

# **Umlagerung und Rückbau von deponierten Abfällen**

**ATV-DVWK/VKS - Arbeitsbericht**

herausgegeben vom  
**ATV-DVWK/VKS Fachausschuss 3.6 “Deponien”**

# **Umlagerung und Rückbau von deponierten Abfällen**

## **ATV-DVWK/VKS - Arbeitsbericht**

Mitglieder des Fachausschusses 3.6 "Deponien":

Dipl.-Ing. P. Bothmann, LfU Baden-Württemberg

Prof. Dr. H. Doedens, Universität Hannover

Dipl.-Ing. R. Eitner, IWA Ennigerloh

Dr.-Ing. B. Engelmann, UBA Berlin

M.Sc. G. Gay, FMPA Stuttgart

F. Haarmann, EDG Dortmund

Dipl.-Ing. K. Heyer, IfA Hamburg

Dipl.-Ing. M. Koch, BASF Ludwigshafen

Dipl.-Ing. H. Geier, Verwertungs-und Deponie GmbH Rosenow

Dr. M. Rapphel, Halle-Lochau-Deponie Döllnitz

Dipl.-Ing. H. Ringe, GfA Lüneburg

Prof. Dipl.-Ing. G. Rettenberger, FH Trier

Dipl.-Ing. S. Steinkamp, Abfallwirtschaftsbetrieb Hannover

Dipl.-Ing. P. Pohlen, Rhein-Main-Deponie Flörsheim-Wicker

Dipl.-Ing. B. Schulte, GVoA Hille

Dipl.-Ing. M. Rakete, Lkrs. Göttingen

und Roman Weiß, Oberderdingen

## **Vorbemerkung**

Dieser Statusbericht soll eine Übersicht über Rückbaumaßnahmen bei Deponien geben. Um möglichst vollständig zu informieren, wurden sowohl schon durchgeführte als auch erst beabsichtigte Projekte aufgenommen. Besonders interessant und gut dokumentiert waren dabei Versuchs- und Forschungs-vorhaben. In Teil 1 dieses Berichtes werden deshalb beispielhaft drei solcher Vorhaben beschrieben.

In Teil 2 wird der Versuch unternommen, besonders geeignet erscheinende Aufbereitungs- und Behandlungstechniken für Altmüll aus dem Rückbau darzustellen und zu bewerten.

Einige - auch wichtige - Bereiche des Deponierückbaus konnten nicht abgehandelt werden, so zum Beispiel die Bereiche Arbeitsschutz und Nachbarschaftsschutz oder die Techniken des Abgrabens und Transportierens. Hier muß auf vorhandene Richtlinien und auf die einschlägige Literatur verwiesen werden.

Die Informationen zu diesem Bericht entstammen in der Hauptsache aus Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und Seminarbänden sowie aus Forschungsberichten und Gutachten. Bei zehn Projekten wurden außerdem vor Ort Informationen eingeholt.

Einen wesentlichen Beitrag zur Erstellung der Übersichtsliste lieferten einige Umweltbehörden anderer Bundesländer, die als Folge unserer Umfrage noch zahlreiche Projekthinweise gaben. Dafür sei ihnen besonderer Dank gesagt.

# **TEIL 1**

## **Rückbau von Deponien - Forschung, Planung, Praxis**

### **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>6</b>
<b>2. DEFINITION DES DEPONIERÜCKBAUS</b>	<b>6</b>
<b>3. ZIELE DES DEPONIERÜCKBAUS</b>	<b>6</b>
<b>4. VORBEREITUNG UND PLANUNG</b>	<b>7</b>
<b>5. DURCHFÜHRUNG</b>	<b>8</b>
<b>6. RECHTLICHE GRUNDLAGEN</b>	<b>9</b>
<b>6.1 Genehmigungsverfahren</b>	<b>9</b>
<b>6.1.1 Durchführung eines einzelnen Genehmigungsverfahrens</b>	<b>10</b>
<b>6.1.2 Durchführung von zwei Genehmigungsverfahren</b>	<b>10</b>
<b>7. PROJEKTÜBERSICHT</b>	<b>11</b>
<b>8. PROJEKTDESCHREIBUNGEN</b>	<b>20</b>
<b>8.1 Deponie Burghof, Vaihingen-Horrheim</b>	<b>20</b>
<b>8.1.1 Allgemeines</b>	<b>20</b>
<b>8.1.2 Altmülluntersuchung / -behandlung</b>	<b>21</b>
<b>8.1.3 Zusammenfassung</b>	<b>24</b>
<b>8.2 Deponien Schöneiche und Schöneicher Plan</b>	<b>25</b>

8.2.1 Allgemeines	25
8.2.2 Voruntersuchungen	26
8.2.3 Altmüllbehandlung	26
8.2.4 Altmülluntersuchungen	29
8.2.5 Zusammenfassung	31
8.3 Deponie Düsseldorf-Hubbelrath	32
8.3.1 Allgemeines	32
8.3.2 Altmülluntersuchung / -behandlung	32
8.3.3 Zusammenfassung	34

## **Literaturverzeichnis**

für Teil 1 und Teil 2 unter **Punkt 6. in Teil 2**

## Abbildungsverzeichnis Teil 1

<b>Abb.1:</b>	<b>Verfahrensschritte beim Deponierückbau</b>	<b>8</b>
<b>Abb.2:</b>	<b>Schema der Geruchsstabilisierung</b>	<b>21</b>
<b>Abb.3:</b>	<b>Aufbereitungsschritte beim Deponierückbau (Vaihingen-Horrheim)</b>	<b>23</b>
<b>Abb.4:</b>	<b>Projektphasen Schöneiche / Schöneicher Plan</b>	<b>25</b>
<b>Abb.5:</b>	<b>Ablaufplan der mechanischen Aufbereitung</b>	<b>27</b>
<b>Abb.6:</b>	<b>Korngrößenanalyse: Altmüll-Schöneiche</b>	<b>29</b>
<b>Abb.7:</b>	<b>Korngrößenanalyse: Altmüll-Schöneiche Plan</b>	<b>29</b>
<b>Abb.8:</b>	<b>Zusammensetzung des Gesamtschurfs (SE)</b>	<b>30</b>
<b>Abb.9:</b>	<b>Zusammensetzung des Gesamtschurfs (SP)</b>	<b>30</b>
<b>Abb.10:</b>	<b>Sortieranalyse Deponie Hubbelrath (Bohrgut)</b>	<b>33</b>
<b>Abb.11:</b>	<b>Verwertungsmöglichkeiten der Altmüllfraktionen</b>	<b>35</b>

## Tabellenverzeichnis Teil 1

<b>Tab.1:</b>	<b>Deponierückbauprojekte</b>	<b>12-19</b>
<b>Tab.2:</b>	<b>Kostenübersicht Deponierückbau (Investitions- und Betriebskosten)</b>	<b>24</b>
<b>Tab.3:</b>	<b>Ergebnisse der Deponiegasanalysen (SP, SE)</b>	<b>26</b>
<b>Tab.4:</b>	<b>Vergleich der Rottesystem</b>	<b>28</b>
<b>Tab.5:</b>	<b>Vergleichswerte für Bauschutt und Werte der Bohrgutanalysen</b>	<b>34</b>

## **Teil 2**

<b>DARSTELLUNG UND BEWERTUNG VON AUFBEREITUNGS- UND BEHANDLUNGSTECHNIKEN FÜR ALTMÜLL AUS DEM DEPONIERÜCKBAU</b>	<b>36</b>
<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>36</b>
<b>2. MECHANISCHE AUFBEREITUNGSVERFAHREN</b>	<b>36</b>
<b>2.1 Klassierung</b>	<b>39</b>
<b>2.2 Sortierung</b>	<b>41</b>
<b>2.3 Zerkleinerung</b>	<b>44</b>
<b>3. BIOLOGISCHE ABFALLBEHANDLUNG</b>	<b>45</b>
<b>3.1 Aerobe Verfahren</b>	<b>45</b>
<b>3.1.1 On-site (Rotte)</b>	<b>45</b>
<b>3.1.2 In-situ-Belüftung</b>	<b>47</b>
<b>4. THERMISCHE ABFALLBEHANDLUNG</b>	<b>50</b>
<b>4.1 Verbrennungstechnische Eigenschaften</b>	<b>53</b>
<b>4.2 Schadstoffe</b>	<b>53</b>
<b>4.3 Wirtschaftlichkeit</b>	<b>54</b>
<b>5. KOSTEN</b>	<b>55</b>
<b>6. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>57</b>

## **Abbildungsverzeichnis Teil 2**

<b>Abb. 21: Verfahrensfließbild einer mechanischen Aufbereitungsanlage</b>	<b>40</b>
<b>Abb. 22: Siebtrommel</b>	<b>42</b>
<b>Abb. 23: Überbandmagnet</b>	<b>43</b>
<b>Abb. 24: Steigrohrsichter</b>	<b>44</b>
<b>Abb. 25: Schrägsortiermaschine</b>	<b>45</b>
<b>Abb. 26: Schematische Darstellung des Rotte-Filter-Verfahrens</b>	<b>50</b>
<b>Abb. 27: Schematische Darstellung des Bio-Puster-Verfahrens</b>	<b>51</b>
<b>Abb. 28: Verfahrensschritte einer thermischen Behandlungsanlage</b>	<b>53</b>

## **Tabellenverzeichnis Teil 2**

<b>Tab. 21: Verwertungsmöglichkeit für Bauabfälle</b>	<b>38</b>
<b>Tab. 22: Rotteverfahren</b>	<b>47</b>
<b>Tab. 23: Prüfkriterien für die biologische Behandlung</b>	<b>48</b>
<b>Tab. 24: Abschätzung der Kosten für Arbeitsschritte des Deponierückbaus</b>	<b>56</b>

# 1. Einleitung

In der Vergangenheit gab es zahlreiche Gründe, den deponierten Abfall wieder aufzunehmen und an gleicher oder anderer Stelle erneut abzulagern: es musste Platz geschaffen werden für eine höherwertige Nutzung des Geländes (Wien), der alte Abfallberg war einer neuen Deponie im Weg (Merzig-Fitten) oder der Weiterbetrieb war nur nach einer grundlegenden Sanierung der Deponiebasis zulässig (Baunatal). Die letzten, in der Zeit knapper Deponiekapazitäten, durchgeführten Projekte hatten das Ziel, durch Behandlung und Verwertung des herausgenommenen Abfalls neues Ablagerungsvolumen zu schaffen. Nachdem jedoch gegenwärtig die Menge des abzulagernden Abfalls so abgenommen hat, daß die noch vorhandenen Deponiekapazitäten für lange Zeit ausreichen, ist im Augenblick der Rückbau aus diesem Grund nicht mehr vordringlich.

Dennoch hat der Deponierückbau Zukunft: dann, wenn sich herausstellt, daß die Nachsorge der mit unbehandelten Abfällen gefüllten Deponien länger dauert und teurer wird als ursprünglich erwartet war. Insbesondere Deponien mit hohen Nachsorgekosten, z.B. Grubendeponien, die durch Pumpen entwässert werden müssen, Deponien mit aufwendigen Bauwerken im Deponiekörper (Gänge, Schächte) oder Deponien mit Schlitzwandabdichtung bieten sich besonders für eine Rückbaumaßnahme an. Wenn dann noch, mit schwindenden Müllmengen, Kapazitäten in thermischen Anlagen frei werden, kann Altmüll zur Auslastung der Anlage beitragen.

Der vorliegende, aus Literaturquellen zusammengestellte Bericht gibt eine Übersicht über den Stand der Technik beim Rückbau von Deponien. Alle hier bekannten Projekte - auch solche die nicht durchgeführt wurden - sind tabellarisch aufgeführt; drei davon werden ausführlich beschrieben.

## 2. Definition des Deponierückbaus

Unter Deponierückbau versteht man die vollständige oder teilweise Herausnahme von eingebauten Abfällen aus einer Deponie, mit der auch eine Behandlung des Deponiegutes verbunden sein kann.

## 3. Ziele des Deponierückbaus

Die gegenwärtig wichtigsten Ziele des Rückbaus von Altdeponien sind die Gewinnung von Deponievolumen und die Umwandlung des reaktionsfähigen Inhaltes in einen reaktionsarmen. Zur Erreichung dieser Ziele ist neben der Weiterentwicklung von Rückbautechniken die Absicherung der arbeitsmedizinischen Gefährdungspotentiale dringend notwendig. Eine Verlagerung etwaiger Probleme von der Deponie auf die Umgebung und den Menschen muß sicher verhindert werden.

Ziele des Deponierückbaus können - abhängig vom Einzelfall - sein:

- Sanierung/Ertüchtigung verfüllter Deponieabschnitte (nach dem Stand der Technik)

- Entfernen des gesamten Deponiekörpers wegen:
  - nicht sanierungsfähiger Belastung und hohem Schadstoffpotential
  - zu hoher Nachsorgekosten
  - höherwertiger Geländenutzung
- Volumengewinnung durch:
  - stoffliche Verwertung von entnommenem Abfall wie z.B.:
    - ⇒ Bauschutt
    - ⇒ Erdmaterial
    - ⇒ Schrott
    - ⇒ Holz
    - ⇒ Papier(-ballen)
  - thermische Verwertung der hochkalorischen Fraktionen (Holz, Kunststoff, Papier, Pappe) in geeigneten Anlagen
  - hochdichte Kompaktierung des in seiner Struktur veränderten Mülls

## 4. Vorbereitung und Planung

Sollen Rückbaumaßnahmen in einer Deponie durchgeführt werden, so bedarf dies vor der eigentlichen Durchführung sorgfältiger Vorbereitung und Planung.

Die Einteilung der einzelnen Teilschritte könnte wie folgt aussehen [6]:

- Historische Erkundung (Durchsicht vorhandener Unterlagen, Befragung etc.)
- Voruntersuchung (unter anderem Erkundung von Materialeigenschaften, Deponieaufbau, mögliche Gasaustritte, Sickerwassereinstau, Erkundung des Gefahrenpotentials)
- Festlegung von Emissionsminderungsmaßnahmen sowie von Maßnahmen des Arbeitsschutzes und der messtechnischen Überwachung
- Testgrabungen (Erprobung des Bauverfahrens, der Messtechnik, der Arbeitsschutzmaßnahmen und der vorgesehenen Maßnahmen zur Emissionsminderung unter Praxisbedingungen)
- Immissionsprognosen (Staub- und Geruchsausbreitung)
- Festlegung des Bauablaufs
- Definition der Randbedingungen (Bedingungen unter denen die Arbeiten erfolgen dürfen bzw. einzustellen sind)
- Erstellung von Planungsunterlagen (Umfangreiche Grabarbeiten im Deponiekörper werden von den zuständigen Behörden überwacht und bedürfen in der Regel zumindest einer Genehmigung, größere Projekte sogar einer Planfeststellung mit Öffentlichkeitsbeteiligung.)

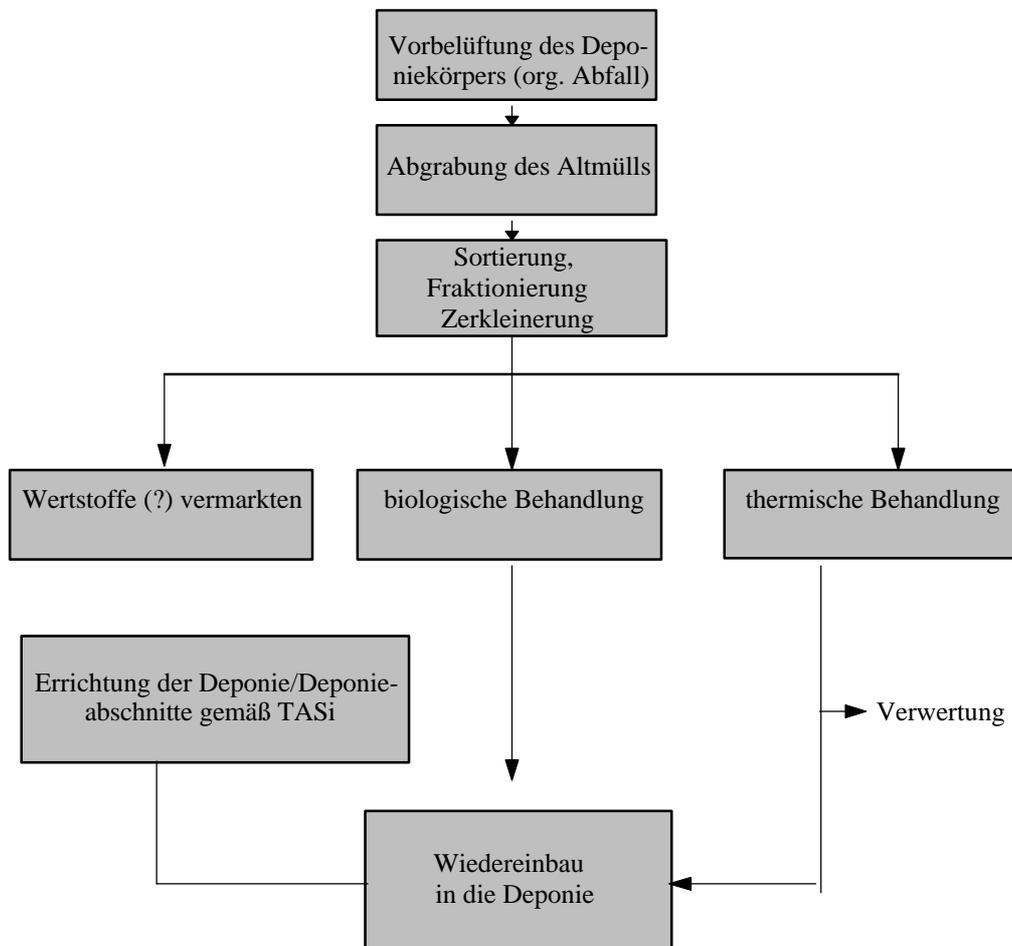
Daher muss der gesamte Prozess der Grabarbeiten plausibel geplant und dokumentiert sein)

Bezüglich des Arbeitsschutzes sollten die Richtlinien ZH 1 / 183 "Arbeiten in kontaminierten Bereichen" sinngemäß angewandt werden [21].

## 5. Durchführung

Die Verfahrensschritte untergliedern sich in der Regel folgendermaßen:

- in-situ-Vorbelüftung des Deponiekörpers zur Geruchsstabilisierung und / oder Trocknung vor der Abgrabung (bei organikhaltigen Abfällen, vgl. 8.1 und Teil 2).
- Abgrabung des Deponiekörpers; gegebenenfalls dabei schon weitgehende Separierung verschiedener Abfallarten.
- 
- Behandlung der aufgenommenen Abfälle mittels mechanischer, biologischer und thermischer Verfahren bzw. entsprechender Kombinationen
- 
- Erneute Ablagerung der behandelten Abfälle in zugewiesenen Deponien / Deponieabschnitten



**Abb. 1: Verfahrensschritte beim Deponierückbau [3]**

Die Arbeitsschritte müssen aufeinander abgestimmt sein. Dabei können bei jedem Verfahrensschritt Probleme bzw. offene Fragen auftreten, die im Vorfeld oder im Laufe des Verfahrens geklärt werden müssen.

### Mögliche Probleme [3]:

- bei Abbau des Deponiekörpers
  - Arbeitsschutz (toxische Gase, Keime, Staub[Asbest], Stauwasser, gefährliche Abfälle)
  - Emissionen (Staub, Lärm, Sickerwasser, Geruch...)
  - sonstige Gefahren (Rutschungen, Brand, Staubexplosion, Munition...)
  
