



Diplomarbeit

Abfallwirtschaftsmodelle

Vorarlberg 2004

Eine ökologische und ökonomische Betrachtung

erstellt am

Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik (IED)

Montanuniversität Leoben

Vorgelegt von:

Ortner Marco, 9235163

Straussgasse 10/5

A-8700 Leoben

Betreuer:

DI Michael Kotschan MAS(GM)

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

Leoben, den 01.10.2002

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 EINLEITUNG	6
1.1 Problemstellung	6
1.2 Zielsetzung	6
1.3 Methodischer Ansatz	6
2 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN.....	8
2.1 Gesetzgebung in Österreich	8
2.1.1 Das österreichische Abfallwirtschaftsgesetz (AWG)	8
2.1.2 Deponieverordnung	9
2.1.3 Altlastensanierungsgesetz (AISAG)	10
2.1.4 Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen (LRG-K) und Gewerbeordnung (GewO).....	11
2.1.5 Das Wasserrecht	12
2.1.5.1 AEV Verbrennungsgas	12
2.1.5.2 AEV Abfallbehandlung	13
2.1.5.3 AEV Abluftreinigung	13
2.1.6 Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP-G).....	14
2.1.7 Richtlinie für die mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen.....	14
2.1.8 Vorarlberger Abfallgesetz	16
2.2 Gesetzgebung in der Europäischen Union	17
2.2.1 Richtlinie Verbrennung	17
2.2.2 IPPC-Richtlinie	18
2.2.3 Verordnung Abfallverbringung	19
2.2.4 Richtlinie über Abfälle	19
2.3 Gesetzgebung in Deutschland	20
2.3.1 TA Siedlungsabfall	20
2.3.2 Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen	21
2.4 Gesetzgebung in der Schweiz	24
2.4.1 Umweltschutzgesetz (USG)	24
2.5 Basler Übereinkommen	28

3	TECHNOLOGIEN ZUR ERREICHUNG DER ZIELVORGABEN	30
3.1	Mechanische Verfahren	30
3.1.1	Zerkleinerung	30
3.1.2	Klassierung.....	30
3.1.2.1	Siebe	30
3.1.2.2	Sichter	31
3.1.3	Sortierung.....	31
3.2	Biologische Verfahren.....	31
3.2.1	Konditionierung	31
3.2.2	Aerobe Verfahren	31
3.2.2.1	Intensivrottemodul	32
3.2.2.2	Wendetechnik.....	32
3.2.3	Anaerobe Verfahren	32
3.3	Problematik MBA – Abluft	33
3.3.1	Nichtkatalytische Oxidation (VocsiBox von Haase).....	34
3.4	Thermische Verfahren	34
3.4.1	Begriffsbestimmung.....	34
3.4.2	Rostfeuerung (MVA).....	34
3.4.3	Wirbelschichtfeuerung.....	35
3.4.4	Verwertung in der Zementindustrie	35
4	ABFALLAUFKOMMEN NACH TOPOGRAPHIE, QUALITÄT UND MENGE.....	36
4.1	Allgemeines	37
4.2	Abfallregion Unterland	37
4.3	Abfallregion Oberland	37
4.4	Abfallregion Bregenzerwald	37
4.5	Abfallregion Mittelberg	37
5	IST-ZUSTAND DER VERWERTUNG / BESEITIGUNG DER EINZELNEN ABFALLSTRÖME.....	39
6	ENTSORGUNGSMODELLE AB 2004.....	40
6.1	100% Müllverbrennung.....	40
6.2	Modell bis 01.01.2009.....	40
6.3	Restabfallsplitting.....	41

6.3.1	SET-Verwertung in der RVL-Lenzing	44
6.3.2	SET-Beseitigung in der KVA Weinfeldern.....	44
7	ECO- INDIKATOR 99 – ALLGEMEINE BESCHREIBUNG	45
7.1	Schadenskategorie Menschliche Gesundheit (Human Health).....	45
7.1.1	Kanzerogene (Carcinogens).....	45
7.1.2	Respiratory Organics.....	45
7.1.3	Respiratory Inorganics.....	45
7.1.4	Klimaänderung (Climate Change)	45
7.1.5	Strahlung (Radiation).....	45
7.1.6	Ozonschicht (Ozone Layer).....	46
7.2	Schadenskategorie Ökosystemqualität (ecosystem quality)	46
7.2.1	Ökotoxizität (ecotoxicity).....	46
7.2.2	Versauerung und Eutrophierung (acidification and eutrophication).....	46
7.2.3	Landbesetzung und Landumbau (land occupation and land conversion)	46
7.3	Rohstoffe (Resources)	47
7.3.1	Gewinnung von Mineralen (extraction of minerals)	47
7.3.2	Gewinnung von fossilen Brennstoffen (extraction of fossil fuels)	47
7.4	Normalisierung	47
7.5	Gewichtung	48
8	ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG	50
8.1	Szenario 100% Müllverbrennung	51
8.2	Modell bis 01.01.2009.....	53
8.3	Szenario Restabfallsplitting / RVL-Lenzing	55
8.4	Szenario Restabfallsplitting / KVA Weinfeldern.....	57
9	ÖKONOMISCHE BEWERTUNG	60
9.1	100% Müllverbrennung	60
9.2	Modell bis 01.01.2009.....	61
9.3	Restabfallsplitting RVL-Lenzing	62
9.4	Restabfallspitting KVA Weinfeldern.....	63
10	INTERPRETATION DER ERGEBNISSE.....	64
11	ZUSAMMENFASSUNG	66

12 DISKUSSION	67
13 VERZEICHNISSE	68
13.1 Literatur	68
13.2 Datenherkunft	72
13.3 Verwendete Abkürzungen/Begriffe	73
13.4 Tabellen	77
13.5 Abbildungen	78
14 ANHANG	79

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Aufgrund der momentanen rechtlichen Rahmenbedingungen bzw. der am 01.01.2004 in Kraft tretenden Deponieverordnung (DVO) muss die aktuelle Entsorgungspraxis in Österreich weitgehend geändert werden.

Für Vorarlberg gilt hinsichtlich des Inkrafttretens der DVO nach einer mündlichen Zusage des Landeshauptmannes der 01.01.2009.

Trotzdem werden in Vorarlberg schon des längeren verschiedene Entsorgungsvarianten verglichen, um das beste zugeschnittene Modell umzusetzen. Grundsätzlich gilt ab 2004 ein obertägiges Ablagerungsverbot für Abfälle mit einem TOC > 5% TS, was in der Regel thermische Behandlung voraussetzt. Es wurde allerdings in der DVO eine explizite Ausnahmeregelung für mechanisch-biologisch behandelte Abfälle integriert. So dürfen diese Reststoffe in gesonderten Kompartimenten von MassenabfalldPONen abgelagert werden, wenn der obere Heizwert (H_o) den Wert von 6.000 kJ/kg TS unterschreitet und die Grenzwerte für die Gesamtschadstoffgehalte, die Eluatwerte sowie für die Stabilitätsparameter (AT_4 , GB_{21} , vgl. Kapitel 2.1.7) eingehalten werden.

1.2 Zielsetzung

Das primäre Ziel dieser Arbeit ist es, einen ökologischen und ökonomischen Vergleich verschiedener Entsorgungsvarianten für Vorarlberg darzustellen. Die geografische Lage des Landes; d. h. die Nähe zu deutschen und schweizerischen Verwertungs- bzw. Beseitigungsanlagen wird in der vorliegenden Arbeit in verschiedenen Szenarien berücksichtigt.

