eine Ablufferfassung und -behandlung ist nicht vorhanden.

Qualitätsmanagement

Siehe auch Verfahrensablauf.

Die Prüfung der Materialien erfolgt nach Aussehen und Geruch vor Ort.

Weitere Voruntersuchungen (relevante Parameter, z. B. KW bei ölverunreinigten Böden) werden unter Heranziehung eines externen Experten durchgeführt.

Die Prozesssteuerung erfolgt durch Untersuchung der entscheidenden Parameter im Produkt und durch laufende Beobachtung des Behandlungsfortschrittes.

Ferner werden die Sieblinien und Korngrößenverteilungen in den aus dem Asphalt-/Abbruchrecycling gewonnenen Produkten überwacht.

Durch Untersuchungen der physikalischen Eigenschaften des behandelten Materials bei Asphalt- und Betonabbruch erfolgt die Feststellung, dass der Behandlungsprozess abgeschlossen ist und das behandelte Material deponiert oder anderweitig verwertet werden kann.

Für zu deponierende Materialien wird eine Vollanalyse gem. DeponieVO 2008 durchgeführt.

5.7 In Planung befindliche Anlagen

Die Firma Plattner & Co Kalkwerk Zirl in Tirol GmbH & Co KG mit Sitz in 6170 Zirl hat mit einer Partnerfirma ein Projekt zur Behandlung kontaminierter Böden eingereicht. Mit einer Verwirklichung der Anlage ist nach telefonischer Auskunft ungefähr im Jahr 2013 zu rechnen.

6 LITERATURVERZEICHNIS

- ALEWELL, C. (2010): Bodensanierung und Altlasten. Kapitel 1b: physikalisch-chemisch. Institut für Umweltgeowissenschaften.
- ALEWELL, C. (2010): Bodensanierung und Altlasten. Kapitel 2b: biologisch. Institut für Umweltgeowissenschaften.
- ARV (2009): Merkblatt: Behandlung von belasteten Bauabfällen in Anlagen (ex situ). Stand der Technik von Entsorgungs- und Verwertungsverfahren. Aushub-, Rückbau- und Recycling-Verband Schweiz. Kloten.
- BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (Hrsg.) (2002): Bodenbehandlung – Stand der Technik und neue Entwicklungen. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2011): Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011. Wien.
- DÖRNER, M. (2006): Bodensanierung, Rekultivierung und Renaturierung veränderter Böden. Seminar Bodenschutz WS 05/06.
- FIEDLER, S. & LANGE, F.-M. (2006): Sanierungstechniken, Bodenmanagement und Sanierung. Uni Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortlehre, Sommersemester 2006.
- HOFFMANN, J. (2009): Entwicklung der biologischen Altlastensanierung in Deutschland. URS Deutschland GmbH.
- HUPE, K.; HEYER, K.-U. & STEGMANN, R. (2000): Biologische Bodenreinigung. Methoden der Boden- und Grundwassersanierung. Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft, Hamburg.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.) (2005a): Biologische Bodenbehandlung. Leistungsbericht 57, Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Leistungsbuch Altlasten und Flächenentwicklung 2004/2005, Band 20, Essen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.) (2005b): Chemisch-physikalische Bodenbehandlung (on-site/of-site). Leistungsbericht 56, Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Leistungsbuch Altlasten und Flächenentwicklung 2004/2005, Band 20, Essen.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.) (2005c): Thermische Behandlung (on-site/off-site). Leistungsbericht 55, Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Leistungsbuch Altlasten und Flächenentwicklung 2004/2005, Band 20, Essen.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1991): Handbuch Mikrobiologische Bodenreinigung. Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1993): Handbuch Bodenwäsche. Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1994): Immobilisierung von Schadstoffen in Altlasten. Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle. Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1996): Mikrobiologische Verfahren bei der Altlastensanierung. Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle. Karlsruhe.

- LÜDERITZ, V. (2010): Ökotechnologische Bodensanierung. Hochschule Magdeburg-Stendal.
- UMWELTBUNDESAMT (1993): Mikrobiologische Bodensanierung, Theorie und Praxis, Tagungberichte Band 11, Umweltbundesamt Wien.
- MÜLLER, P. (2006): Chemisch-physikalische Bodenaufbereitungsanlage der ABW. Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik (IAE), Montanuniversität Leoben.
- RÖHRS, J. (2003): Untersuchungen zur elektrochemischen Bodensanierung für die Stoffklasse der hochsiedenden aliphatischen Chlorkohlenwasserstoffe. Dissertation. Dresden.
- STADT WIEN (2007): Wiener Abfallwirtschaftskonzept 2007. Wien.
- STUPP CONSULTING GMBH – DSC (2011): Verfahren zur Sicherung/Sanierung kontaminierter Standorte, Ex-situ-Verfahren.
- UMWELTBUNDESAMT (2010): Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen in Österreich 2009.
- WEIMANN K. (2007): Bodensanierung. BAM, Gastvorlesung Bauhaus Universität Weimar.
- WISKAMP, V.; HÜTTENHAIN, S.; LEHR, R. & PAFFRATH, G. (1998): Bodensanierung. Chem. Sch. 45 (1998).

Rechtsnormen und Leitlinien

- Abfallwirtschaftsgesetz 2002
- Deponieverordnung
- DIN 38409-H18
- Festsetzungsverordnung
- ÖNORM EN 12620
- ÖNORM EN 13242
- ÖNORM S 2028:2004 04 01: Biologische Behandlung kontaminierter Böden
- ÖNORM S 2072
- ÖNORM S 2123-1
- Österreichische Abfallverzeichnisverordnung

Internet-Links

- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH: ÖNORM S 2028. 24.11.2010 <http://www.as-search.at/>
- BLT – Biomass Logistics Technology: Kontaminierte Böden biologisch richtig behandelt. 24.11.2010 <http://www.blb.bmf.gv.at/vero/mnawa/nr32.pdf>
- PORTAL DER WIRTSCHAFTSKAMMERN: <http://portal.wko.at>
- ARGE GROUND UNIT: 2011
http://www.groundunit.at/http://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=wko&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fportal.wko.at%2F&ei=sgygToSdEdHcsgaG_NHuAg&usq=AFQjCNEK0dt6lZA BCFrPDdR08tGy_Sp2Hw&cad=rja

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at

Der vorliegende Report des Umweltbundesamt beschreibt stationäre Anlagen zur Behandlung von kontaminierten Böden in Österreich, hinsichtlich unterschiedlicher Ex-situ-Verfahren und Technik. Von den 18 erhobenen Bodenbehandlungsanlagen wenden zehn Anlagen-mikrobiologische Verfahren, drei mechanische Verfahren, zwei mechanische Behandlungsverfahren in Kombination mit Verfestigung/Stabilisierung, weitere zwei thermische Verfahren und eine chemisch-physikalische Verfahren an.

In den beschriebenen Bodenbehandlungsanlagen werden sowohl kontaminierte Böden als auch andere gefährliche und nicht gefährliche Abfallarten behandelt. Das primäre Ziel der Behandlung verunreinigter Böden ist die Reduktion der Kontaminationen für die Zuordnung zu bestimmten Deponieklassen und die Herstellung mineralischer Materialien für die Verwertung.