- bei mechanischer Behandlung, Sortierung
  - Arbeitsschutz
  - Emissionen (Staub, Lärm, Keime etc.)
  - Sortierfähigkeit
  - Sortierschärfe
  
- bei biologischer und thermischer Behandlung
  - Arbeitsschutz
  - Kontamination der Stoffe
  - Schadstoffabbau
  - Verwertbarkeit
  - Volumenreduktion

## **6. Rechtliche Grundlagen**

Ein Ziel, das durch den Deponierückbau verfolgt werden kann, ist die Anpassung der Deponie an die veränderten rechtlichen Vorgaben. Hier ist vor allem an den Stand der Technik zu denken, wie er in den Technischen Anleitungen zum Kreislaufwirtschaftsgesetz beschrieben wird. Aber auch an das Verwertungsgebot und die strengeren Anforderungen, die mit der Einführung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes gestellt worden sind.

*“ Um Schwierigkeiten bei der Durchführung des Sanierungsvorhabens zu vermeiden, sollten in einem möglichst frühen Stadium der Planung in Absprache mit den zuständigen Behörden die notwendigen Genehmigungen ermittelt und zusammengestellt werden” [10].*

Als spezieller Tatbestand ist der Deponierückbau bisher in keiner Rechtsvorschrift geregelt.

### **6.1 Genehmigungsverfahren**

Beim Rückbau einer Deponie, mit zugehöriger Anlage zur Behandlung des Deponieguts, gibt es zwei Möglichkeiten, das Genehmigungsverfahren durchzuführen.

### 6.1.1 Durchführung eines einzelnen Genehmigungsverfahrens

Die Durchführung des Genehmigungsverfahrens erfolgt hierbei nach dem Abfallrecht. Das Genehmigungsverfahren beinhaltet sowohl den Abbau des Deponiekörpers und den Wiedereinbau des behandelten Materials als auch die Aufbereitungsanlage für das abzubauende Material [2].

Die durchzuführenden Maßnahmen des Deponierückbaus sind zulassungsrechtlich als "wesentliche Änderung" im Sinne des §31 Abs.2 KrW-/AbfG, in der Fassung des Investitionserleichterungsgesetzes vom 22.04.1993, zu bewerten. Hierbei bedarf die "wesentliche Änderung" einer Deponie oder ihres Betriebes eines Planfeststellungsverfahrens. In dem Planfeststellungsverfahren ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) nach den Vorschriften über die Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen.

Nach §31 Abs.3 KrW-/AbfG liegt es im Ermessen der Behörde anstelle eines Planfeststellungsverfahrens ein vereinfachtes Genehmigungsverfahren durchzuführen. Voraussetzung für die Durchführung dieses Genehmigungsverfahrens ist, daß die Änderung keine erheblichen nachteiligen Auswirkungen auf eines in §2 Abs.1 Satz 2 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung genannten Schutzgüter (Mensch, Tier, Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft) hat. Eine erneute UVP ist nicht mehr notwendig.

Da der Deponierückbau i.a. keine erheblichen, nachteiligen Auswirkungen auf die Umweltschutzgüter hat, sondern im Gegenteil eine Verbesserung der Situation dieser Schutzgüter herbeiführt, sollte in der Regel eine abfallrechtliche Genehmigung anstelle eines Planfeststellungsverfahrens ausreichen. Dies würde eine deutliche Verfahrenserleichterung bedeuten [1].

Beim Rückbau von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen, von denen erhebliche Beeinträchtigungen auf die Umwelt ausgehen könnten, gilt nach §31 Abs.3 Satz 3 KrW-/AbfG diese Vereinfachung des Verfahrens nicht. Hier muß i.d.R. ein Planfeststellungsverfahren durchgeführt werden.

Die entsprechenden Unterlagen für das Genehmigungsverfahren sind im Anhang A der TA Abfall aufgeführt und erläutert.

### 6.1.2 Durchführung von zwei Genehmigungsverfahren

Hierbei wird ein Verfahren nach dem **Abfallrecht** für den Abbau des Deponiekörpers und den Wiedereinbau des behandelten Materials durchgeführt. Das andere Verfahren, für die Abfallaufbereitungsanlage, erfolgt nach dem **Immissionsschutzrecht**. (§31 Abs.1 KrW-/AbfG) [2]. Dies sind dann Anlagen im Sinne des §3 Abs.1 des BImSchG.

Bei einer Genehmigung nach den Vorschriften des Bundes-Immissionsschutzgesetzes unterscheidet man je nach Durchsatz der Abfallbehandlungsanlage:

- Genehmigungsverfahren nach §10 BImSchG (> 10 Mg/h)
- vereinfachtes Genehmigungsverfahren nach §19 BImSchG (1-10 Mg/h)

⇒ Dieses Vorgehen erfordert keine Beteiligung der Öffentlichkeit

Die Zuordnung zu der jeweiligen Verfahrensart ist der Nr. 8.4 des Anhangs der 4. BImSchV zu entnehmen.

Die Pflichten der Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen und entsprechende Anforderungen an die Anlagen sind in §5 des BImSchG aufgeführt.

## 7. Projektübersicht

In der nachfolgenden Tabelle sind beispielhaft bedeutendere Rückbauprojekte aufgelistet die abgeschlossen sind oder sich gerade in Durchführung befinden. Außerdem sind nicht realisierte Projekte aufgeführt, über die Studien oder Vorversuchsergebnisse verfügbar sind.

### Erläuterungen:

**V:** Versuch

**F:** Forschungsvorhaben

**P:** Planung

**i.D.:** in Durchführung

**A:** abgeschlossen

**S:** Studie

Ort	Status	Land	Deponieart/Abfallart	Grund/Ziel	Technik	Menge	Jahr
Bruchsal	A	B.-Württ.	HM	Bau einer Eisenbahnstrecke		50.000 m <sup>3</sup>	1989
Burghof Vaihingen-Horrheim	V	B.-Württ.	HM, Gewerbemüll	Demonstrationsprojekt für Deponierückbau	Geruchsstabilisierung mittels Rotte-Filter-Verfahren, Auskoffern, Siebung, <u>Sortierung</u> : Überlauf >60 mm: Touch-Screen- Computer-gesteuerter Greifer <u>Leichtfraktion (17%)</u> : MVA <u>Erde, Reststoffe (79%)</u> : Deponie <u>Wertstoffe (4%)</u> : Verwertung	50.000 m <sup>3</sup>  weitere 70.000 m <sup>3</sup>	9/1993- 9/1994  bis 3/1996
Eßlingen Katzenbühl	A	B.-Württ.	HM, Gewerbemüll, Bauschutt	Profilierung des Deponiekörpers		70.000 m <sup>3</sup>	1998
Friesenheimer Insel Mannheim/Stadt	F	B.-Württ.	HM, Gewerbemüll	Forschungsprojekt hinsichtlich Deponievolumengewinnung, Inertisierung des Materials durch Verbrennung in MVA, Ent- schärfung des Gefahrenpotentials			1990-1991
Hintere Dollert Raststatt	A	B.-Württ.	HM, Gewerbemüll, Bauschutt	Deponievolumengewinnung Sanierung SW-Leitung/-becken	in-situ - Be- und Entlüftung, Sortierung, Abtrennung und Ent- sorgung von Problemstoffen	180.000 m <sup>3</sup>	1996
Karlsruhe-West	A	B.-Württ.	Bauschutt, Altmüll, Holz	Deponievolumengewinnung, Profilierung, Nachrüstung der Basisabdichtung (teilweise)		200.000 m <sup>3</sup>	-1996
Münchingen	P	B.-Württ.	HM	Deponiesanierung (Studie)		Projekt nicht durchgeführt	
Nürnberg-Süd	A	Bayern	Bauschutt, Baumischabfälle, Klärschlamm, Gießereisand, MVA-Asche	Aufbereitung der mineralischen Anteile zu Deponiebaustoff, Volumengewinnung	Sortierung, Zerkleinerung, Siebung, <u>Bauschutt</u> : brechen, einbauen <u>Verwertung</u> : Auffüllmaterial, zur Profilierung der Deponiebasis, Schrott	600.000 m <sup>3</sup>	1990-1992

Ort	Status	Land	Deponieart/Abfallart	Grund/Ziel	Technik	Menge	Jahr
Sengenbühl		Bayern	HM mit Bauschuttanteil	Deponievolumengewinnung, Versuche zur Entwicklung geeigneter Aufbereitungstechniken	<u>Trennung:</u> verwertbares Material, Schad- und Gefahrstoffe, Siebversuche mit Trommel- und Stangensieb 35% therm. Verwertung 40% Recyclingbaustoff 25% Verwertung in Deponiebau		Vorprojekt 1994, Rückbaumaßnahme wird nicht durchgeführt
Schwaiganger Garmisch-Partenk.	A	Bayern	HM	Teilrückbau wegen Sanierungsmaßnahme (Dränleitung)	Zerkleinerung, Siebung, >60 mm--> MVA	25.000 m <sup>3</sup>	1995-1997
Schöneiche	F	Brandenburg	HM, Bauschutt- und Erdaushub	Forschungsvorhaben (BMFT)	<u>mech. Behandlung:</u> Baggervorsortierung, Siebung, Magnetabscheider <u>biologische Behandlung:</u> Container, Miete und Druckstoßbelüftung	120 m <sup>3</sup>	1993-1994
Schöneiche				Nachrüstung der Basisdichtung Profilierung des Deponiekörpers	Bauschutt: Aufbereitung sonst keine Behandlung	1500.000m <sup>3</sup>	1993
Schöneicher Plan	F	Brandenburg	HM, Industrieabfälle, Verbrennungsschlacken und Aschen, teilweise Sondermüll in Kassetten, Bauschutt	Forschungsvorhaben (BMFT)	<u>mech. Behandlung:</u> Baggervorsortierung, Siebung Magnetabscheider <u>therm. Behandlung:</u> thermische Versuche	120 m <sup>3</sup>	1993-1994
Baunatal Kassel	A	Hessen	produktspezifische Abfälle VW-Werk Kassel	Deponiesanierung (Basis)	Umlagerung auf abgedichtete Bereiche	500.000 m <sup>3</sup>	1991-1995
Breitenberg	A	Hessen	Bauschutt (Holz)	Teilsanierung, Zwischenabdichtung			
Frankfurt-Buchsschlag	A	Hessen	HM, Gewerbemüll	Bau einer Schlitzwand	Umlagerung auf den Deponiekörper		1982
Kriftel	A	Hessen	Industriemüll	Sanierung			
Lanckensburg	A	Mecklenburg-Vorpommern	HM	Schutz der Trinkwasserfassung		66.000 m <sup>3</sup>	1995-1996

<b>Ort</b>	<b>Status</b>	<b>Land</b>	<b>Deponieart/Abfallart</b>	<b>Grund/Ziel</b>	<b>Technik</b>	<b>Menge</b>	<b>Jahr</b>
<b>Bardowick</b>	i.D.	Niedersachsen	HM, Gewerbeabfälle, Bausch. Erdaushub, Gießereisande, Kunststoffe, Klärschlamm	Nachrüstung der Dichtung	Umlagerung auf abgedichteten Bereich, grobe Aussortierung von Boden, Bauschutt, Wurzelstöcken	1,4 Mio. m <sup>3</sup>	1999-2002
<b>Burgdorf Hannover</b>	V	Niedersachsen	HM, Gewerbemüll, Baustellenabfälle, chem. Abfälle	einjährige Versuchsphase, 1992 Probebohrungen,		40.000 t	
<b>Deiderode</b>	A	Niedersachsen	HM, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Bauschutt, Boden	Nachrüstung der Dichtung, Deponievolumengewinnung		360.000 m <sup>3</sup>	1996
<b>Großefehn</b>	A	Niedersachsen	HM, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Klärschlamm, Bauschutt	Sicherung		265.000 m <sup>3</sup>	1997-1998
<b>Kapenberg</b>	A	Niedersachsen	HM, Klärschlamm	Nachrüstung der Dichtung, Verbesserung der Standsicherheit		10.000 m <sup>3</sup>	1993
<b>Sedelsberg</b>	i.D.	Niedersachsen	HM, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Bauschutt	Nachrüstung der Dichtung		800.000 m <sup>3</sup>	1997-2004
<b>Stade-Riensförde</b>	F	Niedersachsen	HM, Gewerbemüll, Industrieabfälle	Forschungsprojekt (BMFT)	Müllentnahme unter Einhausung, Vorsortierung, Zwischenablagelagerung, Behandlung, Wiedereinbau	350.000 m <sup>3</sup>	1992-1995
<b>Wolfsburg</b>	A	Niedersachsen	HM, Gewerbemüll, Industrieabfälle	Sanierung, Volumenreduzierung	Einbau von Entgasungssträngen im Bereich der Neufelder, keine Altmüllbehandlung	1 Mio m <sup>3</sup>	1986-1987
<b>Düsseldorf-Hubbelrath</b>	V	Nr.-Westfalen	HM, Bauschutt, Bodenaushub	Deponievolumengewinnung	Sortierung vor Ort, Verwertung in Bauwirtschaft, Hausmüll in MVA, Rest Deponierung.	30.000 m <sup>3</sup>	Vorprojekt 1991, Rückb. wird nicht durchgeführt
<b>Oberpleis</b>	A	Nr.-Westfalen	Galvanikschlammdeponie der Ford-Werke AG	Errichtung eines Biotops	Umlagerung auf SAD	12.155 t (8.200 m <sup>3</sup> )	1996 - 1997

Ort	Status	Land	Deponieart/Abfallart	Grund/Ziel	Technik	Menge	Jahr
Aach	F/P	R.-Pfalz	HM, Gewerbeabfälle	Forschungsprojekt, Altlastensanierung, Teilumlagerung geplant	Testgrabungen, Staub- und Gasmessungen, Schürfen, Auskoffern	200.000 m <sup>3</sup>	Vorprojekt 1997 2001
Rechenbachtal Zweibrücken	i.D.	R.-Pfalz	HM, Gewerbeabfälle	Umlagerung auf eine asphaltgedichtete Fläche, freigeräumte Fläche wird Wald	keine Vorbehandlung und Aufbereitung des Altmülls, keine Geruchsstabilisierung	3 Mio. m <sup>3</sup>	1995
Rennerod	i.D.	R.-Pfalz	HM, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Bauschutt, Sperrmüll, Erdaushub, Klärschlamm	Deponievolumengewinnung, Verringerung der Grundwassergefährdung, Sanierung durch Abdichtung	Geruchsstabilisierung mittels Rotte-Filter-Verfahren, Vorsortierung, Siebung (Trommelsieb), Überbandmagnet, Zerkleinerung (Walzenbrecher)	0,8 Mio. m <sup>3</sup> 1.Abschnitt 120.000 m <sup>3</sup>	1996-Ende 97 (1. Abschnitt) -2002 (2. Abschnitt)
Merzig-Fitten	A	Saarland	HM, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Bauschutt	Sanierung, Neubau einer Deponie	Sortierung: 0-20 mm: Deponierung 20-60 mm: Nachrotte auf Mieten >60 mm: Aussortierung von Wert- und Störstoffen, Umsetzung 5000 m <sup>3</sup> /d, Teilstrom in MVA	200.000 m <sup>3</sup>	1988
Am Meilenstein Weißenfels (WGT-Liegenschaft)	A	S.-Anhalt	Hausmülldeponie / HM, Bauschutt, wilde Ablagerungen	teilweise Sanierung im Rahmen Neubau Ortsumgehung Weissenfels, B 91		ca. 60.000 m <sup>3</sup>	1996-1997
Cheine	A	S.-Anhalt	Hausmülldeponie / Siedlungsabfälle, Bauschutt	Teilumlagerung		50.000 m <sup>3</sup>	1997
Gleisdeponie TRL Lochau (Westschlauch)	A	S.-Anhalt	Betriebsdeponie Leuna-Werke	Sanierung, Vorbereitung Ascheeinlagerung Kraftwerk Schkopau		500.000 m <sup>3</sup>	1994-1995
Großgräfendorf	A	S.-Anhalt	Hausmülldeponie / HM, Bauschutt	Sanierung (Grundwassergefährdung)		27.000 m <sup>3</sup> (32.000 t)	1991-1992
Merseburg	A	S.-Anhalt	6 illegale (wilde) Ablagerungen	Sanierung		40.000 m <sup>3</sup>	1991-1992

<b>Ort</b>	<b>Status</b>	<b>Land</b>	<b>Deponieart/Abfallart</b>	<b>Grund/Ziel</b>	<b>Technik</b>	<b>Menge</b>	<b>Jahr</b>
<b>Nachterstedt (LK Aschersleben- Staßfurt)</b>	V/A	S.-Anhalt	ehemalige Kreismülldeponie, (Müllablagerung im TRL Nachterstedt) / HM, haus- müllähnlicher Gewerbemüll, Bauschutt	Probetrieb zur Ermittlung der optimalen Technologie der Müll- umlagerung, Vorbereitung zur Flutung des TRL, Sanierung		35.000 m <sup>3</sup>	1993
<b>Nessauer Weg Langendorf-Wiedebach</b>	A	S.-Anhalt	Hausmülldeponie / HM, Bauschutt	Sanierung (Trinkwasserschutz- gebiet)		20.000 m <sup>3</sup>	1992
<b>Osterwieck</b>	A	S.-Anhalt	Wasserschadstoffdeponie / Industrieabfälle	Sanierung		Fl.-Phase: 80.000 m <sup>3</sup> Schlamm / Erdaushub: 100.000 t	1997-1999
<b>Pietzbuhl</b>	A	S.-Anhalt	Wasserschadstoffdeponie / Industrieabfälle	Sanierung		Fl.-Phase: 6.500 t Schlamm: 4.800 t	1996-1997
<b>Salzgasse Bad Dürrenberg</b>	A	S.-Anhalt	Hausmülldeponie / HM, Bauschutt	Sanierung		1.800 m <sup>3</sup>	1991-1992
<b>Dänkriz</b>	A	Sachsen	HM	Böschungprofilierung		40.000 m <sup>3</sup>	1996-2000
<b>Dörfelstraße Olbernhau</b>	A	Sachsen	HM, hausmüllähnliche Abfälle	Gewährleistung der Standsicher- heit, Herstellen ausreichender Ge- fälleverhältnisse des Dichtungs- auflagers für die Oberflächenab- dichtung		ca. 14.500 m <sup>3</sup>	1996
<b>Gröditz</b>	A (Brand- be- kämpf.)	Sachsen	Siedlungsabfälle mit ge- ringen Sperrmüllanteilen, Ge- werbeabfälle, Bodenaushub, Bauschutt, Heizwerkaschen, produkt.spezifische Abfälle	Böschungskonturierung, Vor- bereitung für Aufbringen einer Oberflächenabdichtung, Brandbe- kämpfung		ca. 75.000 m <sup>3</sup>	1996-1997