Diese Arbeit soll für den Auftraggeber der Arbeit, aber auch für andere Institutionen und Entsorger eine übersichtliche Darstellung der verschiedenen Entsorgungsszenarien in ökologischer und ökonomischer Sicht bieten.

1.3 Methodischer Ansatz

Für die ökologische Bewertung der einzelnen Entsorgungsvarianten soll hier der Eco-Indikator 99 (H, A) zum Einsatz kommen, welcher sich besonders für den Vergleich von Prozessen und Szenarien eignet. Die dimensionslos Zahl des Eco-Indikator 99 wird für eine Tonne (Mg) Restabfall (System- und Gewerbeabfall der SNr.: 91101) berechnet. Die selbe Vorgangsweise findet sowohl bei den nötigen Transporten ($Mg * km$), als auch bei der eingesetzten Energie (kWh) Anwendung.

Bei der ökonomischen Bewertung werden aus der einschlägigen Literatur bekannte Daten verwendet und die Kosten in Euro/Mg angegeben.

Das Hauptaugenmerk wird auf die Verwendung eines ökologischen Bewertungsinstrumentes in Form des Eco-Indikators 99 (H, A) gerichtet.

2 Rechtliche Rahmenbedingungen

In diesem Kapitel sollen die wichtigsten rechtlichen Grundlagen, welche für die „Abwicklung“ der beschriebenen Entsorgungsszenarien nötig sind, aufgezeigt und teilweise als Auszug aus den Gesetzesbüchern zitiert werden.

Aufgrund der grenzüberschreitenden Entsorgungswege wird auch auf die deutsche und schweizerische Rechtssituation Bezug genommen. Außerdem sind Richtlinien und Verordnungen der Europäischen Union aufgeführt.

2.1 Gesetzgebung in Österreich

2.1.1 Das österreichische Abfallwirtschaftsgesetz (AWG)

Im Artikel 1, 1. Abschnitt sind unter den allgemeinen Bestimmungen die Ziele und Grundsätze der Abfallwirtschaft im § 1 wie folgt definiert [1]:

„Die Abfallwirtschaft ist danach auszurichten, dass

1. schädliche, nachteilige oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkung auf Menschen sowie auf Tiere, Pflanzen, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt so gering, wie möglich gehalten werden,
2. Rohstoff- und Energiereserven geschont werden,
3. der Verbrauch an Deponievolumen so gering wie möglich gehalten wird,
4. nur solche Stoffe als Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung kein Gefährdungspotential für nachfolgende Generationen darstellt (Vorsorgeprinzip)“.

Weiters sind im AWG für die Abfallwirtschaft folgende Prioritäten definiert:

1. „Die Abfallmenge und deren Schadstoffgehalte sind so gering wie möglich zu halten (Abfallvermeidung);
2. Abfälle sind zu verwerten, soweit dies ökologisch vorteilhaft und technisch möglich ist, die dabei entstehenden Mehrkosten im Vergleich zu anderen Verfahren der Abfallbehandlung nicht unverhältnismäßig sind und ein Markt für die gewonnenen Stoffe vorhanden ist oder geschaffen werden kann (Abfallverwertung);
3. Abfälle, die nicht verwertbar sind, sind je nach ihrer Beschaffenheit durch biologische, thermische oder chemisch-physikalische Verfahren zu behandeln.

Feste Rückstände sind möglichst reaktionsarm und koordiniert geordnet abzulagern (Abfallentsorgung)“.

Weiters wird im AWG die Genehmigung von Abfall- und Altölbehandlungsanlagen in den §§ 28 und 29 geregelt.

Laut § 29 AWG bedarf die Errichtung oder wesentliche Änderung sowie die Inbetriebnahme von

1. „Anlagen von Gebietskörperschaften zur thermischen oder stofflichen Verwertung oder sonstigen Behandlung von gefährlichen Abfällen,
2. Sonstige Anlagen, deren Betriebszweck die Übernahme von nicht im eigenen Betrieb anfallenden gefährlichen Abfällen zur thermischen oder stofflichen Verwertung oder sonstigen Behandlung ist,
3. Anlagen zur thermischen Verwertung oder sonstigen Behandlung von nicht gefährlichen Abfällen oder Altölen, ausgenommen zur stofflichen Verwertung mit einer Jahreskapazität von mindestens 10.000 Megagramm,
4. Deponien für gefährliche Abfälle mit einem Gesamtvolumen von mindestens 10.000 m³
5. Untertagedeponien für gefährliche Abfälle,
6. Deponien für nicht gefährliche Abfälle mit einem Gesamtvolumen von mindestens 100.000 m³

einer Genehmigung des Landeshauptmannes“.

2.1.2 Deponieverordnung

Die Deponieverordnung [1] regelt die Umsetzung der Ziele und Grundsätze gemäß §§ 1-3 AWG und die dem Stand der Technik entsprechende Ausstattung und Betriebsweise der Deponien nach dem §§ 28 und 29 AWG.

„Ausgenommen vom Geltungsbereich der Verordnung sind

1. Untertagedeponien,
2. Anlagen, in denen Abfälle gelagert werden, damit sie für den Weitertransport zur Verwertung oder Behandlung an einem anderen Ort bereitgehalten oder vorbereitet werden können und
3. die zeitweilige, auf die Dauer von weniger als einem Jahr begrenzte Zwischenlagerung von Abfällen vor der Verwertung oder Behandlung“.

Diese Verordnung gilt ab Inkrafttreten für jede Neuanlage bzw. für Altanlagen ab dem 1.1.2004 (oder 2009).

Im Sinne der Verordnung werden in den §§ 3 und 4 folgende Deponietypen festgelegt:

„In

1. Bodenaushubdeponie ist die Ablagerung von Inertabfällen zulässig, die den Anforderungen der Tabellen 1 und 2 der Anlage 1 DVO entsprechen, ausgenommen verfestigte Abfälle, Asbestabfälle und Asbestzementprodukte (entspricht im wesentlichen nicht verwertbarem Aushub und Abraum von natürlich gewachsenen Böden).
2. Baurestmassendeponie ist die Ablagerung von Inertabfälle zulässig, die zumindest den Anforderungen der Tabellen 3 und 4 der Anlage 1 DVO entsprechen, sowie von Baurestmassen gemäß Anlage 2 DVO (i.d.R. mineralischer Bauschutt).
3. Reststoffdeponie ist die Ablagerung von Abfällen zulässig, die zumindest den Anforderungen Tabellen 5 und 6 DVO entsprechen (im Wesentlichen Reststoffe aus der thermischen Abfallbehandlung).
4. Massenabfalldeponien ist die Ablagerung von Abfällen zulässig, die zumindest den Anforderungen der Tabellen 7 und 8 DVO entsprechen (z.B. Reststoffe aus der Mechanisch-Biologischen Restabfallbehandlung).“

Des weiteren ist in § 4 Abs. 5 DVO geregelt, dass ein Vermischen von Abfällen mit dem Ziel, dadurch ein deponierbares Produkt zu erreichen nicht im Sinne dieser Verordnung ist.