<b>Ort</b>	<b>Status</b>	<b>Land</b>	<b>Deponieart/Abfallart</b>	<b>Grund/Ziel</b>	<b>Technik</b>	<b>Menge</b>	<b>Jahr</b>
<b>Halde 10 Zwickau</b>	A	Sachsen	mineralische Abfälle	Böschungsprofilierung		15.000 m <sup>3</sup>	1996-1997
<b>Hüttenstraße Freiberg</b>	P	Sachsen	HM, Bauschutt, Schlacken	Gewinnung von Deponieraum, Werkstoffrückgewinnung, Schad- stoffaussortierung, Abfallbe- handlung		320.000 m <sup>3</sup>	2004?
<b>Lumpicht Aue</b>	A	Sachsen	HM	Böschungsprofilierung		9.000 m <sup>3</sup>	1996
<b>Radgendorf- Wittgendorf</b>	A	Sachsen	Siedlungsabfälle mit hohen Ascheanteilen	vermutete Grundwassergefährdung soll ausgeschlossen werden, Lage des Altkörpers behinderte den Ausbau von zwei neuen Bau- abschnitten auf der Deponie		ca. 45.000 m <sup>3</sup>	1993
<b>Tagebau Spreetal</b>	A	Sachsen	bergrechtlicher Sonder- betriebsplan/Industrieabfälle	Flutung des Nordschlauches des Tagebaus		ca. 250.000 m <sup>3</sup>	Ende 1997
<b>Zobes</b>	A	Sachsen	HM	Massenumlagerung, Böschungs- profilierung		11.000 m <sup>3</sup>	1997
<b>Zwotental Gunzen</b>	A	Sachsen	HM	Massenumlagerung, Böschungs- profilierung		46.000 m <sup>3</sup>	1996
<b>Flensburg</b>		Schleswig- Holstein	Siebreste aus Kompostwerk, Schlämme	Deponiesanierung, Deponievolumengewinnung	Grobsortierung zur Entfernung von Reststoffen und unzulässigen Abfällen, Transportbandsystem zur Umlagerung auf neue Deponie- fläche (Einhausung möglich)		
<b>Harrislee I</b>	i.D.	Schleswig- Holstein	Siebrestewischenlager	Genehmigungsaufgabe		65.000 t	1997
<b>Harrislee II</b>	A	Schleswig- Holstein	Siebrestewischenlager	Genehmigungsaufgabe		162.000 t	1996-1997

Ort	Status	Land	Deponieart/Abfallart	Grund/Ziel	Technik	Menge	Jahr
Altenburg	A	Thüringen	HM	Umlagerung, Rekultivierung Deponiealtteil		85.000 m <sup>3</sup>	1997
Gehren	A	Thüringen	HM, Gewerbe- und Industrie- abfälle	Rekultivierung		17.000 m <sup>3</sup>	1997
Geschwenda	A	Thüringen	HM, Gewerbeabfälle	Rekultivierung, Herstellung der Standsicherheit		15.000- 20.000 m <sup>3</sup>	1993-1996
Großbreitenbach	i.D.	Thüringen	HM, Gewerbe- und Industrie- abfälle, Schrott	Rekultivierung, Herstellung der Standsicherheit			1997-1998
Schwerborn	A	Thüringen	HM, Gewerbe- und Industrie- abfälle	Erweiterung und Bau einer Zwischenabdichtung			1993
Wolfsberg	A	Thüringen	HM, Gewerbeabfälle	Erweiterung und Ertüchtigung, Bau einer Zwischenabdichtung			1993-1995
<b>Berger-Deponie Wiener-Neustadt</b>	i.D.	Österreich	Gewerbe- und Industriemüll, Bauschutt, Al-Schlacken, Sägemehl, Fässer mit Lösungsmittel/Harzen	Ablagerung nicht bewilligter Abfälle, Abfälle zu tief abgelagert, Auslaugung in Grundwasser, Zwangsräumung: da Räumungsbe- scheid nicht eingehalten wurde	<u>Bio-Puster-Verfahren</u> , <u>Klassierung in:</u> Sägemehl, Erden, <u>Leichtfraktion</u> , Schlacken, Gemisch, <u>thermische Behandlung:</u> Fässer mit Lösungsmittel/Harzen, <u>Deponierung</u>	900.000 t	1996-1999
<b>Kaisermühlen Wien-Donaupark</b>	A	Österreich	Bauschutt, hausmüllähnliche Abfälle, Abfälle Klasse 2-3	städtebauliche Gestaltung (EXPO-Gelände)	<u>Bio-Puster-Verfahren</u> Siebung, <u>Sortierung in 3Fraktionen:</u> <u>Bauschutt:</u> Recycling <u>Hausmüll:</u> Siebanlage <40: Deponie, >40 mm: Nachsortier.	610.000 m <sup>3</sup>	1990-1991
<b>Kiener-Deponie Aichkirchen</b>	A	Österreich	HM, Bentonitbecken, Fasslager	Beseitigung des Gefährdungspotentials	Abgrabung unter Dach, Siebung externe Entsorgung (thermisch, Deponie)	100.000 t	1999-2000
<b>Laakirchen</b>	V(A)	Österreich	HM, GM, Papierschl., Rinden	Sanierung, Versuch abgebrochen	keine Behandlung	250.000 m <sup>3</sup>	1989
<b>Deponie Hart Kärnten</b>	A	Österreich	Hausmüll, Gewerbemüll	Deponiesanierung, Umlagerung auf abgedichtete Fläche	In-situ-Belüftung (4 Tage), Geruchs- stabilisierung (Siedl. 200 m entf.)	230.000 m <sup>3</sup>	1997-1998
<b>Edinburgh New York State</b>		USA	HM	Deponievolumengewinnung, Anlagenoptimierung, therm. Verwertung	Magnetabscheider, Vibrations- siebe, 85% Kompost, Rest Ver- feuert	11.500 m <sup>3</sup>	
<b>Barre</b>	A	USA		Deponievolumengewinnung,			-1992

Ort	Status	Land	Deponieart/Abfallart	Grund/Ziel	Technik	Menge	Jahr
Bethlehem New Hampshire		USA	HM				ab 1989
Frey Deponie Lancaster County	A	USA			Schuttauassortierung, Siebung, Überlauf >2,5 cm in MVA	500.000 m <sup>3</sup>	1991-1995
Hopewell Deponie Lancaster County	A	USA	HM	thermische Verwertung, Deponievolumengewinnung,	<u>Trommelsieb:</u> <u>abgesiebter Humus:</u> Zwischenab. <u>brennbarer Siebüberlauf:</u> MVA <u>Rest:</u> Deponierung	500.000 m <sup>3</sup>	1991-1995
Naples Landfill Collier County/ Florida	V	USA	HM	Demonstrationsprojekt, <u>Ziel:</u> Zusatzbrennstoffproduktion, Wertstoffgewinnung, Deponievolumengewinnung	Auskoffern, Auftrennung in 7 Fraktionen (Stangensichter, Trommelsieb, Magnetabscheider), Wiederverwendung erdähnl. Materials <2 cm zur Abdeckung 20% heizwertreiche Fraktion	70.000 t	1986-1992
Thompson Conneticut		USA	HM	Deponievolumengewinnung			
Deponie Kyong-Suh	A	Südkorea	HM	Bau einer Autobahn, Umlagerung auf neue Abschnitte	In-situ-Belüftung zur Geruchsstabilisierung (5 Tage, "2 Smell-Well-Systeme"), keine Aufbereitung	620.000 m <sup>3</sup>	1998

**Tab. 1: Deponierückbauprojekte**

## **8. Projektbeschreibungen**

### **8.1 Deponie Burghof, Vaihingen-Horrheim**

#### **8.1.1 Allgemeines**

Die AVL (Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises Ludwigsburg) führte auf dem Gelände der bestehenden Deponie "Burghof" in Vaihingen / Enz - Horrheim zwischen September 1993 und September 1994 ein Demonstrationsprojekt zur Untersuchung der technischen und wirtschaftlichen Durchführbarkeit eines Deponierückbaues durch, wobei der tatsächliche Rückbau - mit eingeschränkter wissenschaftlicher Begleitung - bis März 1996 fortgesetzt wurde.

Dabei ist zu erwähnen, daß die Deponie kein Sanierungsfall war und ist. Die Deponie wurde stets nach den jeweiligen Vorschriften und dem bekannten Stand der Technik errichtet und betrieben.

Vorrangiges Ziel war die Gewinnung von Deponievolumen, bei weitgehender Verwertung der in der Aufbereitungsanlage entstehenden Fraktionen bzw. eine Aufbereitung der nicht verwertbaren Fraktionen für eine möglichst umweltschonende Ablagerung. Darüber hinaus wurden weitere Untersuchungen durchgeführt [4]:

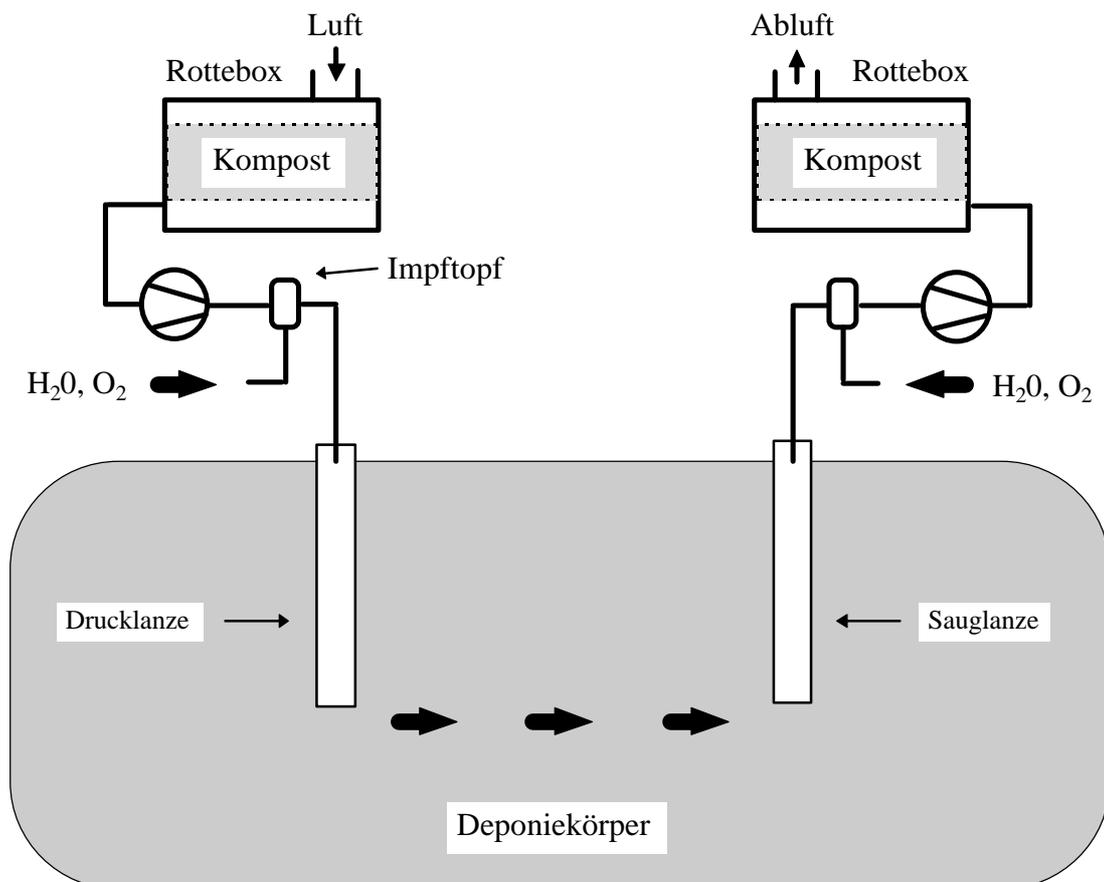
- Gewährleistung der Standsicherheit der Deponie
- Erprobung verschiedener Maschinen bzw. Anlagenteile
- Erkundung von Verwertungswegen für die Stoffströme (stoffliche oder thermische Verwertung)
- Untersuchungen hinsichtlich der Reaktivität bzw. der Verringerung der Reaktivität (Inertisierung, Mineralisierung) der Fraktionen, die wieder deponiert worden sind
- Untersuchungen zur Art des Einbaus sowie zum Deponieverhalten des Materials, das nach dem Rückbau wieder deponiert wurde
- Untersuchungen hinsichtlich der Eignung der durchgeführten Maßnahmen zum Arbeits- und Nachbarschaftsschutz

### 8.1.2 Altmülluntersuchung / -behandlung

Aufgrund der erwarteten Geruchsemissionen durch anaerobe Verhältnisse im Deponiekörper wurde vor dem Öffnen der Deponie eine Geruchsstabilisierung durchgeführt. Dies geschah durch eine kombinierte Belüftung und Absaugung des abzugrabenden Deponiebereiches. Hierzu wurde das Deponiefeld in ein Raster von 5-6 m eingeteilt und 3,5 m lange Belüftungs- und Absauglanzen in die abgelagerten Abfälle gepresst. Durch Führung der Zuluft über eine Rottebox (Biofilter) wurde die Luft mit Mikroorganismen angereichert, vorgewärmt und wasserdampfgesättigt und dann in den Deponiekörper eingeblasen. Die Abluft aus den Absauglanzen wurde wiederum über eine Rottebox geleitet. Zusammen mit der Abluft wurden auch die im Deponiekörper vorhandenen Gase abgezogen und in den als Biofilter wirkenden Rotteboxen abgebaut.

Um Kanalbildungen zu vermeiden, wurden im Stundentakt Druck- und Saugrichtung gewechselt.

Durch die eingeblasene Luft kam es zur Anreicherung mit aeroben Bakterien, was die Umstellung auf aerobe Verhältnisse beschleunigte, so daß sich die Geruchsemissionen minimierten. Als Nebeneffekt der Geruchsstabilisierung traten eine Austrocknung und ein geringer Abbau der in den Abfällen enthaltenen organischen Substanzen ein [2].



**Abb. 2:** Schema der Geruchsstabilisierung [4]

Nach der ca. zweiwöchigen Geruchsstabilisierung wurde mit einem Löffelbagger der Deponieinhalt in Schichten von 3 m abgetragen und mit Muldenkipper zur Aufbereitungsanlage transportiert. In der Aufbereitungsanlage durchliefen die Abfälle ein Trommelsieb mit 60 mm Lochung. Sperrige Teile wurden vor der Aufgabe auf das Trommelsieb zerkleinert. Nach dem Trommelsieb entstand eine Fraktion mit einer Korngröße zwischen 0 und 60 mm. Diese Fraktion wurde mit einem Sternensieb weiter abgeseibt. Dabei entstand eine Feinfraktion mit einer Korngröße zwischen 0 und 20 mm und eine Fraktion mit einer Korngröße zwischen 20 und 60 mm. Die Feinfraktion 0 / 20 mm wurde direkt deponiert. Die Fraktion 20 / 60 mm wurde als Deponiebaumaterial (Dränageschicht) verwendet. Für beide Fraktionen wurden vor der Deponierung Versuche zu einer biologischen Behandlung in belüfteten Rottecontainern und mit einer Mietenkompostierung durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, daß der Abfall nur noch eine geringe biologische Aktivität entwickelte.

Der Siebüberlauf kam auf ein Schrägband, auf dem Steine, Ziegel und Betonbrocken entfernt wurden. Aufgrund der hohen Fremdanteile war jedoch noch eine Nachbehandlung der Steinfraktion notwendig. Die einzelnen Schritte der Nachbehandlung waren [2]:

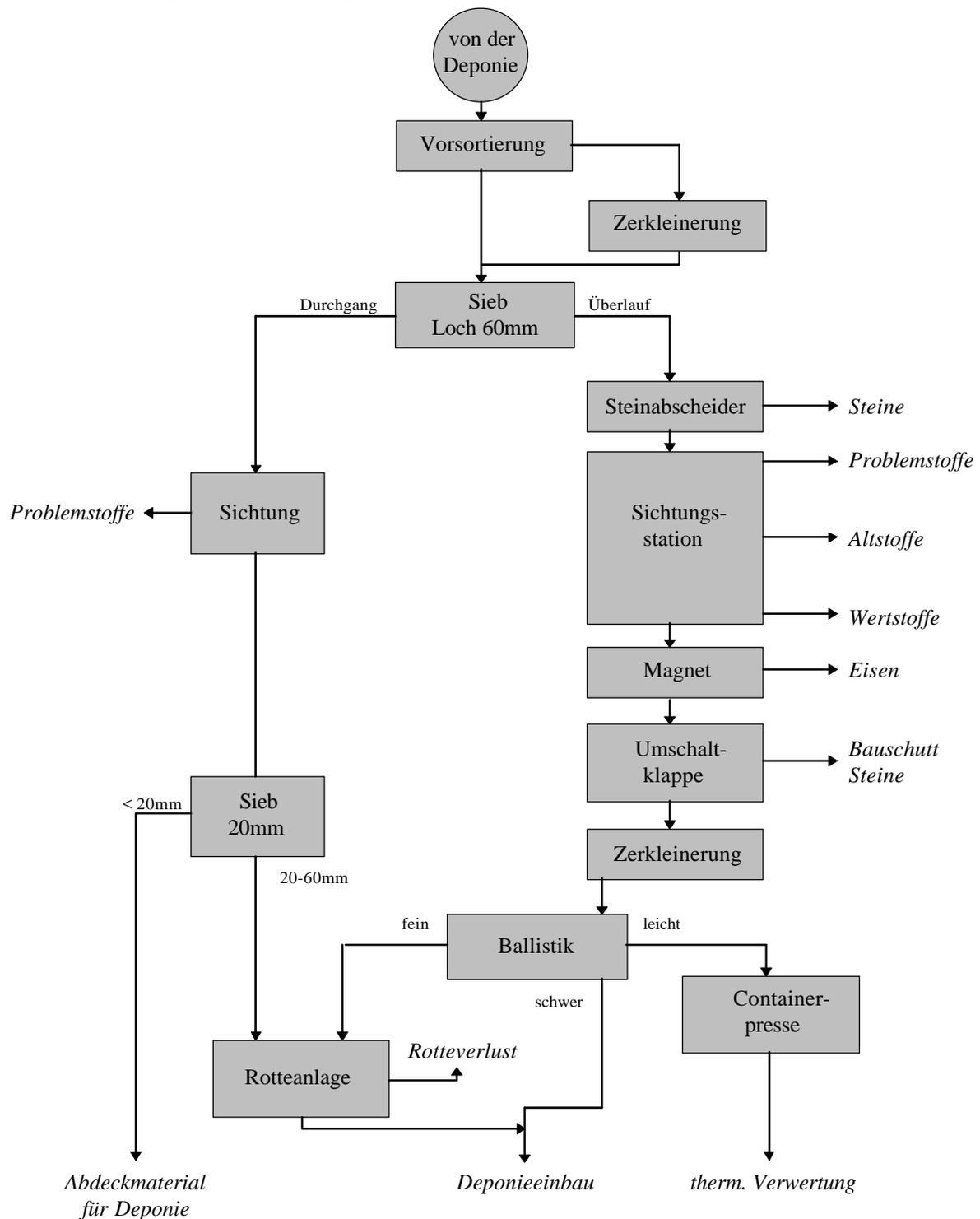
- Zerkleinerung
- Absiebung
- Magnetabscheidung
- Windsichtung
- Handsortierung von nicht mit Maschinenteknik erfassbaren Fremdbestandteilen
- Brechen des Materials auf die vorgegebene Korngröße

Nach der Steinabscheidung wurden Problemstoffe, Wertstoffe wie Holz und Kunststofffolien mittels eines automatischen Sortiersystems (touch-screen-computer - gesteuert) aussortiert. Das Holz wurde zerkleinert und abgeseibt. Die aussortierten, für die Wiederverwertung geeigneten Kunststofffolien kamen in eine Kunststoffwaschanlage, in der eine Trennung in die verschiedenen Kunststoffe erfolgte.