„Die Vermischung eines Abfalls mit anderen Materialien oder Abfällen unter der Zielsetzung, geforderte Untersuchungen zu erschweren oder zu behindern oder die Grenzwerte der Tabellen 1 bis 8 der Anlage 1 DVO durch den bloßen Mischvorgang zu unterschreiten, ist unzulässig. Die zulässige gemeinsame Behandlung verschiedener Abfälle in einer Behandlungsanlage gilt nicht als eine Vermischung im Sinne der Verordnung“.

2.1.3 Altlastensanierungsgesetz (AISAG)

Ziel des Gesetzes [2]

„§ 1. Ziel des Gesetzes ist die Finanzierung der Sicherung und Sanierung von Altlasten im Sinne dieses Gesetzes. (BGBl 1992/760)“

„Höhe des Beitrags

§ 6. (1) Der Altlastenbeitrag beträgt für gemäß § 3 beitragspflichtige Tätigkeiten je angefangene Tonne für

1. a) Baurestmassen oder
- b) Erdaushub, welcher im Rahmen von Aushub- oder Abraamtätigkeiten von Boden anfällt, den Kriterien der Baurestmassendeponie der Deponieverordnung (Anlage 1 Tabelle 3 und 4), BGBl. Nr. 164/1996, entspricht, aber den Anteil an bodenfremden Bestandteilen von fünf Volumsprozent überschreitet, ab 1. Jänner 20017,20 €
2. Erdaushub, welcher im Rahmen von Aushub- oder Abraamtätigkeiten von Boden anfällt und nicht den Kriterien der Baurestmassendeponie der Deponieverordnung (Anlage 1 Tabelle 3 und 4), BGBl. Nr. 164/1996, entspricht, ab 1. Jänner 200114,50 €
ab 1. Jänner 200114,50 €
3. alle übrigen Abfälle
- ab 1. Jänner 200143,60 €
ab 1. Jänner 200465,00 €
ab 1. Jänner 200687,00 €

2.1.4 Luftreinhaltgesetz für Kesselanlagen (LRG-K) und Gewerbeordnung (GewO)

„Grundsätzlich sind Betriebsanlagen, sofern sie nicht nach einem anderem Gesetz (AWG, Mineralrohstoffgesetz,...) zu genehmigen sind, nach der GewO zu genehmigen. Für die thermische Verwertung sind in diesem Zusammenhang, die auf Basis des § 82 GewO erlassenen Verordnungen sowie das LRG-K, dessen relevante materierechtlichen Bestimmungen auch bei einer Genehmigung nach Gewerberecht herangezogen werden, von Bedeutung.

§ 2 Abs. 1 des LRG-K schreibt vor [1]:

„Dampfkesselanlagen sind derart zu errichten, auszurüsten und zu betreiben, dass die nach dem Stand der Technik vermeidbaren Emissionen unterbleiben“. Gemäß § 77 Abs. 3 der GewO hat die Behörde „Emissionen von Luftschadstoffen jedenfalls nach dem Stand der Technik zu begrenzen“. Gleichlautend definieren § 2 Abs. 2 LRG-K und § 71a GewO: „Der Stand der Technik ist der den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher technologischer Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt und erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen“.

2.1.5 Das Wasserrecht

Im Wasserrecht sind das Wasserrechtsgesetz, die Bestimmungen im AWG für Deponien und die Abwasseremissionsverordnungen (AEV) für Industrie und Gewerbe angegeben.

2.1.5.1 AEV Verbrennungsgas [3]

„886. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Reinigung von Verbrennungsgas (AEV Verbrennungsgas)

§1. (1) Im Sinne dieser Verordnung ist:

1. Verbrennung: Schnell ablaufende chemische Vereinigung von Stoffen mit Sauerstoff (Oxidation) unter Entwicklung von hoher Temperatur und Licht.
 2. Verbrennungsanlage: Technische Anlage zur Verbrennung von Stoffen mit oder ohne Rückgewinnung der entstehenden Verbrennungswärme. Zu einer Verbrennungsanlage zählen auch Einrichtungen zur thermischen Vorbehandlung der Brennstoffe (z.B. Vergasungs-, Paolyse-, Schwelbrenn-, Hochtemperatur- oder Plasmaverfahren), sofern anschließend an die Vorbehandlung die dabei entstehenden Stoffe in dieser Anlage verbrannt werden.
 3. Verbrennungsgas: Bei einem Verbrennungsprozess entstehendes Gas, das feste, flüssige oder dampfförmige Bestandteile enthalten kann
 4. Abluft: Bei einem technischen oder chemischen Prozess (ausgenommen einem Verbrennungsprozess) entstehendes feste, flüssige oder dampfförmige Bestandteile enthaltenes Gas oder bei der Entlüftung von Räumen oder technischen Anlagen anfallende fette, flüssige oder dampfförmige Bestandteile enthaltende Luft.
- (2) Bei der wasserrechtlichen Bewilligung einer Einleitung von Abwasser aus der Gaswäsche in ein Fließgewässer sind die in Anlage A Spalte I festgelegten Emissionsgrenzwerte vorzuschreiben.
- (4) Abwasser aus der Gaswäsche einer Verbrennungsanlage gemäß Abs. 3 darf grundsätzlich nicht in eine öffentliche Kanalisation eingeleitet werden; bei unvermeidbarer Einleitung sind die in Anlage A Spalte II sowie die in den Anlagen B bis F festgelegten Emissionsgrenzwerte vorzuschreiben; Abs. 3 letzter Satz gilt sinngemäß. Bei der wasserrechtlichen Bewilligung einer sonstigen Einleitung von Abwasser aus der Gaswäsche in eine öffentliche Kanalisation sind die in Anlage A Spalte II festgelegten Emissionsgrenzwerte vorzuschreiben.“

2.1.5.2 AEV Abfallbehandlung [4]

„9. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der physikalisch-chemischen oder biologischen Abfallbehandlung (AEV Abfallbehandlung)

§ 1. (1) Im Sinne dieser Verordnung ist:

1. Abfall: Bewegliche Sache gemäß § 2 Abfallwirtschaftsgesetz (AWG, BGBl. Nr. 325/1990).
 2. Abfallbehandlung: Technische Maßnahme oder Kombination von technischen Maßnahmen, die mit dem Ziel angewandt wird, Abfall in einen für die Verwertung oder die Entsorgung geeigneten Zustand zu versetzen (§ 1 Abs. 2 AWG, BGBl. Nr. 325/1990). Unterschieden wird zwischen physikalischer, physikalisch-chemischer, chemischer und biologischer Abfallbehandlung.
 4. Mechanisch-biologische Abfallbehandlung: Kombination von physikalischen und biologischen Verfahren zur Behandlung von Abfall entsprechend § 2 Z 26 DepV, BGBl. Nr. 64/1996. Abwasser aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung wird Abwasser aus der biologischen Abfallbehandlung zugerechnet.
- (2) Bei der wasserrechtlichen Bewilligung einer Einleitung von Abwasser aus Betrieben oder Anlagen gemäß Abs. 4 in ein Fließgewässer oder in eine öffentliche Kanalisation sind die in **Anlage A** festgelegten Emissionsbegrenzungen vorzuschreiben.
- (3) Bei der wasserrechtlichen Bewilligung einer Einleitung von Abwasser aus Betrieben oder Anlagen gemäß Abs. 5 in ein Fließgewässer oder in eine öffentliche Kanalisation sind die in **Anlage B** festgelegten Emissionsbegrenzungen vorzuschreiben.“

2.1.5.3 AEV Abluftreinigung [5]

„218. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Reinigung von Abluft und wässrigen Kondensaten (AEV Abluftreinigung)

§1. (1) Im Sinne dieser Verordnung ist:

1. Abluft: Bei einem technischen oder chemischen Prozess (ausgenommen einem Verbrennungsprozess) entstehendes, feste, flüssige oder dampfförmige Bestandteile enthaltendes Gas oder bei der Entlüftung von Räumen oder

technischen Anlagen anfallende, feste, flüssige oder dampfförmige Bestandteile enthaltende Luft.

5. Abluftreinigung: Physikalische, physikalisch-chemische, chemische oder biologische Verfahren oder Kombinationen derartiger Verfahren zur Entfernung von Verunreinigung aus Abluft, bei deren Einsatz Abwasser anfällt.

(2) Bei der wasserrechtlichen Bewilligung einer Einleitung von

1. Abwasser aus der Reinigung von Abluft und des dabei anfallenden wässrigen Kondensates;

Sind die in Anlage A festgelegten Emissionsbegrenzungen vorzuschreiben.“

2.1.6 Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP-G) [1]

„Im § 3 UVP-G wird festgelegt, dass jene Vorhaben Gegenstand einer Umweltverträglichkeitsprüfung sind, bei denen auf Grund ihrer Art, ihrer Größe oder ihres Standortes mit erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt zu rechnen ist und die im Anhang 1 dieses Gesetzes angeführt sind.

Laut Anhang 1 sind u. a. folgende Anlagen UVP-pflichtig:

- Anlagen zur thermischen Behandlung von gefährlichen Abfällen
- Anlagen zur stofflichen Verwertung oder sonstigen Behandlung von gefährlichen Abfällen oder Altölen mit einer Kapazität von mindestens 20.000 Mg pro Jahr
- Anlagen zur thermischen Behandlung von nicht gefährlichen Abfällen mit einer Kapazität von mindestens 20.000 Mg pro Jahr

Die Genehmigung nach UVP-Gesetz ist für die Betriebe mit zahlreichen Auflagen und Verpflichtungen verbunden, die hohen zusätzlichen Aufwand verursachen.“

2.1.7 Richtlinie für die mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen [6]

„Diese Richtlinie gilt für die Errichtung, Ausstattung und den Betrieb von Anlagen (Einrichtungen), in denen

- Siedlungsabfälle (auch aufbereitete Siedlungsabfälle) oder
- Siedlungsabfälle (auch aufbereitete Siedlungsabfälle) und Klärschlamm alleine oder gemeinsam mit anderen Abfällen (siehe auch Kapitel 5) mit biologischen, mechanischen (oder allfälligen weiteren physikalischen) Verfahren oder Kombinationen dieser Verfahren behandelt werden, um

- stabilisierte Abfälle als Vorbehandlung zur Ablagerung gemäß Deponieverordnung BGBl. Nr. 164/1996 § 2 Z 26 zu erzeugen;
- stabilisierte Abfälle als Vorbehandlung vor einer thermischen Behandlung zu erzeugen;
- heizwertreiche Fraktionen oder Ersatzbrennstoffe zu erzeugen;
- Müllkomposte (auch für die Erzeugung von Erden für die zulässigen Einsatzbereiche) zu erzeugen;
- Ausgangsstoffe für die Herstellung von Erden oder Erden selbst zu erzeugen, sofern biologische Schritte involviert sind;

unabhängig davon, ob eine reine aerobe Abfallbehandlung – oder eine anaerobe-aerobe Abfallbehandlung mit der zusätzlichen Zielsetzung Biogase zu erzeugen – oder eine rein mechanische Abfallbehandlung eingesetzt wird.

Begrenzung der Abgasemissionen (Kapitel 6.6)

Die Anlagen (Einrichtungen) im Sinne dieser Richtlinie sind so zu errichten und zu betreiben, dass in den zur Ableitung in die Atmosphäre bestimmten Abgasströmen nach Kapitel 6.4 Absatz 1 und Absatz 2 und Kapitel 6.5 Absatz 1 und Absatz 2 die in der nachfolgenden Tabelle A enthaltenen Emissionsgrenzwerte (vgl. Kapitel 6.6.1 bis 6.6.6) eingehalten sowie die Anforderungen bezüglich Abgasemissionen aus einer anaeroben Abfallbehandlung (vgl. Kapitel 6.6.7) und bezüglich der sonstigen Parameter (vgl. Kapitel 6.6.8) beachtet werden.

Die in dieser Richtlinie festgelegten Emissionsgrenzwerte gelten für den Betrieb unter normalen Betriebsbedingungen. Ihre Einhaltung ist jedoch auch bei nicht normalen Betriebsbedingungen (z.B. An- und Abfahrphase) und während der Dauer von Wartungs- und Reparaturarbeiten durch geeignete Maßnahmen soweit möglich sicherzustellen.

Die genannten Emissionsgrenzwerte sind als Massenkonzentrationen auf das Abgasvolumen im Normzustand (273 °K, 1013 hPa) nach Abzug der Feuchte zu beziehen. Eine Verdünnung der Abgase mit dem Ziel die Grenzwerte zu unterschreiten, ist unzulässig.“

Ergänzende Anforderungen an die Ablagerung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen (Stabilitätsparameter):

„Es ist geplant Stabilitätsparameter als ergänzende Kriterien für die Ablagerung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen in einer Novelle der Deponieverordnung festzuschreiben.

Für mechanisch-biologisch vorbehandelte Abfälle sind zur Beurteilung der biologischen Stabilisierung folgende Stabilitätsparameter heranzuziehen:

- (1) Die Atmungsaktivität nach 4 Tagen (AT_4) und
- (2) entweder die Gasspendensumme im Inkubationsversuch nach 21 Tagen (GS_{21}) oder die Gasbildung im Gärtest nach 21 Tagen (GB_{21}).

Die Grenzwerte für die Stabilitätsparameter gemäß Tabelle C (vgl. Tabelle 7 in Kapitel 8.2.1) sind einzuhalten.“

2.1.8 Vorarlberger Abfallgesetz [7]

„1. Abschnitt Allgemeine Bestimmungen

§1 Allgemeines

- (1) Abfälle, deren sich der Besitzer entledigen will oder Entledigt hat oder deren Verwertung, sonstige Behandlung oder Ablagerung geboten ist, damit
 - a) die Gesundheit von Menschen nicht gefährdet wird und keine unzumutbare Belästigung entsteht,
 - b) die Tier- und Pflanzenwelt sowie Gewässer, Luft und Boden nicht schädlich beeinflusst werden
 - c) Interessen des Schutzes der Natur, des Landschafts- und Ortsbildes sowie der Raumplanung gewahrt werden,
 - d) die Sicherheit nicht gefährdet wird,
- (3) Die Abfälle werden eingeteilt in
 - a) Hausabfälle, das sind die üblicherweise in Haushalten anfallenden Abfälle, wie zum Beispiel Kehricht, Asche, Speisereste, Verpackungsabfälle, Altpapier, Garten- und Blumenabfälle;
 - b) Sperrige Hausabfälle, das sind solche, die wegen ihrer Sperrigkeit nicht in den vorgeschriebenen Abfallbehältern gesammelt werden können;
 - c) Sonstige nicht gefährliche Abfälle, das sind alle übrigen Abfälle, ausgenommen Abwasser im Sinne des Kanalisationsgesetzes sowie die im § 3 Abs. 3 des Abfallwirtschaftsgesetzes angeführten nicht gefährlichen Stoffe und Abfälle.
- (4) Abfälle sind auch denn Hausabfälle oder sperrige Hausabfälle, wenn sie aus Anlagen stammen, deren Abfallaufkommen nach Menge und Zusammensetzung mit dem der Haushalte vergleichbar ist.
- (5) Die Landesregierung kann durch Verordnung nähere Bestimmungen darüber erlassen, welche Stoffe den einzelnen Arten von Abfällen zuzuordnen sind.