Nach der Sichtungsstation wurden durch einen Überbandmagneten die Eisenmetalle abgeschieden.

Schließlich erfolgte durch einen Ballistikseparator noch eine Trennung in eine Leichtfraktion, eine Schwerfraktion und eine Feinfraktion. Die Leichtfraktion bestand größtenteils aus Kunststofffolien, Hartkunststoffen, Papier und Textilien, die thermisch verwertet wurden. Die Schwerfraktion setzte sich im wesentlichen aus Steinen, Holz und Gießereiabfällen zusammen. Sie wurde ähnlich der in der Aufbereitungsanlage anfallenden Steinfraktion nachbehandelt. Bei der Feinfraktion handelte es sich um sehr geringe Mengen. Diese wurde zuerst deponiert, später aber nicht mehr getrennt erfaßt, sondern am Trommelsieb aufgegeben. Es entstanden entweder direkt vor der Sortieranlage oder nach entsprechenden Aufbereitungsschritten drei verschiedene Stoffströme [2]:

- stofflich verwertbare Fraktionen: 4 Gew-% (Metalle, Steine, Kunststoffe)
- thermisch verwertbare Fraktionen: 17 Gew-% (Holz, Leichtfraktion)
- Feinfraktion < 60 mm, die gegebenenfalls nach entsprechender biologischer Vorbehandlung, wieder abgelagert wurden: 79 Gew-%



**Abb. 3: Aufbereitungsschritte beim Deponierückbau (Vaihingen-Horrheim) [4]**

### 8.1.3 Zusammenfassung

Durch den Deponierückbau konnte mehr als 50 % Deponievolumen gewonnen werden. Außerdem hat das Demonstrationsprojekt wichtige Erkenntnisse über die Behandlung und Verwertung von Altmüll geliefert.

Die Kosten für den Deponierückbau waren aufgrund der durchgeführten Optimierungsversuche für die Aufbereitung wesentlich höher, als sie beim regulären Rückbau zu erwarten gewesen wäre. Die Gesamtkosten beliefen sich auf insgesamt 320,4 DM/ m<sup>3</sup> [4].

in DM/m <sup>3</sup> Deponieinhalt	Demonstrations- projekt	planmäßiger Rückbau bei Durchsatz von:	
		50.000 m <sup>3</sup> /a	150.000 m <sup>3</sup> /a
<b>Betriebskosten für</b> Geruchsstabilisierung Aushub, Aufbereitung interner Transport incl. Anlagenbereitstellung in DM/m <sup>3</sup> behandeltes Vol.	209,00	82,50	53,70
<b>Wissenschaftliche Begleitung</b> Versuchsdeponie etc.	47,50	2,00	1,00
<b>Verwertung Leichtfraktion</b>	42,80	43,70	43,70
<b>Sonstiges</b>	21,10	11,57	9,20
<b>Summe</b>	320,40	139,77	107,60

**Tab. 2: Kostenübersicht Deponierückbau in Abhängigkeit von der jährlichen Rückbaumenge (Investitions- und Betriebskosten) [4]**

## 8.2 Deponien Schöneiche und Schöneicher Plan

### 8.2.1 Allgemeines

Die Rückbaumaßnahmen auf den Deponien Schöneiche (SE) und Schöneicher Plan (SP) wurden von 1993 bis 1994 im Rahmen eines Forschungsvorhabens, welches vom Bundesministerium für Forschung und Technik (BMFT) und vom Land Berlin gefördert wurde, durchgeführt. Forschungsziele waren die konzeptionelle Entwicklung zur Sanierung des Deponiekörpers, die entsprechende Behandlung des Abfalls und der Wiedereinbau gemäß dem Stand der Technik.

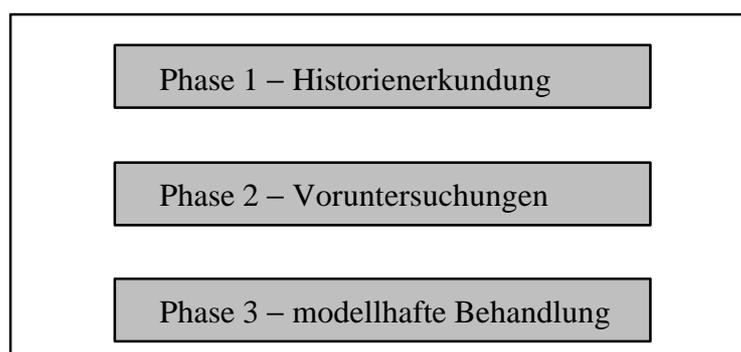
Beide Deponien erwiesen sich nach der historischen Erkundung als interessante Forschungsobjekte, da auch eine vergleichende Untersuchung hinsichtlich der Deponien in den alten und neuen Bundesländern möglich wurde.

Die Deponie Schöneiche hat eine Fläche von ca. 120 ha. Sie wird seit 1977 betrieben. Vor der Wende nahm die Deponie ausschließlich Abfälle aus West-Berlin auf. Es wurden jährlich etwa 600.000 Mg Hausmüll deponiert.

Die Deponie Schöneicher Plan umfasst ebenfalls eine Fläche von etwa 120 ha und wird schon seit Anfang des Jahrhunderts betrieben. In die Deponie wurden Abfälle aus Ost-Berlin und dem Bezirk Potsdam eingelagert. Neben Hausmüll wurden hier auch Industrieabfälle, Verbrennungsschlacken und Aschen entsorgt. Teilweise erfolgte auch eine Einlagerung von Sonderabfällen in Kassetten.

Beide Deponien besitzen keine Basisabdichtung und keine Entgasung. Sie gelten als potentiell sanierungsbedürftig.

Die Durchführung wurde in folgende Projektphasen unterteilt [5]:



**Abb. 4: Projektphasen Schöneiche / Schöneicher Plan [5]**

## 8.2.2 Voruntersuchungen

### Schöneiche

Deponiekörpern wurden Gaspegel gesetzt und das abgesaugte Deponiegas auf seine Zusammensetzung und hinsichtlich möglicher gefährlicher Spurengase analysiert. Die Ergebnisse der Deponiegasanalysen deuteten darauf hin, dass die Deponie Schöneiche sich nach der langen Ablagerungszeit in der stabilen Methanphase befand. Das Gas bestand hauptsächlich aus Methan, Stickstoff und Kohlendioxid, wobei der Methananteil dominierend war.

Nachgewiesene nicht halogenierte und halogenierte Substanzen (z.B.: Reinigungsmittel "Tri" und "Per") lagen noch unter den MAK-Werten.

### Schöneicher Plan

Bei der Deponiegasanalyse auf der Deponie Schöneicher Plan machte der Stickstoffgehalt den größten Anteil aus [7]. Dies deutete auf eine geringe biologische Aktivität hin. Solch hohe Stickstoffwerte zeigen sich vor allem bei alten Hausmülldeponien und Deponien mit einem hohen Anteil an Industrieabfällen.

Die MAK-Werte für nicht halogenierte und halogenierte Substanzen wurden auch auf der Deponie Schöneicher Plan nicht erreicht [7].

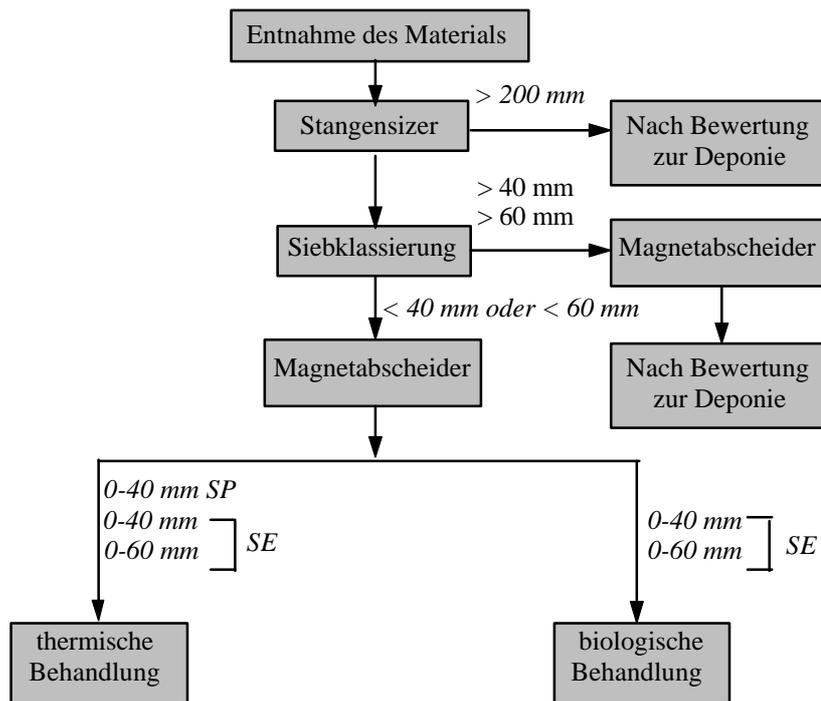
Deponiegasanalyse		
Gaskomponente	Schöneiche	Schöneicher Plan
CH <sub>4</sub>	62,6 %	35,8 %
CO <sub>2</sub>	36,4 %	13,1 %
N <sub>2</sub>	1,0 %	51,1 %

**Tab. 3: Ergebnisse der Deponiegasanalysen [7]**

## 8.2.3 Altmüllbehandlung

- **mechanische Aufbereitung**

Das aus den Deponien entnommene Material wurde zuerst mechanisch sortiert und damit in verschiedene Stoffströme aufgeteilt, so daß eine gezielte Behandlung möglich wurde.



SP: Schöneicher Plan  
SE: Schöneiche

### **Abb. 5: Ablaufplan der mechanischen Aufbereitung [5]**

Abfälle mit überwiegend organischen Bestandteilen wurden Kompostierungsversuchen in unterschiedlichen Systemen unterzogen (Rottecontainer, Zwangs- bzw. Druckstoßbelüftung, Trapezmieten). Gleichzeitig erfolgte auch eine Untersuchung hinsichtlich Parameter und Effektivität der thermischen Behandlung von Altmüllchargen. Zur Anwendung kam eine mobile Ofenanlage bestehend aus einer Trocken- und Brenntrommel (Drehrohr).

- **Kompostierungsversuche**

Bewertung der unterschiedlichen Rottesysteme (Untersuchung Deponie Schöneiche):

<b>System</b>	<b>Container</b>	<b>Miete</b>	<b>Druckstoßbelüftung</b>
<b>Rottezeit (im Versuch)</b>	4 Wochen	7 Wochen	4 Wochen
<b>Aufwand (Investition)</b>	hoch	niedrig	mittel
<b>Abbaugrad (% TS)</b>	15	10	11
<b>Flächenbedarf</b>	mittel	hoch	niedrig
<b>Optimierungsmöglichkeiten für den Anwendungsfall</b>	Luftvolumenstrom	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Belüftung (aktiv/passiv)</li> <li>• Mietenhöhe und Profilierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parameter für die Druckstoßintensität</li> <li>• Mietenhöhe</li> </ul>

**Tab. 4: Vergleich der Rottesysteme [7]**

Da sich im Abfallmaterial nur geringe Mengen an organisch abbaubaren Substanzen vorfinden, besaß das Rottegut einen geringen Sauerstoffbedarf. Die Rottecharakteristik entsprach eher einer Nachrotte als der einer Intensivrotte mit hohen Stoff- und Energieumsätzen.

Für den technischen Einsatz scheint daher eine Mietenkompostierung (Tafel- oder Hochmiete) am sinnvollsten [7].

- **thermische Behandlung**

Untersucht wurden zwei thermische Verwertungswege, die sich in den Verbrennungsbedingungen und den nachgeschalteten Emissionsminderungsanlagen unterschieden. Dies war zum einen eine thermische Behandlung für Fraktionen mit hohem Brennwert und überproportionalem Volumenanteil. Der zweite thermische Behandlungsweg war ähnlich dem einer Sondermüllverbrennungsanlage. Das Deponiematerial für diesen Behandlungsweg besaß höhere Schadstoffanteile.

Bei den thermischen Versuchen zeigte sich, dass eine Volumenreduzierung bei der Unterkornfraktion < 40 mm bis zu 47 % möglich war (Charge Schöneicher Plan). Die organischen Schadstoffgruppen wurden oftmals bis zur unteren Nachweisgrenze reduziert. Für die Entfernung von Schwermetallen war die Anlage nicht geeignet.

Die Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, dass für die thermische Behandlung, ein Drehrohrofen gut geeignet ist. Eine nachgeschaltete Rauchgasreinigung ist unabdingbar [7].

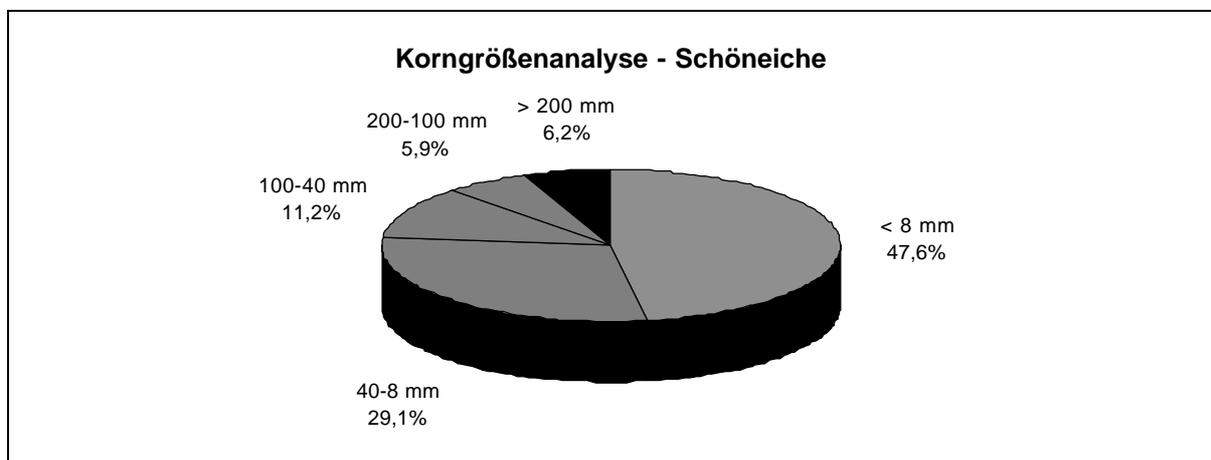
## 8.2.4 Altmülluntersuchungen

Die Altmülluntersuchungen umfassten Korngrößen-, Sortier-, und Eluatanalysen sowie Standarduntersuchungen des Mülls wie Wassergehalt und Glühverlust. Dazu kamen noch biologische Untersuchungen hinsichtlich der Respirationsrate und dem Selbsterhitzungsgrad.

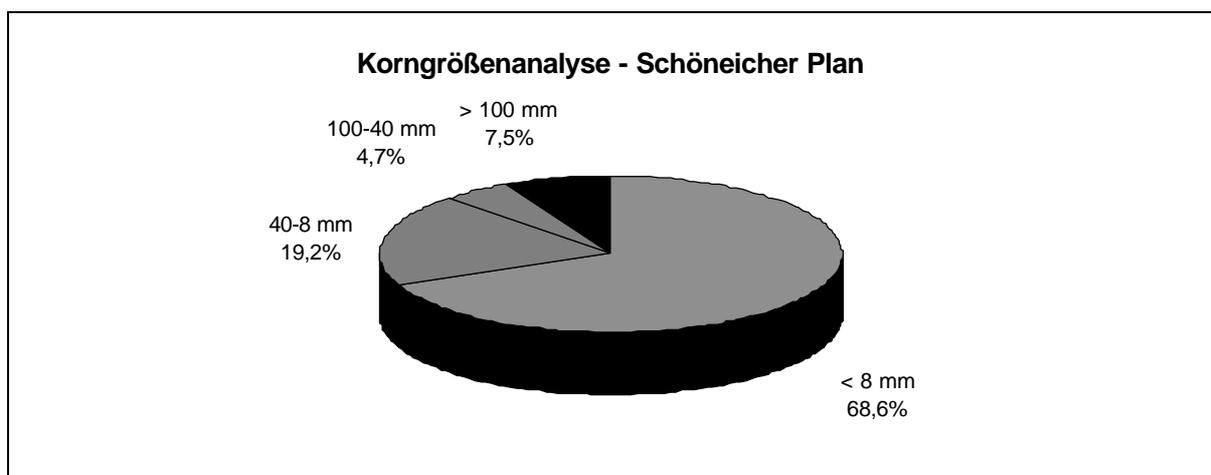
- **Korngrößenverteilung**

Die Deponie Schöneiche hatte bei dem Siebschnitt < 8 mm einen Masseanteil von 48 %. Bei der Deponie Schöneicher Plan lag der Masseanteil beim Siebschnitt < 8 mm bei 69 %. Erklärbar war dieser Unterschied durch den hohen Ascheanteil auf Schöneicher Plan.

Die Verschiebung der Massenverteilung hin zu kleinen Korngrößen - im Vergleich zu Rohmüll vor der Ablagerung- war bei beiden Deponien hoch, was auch auf mikrobielle Umsetzungs- und Mineralisierungsprozesse zurückzuführen war [7].



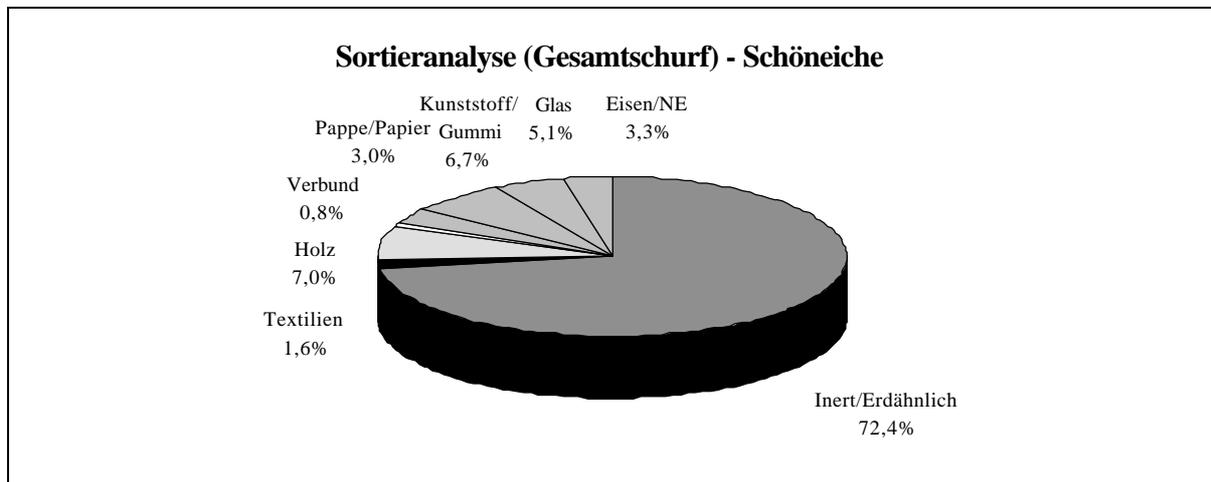
**Abb. 6:** Korngrößenanalyse: Altmüll-Schöneiche [5]



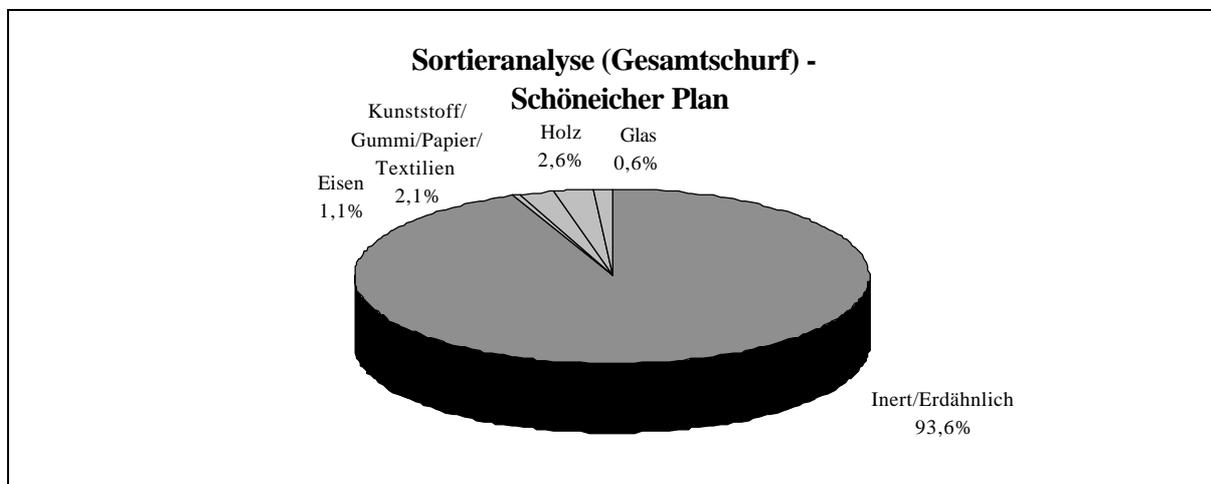
**Abb. 7:** Korngrößenanalyse: Altmüll-Schöneicher Plan [5]

- **Sortieranalyse**

Inertes Material war auf der Deponie Schöneiche zu 72 % vorhanden. Bei der Deponie Schöneicher Plan lag der Anteil der Inertabfälle bei 94 %. Materialien wie Kunststoff, Papier und Holz mit hohem Heizwert ( $H_u$ ) waren auf Schöneiche stärker vertreten als auf Schöneicher Plan [7].