- (6) Dieses Gesetz gilt für nicht gefährliche Abfälle. Es ist nicht anzuwenden, soweit bundesrechtliche Vorschriften entgegenstehen.
- (7) Unter Abfallbehandlung ist die Verwertung, sonstige Behandlung und Ablagerung von Abfällen zu verstehen.

§2 Grundsätze

- (1) Das Land und die Gemeinden als Träger von Privatrechten sind verpflichtet, die Vermeidung und Verwertung von Abfällen zu fördern. Dies kann insbesondere erfolgen durch Aufklärung der Bevölkerung, durch Gewährung finanzieller Unterstützungen und durch Vorbildwirkung. Bei Maßnahmen im Zusammenhang mit der Abfuhr und Behandlung von Abfällen ist darauf Bedacht zu nehmen, dass das Entstehen von Abfällen möglichst vermieden und die Verwertung der Abfälle bestmöglich gewährleistet ist.
- (2) Abfälle sind gemäß § 1 Abs. 2 Z. 2 des Abfallwirtschaftsgesetzes stofflich oder thermisch zu verwerten, soweit dies ökologisch vorteilhaft und technisch möglich ist, die dabei entstehenden Mehrkosten im Vergleich zu anderen Verfahren der Abfallbehandlung nicht unverhältnismäßig sind und ein Markt für die gewonnenen Stoffe oder die gewonnene Energie vorhanden ist oder geschaffen werden kann.
- (3) Die Abfälle sind so abzuführen und zu behandeln, dass die im § 1 Abs. 1 lit. a bis d angeführten Interessen nicht beeinträchtigt werden.

2.2 Gesetzgebung in der Europäischen Union

2.2.1 Richtlinie Verbrennung [8]

Die Richtlinie gilt für Verbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen

„Artikel 1 Ziele

Diese Richtlinie bezweckt die Vermeidung oder, soweit es praktikabel ist, die Begrenzung von Belastungen der Umwelt, insbesondere der Verunreinigung durch Emissionen in die Luft, den Boden, das Oberflächen- und Grundwasser, sowie daraus resultierende Gefahren für die menschliche Gesundheit infolge der Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen.

Dieses Ziel soll durch strenge Betriebsbedingungen und technische Vorschriften, durch die Festlegung von Emissionsgrenzwerten für Abfallverbrennungsanlagen in der Gemeinschaft und auch durch die Einhaltung der Anforderungen der Richtlinie 75/442/EWG erreicht werden.“

2.2.2 IPPC-Richtlinie [9]

„Artikel 1 Zweck und Geltungsbereich

Diese Richtlinie bezweckt die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung infolge der in Anhang 1 genannten Tätigkeiten. Sie sieht Maßnahmen zur Vermeidung und, sofern dies nicht möglich ist, zur Verminderung von Emissionen aus den genannten Tätigkeiten in Luft, Wasser und Boden – darunter auch den Abfall betreffende Maßnahmen – vor, um unbeschadet der Richtlinie 85/337/EWG sowie der sonstigen einschlägigen Gemeinschaftsbestimmungen ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen.

Anhang 1 Kategorien von industriellen Tätigkeiten nach Artikel 1

5. Abfallbehandlung

Unbeschadet des Artikels 11 der Richtlinie 75/442/EWG und der Artikels 3 der Richtlinie 91/689/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 über gefährliche Abfälle gilt folgendes:

- 5.1. Anlagen zur Beseitigung oder Verwertung von gefährlichen Abfällen im Sinne des in Artikel 1 Absatz 4 der Richtlinie 91/689/EWG vorgesehenen Verzeichnisses gefährlicher Abfälle (diese Anlagen sind in den Anhängen II A und II B – Verwertungsverfahren R1, R5, R6, R8 und R9 – der Richtlinie 75/442/EWG definiert sowie Anlagen im Sinne der Richtlinie 75/438/EWG des Rates vom 16. Juni 1975 über die Altölbeseitigung mit einer Kapazität von über 10 t pro Tag
- 5.2. Müllverbrennungsanlagen für Siedlungsmüll im Sinne der Richtlinie 89/369/EWG des Rates vom 8. Juni 1989 über die Verhütung der Luftverunreinigung durch neue Verbrennungsanlagen für Siedlungsmüll und der Richtlinie 89/429/EWG des Rates vom 21. Juni 1989 über die Verringerung der Luftverunreinigung durch bestehende Verbrennungsanlagen für Siedlungsmüll mit einer Kapazität von über 3 t pro Stunde
- 5.3. Anlagen zur Beseitigung ungefährlicher Abfälle im Sinne des Anhangs II A der Richtlinie 75/442/EWG (Rubriken D8, D9) mit einer Kapazität von über 50 t pro Tag
- 5.4. Deponien mit einer Aufnahmekapazität von über 10 t pro Tag oder einer Gesamtkapazität von über 25.000 t, mit der Ausnahme der Deponien für Inertabfälle“

2.2.3 Verordnung Abfallverbringung [10]

„Artikel 1

- (1) Diese Verordnung gilt für die Verbringung von Abfällen in der, in die und aus der Gemeinschaft.“

2.2.4 Richtlinie über Abfälle [11]

„Artikel 3

- (1) Die Mitgliedstaaten treffen Maßnahmen, um folgendes zu fördern:
1. in erster Linie die Verhütung oder Verringerung der Erzeugung von Abfällen und ihrer Gefährlichkeit, insbesondere durch
 - a. die Entwicklung sauberer Technologien, die eine sparsamere Nutzung der natürlichen Ressourcen ermöglichen;
 - b. die technische Entwicklung und das Inverkehrbringen von Produkten, die so ausgelegt sind, dass sie aufgrund ihrer Herstellungseigenschaften, ihrer Verwendung oder Beseitigung nicht oder in möglichst geringem Ausmaß zu einer Vermehrung oder einem erhöhten Risikopotential der Abfälle und Umweltbelastungen beitragen;
 - c. die Entwicklung geeigneter Techniken zur Beseitigung gefährlicher Stoffe in Abfällen, die für die Verwertung bestimmt sind;

Anhang II A Beseitigungsverfahren

NB: Dieser Anhang führt Beseitigungsverfahren auf, die in der Praxis angewandt werden. Nach Artikel 4 müssen die Abfälle beseitigt werden, ohne dass die menschliche Gesundheit gefährdet wird und ohne dass Verfahren oder Methoden verwendet werden, welche die Umwelt schädigen können.