**Abb. 8:** Zusammensetzung des Gesamtschurfes (SE) [5]



**Abb. 9:** Zusammensetzung des Gesamtschurfes (SP) [5]

- **Eluatanalyse**

Die Eluatanalyse wurde in Anlehnung an die Ablagerungskriterien der TA Siedlungsabfall (Anhang B) vorgenommen. Für die Deponieklasse I sind die Kriterien für die Eluatanalyse bis auf die Parameter Glühverlust, extrahierbare lipophile Stoffe und TOC (Gesamtkohlenstoff) eingehalten worden [7].

- **Wassergehalt**

Das abgelagerte Material auf der Deponie Schöneiche hatte einen Wassergehalt von 35 %. Der Wassergehalt auf der Deponie Schöneicher Plan lag bei einem Wert von 20 %. Entgegen ursprünglicher Annahmen war das Abfallmaterial recht trocken und schüttfähig, was die Schürfarbeiten wesentlich vereinfachte [7].

- **Glühverlust**

Der Glühverlust lag bei beiden Deponien über den Vorgaben der TA Siedlungsabfall von 5 %. Bei der Fraktion < 40 mm lag der Glühverlust der Probe Schöneiche bei 25 %. Die Probe Schöneicher Plan wies einen Glühverlust von 18 % auf [7].

- **stoffgruppenspezifischer Aufschluss**

Der stoffgruppenspezifische Aufschluss dient dazu, eine Aussage über die organischen Substanzen zu machen. Eine Einteilung erfolgt in biologisch leicht, mittelschwer und schwer abbaubare Substanzen. Untersucht wurden folgende Fraktionen: < 8 mm der Deponie Schöneicher Plan und < 20 mm der Deponie Schöneiche. Die Untersuchungen zeigten, dass der Anteil an leicht abbaubaren Substanzen am Gesamtmaterial nur 1 - 2 % ausmachte. Die biologisch schwerabbaubaren Stoffe stellten die größte Gruppe im Altmüll dar (15 %) [7].

- **Selbsterhitzungsgrad**

Eine Selbsterhitzung durch den biologischen Abbau des Abfallmaterials konnte bei den Fraktionen < 20 mm (Deponie Schöneiche) nicht mehr nachgewiesen werden. Es ist aber grundsätzlich davon auszugehen, dass bei einer großtechnisch ausgeführten Rotte auch 10 Jahre alte Siedlungsabfälle zu einer Selbsterhitzung fähig sind [7].

- **Respirationsrate**

Mit der Respirationsrate kann die Rottefähigkeit und somit die biologische Aktivität des Abfallmaterials beurteilt werden. In der Probe Schöneiche ermittelte man Raten bis zu 4000 mg CO<sub>2</sub> / 100 g TS \* 30 d und lag damit bei etwa doppelt so hohen Werten wie bei Reifekompost. Die Respirationsrate der Probe Schöneicher Plan lag bei Werten zwischen 1000 und 2500 mg CO<sub>2</sub> / 100 g TS \* 30 d. Diese Werte sind in etwa vergleichbar mit Respirationsraten von Reifekompost [7].

## **8.2.5 Zusammenfassung**

Obwohl die untersuchten Proben der Deponie Schöneiche die Kriterien der TA Siedlungsabfall nahezu alle erfüllt haben, besteht die Gefahr, daß Schadstoffe über das Sickerwasser ausgetragen werden, da die Deponie keine Basisabdichtung besitzt. Ein

Sickerwassersystem ist nicht vorhanden. Darüber hinaus ist die Gaserfassung nur in Teilbereichen der Deponie vorhanden, obwohl die Deponie noch ein erhebliches Deponiegasbildungspotential besitzt.

Ein Deponierückbau würde, verbunden mit entsprechenden Sanierungsmaßnahmen, nach ersten Einschätzungen in Frage kommen.

Der Altmüll der Deponie Schöneicher Plan besitzt einen hohen Inertisierungsgrad. Eine biologische Nachbehandlung ist stark eingeschränkt möglich. Der Abfall besitzt eine geringe Atmungsaktivität und einen niedrigen Glühverlust. Ebenso ist die mechanische Aufbereitung zur Abtrennung von brennbarem Material für die thermische Verwertung wenig lohnenswert. Das Schadstoffpotential der untersuchten Abfälle ist sehr gering.

Bei einem Deponierückbau ist mit keiner bedeutenden Schadstoffreduktion bzw. Schadstoffimmobilisierung zu rechnen. Ebenso ist kein nennenswerter Volumengewinn zu erwarten. Ein Deponierückbau für die Deponie Schöneicher Plan kommt daher nicht in Frage [5] [7].

## **8.3 Deponie Düsseldorf-Hubbelrath**

### **8.3.1 Allgemeines**

Auf der Zentraldeponie Düsseldorf-Hubbelrath entschloss sich die Stadt Düsseldorf 1991 ein Projekt zur Ermittlung der Rückbaufähigkeit der Deponie durchzuführen.

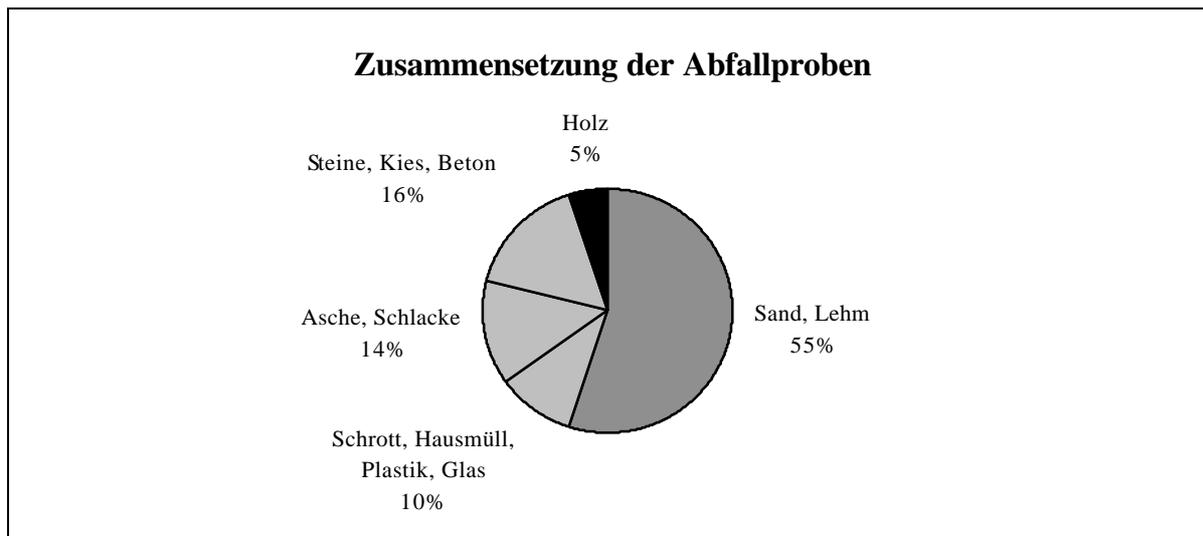
Zu Beginn des Projektes waren auf der Deponie 4,7 Mio. m<sup>3</sup> Müll abgelagert. Das Restvolumen betrug zu dieser Zeit noch etwa 300.000 m<sup>3</sup>. Es wurde auf einer Fläche von 20 ha hauptsächlich Bauschutt und Bodenaushub, sowie geringe Mengen an Haus- und Sperrmüll eingebaut.

Hauptgesichtspunkte des Projektes waren [8]:

- Volumengewinn
- Fraktionierung und Verwertung des abgelagerten Materials
- Erneuerung der Deponiebarrieren gemäß dem neuesten Stand der Technik

### **8.3.2 Altmülluntersuchung / -behandlung**

Am Anfang des Projektes standen Gasbrunnenbohrungen, die Erkenntnisse über die Zusammensetzung des Altmüll brachten. Es zeigte sich, daß die Abfälle zu über 50 % aus Bauschutt und Erdaushub bestanden.



**Abb. 10: Sortieranalyse Deponie Hubbelrath (Bohrgut) [8]**

Weitere entnommene Proben dienten zur analytischen Bestimmung der Kontaminationen über die wichtigen Parameter TOC, EOX, Mineralöl-Kohlenwasserstoffe, Phenolindex, PAK's und Schwermetalle. Die Schwermetalle wurden nach dem NRW-Verfahren [Cremer] ermittelt. Es stellte sich heraus, dass die feinen Fraktionen weit höher belastet waren als die Grobfraktionen. Die Werte der Grobfraktionen ähnelten denen von Bauschutt [8].

Parameter	Einheit	Vergleichswerte Bauschuttproben*	Vergleichswerte* *	Ergebnisse der Bohrgutanalysen
<b>Anorganisch</b>				
<i>pH-stat-Methode</i>				
Arsen	µg/l	22	Keine	< 80
Blei	µg/l	900		> 8.000
Cadmium	µg/l	16		> 500
Chrom	µg/l	54	Vergleichswerte	> 200
Kupfer	µg/l	< 20		> 5.000
Nickel	µg/l	1.540		> 2.000
Quecksilber	µg/l	0,5	vorhanden	> 0,6
Zink	µg/l	3.000		> 80.000
<b>Organisch</b>				
<i>Feststoffanalytik</i>				
TOC	g/kg	22,4	-	> 60
EOX	mg/kg	2,5	2	> 5
Kohlenwasserstoffe	mg/kg	2.710	500	> 3.000
Phenolindex	mg/kg	0,1	-	> 0,5
PAK	mg/kg	16,5	10	> 20

\* Proben von Bauschutt, der abgelagert werden soll

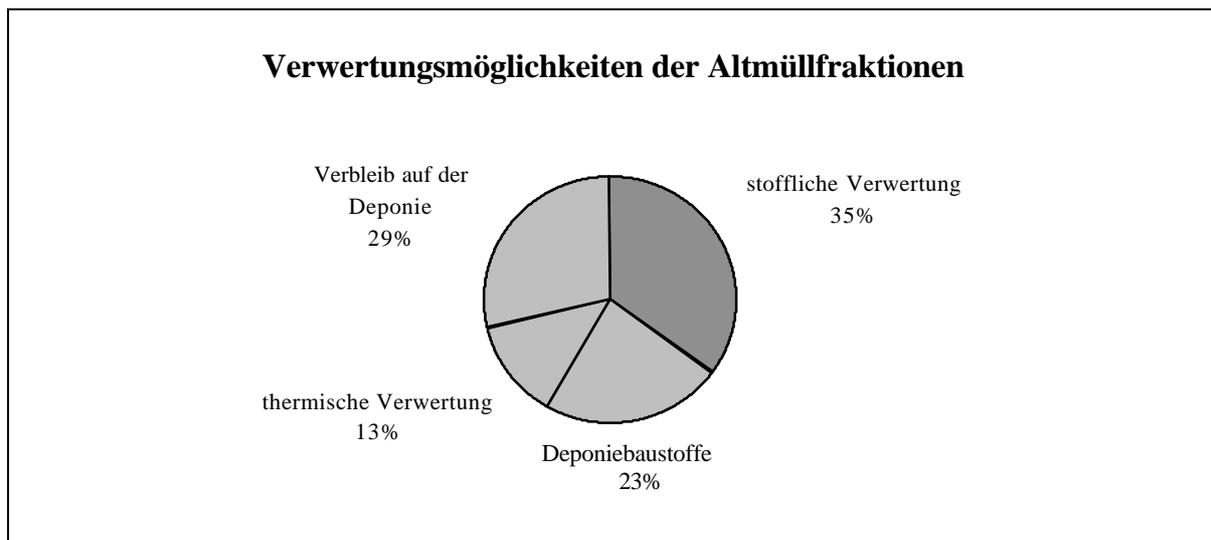
\*\* Vergleichswerte wurden dem Verwendungskonzept der Unteren Wasser- und Abfallwirtschaftsbehörde Düsseldorf (1991) entnommen

**Tab. 5: Vergleichswerte für Bauschutt und Werte der Bohrgutanalysen [9]**

Aufgrund dieser Ergebnisse erfolgte dann ein großtechnischer Versuch mit 30.000 m<sup>3</sup> Müll.

Zu Beginn wurde vor Ort eine Grobstoffabtrennung und eine Erstfraktionierung durchgeführt. Danach erfolgte eine Mehrstufenfraktionierung in einer ortsfesten Aufbereitungsanlage. Die Absiebungen führten zu Fraktionen > 40 mm, 16-40 mm und < 16 mm sowie zur Abscheidung geringer Mengen Restmülls [8].

Nach Siebung und Sortierung ergaben sich folgende Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten:



**Abb. 11: Verwertungsmöglichkeiten der Altmüllfraktionen [8]**

### 8.3.3 Zusammenfassung

Aus abfallwirtschaftlicher Sicht ist der Rückbau der Deponie eine sinnvolle Maßnahme. Voraussetzung ist eine Sortieranlage auf der Deponie um die Abfälle vor Ort trennen zu können.

Das bestehende Abfallvolumen lässt sich um 40 bis 50 % durch Aussortierung der groben Bestandteile und durch Wiedereinbau der feinen Fraktionen mit verbesserter Verdichtung reduzieren. Daraus berechnet sich bei zusätzlicher Auskofferung und Verwertung des anstehenden, natürlichen Bodens (3 Mio. m<sup>3</sup>) ein Volumengewinn von 4,9 Mio. m<sup>3</sup>.

Die Kosten für den Rückbau werden als vertretbar erachtet, wenn sie unter denen der Ablagerung ohne Rückbau der Deponie liegen.

Zum jetzigen Zeitpunkt (1997) hat die Stadt Düsseldorf die Entscheidung getroffen, die Rückbaumaßnahme noch nicht durchzuführen. Die Altdeponie wird nach einer Zwischenabdeckung weiter verfüllt.

## **Teil2**

### **Darstellung und Bewertung von Aufbereitungs- und Behandlungstechniken für Altmüll aus dem Deponierückbau**

# 1. Einleitung

Der aus dem Deponiekörper entnommene Altmüll kann entweder direkt an anderer Stelle wieder eingebaut werden (Umlagerung), er kann ohne Vorbehandlung verwertet werden (sortenreine, unverschmutzte Chargen, z.B. Erdaushub aus einer Erdaushubdeponie) oder er kann behandelt und aufbereitet werden.

Durch die Behandlung des Altmülls mit Verwertung von Teilströmen ergibt sich ein Gewinn an Deponievolumen. Eine Vorbehandlung vor dem Wiedereinbau kann zu einer besseren Einbaubarkeit und zu einer Verminderung des von der Deponie ausgehenden Gefährdungspotentials (geringere Gasbildungsrate, niedrigere Sickerwasserbelastungen) führen.

Für den Altmüll kommen folgende Behandlungsmaßnahmen bzw. Kombinationen dieser Maßnahmen in Betracht:

- mechanische Aufbereitung
- biologische Behandlung
- thermische Behandlung

Die einzelnen Verfahrensschritte können direkt im Deponiekörper (in-situ), auf dem Deponiegelände (on-site) oder in separaten Anlagen, die außerhalb der Deponie liegen (off-site), durchgeführt werden. Welche Aufbereitungs- und Behandlungsmethoden zur Anwendung kommen, hängt von der Art und der Beschaffenheit der abgelagerten Abfälle und der Schadstoffbelastung der einzelnen Fraktionen ab. Vor der Ausgrabung des Altmülls ist daher die Zusammensetzung des Deponiekörpers durch repräsentative Probeschürfe zu ermitteln.

## 2. Mechanische Aufbereitungsverfahren

Die bei der Altmüllbehandlung eingesetzten Anlagenaggregate entsprechen denen einer üblichen Wertstoffsortieranlage.

Die mechanische Aufbereitungsanlage sollte einfach und robust gebaut sein. Die Wahl der Einzelkomponenten für die Anlage hängt stark ab von den Materialeigenschaften des Altmülls und davon, welche Stoffströme abgetrennt und wie diese weiter verarbeitet werden (mechanische / biologische Behandlung). Aber auch wirtschaftliche Aspekte spielen eine Rolle. Eine Trennung nach der Abfallart (Metall, Kunststoff, brennbare Fraktion usw.) ist sehr aufwendig. Es sollte daher in der Regel auf einfache Verfahrenskomponenten zur Trennung der mineralischen und organischen Bestandteile zurückgegriffen werden [16].

Die Ziele bzw. Anwendungsbereiche der mechanischen Aufbereitung des Altmülls sehen folgendermaßen aus [5]:

- Gewinnung von Wert- (Metalle, Kunststoffe etc.) oder Brennstoffen aus Altmüll (BRAM)
- Vorbehandlung vor der biologischen Altmüllbehandlung
- Vorbehandlung vor der Verbrennung
- Kontrollsichtung und Entfernung von gefährlichen Stoffen

Folgende Aufbereitungsschritte sind möglich:

- Zerkleinerung
- Sortierung
- Klassierung

Enthält die Deponie überwiegend Bauschutt, so ist ein Bauschuttrecycling sinnvoll.