- D1 Ablagerungen in oder auf dem Boden (z.B. Deponien usw.)
- D2 Behandlung im Boden (z.B. biologischer Abbau von flüssigen oder schlammigen Abfällen im Erdreich usw.)
- D8 Biologische Behandlung, die nicht an anderer Stelle in diesem Anhang beschrieben ist und durch die Endverbindungen oder Gemische entstehen, die mit einem der in D1 bis D12 aufgeführten Verfahren entsorgt werden
- D10 Verbrennung an Land

Anhang II B Verwertungsverfahren

NB Dieser Anhang führt Verwertungsverfahren auf, die in der Praxis angewandt werden. Nach Artikel 4 müssen die Abfälle verwertet werden, ohne dass die

menschliche Gesundheit gefährdet und ohne dass Verfahren oder Methoden verwendet werden, welche die Umwelt schädigen können.

R1 Hauptverwendung als Brennstoff oder andere Mittel der Energieerzeugung“

2.3 Gesetzgebung in Deutschland

2.3.1 TA Siedlungsabfall [12]

Hierbei handelt es sich um die technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstige Entsorgung von Siedlungsabfällen.

„Ziele dieser Technischen Anleitung sind

- nicht vermiedene Abfälle soweit wie möglich zu verwerten,
- den Schadstoffgehalt der Abfälle so gering wie möglich zu halten,
- eine umweltverträgliche Behandlung und Ablagerung der nichtverwertbaren Abfälle sicherzustellen.

Dabei ist die Entsorgungssicherheit zu gewährleisten.

Die Ablagerung soll so erfolgen, dass die Entsorgungsprobleme von heute nicht auf zukünftige Generationen verlagert werden.

Anwendungsbereich

Diese Technische Anleitung enthält Anforderungen an die Verwertung, Behandlung und sonstige Entsorgung von Siedlungsabfällen nach dem Stand der Technik sowie damit zusammenhängende Regelungen, die erforderlich sind, damit das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird.

Für produktspezifische und besonders überwachungsbedürftige (§ 2 Abs. 2 AbfG) Abfälle, die gemeinsam mit Siedlungsabfällen oder wie diese entsorgt werden können, findet diese Technische Anleitung entsprechende Anwendung.

Stand der Technik

Stand der Technik im Sinne dieser Technischen Anleitung ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme für eine umweltverträgliche Abfallentsorgung gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Stands der Technik sind insbesondere vergleichbare geeignete Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg im Betrieb erprobt worden sind.“

2.3.2 Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen

Die Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen beinhaltet drei Einzelschriften:

- Die Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen
- Die Verordnung zur biologischen Behandlung von Abfällen
- Eine Verordnung zur Änderung der Abwasserverordnung

Somit wird die seit 1993 gültige Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi) novelliert. [13]

„Artikel 1

Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen (Abfallablagerungsverordnung – AbfAbIV)

§ 1 Anwendungsbereich

(1) Diese Verordnung gilt für

1. die Ablagerung von Siedlungsabfällen und Abfällen, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können, auf Deponien und
2. die Behandlung von Siedlungsabfällen und Abfällen, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können, zum Zweck der Einhaltung der Deponiezuordnungskriterien.

(2) Diese Verordnung gilt für

1. Betreiber und Inhaber von Deponien (Deponiebetreiber),
2. im Sinne von § 2 Nr. 2 und
3. Besitzer von Siedlungsabfällen und Abfällen im Sinne von § 2 Nr. 2 zur Beseitigung.

§ 2 Begriffsbestimmungen

Betreiber von Anlagen zur Behandlung von Siedlungsabfällen und Abfällen Im Sinne dieser Verordnung sind:

1. Siedlungsabfälle:

Abfälle aus Haushaltungen sowie andere Abfälle, die aufgrund ihrer Beschaffenheit oder Zusammensetzung den Abfällen aus Haushaltungen ähnlich sind.

2. Abfälle, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können:

Abfälle, die aufgrund ihrer Beschaffenheit oder Zusammensetzung gemeinsam mit Siedlungsabfällen oder wie diese entsorgt werden können insbesondere Klärschlämme aus Abwasserbehandlungsanlagen zur Behandlung von kommunalem Abwasser oder Abwässer mit ähnlich geringer Schadstoffbelastung, Fäkalien, Fäkalschlamm, Rückstände aus Abwasseranlagen, Wasserreinigungsschlämme, Bauabfälle und produktionsspezifische Abfälle. Hierunter fallen auch Abfälle aus der Behandlung von Siedlungsabfällen und Abfällen nach Satz 1.

3. Heizwertreiche Abfälle:

Abfälle, die bei der mechanischen oder mechanisch-biologischen Behandlung von Siedlungsabfällen und Abfällen im Sinne von § 2 Nr. 2 abgetrennt werden, einen deutlich höheren Heizwert als die zur Behandlung eingesetzten Abfälle aufweisen und energetisch genutzt werden können.

4. Mechanisch-biologische Behandlung:

Aufbereitung oder Umwandlung von Siedlungsabfällen und Abfällen im Sinne von § 2 Nr. 2 mit biologisch abbaubaren organischen Anteilen durch eine Kombination mechanischer und anderer physikalischer Verfahren (z.B. Zerkleinern, Sortieren) mit biologischen Verfahren (Rotte, Vergärung)...

§ 3 Allgemeine Anforderungen an die Ablagerung

(1) Siedlungsabfälle und Abfälle im Sinne von § 2 Nr. 2 dürfen nur auf Deponien oder Deponieabschnitten abgelagert werden, die die Anforderungen für die Deponieklasse I oder II einhalten. Die Anforderungen sind nach Nummer 10 der TA Siedlungsabfall definiert.

(2) Gering belastete, mineralische Abfälle dürfen auch auf Deponien oder Deponieabschnitten (Bauschutt- und Bodenaushubdeponien) abgelagert werden, die die in Absatz 1 genannten Anforderungen an die Deponieklasse I nicht vollständig erfüllen.

(3) Siedlungsabfälle und Abfälle im Sinne von § 2 Nr. 2 mit Ausnahme mechanisch-biologisch behandelter Abfälle dürfen nur abgelagert werden, wenn sie die entsprechenden Zuordnungskriterien des Anhanges 1 für die Deponieklasse I oder II einhalten.

§ 4 Anforderungen an die Ablagerung mechanisch-biologisch behandelter Abfälle

(1) Mechanisch-biologisch behandelte Abfälle dürfen nur abgelagert werden, wenn

1. die Ablagerung auf Deponien oder Deponieabschnitten erfolgt, die die Anforderungen für die Deponieklasse II einhalten,
2. die Abfälle die Zuordnungskriterien den Anhangs 2 für die Deponieklasse II einhalten,
3. die Abfälle nicht zur Erreichung der Zuordnungskriterien des Anhangs 2 vermischt werden und eine Ablagerung auf bereits abgelagerten Abfällen mit hohem biologisch abbaubaren Anteil (z.B. unbehandelter Hausmüll) nicht zu einer Beeinträchtigung der Gasfassung aus diesen Abfällen technisch möglich oder nicht erforderlich ist und es nicht zu unkontrollierten Gasaustritten kommt und
4. im Rahmen der mechanisch-biologischen Behandlung heizwertreiche Abfälle zur Verwertung oder thermischen Behandlung sowie sonstige verwertbare oder schadstoffhaltige Fraktionen abgetrennt wurden...