Bodenaushub, nicht verunreinigt	
Behandlung	Sortieren nach Bodenart
Verwertung	Landschaftsgestaltung, Rekultivierung, Straßen- und Tiefbau, Deponiebau
Bodenaushub, verunreinigt*	
Behandlung	Bodenwasch-/Aufbereitungsanlage, thermische Behandlung
Verwertung	Erd- und Landschaftsbau, Deponiebau
mineralischer Straßenaufbruch, verunreinigt	
Behandlung	Aufbereitungsanlage
Verwertung	Straßen-, Wege- und Landschaftsbau, Deponiebau
bitumenhaltiger Straßenaufbruch, nicht verunreinigt	
Behandlung	Aufbereitungsanlage
Verwertung	Straßen- und Wegebau, Eingabe in Bitumenmischanlage, Deponiebau
Bauschutt, nicht verunreinigt	
Behandlung	Sortieren nach Stoffen, Brechen, Fraktionieren
Verwertung	Recyclingbaustoff für Hoch-, Tief- und Straßenbau, Deponiebau
Bauschutt, verunreinigt**	
Behandlung	Vorsortieren, Aufbereiten
Verwertung	wie unbelasteter Bauschutt

\* mit Ölen, Fetten oder anderen chemischen Stoffen verschmutzter Aushub

\*\* Bauschutt mit Bestandteilen der Gebäudeausrüstung (Fußbodenmaterial, Decken- und Wandbekleidung u.ä.) vermischt

**Tab. 21: Verwertungsmöglichkeit für Bauabfälle [13]**

Vor dem eigentlichen Aufbringen des Altmülls auf die **mechanische Aufbereitungsanlage**, sollte eine Sichtung und Vorsortierung beim Abgraben erfolgen. Dies kann beispielsweise mit einem Bagger vorgenommen werden, mit dem sehr große, sperrige Teile abtrennt und eventuell einem Zerkleinerungsaggregat zugeführt werden.

Die Beschickung der Anlage kann ebenfalls mit einem Bagger durchgeführt werden. Eine andere Möglichkeit ist die kontinuierliche Beschickung mittels Förderband.

In **Abbildung 21** wird ein Verfahrensfliessbild für eine mechanische Aufbereitung dargestellt:

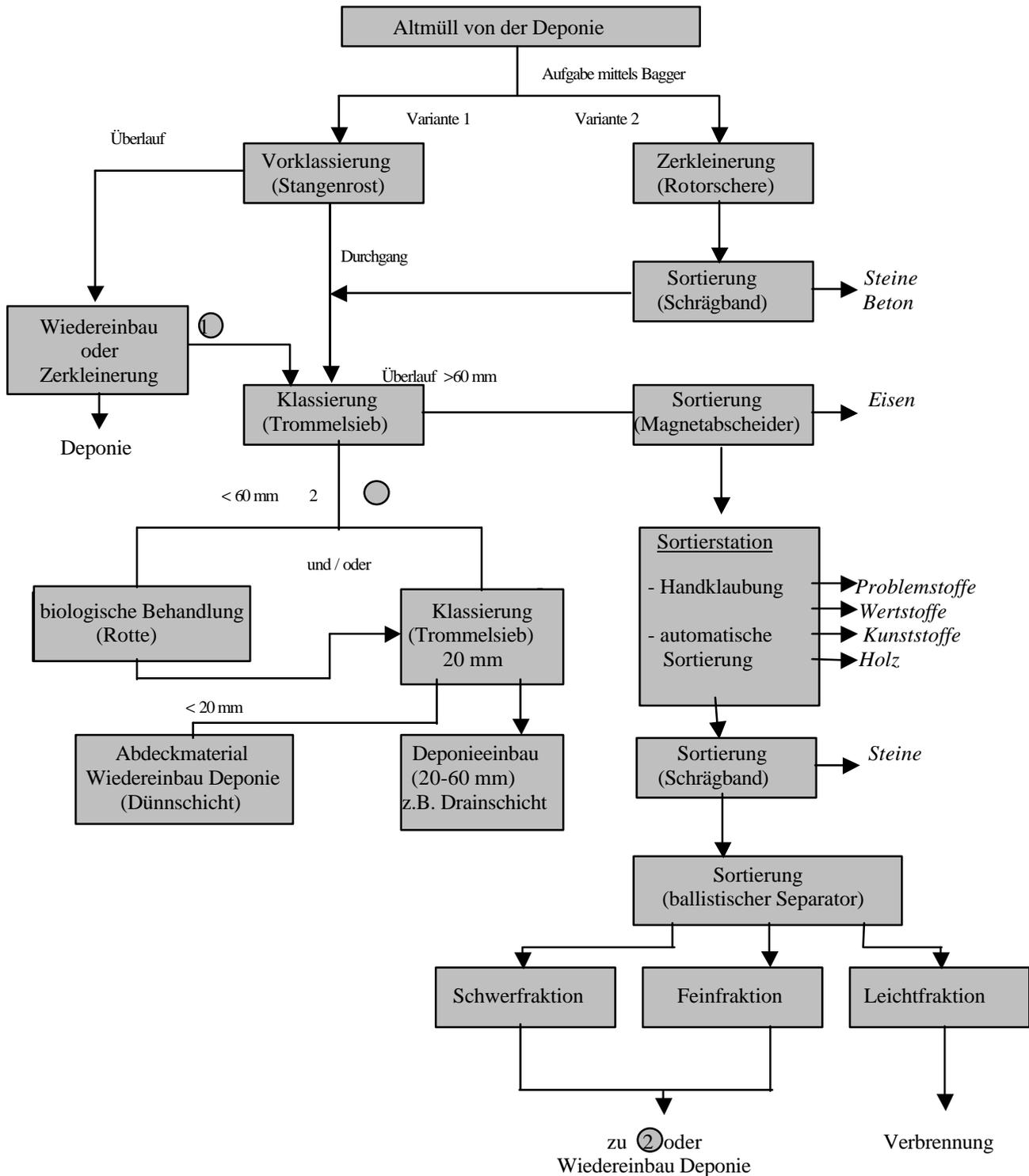
Am Anfang der Aufbereitung steht eine Vorklassierung mit einem Stangenrost (Variante 1). Der Überlauf am Rost wird entweder zerkleinert und dann wieder in den Prozeßablauf integriert oder direkt deponiert.

In einem Trommelsieb erfolgt eine Klassierung des Durchlaufs in eine Fraktion  $> 60$  mm und eine Fraktion  $< 60$  mm.

Anstelle der am Anfang stehenden Vorklassierung ist auch eine Zerkleinerung und Sortierung (Schrägband) des Ausgangsmaterials vor Aufgabe auf das Trommelsieb möglich (Variante 2).

Die Fraktion  $> 60$  mm durchläuft zuerst eine Magnetabscheidung, in der die Eisenbestandteile im Altmüll entfernt werden. Danach folgt die Sortierung von Problem- und Wertstoffen an einer Sortierstation. An einem nachfolgenden Schrägband werden Steine und Betonbrocken aussortiert. Zuletzt wird mit Hilfe eines Ballistikseparators das Material in eine Fein-, Leicht- und Schwerfraktion aufgesplittet.

Die Schwer- und Feinfraktion kann deponiert werden oder wie die Fraktion  $< 60$  mm biologisch behandelt und anschließend weiter klassiert werden (Trommelsieb  $< 20$  mm). Die entstandene Fraktion  $< 20$  mm kann als Abdeckmaterial beim Deponiebau eingesetzt werden. Für die Leichtfraktion besteht die Möglichkeit einer thermischen Verwertung.



**Abb. 21: Verfahrensfliessbild einer mechanischen Aufbereitungsanlage [5]**

## 2.1 Klassierung

Mit der Klassierung erfolgt zum einen eine Aufteilung in verschiedene Stückgrößenklassen, zum anderen wird aber auch eine Vorsortierung nach Abfallarten angestrebt.

Zum Einsatz kommen im allgemeinen Siebe und Roste, da mit ihnen die größte Trennschärfe zu erreichen ist. Dabei erfolgt eine Trennung in zwei Korngrößenklassen: den Überlauf und den Siebdurchgang [18].

Da der Altmüll ohne in-situ-Vortrocknung in der Regel eine hohe Feuchte aufweist, besteht die Gefahr, dass durch Agglomerationen und das Anbacken an den Siebboden die Siebprozesse verschlechtert werden. Bauweisen von Siebmaschinen in konventioneller Art, wie Schwing- oder Rüttelsiebe, sind aus diesem Grunde zur Altmüllsiegung weniger geeignet. Trommel- und Stangensiebe scheinen hierfür unempfindlicher zu sein [5].

- **Stangenrost**

Der Stangenrost dient vor allem der Vorabscheidung von sperrigem Material im Altmüll. In der Regel bestehen Stangenroste aus zwei ineinandergreifende Roste, die gegeneinander oszillierende Bewegungen ausführen. Außerdem bewirkt eine elastische Aufhängung der Roststäbe eine zusätzliche Schwingbewegung durch das aufschlagende bzw. abrollende Klassiermaterial. Bei einer Neigung von  $10^\circ$  bis  $15^\circ$  wird so ein guter Klassier-, Transport- und Selbstreinigungseffekt erzielt [5].

- **Trommelsieb**

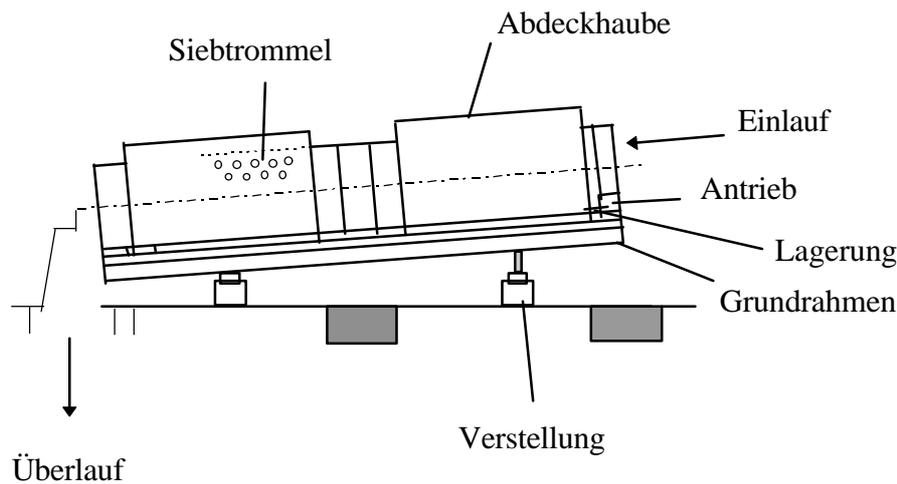
Im Trommelsieb wird der Müll durch die Trommeldrehung ständig bewegt, wodurch eine gute Umwälzung erreicht wird.

Vorteile:

- ⇒ Durch die Umwälzung wird der Abfall gut aufgelockert. Schmutzpartikel werden am Anfang der Trommel ausgeschieden, ehe der eigentliche Trennvorgang beginnt. Außerdem werden Papier- und Plastiksäcke geöffnet.
- ⇒ Es erfolgt eine Selbstreinigung durch Aneinanderreiben der Altstoffe, was sich positiv auf die Wiederverwertbarkeit und die weitere Aufbereitung auswirkt.
- ⇒ Es ist eine gute Anpassung an die Materialeigenschaften durch Einbau unterschiedlicher Siebbleche und Veränderung des Neigungswinkel möglich.

Nachteilig können sich streifenförmige Materialien (Damenstrümpfe, Folien, Tonbänder) auswirken, die in den Sieblöchern hängen bleiben. Durch diese Verschmutzungsneigung der Siebtrommel verschlechtert sich die Trennschärfe mit zunehmender Nutzungsdauer. Auch können lange, sperrige Teile in den Siebdurchgang gelangen [5].

Feuchte Abfälle neigen u.a. bei höheren Anteilen an bindiger Erde, Klärschlamm u.ä. zum verklumpen.



**Abb. 22: Siebtrommel [11]**

- **Stangensieb**

Stangensiebe werden hauptsächlich in Steinbrüchen und Bauschuttzubereitungsanlagen eingesetzt. Daher sind diese Siebe sehr robust und relativ preiswert in der Anschaffung. Mit ihnen können gute Siebergebnisse erzielt werden. Eine Verstopfungsgefahr durch streifenförmige Materialien besteht hier nicht.

## 2.2 Sortierung

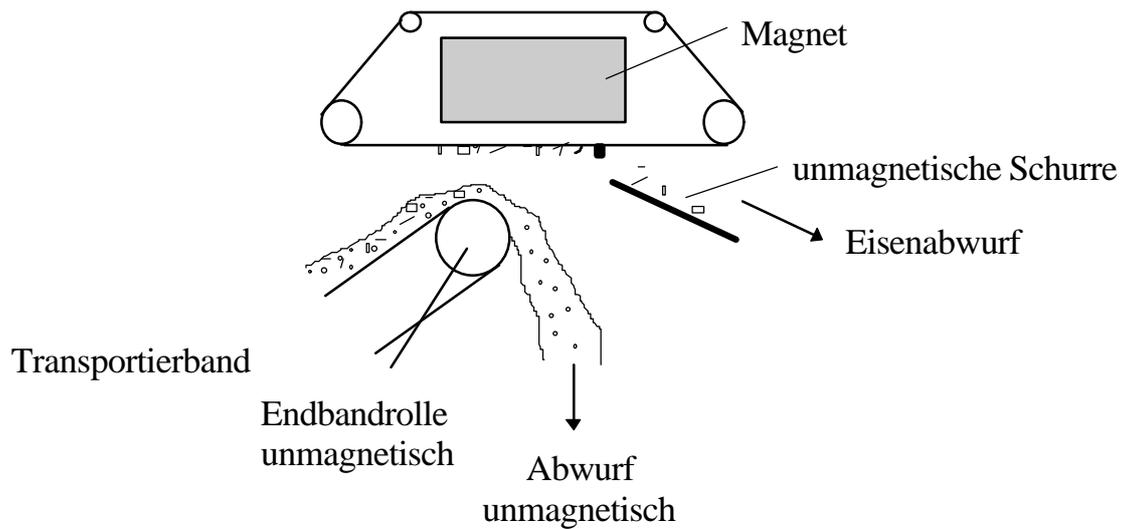
In der Sortierung werden die grob klassierten Fraktionen in weiteren Trennstufen aufbereitet. Dabei nutzt man die physikalischen Eigenschaften des zu trennenden Abfallmaterials, wie z.B. die Dichte oder die Magnetisierbarkeit.

- **Magnetabscheider**

Magnetabscheider werden zur Separierung von Eisenmetallen aus dem Abfallgemisch benutzt. Sie sind als Permanent- oder Elektromagnet ausgelegt. Zum Einsatz kommen hauptsächlich Überbandmagnete. Trommel- oder Walzenmagnete werden in der Regel nicht eingesetzt.

Eine günstige Anordnung des Überbandmagneten ist längs bzw. quer über einer unmagnetischen Endbandrolle. Wichtig ist, daß der Altmüll in dünnen Schichten unter den Magneten geführt wird, um eine möglichst sortenreine Eisenfraktion zu erhalten.

Trotzdem ist es schwierig, bei der magnetischen Sortierung des Altmülls den Fremdstoffanteil klein zu halten. Wird eine thermisch verwertbare Altmüllfraktion aussortiert, kann es daher unter Umständen besser sein, eine Magnetabscheidung erst an der Müllverbrennungsanlage, nach der thermischen Behandlung, durchzuführen.



**Abb. 23: Überbandmagnet [11]**

- **Sortier- und Sichtungsstation**

An der Sortier- und Sichtungsstation werden Problemstoffe (z.B. Batterien) und Altstoffe (z.B. Holz) entnommen.

Kunststoffe sollten nur entnommen werden, wenn sie nicht oder nur gering verschmutzt sind, damit sie einer Wiederverwertung zugeführt werden können. Da diese Forderung für die Kunststoffe im Altmüll kaum einzuhalten ist, gehen diese in der Regel mit der Leichtfraktion in die thermische Verwertung.

Die Aussortierung kann per Hand oder automatisch erfolgen.

⇒ Handsortierung am Klaubeband

Bei der Handsortierung werden die Stoffe anhand des optischen Eindruckes vom Förderband entfernt. Obwohl die Sortierung zusätzliches Personal erfordert, wird darauf noch nicht verzichtet, da die Entnahme von Schadstoffen im frühen Stadium erhebliche Vorteile für die weitere Aufbereitung bringt.

⇒ automatische Sortiersysteme

Die automatische Klaubung basiert ebenfalls auf menschlichen optischen Eindrücken. An einem Computermonitor werden durch den Operator die Stoffe bestimmt, die aussortiert werden sollen und die dann, nach Berührung des auf dem Bildschirm gezeigten Objektes, über ein automatisches Speicher- und Greifsystem entfernt werden.

Eine automatische Sortierung ist nur sinnvoll, wenn die Wertstoffgewinnung sich wirtschaftlich lohnt.

- **Windsichter**

Mit Hilfe von Windsichtern können Stoffe unterschiedlicher Korngröße, Stoffdichte und geometrischer Form entfernt werden (Gleichfälligkeit).

Damit eine gute Trennung erreicht wird muss das Abfallmaterial trocken sein. Außerdem muß die Aufgabe auf den Einfülltrichter gleichmäßig erfolgen. Diese Anforderungen sind für den Altmüll nur sehr schwer zu verwirklichen, so dass der Einsatz von Windsichtern bei der Altmüllbehandlung nur in Sonderfällen erfolgt. Ein Einsatz bei bereits vorklassierten Gemeinguteilen zur Trennung einer heizwertreichen Leichtfraktion wäre denkbar [18].

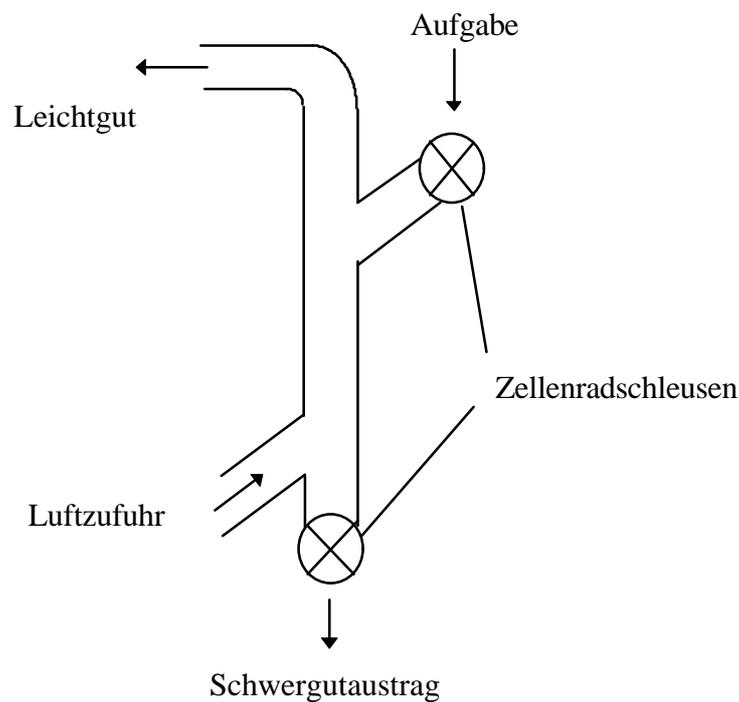
Nachfolgend sind einige gebräuchliche Sichtertypen aufgeführt:

⇒ Steigrohrsichter

⇒ Zickzacksichter

⇒ Schwebesichter

⇒ Horizontalstrom - Windsichter



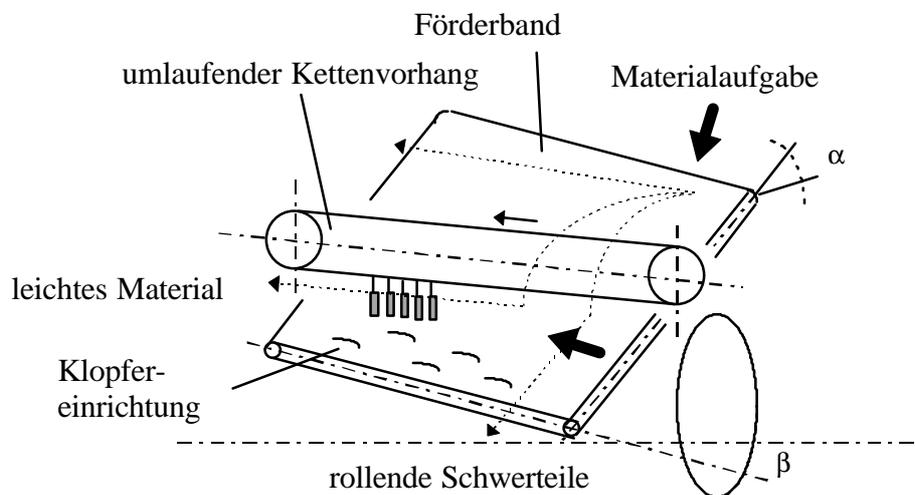
**Abb. 24: Steigrohrsichter [11]**

- **Ballistischer Separator**

Der ballistische Separator dient zur Auftrennung des Abfallgutes in eine Leicht-, Schwer- und Feinfraktion. Das Abfallmaterial wird auf eine bewegliche, geneigte und perforierte Ebene aufgebracht, die in verschiedene Rüttelelemente unterteilt ist und in Abhängigkeit vom spezifischen Gewicht und der Stückform fraktioniert [5].