Artikel 2

Dreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen – 30. BImSchV)

§ 1 Anwendungsbereich

(1) Diese Verordnung gilt für die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von Anlagen, in denen Siedlungsabfälle und Abfälle, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können, im Sinne von § 2 Nr. 1 und 2 der Abfallablagerungsverordnung mit biologischen oder eine Kombination von biologischen mit physikalischen Verfahren behandelt werden, soweit

- biologisch stabilisierte Abfälle als Vorbehandlung zur Ablagerung oder vor einer thermischen Behandlung erzeugt,
 - heizwertreiche Fraktionen oder Ersatzbrennstoffe gewonnen oder
 - Biogase zur energetischen Nutzung erzeugt
- werden (biologische Abfallbehandlungsanlagen) und sie nach § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes in Verbindung mit der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen genehmigungsbedürftig sind.

2.4 Gesetzgebung in der Schweiz

Hier werden relevante Gesetzesauszüge des Umweltrechtes der Schweiz dargestellt. Dafür werden Publikationen des BUWAL herangezogen. [14]

2.4.1 Umweltschutzgesetz (USG)

Grundzüge des Gesetzes:

„Aufgabe und Regelungsgegenstände

Das USG setzt sich zum Ziel, Menschen, Tier und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume gegen schädliche oder lästige Einwirkungen zu schützen und die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten (Art. 1 Abs. 1).

Es beschlägt folgende Sachbereiche: Immissionen (Luftverschmutzung, Lärm und Erschütterungen; nichtionisierende Strahlen), Katastrophenschutz, umweltgefährdende Stoffe, umweltgefährdende Organismen, Abfälle, Belastungen des Bodens.

Allgemeine Vorgaben (konzeptionelle Charakteristika)

Vorsorgeprinzip: frühzeitige Begrenzung der Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten (Art. 1 Abs. 2).

Prinzip der Bekämpfung von Umweltbelastungen an ihrer Quelle (Art. 11 Abs. 1 [Immissionsschutz] und Art. 30 Abs. 1 [Abfälle]).

Kostentragung nach dem Verursacherprinzip (Art. 2 [generell], Art. 32, Art 32a und Art. 32d [Abfälle und Altlasten]; vgl. auch Art. 48 [Gebühren für „Bevolligungen, Kontrollen und besondere Dienstleistungen nach diesem Gesetz“]).

Definition der Schädlichkeits- bzw. Lästigkeitsgrenze anhand von Immissionsgrenzwerten (Art. 13 – 15). Zweistufiges Immissionsschutzkonzept: Vorsorgliche Emissionsbegrenzungen überall, d.h. auch da, wo die Belastungen die Immissionsgrenzwerte nicht erreichen (Art. 11 Abs. 2); zusätzliche (verschärfte) Emissionsbegrenzungen wo immer nötig, um Immissionsgrenzwert-Überschreitungen zu vermeiden bzw. zu beheben (Art. 11 Abs. 3). Typologie der Emissionsbegrenzungen: Emissionsgrenzwerte, Bau- und Ausrüstungsvorschriften, Verkehrs- oder Betriebsvorschriften u.a.m. (Art. 12 Abs. 1).

Geltung der vorsorglichen und der verschärfen Emissionsbegrenzungen auch für bereits bestehende Anlagen (Sanierungspflicht, Art. 16 – 18).

Umweltverträglichkeitsprüfung bei Erstellung und Änderung bestimmter Anlagen (Art. 9).

Ähnliche Abklärungen durch Hersteller und Importeure von umweltgefährdenden Stoffen und Organismen (sogenannte Selbstkontrolle, Art. 26 bzw. Art. 29b).

Auftrag an den Bundesrat, die Ausführungsverordnungen zu anderen Bundesgesetzen an die Erfordernisse des USG anzupassen (Art. 4, Art. 64).

Einsatz von Lenkungsabgaben in der Lufthygiene (Art. 35a – 35c).

Staatliche Umweltschutzfachstellen (Art. 42); Information und Beratung (Art. 6); Zusammenarbeit der Behörden mit der Wirtschaft (Art. 41a); Möglichkeit der Übertragung von Vollzugsaufgaben auf Private (Art. 43).“

Lufthygiene:

„Spezifische Vorgaben des USG

Art. 11 – 18 (immissionsschutzrechtliches Fundament; vgl. vorstehende Ziff. 1.2), Art. 44a (Pflicht zur Massnahmenplanung) und Art. 35a – 35c (Lenkungsabgaben).

Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (LRV), SR 814.318.142.1

Anwendung der (in der Verordnung statuierten) vorsorglichen Emissionsbegrenzungen sowohl auf neue wie auch auf bestehende Anlagen (Art. 3, Art. 7 und Art. 8). Kriterien für (der Schließung von Verordnungslücken dienende) vorsorgliche Emissionsbegrenzungen um Einzelfall (Art. 4 [vgl. Art. 12 Abs. 2 des Gesetzes]).

Emissionsgrenzwerte und andere vorsorgliche Emissionsbegrenzungen für zahlreiche Schadstoffe (Anhang 1); hinsichtlich bestimmter Anlagentypen (Anhang 2); speziell für Feuerungsanlagen (Anhang 3). Typenprüfungen für solche Anlagen (Anhang 4, vgl. Art. 20). Energetische Anforderungen an die nämlichen Anlagen (zum Teil in Anhang 3 und zum Teil in Anhang 3 und zum Teil in Anhang 4). Beschränkung des Schwefelgehaltes des Heizöls, Verbot der Benzinverbleiung und weitere Anforderungen an Brenn- und Treibstoffe (Anhang 5, vgl. Art. 21 ff. und Art. 24 ff.). – Vorschriften betreffend Ableitung von Emissionen, insbesondere Mindest-Kaminhöhen (Art. 6 und Anhang 6). – Grundsätzliches Verbot der Abfallverbrennung im Freien (Art. 26a; siehe hierzu auch hinten Ziff. 7.1).

Immissionsgrenzwerte für bestimmte Luftfremdstoffe, nämlich Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid, Ozon, Schwebestaub sowie fünf Schwermetalle (Anhang 7). Kriterien für die Beurteilung der Übermäßigkeit von Immissionen bei Fehlen von Immissionsgrenzwerten. (Art. 2 Abs. 5).

Einhaltung der Immissionsgrenzwerte mittels Verschärfung der Emissionsbegrenzungen bei einzelnen (neuen oder alten) Anlage (Art. 5 und Art. 9; zugehörige Sanierungsfristen: Art. 10). Analoge Anordnungen für eine Mehrzahl von

Quellen in der Form des – von der zuständigen kantonalen Behörde zu erstellenden - Maßnahmeplanes (Art. 31: Erstellung [Art. 42 Abs. 3: innert drei Jahren nach Inkrafttreten der Verordnung]: Art. 32: Inhalt; Art. 33: Verwirklichung).“

Abfälle

„Spezifische Vorgaben des USG

Unter den Abfallbegriff des USG fallen „bewegliche Sachen, deren sich der Inhaber entledigt oder deren Entsorgung im öffentlichen Interesse geboten ist“ (Art. 7 Abs. 6). „Die Entsorgung der Abfälle umfasst ihre Verwertung oder Ablagerung sowie die Vorstufen Sammlung, Beförderung, Zwischenlagerung und Behandlung. Als Behandlung gilt jede physikalische, chemische oder biologische Veränderung der Abfälle (Abs. 6^{bis}).