- **Schrägsortiermaschine (Schrägband)**

Mit der Schrägsortiermaschine werden vor allem Steine und Betonbrocken aus dem Abfallmaterial entfernt. Das Band ist dabei so geneigt, dass das rundliche Material hinunter rollt und das plattige Gut nach oben transportiert wird.



**Abb. 25: Schrägsortiermaschine [11]**

## 2.3 Zerkleinerung

Die Art des Zerkleinerungsverfahrens hängt von den Materialeigenschaften (hart, spröde, weich usw.) und den Anforderungen an das zerkleinerte Produkt (z.B. Zerkleinerungsgrad) ab. Eine Zerkleinerung verbessert die Transportier- und Sortiereigenschaften des Abfalls für die nachfolgenden Verfahren.

Als Zerkleinerungsaggregate sind hauptsächlich Langsamläufer wie Rotor- oder Sperrgutscheren und Walzenbrecher im Einsatz.

Für eine Hartzerkleinerung kommen Schnellläufer (Hammer- und Prallmühlen) in Frage, die jedoch in der Praxis bisher kaum eingesetzt werden.

- **Rotorscheren**

Rotorscheren erzielen bei hoher Leistung einen guten Zerkleinerungsgrad und erzeugen kaum Lärm- und Staubemissionen.

- **Sperrgutscheren**

Sperrgutscheren besitzen Längs- und Querschere und erzielen so einen hohen Zerkleinerungsgrad.

- **Walzenbrecher**

Zur Hartzerkleinerung ist ein Walzenbrecher weniger geeignet. Der Aufgabedurchmesser muss relativ genau definiert sein.

### **3. Biologische Abfallbehandlung**

#### **3.1 Aerobe Verfahren**

##### **3.1.1 On-site - Rotteverfahren**

Die aerobe Behandlung (Rotte) des entnommenen Altmülls ist der mechanischen Aufbereitung nachgeschaltet.

Ein für die biologische Behandlung wichtiger Aufbereitungsschritt ist die Zerkleinerung des Altmülls (siehe 2.3). Sie bewirkt eine Volumenreduzierung und vergrößert die spezifische Oberfläche des Abfallmaterials, so dass die Umsetzungsprozesse in der nachgeschalteten biologischen Behandlung beschleunigt werden.

Ein weiterer wichtiger Schritt ist die Einstellung des optimalen Wassergehaltes. Da der Wassergehalt in der Regel **unterhalb** des optimalen Wassergehaltes liegt, muss Wasser zugegeben werden. Dies geschieht in Mischtrommeln oder in Zerkleinerungsaggregaten.

Das Prinzip der aeroben Verfahren ist der biologische Abbau von organischen Substanzen, wobei eine möglichst vollständige Mineralisierung angestrebt wird. Bei der Rotte werden während des Abbaus unter Wärmeenergiefreisetzung neben CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O und einigen mineralischen Komponenten ("Aschegehalt") immer zugleich auch langlebige organische Substanzen wie Huminstoffe und deren Vorstadien gebildet. Diese langlebigen organischen Substanzen sollten ebenfalls weitgehend abgebaut werden, was aber sehr zeitaufwendig wäre. Eine vollständige Mineralisierung der Abfälle ist deshalb technisch nicht erreichbar.

Die Ziele einer biologischen Behandlung (Rotte) von Altabfällen sind [5]:

- Abbau leicht verfügbarer organischer Anteile zur Verminderung des Deponiegasbildungspotentials und der organischen Schadstoffe im Sickerwasser
- Verminderung der abzulagernden Gesamtmasse (Feststoff- und Wasserverlust) und des Einbauvolumens der Abfälle
- Erzeugung eines Produkts mit erdähnlichen Eigenschaften

⇒ Die Gewinnung von Kompost als Wertstoff kann wegen der Schadstoffbelastung nicht angestrebt werden.

Hinsichtlich der Rotteverfahren unterscheidet man zwischen Vor-, Haupt- und Nachrotte. Anaerobe Behandlungsmethoden für Altmüll wurden bisher nicht angewandt. Wegen der nur noch geringen Abbaubarkeit von Altmüll wird hier in der Regel nur eine Rottstufe angewandt.

<b>Rotteverfahren</b>			
<b>quasi-dynamisch</b>	<b>statisch</b>	<b>dynamisch</b>	<b>sonstige</b>
Mietenkompostierung • (unbelüftet)* • belüftet*	Biozellenreaktoren • Boxen* • Container* Tunnelreaktoren* Rotttürme	Rotttürme Rotttrommeln	Brikollareverfahren

\* für die Altmüllbehandlung geeignet

**Tab. 22: Rotteverfahren [5]**

Verfahrenstechnisch entspricht die aerobe Behandlung des Altmülls, aufgrund der schon im Deponiekörper stattgefundenen Abbauprozesse, einer Nachbehandlung herkömmlicher Restabfälle (Nachrotte). Behandelt werden die mit Organik angereicherten Fraktionen. Das können die durch die mechanische Aufbereitung entstehenden Stoffströme (< 60 mm, Schwer- und Leichtfraktion) sein.

Durchgeführte Rückbauprojekte haben gezeigt, daß sich die Mietenkompostierung bewährt hat. Das Verfahren verursacht geringe Investitionskosten und ist einfach in der Handhabung. Die Mietenkompostierung ist jedoch sehr zeitintensiv und benötigt eine große Fläche. Das Umsetzen der Mieten, ist im Gegensatz zur Frischmüllbehandlung, grundsätzlich nicht zu empfehlen, da dies zu einem Zusammenbruch der Mikroorganismen-tätigkeit führen kann. Geruch und Sickerwasser spielen bei der Behandlung von Altabfällen in der Regel eine untergeordnete Rolle [19].

Das nach der Rotte entstandene erdähnliche Material kann auf der Deponie zur Zwischenabdeckung oder für die Errichtung von Randdämmen verwendet werden.

Eine biologische Behandlung ist nur dann sinnvoll, wenn der Anteil an nährstoffreichen, leichtabbaubaren organischen Substanzen entsprechend hoch ist. Bei Altablagerungen, in denen der Mineralisierungsprozess schon weit fortgeschritten und das Gasbildungspotential gering ist, ist eine biologische Nachbehandlung nicht zweckmäßig.

Tabelle 23 zeigt Prüfkriterien dafür auf, ob eine aerobe Behandlung sinnvoll ist.

Kriterium	Art bzw. Wert	Bewertung
Abfallart	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siedlungsabfälle</li> <li>• Bodenaushub, Baurestmassen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +</li> <li>-</li> </ul>
Alter von Siedlungsabfällen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 10 Jahre</li> <li>• &gt;30 Jahre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+</li> <li>- •</li> </ul>
Deponiegasproduktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt;8 m<sup>3</sup>/mg*a</li> <li>• &lt;8 m<sup>3</sup>/mg*a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+</li> <li>-</li> </ul>
Materialstruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vorwiegend Kleinfraction (&lt;8 mm)</li> <li>• strukturreich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>+</li> </ul>
Glühverlust	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;15 %</li> <li>• &gt;25 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>• +</li> </ul>
Stoffgruppen (nach van Soest)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vorwiegend leicht- und mittellöslich</li> <li>• vorwiegend schwer- und nichtlöslich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+</li> <li>- •</li> </ul>
C/N-Verhältnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 50:1</li> <li>• &lt; 50:1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- •</li> <li>• +</li> </ul>
Selbsterhitzung (im Dewar-Gefäß)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 30 °C</li> <li>• &lt; 30 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+</li> <li>- •</li> </ul>

Legende: - schlechte,  
 • mäßige,  
 + gute Eignung für eine aerobe Behandlung

### **Tab.23: Prüfkriterien für die aerobe Behandlung [5]**

#### **3.1.2 In-situ-Belüftung**

Neben den Methoden der biologischen on-site-Rotte kann die aerobe biologische Behandlung auch im Deponiekörper selbst stattfinden (in-situ).

Die dabei eingesetzten Verfahren werden hauptsächlich zur Geruchsstabilisierung und zur Austrocknung des Abfalls eingesetzt. Ausreichend in-situ-vorbelüfteter Altmüll entwickelt beim Abgraben nur noch geringe Gerüche und vorgetrockneter Abfall läßt sich in der mechanischen Aufbereitung sehr viel besser handhaben als nasser Abfall.

Bei längerer Belüftung (Belüftungsdauer ca. 3 Monate) können die in-situ-Verfahren auch als Rotteverfahren - mit dem Ziel des Organikabbaus - angewandt werden.

Dabei haben diese den Vorteil, dass der aerobe Abbau im Deponiekörper selbst stattfindet und so eine zusätzliche Fläche für die Rotte nicht benötigt wird.

Der große Nachteil ist jedoch, dass im Gegensatz zu den on-site-Verfahren, nur eine recht geringe Wirkung hinsichtlich des Stoffabbaus erzielt wird. Darüber hinaus sind die in-situ-Verfahren nur schlecht kontrollierbar und steuerbar (Wassergehalt). Die Wirkungskontrolle kann lediglich über Messungen im Abluftstrom geschehen (s. u.).

Für eine reine Geruchsstabilisierung ist, abhängig vom Deponiegut, eine Behandlungsdauer von vier bis acht Tagen ausreichend. Für die Trocknung haben sich in der Praxis Zeiträume von zwei bis vier Wochen als notwendig erwiesen.

Die Behandlungsdauer wird über individuell festgesetzte Grenzwerte gesteuert.

Als Parameter kommen in Frage:

- Temperatur (-verlauf) im Deponiekörper
- CO<sub>2</sub> - Gehalt im Abgas
- CH<sub>4</sub> - Gehalt im Abgas
- O<sub>2</sub> - Gehalt im Abgas

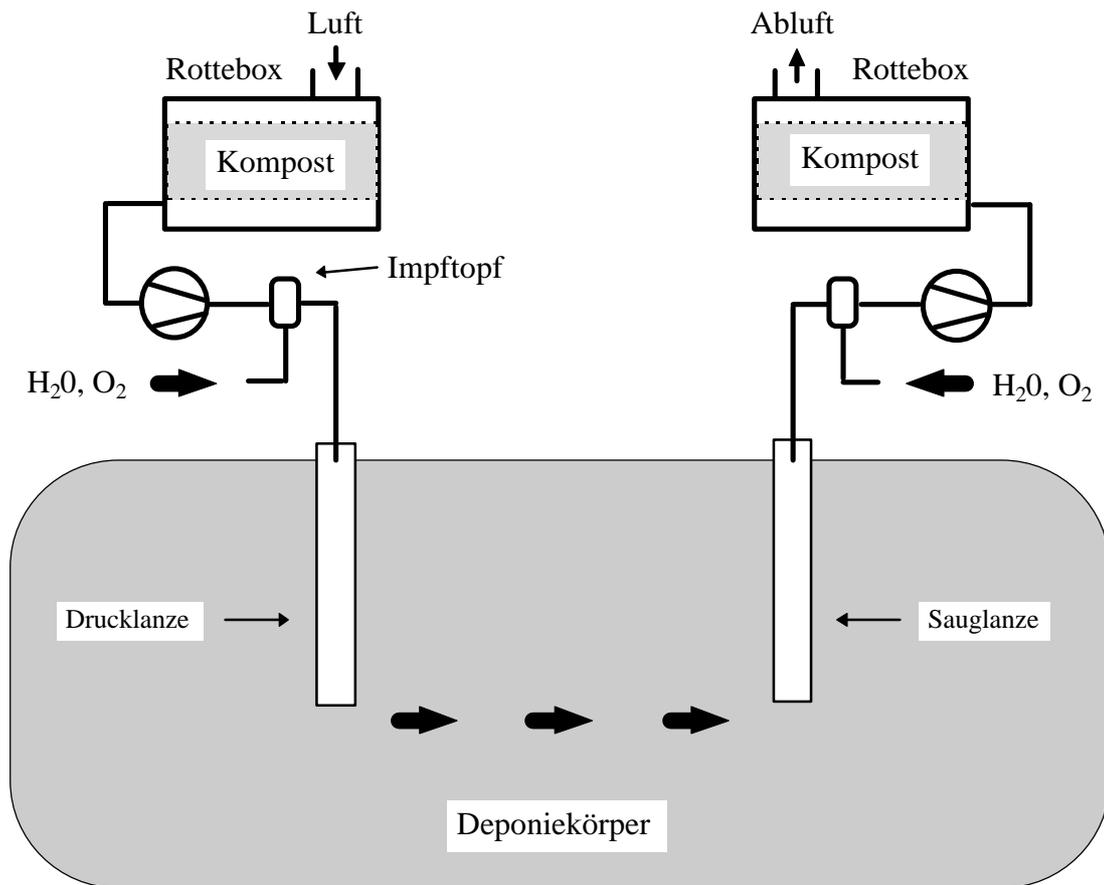
Als Beispiele werden das Rotte-Filter-Verfahren [6] und das erstmals auf der Deponie Wien-Donaupark angewandte Bio-Puster-Verfahren beschrieben [17].

### **Rotte-Filter-Verfahren:**

Beim Rotte-Filter-Verfahren werden in Rastern von 5 bis 6 m Belüftungs- und Absauglanzen in den Deponiekörper eingebracht. Durch die Belüftungslanzen wird ein über eine Rottebox erwärmtes, wasserdampfgesättigtes und mit Bakterien angereichertes Luft-Sauerstoffgemisch in den Deponiekörper hineingedrückt. Durch die Absauglanzen werden die im Deponie-körper enthaltenen Gase herausgesaugt und über eine als biologischen Filter dienende zweite Rottebox abgeleitet.

Im Stundentakt wird die Strömungsrichtung gewechselt, um Kanalbildungen im Deponie-körper zu vermeiden. Die Funktionen der Rotteboxen wechseln entsprechend.

Durch die eingeblasene Luft kommt es weitgehend zur Umstellung von anaeroben auf aerobe Verhältnisse. Es findet eine Geruchsstabilisierung und eine Austrocknung der Abfälle statt.



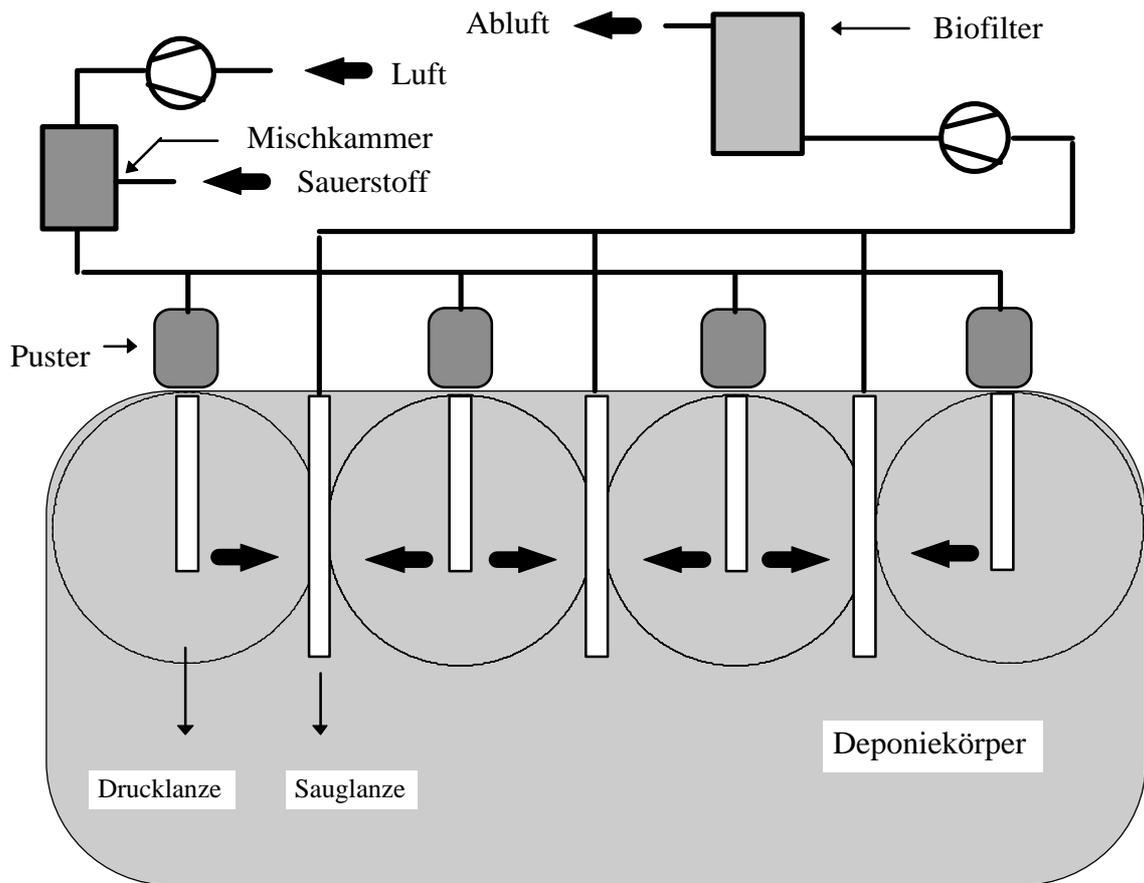
**Abb. 26:** Schematische Darstellung des Rotte-Filter-Verfahrens [6]

Ist der Wassergehalt in der Altablagerung zu hoch, kann es zu Schwierigkeiten mit der Absaugung kommen. Feuchtigkeit kann in den Rohrleitungen kondensieren, was zu Problemen innerhalb der Kompressoren und zum Verschließen der Luftleitungen führen kann. Durch gezielte Entwässerung der Leitungen und einen häufigen Wechsel der Fließrichtungen kann dieses Problem jedoch minimiert werden [6].

### **Bio-Puster-Verfahren:**

Beim Bio-Puster-Verfahren wird mit hohen Drücken (2 - 10 bar) über intermittierend arbeitende Druckluftanlagen mit Pustern (Windkesseln) sauerstoffangereicherte Luft in Druckimpulswellen in den Deponiekörper eingeblasen. Durch die Ausbildung von Druckwellen dringt auch in dichtgelagerte Abfallzonen sauerstoffreiche Luft ein und aktiviert aerobe Bakterien, so dass eine schnelle Umstellung weiter Bereiche auf Rotteverhältnisse stattfindet.

Die Gase im Deponiekörper werden über Sauglanzen abgezogen und einer Bio-Filter-Anlage zugeführt.



**Abb. 27:** Schematische Darstellung des Bio-Puster-Verfahrens [6]

#### 4. Thermische Abfallbehandlung

Werden in der mechanischen Aufarbeitung heizwertreiche Fraktionen wie Holz, Kunststoffe oder Papier (Leichtfraktion) separiert, können diese thermisch verwertet werden.

Die Möglichkeiten der Mitbehandlung in einer thermischen Behandlungsanlage und die nötigen Vorbehandlungsmaßnahmen werden durch die Art der Abfälle vorgegeben. Insbesondere sind die verbrennungstechnischen Eigenschaften (Heizwert, Wassergehalt, Dichte) und die Schadstoffgehalte, welche durch die Herkunft der Abfälle und die Art der Ablagerungen bestimmt werden, von entscheidender Bedeutung [14].

Die **wichtigsten Ziele** der thermischen Abfallbehandlung sind:

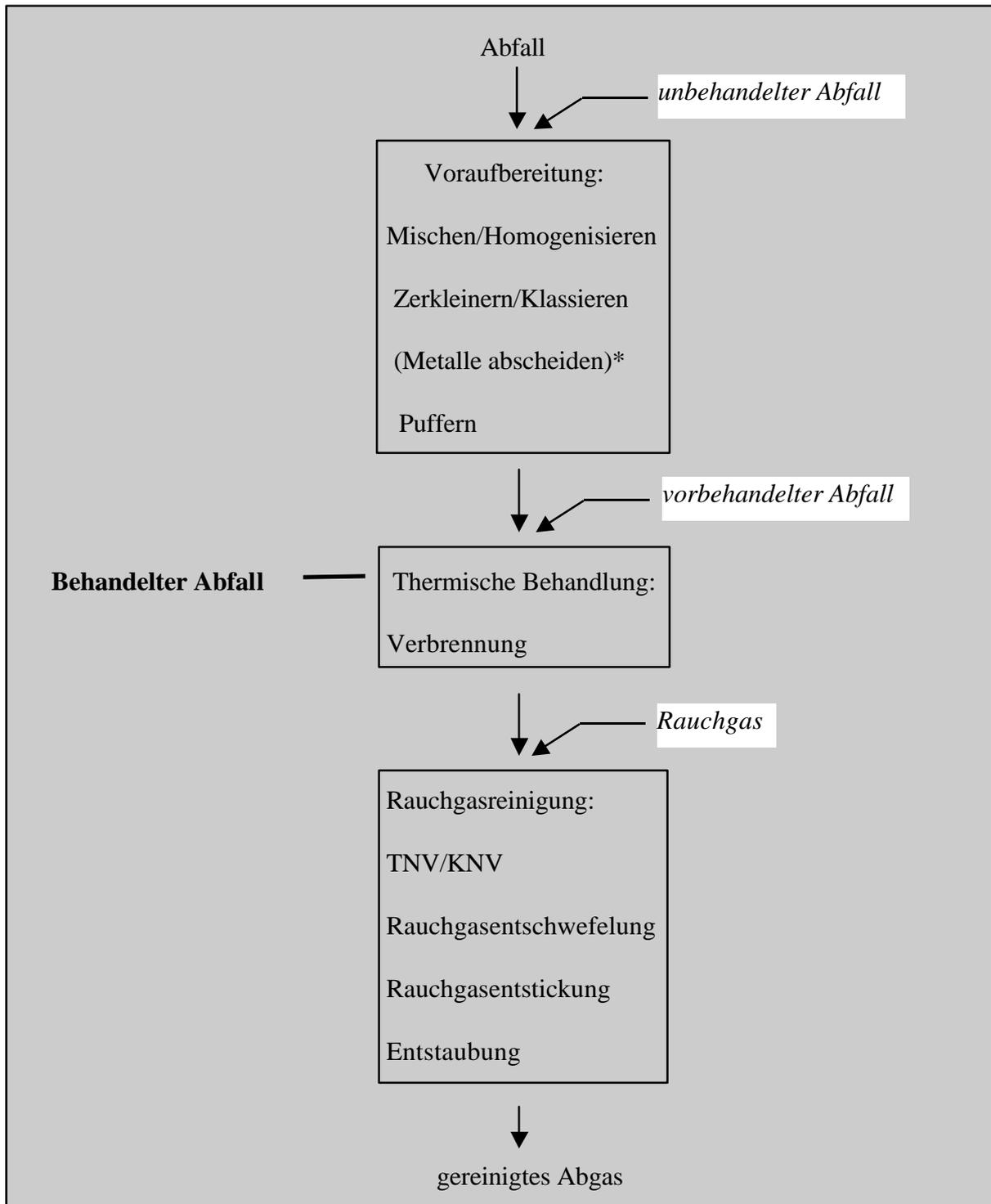
- Schadstoffreduzierung
- weitestgehende Mineralisierung (Erzeugung eines stabilen Endproduktes)
- Volumenminderung
- weitestgehende Nutzung der enthaltenen Energie

Der Altmüll kann in der Regel in bestehenden Müllverbrennungsanlagen mitverbrannt werden. Vorab ist jedoch zu untersuchen, inwieweit die Abfälle Sondermüll enthalten und bis zu welchen Schadstoffgehalten eine Mitbehandlung solcher Abfälle in einer Müllverbrennungsanlage denkbar ist.

Voraussetzung ist, dass die maximal zulässigen Abgaskonzentrationen nach der 17. BImSchV eingehalten werden.

Für eine Abfallpyrolyse besitzt der Altmüll aufgrund geringerer Gehalte an flüchtigen Stoffen sowie höherer Gehalte an Wasser und Inertstoffen ungünstige Eigenschaften.

Eine thermische Behandlungsanlage weist folgende Verfahrensschritte auf [5]:



\* Die Metallabscheidung erfolgt oftmals, aus Gründen der Hygienisierung, erst nach der thermischen Behandlung

**Abb. 28: Verfahrensschritte einer thermischen Behandlungsanlage [5]**

## 4.1 Verbrennungstechnische Eigenschaften

Für die Abfallverbrennung sind Eigenschaften wie Heizwert, Wassergehalt und Dichte des Altmülls von Bedeutung [14].

Da der Altmüll durch den teilweisen biologischen Abbau der organischen Verbindungen im Deponiekörper in der Regel nur einen geringen Heizwert besitzt, muß er mit frischem Haus- und Gewerbemüll vermischt werden. Dies kann mit einem Beschickungskran im Bunker oder durch eine wechselweise Aufgabe in den Beschickungstrichter des Ofens erfolgen. Zur weiteren Verbesserung der Vermischung können zusätzlich Mischgeräte wie Mischtrommeln oder Zerkleinerungsaggregate eingesetzt werden. Durch eine Zerkleinerung und weitere Klassierung des Altmülls können darüber hinaus seine Verbrennungseigenschaften verbessert werden.

Der Wassergehalt des Altmülls unterliegt starken Schwankungen. Die wesentlichen Einflussgrößen sind dabei [14]:

- Oberflächenabdichtung /-abdeckung und Vegetation auf der Altdeponie
- Ausgangswassergehalt des Abfalls
- Verdichtungszonen und Zwischenabdeckungen im Müllkörper
- Morphologie des Deponieuntergrundes
- Leistungsfähigkeit des Drainagesystems
- Jahresniederschlag

Durch die mechanische Aufbereitung und Aussortierung der heizwertreichen Fraktionen ist die Dichte dieser Fraktionen im Gegensatz zur Dichte im Müllkörper relativ gering. Es besteht daher nicht die Gefahr, dass größere Klumpen von Altmüll zur Verbrennung gelangen, was zu einem mangelnden Ausbrand der Schlacke führen würde. Trotzdem sollte vor der Verbrennung, zur Verbesserung der Verbrennungseigenschaften, eine weitere Zerkleinerung und Klassierung durchgeführt werden [14].

## 4.2 Schadstoffe

Bei der Verbrennung ist zu berücksichtigen, daß der Altmüll oftmals höhere Schadstoffgehalte als der ursprüngliche Rohmüll enthält. Dies ist bei der Festlegung des Mischungsverhältnisses Altmüll / Neumüll zu beachten. Dabei sind in jedem Falle die Auslegungswerte der Rauchgasreinigung heranzuziehen.

Wichtige Schadstoffgruppen sind dabei Schwermetalle, chlorierte Kohlenwasserstoffe sowie Schwefelverbindungen [14].

Während die im Altmüll enthaltenen Schwermetalle sich hauptsächlich in der Schlacke wiederfinden, werden die restlichen Schadstoffe zum größten Teil mit dem Rauchgas (zum Großteil an die Stäube gebunden) ausgetragen.

Die erhöhten Schadstoffwerte im Rauchgas verlangen höhere Abscheidegrade der nachgeschalteten Rauchgasreinigungsanlage, da die Emissionsgrenzwerte unverändert bleiben.

Auch beim biologischen Abbau der Abfälle in einer Altdeponie bleibt die absolute Menge an Schwermetallen relativ konstant, da die meisten Schwermetalle in Form von schwerlöslichen Sulfiden vorliegen und mit dem Sickerwasser nicht ausgewaschen werden. Da die Abfallmenge durch den biologischen Abbau jedoch abnimmt, erfolgt gleichzeitig eine Aufkonzentration der Schwermetalle. Darüber hinaus kann ein hoher Schwermetallgehalt durch abgelagerten Industrieklärschlamm bedingt sein. Dies ist vor allem bei Ablagerungen vor 1972 möglich, da damals noch keine scharfe Trennung zwischen hausmüllähnlichen und produktionsspezifischen Abfällen gemacht wurde.

Chlorierte Kohlenwasserstoffe sind im Altmüll in weitgehend konstanter absoluter Menge vorhanden, so dass auch hier durch den biologischen Abbau des Altmülls eine Aufkonzentration stattfinden kann.

Schwefelverbindungen werden von den Mikroorganismen gut abgebaut. Daher besitzt der Altmüll in der Regel geringere Schwefelkonzentrationen als neuer Hausmüll.

Wird der Altmüll in Müllbunkern gelagert, können Probleme mit Sickerwasser, Methangas oder Gerüchen auftreten. Deshalb sollte vor den Ausgrabungen auf den jeweiligen Deponieabschnitten eine Geruchsstabilisierung und eine Umstellung von anaerobe auf aerobe Verhältnisse durchgeführt werden (siehe 3.1.2) [14].

### **4.3 Wirtschaftlichkeit**

Sind in einer Müllverbrennungsanlage noch freie Kapazitäten vorhanden, kann eine Mitverbrennung von Altmüll sinnvoll sein und zur Auslastung der Anlage beitragen.

Für die Wirtschaftlichkeit der Behandlungsanlage sind vor allem die Investitionskosten, die Auslastung und der Energiebedarf der Anlage von Bedeutung. Ein wichtiges Kriterium ist auch der Transportaufwand von der Deponie an den Anlagenstandort. Die Gesamtkosten für den Deponierückbau erhöhen sich jedoch in der Regel, wenn eine thermische Verwertung in die Altmüllbehandlung mit integriert ist.

## 5. Kosten

Die Kosten für die Rückbaumaßnahmen hängen stark von den jeweiligen Behandlungstechniken und der wirtschaftlichen Situation auf dem Bauplatz ab. Aber auch die Verhältnisse auf der Deponie (z.B. Flächenverfügbarkeit) und die abfallwirtschaftliche Situation der entsorgungspflichtigen Körperschaft spielen eine Rolle [3].

Jüngste Beispiele zeigen, daß die Kosten weit unter denen in der Tabelle 24 angegebenen liegen können:

- Umlagerung Zweibrücken (1997) - mit eigener Mannschaft und eigenem Gerät, ohne Altmüllbehandlung: ca. 11 DM / m<sup>3</sup> [22].
- Umlagerung Rennerod (1997) - mit in-situ-Vorbelüftung und Behandlung des Altmülls: ca. 30 DM / m<sup>3</sup> [23].

In folgender **Tabelle 4** werden Spannen von durchschnittlichen, spezifischen Kosten für die jeweiligen Arbeitsschritte beim Rückbau angegeben. Aus diesen Kosten werden in Abhängigkeit vom prozentual bearbeiteten Anteil des ausgekofferten Materials die Gesamtkosten ermittelt. Diese Kosten beziehen sich hier auf das Gewicht des rückgebauten Altmülls. Je nach Abfallart kann von einem Verhältnis **Altmüllgewicht zu Rückbauvolumen** von etwa 1,0 (Hausmüll, Gewerbemüll) bis 2,0 (Bauschutt, Erdaushub) ausgegangen werden.

Arbeitsschritt	spezifische Kosten allgemein  DM/Mg	Bemerkungen	Anteil vom ausge- kofferten Material [%]	spez. Kosten (min.) DM/Mg ausge- koffertes Material
Vorbereitungen	2 bis 20*	belüften, absaugen	100	2
Auskoffern	3 bis 10	incl. Arb.Schutz, Transport	100	3
Sortieren, Sieben	10 bis 20	abh. von Behandlungsstrategie	100	10
Wertstoffbehandlung	100 bis 500		5	5
biol. Behandlung	10 bis 100**	Ablagerung genehm.fähig ?	45	5
therm. Behandlung	250 bis 600	zusammen mit Neumüll	45	112
Deponierung Rest	30 bis 100	gemäß TA- Siedlungsabfall	50	15
Summe Kosten				152
Gutschrift Wertstoffe	voraussichtlich 0		5	0
Gutschrift				
-Deponievolumen		ohne Nachrüstung	100	30
-einf. Nachsorge		statt 20 DM/Mg >> 5 DM/Mg	100	15
Gesamtaufwand				<b>107</b>

\* Deponieumlagerung Wien

\*\* 150.000 Mg/a - Anlage, vgl. Deponie Horn

**Tab. 24: Abschätzung der Kosten für Arbeitsschritte des Deponierückbaus**

Für die aussortierten Wertstoffe, das gewonnene Deponievolumen und die verringerten Nachsorgekosten lassen sich Gutschriften berechnen. Es ist jedoch eher unwahrscheinlich, dass die aus dem Altmüll gewonnenen Wertstoffe Erlöse bringen.

Die Gutschrift für das Deponievolumen vermindert sich, wenn zusätzliche Investitionskosten, beispielsweise für ein Basisabdichtungssystem, hinzukommen. Da zur Zeit kein Mangel an Deponievolumen herrscht, ist der Wert des Deponievolumens eher geringer als oben angesetzt zu verbuchen. Langfristig gesehen werden die "Marktpreise" dafür jedoch wieder steigen. Die Verringerung der Nachsorgekosten wird gegenwärtig von den Deponiebetreibern noch nicht gewürdigt; sie lassen sich auch nur sehr schwer quantifizieren.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] Dieckhoff, G., Prack R.: "Sanierung durch Umlagerung", Müll und Abfall 6/94
- [2] Rettenberger, G.: Göschl, G.: "Rückbauen und Abgraben von Deponien und Altlasten", Ingenieurgruppe RUK, Stuttgart, 1998
- [3] Sievers, U.: "Deponierückbau - ein neuer Baustein integrierter Abfallwirtschaftskonzepte?", Müll und Abfall 9/94
- [4] Rettenberger, G., Göschl, R.: "Demonstrationsprojekt Deponierückbau", Tagungsunterlagen der Umweltakademie, Seminar am 8-9. November 1994 in Ludwigsburg
- [5] Gemeinschaftsprojekt der ITU, UVR, Züblin AG Bauunternehmen; Projektträger Umweltbundesamt: "Abfallwirtschaftliche Rekonstruktion von Altdeponien am Beispiel der Deponien Schöneiche und Schöneicher Plan"
- [6] Ministerium für Umwelt und Forsten, Rheinland Pfalz: "Anwenderhandbuch: Grabarbeiten an bestehenden Deponien und Altablagerungen", Trier 1996
- [7] ITU Ingenieurgesellschaft Technischer Umweltschutz: "Informationsbeiträge zum Thema Deponierückbau", Berlin 5/95
- [8] Hülter, K., Wiskemann, B.: "Beurteilungskriterien zur Rückbaufähigkeit von Deponien am Beispiel der Zentraldeponie Hubbelrath", Prospekt der Kommunalen Umwelt Aktion U.A.N.
- [9] Hülter, K.: Vergleichs- und Schwellenwerte, Abb.4: "Rückbaupotential der Deponie Düsseldorf Hubbelrath"
- [10] Nersteyl, L-A: "Rechtliche Probleme beim Rückbau von Altablagerungen und bei der erneuten Deponierung", Fachtagung 9.-10. Januar 1995, ICC Berlin
- [11] Sattler, K., Emberger, J.: "Behandlung fester Abfälle", Vogel Buchverlag, Würzburg 1990

- [12] Firmenprospekt Fa. Bezner, Ravensburg
- [13] v. Deylen, H.: "Recyclingmöglichkeiten für ausgebaute Stoffe - Beispiel Bauabfälle", Prospekt der Kommunalen Umwelt Aktion U.A.N.
- [14] LfU B-W: "Möglichkeiten der Nutzung von Hausmüllverbrennungsanlagen bei der Sanierung von Altablagerungen", Karlsruhe 1993
- [15] Vogel, C.: Vorlesungsunterlagen: "Abfallwirtschaft I", FH Gießen-Friedberg,
- [16] Straßer, C. : "Modelle zur Laufzeitverlängerung von Deponien", Müll und Abfall 2/95
- [17] Reisner, M.: "Umlagerungsmaßnahmen an der Deponie Wien-Donaupark", Vortrag, Abfall-Symposium Freiburg 01.02..92
- [18] LfU B-W: "Identifikation von Sanierungstechnologien für Altablagerungen", Karlsruhe 1993
- [19] Saure, Th., Heckenkamp, G., Obermeier, Th., Berlin: "Deponierückbau: mechanisch-biologische Behandlung von Altabfällen", Entsorgungs Praxis 5/95
- [20] Wernik, E., Brücklmeier, W.: "Nachrüstung einer Altdeponie am Beispiel der Deponie Schöneiche", FGU-Seminar "Die verantwortbare Altdeponie", UTECH Berlin, 1996
- [21] ZH 1 / 183 Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen, Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln
- [22] Kammann, G.: Aufnahme, Transport und Wiedereinbau von Altmüll ohne Materialbehandlung, Zeitgemäße Deponietechnik 1998, Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 69, 1998
- [23] Merget, D., Sommer, D.: Deponie Rennerod - Sanierung durch Umlagerung, Abfallwirtschaftsjournal 9 / 97
- [24] Onz, Ch, Streissler, Ch.: Altlastensanierung in Österreich – Regelungs- und Vollzugsprobleme, in: Informationen zur Umweltpolitik 127, Wien 1997
- [25] Schuster, M.: Sanierung der Altlast Kiener, Bürgerinformationsveranstaltung in Aichkirchen, 1999
- [26] Rettenberger, G.: Rückbauen und Abgraben von Deponien und Altablagerungen, Verlag Aktuell Stuttgart, 1998