Am Anfang des Abfallkapitels des USG steht ein bereichsspezifischer Zweckartikel (Art. 30), dessen drei Absätze zugleich als Prioritätenordnung zu verstehen sind:

„Die Erzeugung von Abfällen soll soweit möglich vermieden werden“ (Abs. 1). „Abfälle müssen soweit möglich verwertet werden“ (Abs. 2). „Abfälle müssen umweltverträglich und, soweit es möglich und sinnvoll ist, im Inland entsorgt werden“ (Abs. 3).

Die Ermächtigung des Bundesrates (in Art. 30a, Sachüberschrift: „Vermeidung“), mit Ordnungsrecht auf die Zusammensetzung von Produkten sowie auch auf Produktionsmethoden Einfluss zu nehmen. – Grundlage für Ordnungsbestimmungen über die getrennte Übergabe von Abfällen zur Entsorgung, Rücknahmepflichten und Befandung (Art. 30b, Sachüberschrift: „Sammlung“). – Zur Verwertung besagt das Gesetz (in Art. 30d), dass der Bundesrat sie für bestimmte Abfälle unter gewissen Voraussetzungen obligatorisch erklären und dass er zudem (vereinfacht ausgedrückt) die Verwendung neuer Materialien da untersagen kann, wo auch rezykliertes Material taugt. – Präzisierung zum Gebot der umweltverträglichen Entsorgung: Abfälle müssen „für die Ablagerung“ (also zuvor) „so behandelt werden, dass sie möglichst wenig organisch gebundenen Kohlenstoff enthalten und möglichst wasserunlöslich sind“ (Art. 30c Abs. 1 [Basis des in der TVA ausgesprochenen Verbots der Deponierung von Siedlungsabfällen]). Abfälle dürfen grundsätzlich nur in den dafür vorgesehenen Anlagen verbrannt werden; natürliche Wald-, Feld- und Gartenabfälle im Freien zu verbrennen ist dann zulässig, „wenn dadurch keine übermäßige Immissionen entstehen“ (Art. 30c Abs. 2). Ausdrückliches Verbot wilder Abfallablagerung (Art. 30e Abs. 1).

Auftrag an den Bundesrat, „Vorschriften über den Verkehr mit Abfällen, deren umweltverträgliche Entsorgung besondere Maßnahmen erfordert (Sonderabfälle)“

zu erlassen (Art. 30f Abs. 1 Satz 1, auf den dann detailliertere Vorgaben folgen). Dabei geht es hauptsächlich um die Ein-, Aus- und Durchfuhr von Sonderabfällen.

Errichtung und Betrieb von Deponien sind bewilligungspflichtig (Art. 30e Abs.2). Die technischen und organisatorischen Anforderungen an Deponien und andere Abfallanlagen regelt der Bundesrat (Art. 30h). Die Abfallplanung – Bedarfsprognose, Vermeidung von Überkapazitäten, Festlegung der Standorte der Anlagen – obliegt den Kantonen (Art. 31); sie sollen dabei (soweit nötig unter Mitwirkung des Bundes) kooperieren (Art. 31a).

Was die Entsorgung betrifft, gelten für die Siedlungsabfälle einerseits und die übrigen Abfälle andererseits unterschiedliche Regeln (Art. 31b respektive Art. 31c): Die ersteren entsorgt die öffentliche Hand (Kanton oder Gemeinde bzw. Gemeindezweckverband), die letzteren muss der Inhaber selber der vorschriftsgemäßen Entsorgung zuführen. (Die genannten beiden USG-Bestimmungen beschlagen außerdem die Ausscheidung von Einzugsgebieten der Abfallanlagen sowie die Entsorgung der aus dem öffentlichen Straßenunterhalt und der öffentlichen Abwasserreinigung stammenden Abfälle.)

Technische Verordnung vom 10. Dezember 1990 über Abfälle (TVA)

Behandlung von Siedlungsabfällen, kompostierbaren Abfällen, Sonderabfälle und Bauabfällen (Art. 6 ff.). Soweit nicht verwertet werden können, müssen „Siedlungsabfälle, Klärschlamm, brennbare Anteile von Bauabfällen und andere brennbare Abfälle“ der Verbrennung in einer geeigneten Anlage zugeführt werden; zulässig ist auch „eine umweltverträgliche Behandlung mit anderen thermischen Verfahren“ (Art. 11). Die diesbezügliche Übergangsfrist endete am 31. Dezember 1999 (Art. 53a).

Vorschriften über das Verwerten bestimmter Abfälle (Art. 12 ff.), insbesondere Ermächtigung der Vollzugsbehörden, Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben entsprechende Auflagen zu machen.

Einzelheiten zur Abfallplanung der Kantone (Art. 15 ff.), worunter das Gebot, die Standorte der Abfallanlagen raumplanerisch festzulegen, und die Pflicht, den Abfallanlagen Einzugsgebiete zuzuteilen.

Kantonale Bewilligung für Errichtung und Betrieb von Deponien (Art. 21; Einzelheiten in Art. 24 ff.); Zulässige Deponietypen (Art. 22) und Spezifikationen der zugelassenen Abfälle (Anhang 1; vgl. auch Art. 32); kantonales Deponieverzeichnis (Art. 23). Anforderungen an Standort, Errichtung, Betrieb und Abschluss von Deponien (Art. 30 ff. sowie Anhang 2). Vorschriften über Zwischenlager (Art. 37), Abfallverbrennungsanlagen (Art. 38 ff.) und große Kompostierungsanlagen (Art. 43 ff.).

Anwendung der TVA auf Anlagen, die vor ihrem Inkrafttreten errichtet wurden, nach Maßgabe detaillierter Übergangsbestimmungen (Art. 48 ff.).

Überwachungspflicht der Kantone bezüglich Deponien und anderen Abfallanlagen (Art. 28, Art. 42 und Art. 45).“

Umweltverträglichkeitsprüfung

„Wesen; Hauptelemente der gesetzlichen Regelung

Die mit Art. 9 USG eingeführte Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) ist eine Methode, nach welcher innerhalb eines vorgegebenen Verfahrens über ein Projekt entschieden wird, das eine umweltbelastende Anlage zum Gegenstand hat. Charakteristisch sind eine qualifizierte Mitwirkungspflicht des Gestalters bei der Grundlagenbeschaffung (Umweltverträglichkeitsbericht), der Einbezug der Umweltschutzfachstelle in den Entscheidungsprozess und die Öffnung des Verfahrens zu Allgemeinheit hin.

Hauptvorgaben der Art. 9: Auftrag an den Bundesrat, die UVP-pflichtigen Anlagen zu bezeichnen (Abs. 1); generelle Anforderungen an den Bericht des Gestalters (Abs. 2) sowie Begründungspflicht für öffentliche und konzessionierte Vorhaben (Abs. 4); Rolle der Fachstelle (Abs. 5, vgl. auch Abs. 2 und Abs. 7); allgemeine Zugänglichkeit des Berichtes und der Ergebnisse der UVP (Abs. 8).

Die UVP trägt wesentlich zur Verwirklichung des Vorsorgeprinzips bei. Dass gegen Verfügungen über UVP-pflichtige Vorhaben das Verbandsbeschwerderecht gegeben ist (Art. 55 USG), wirkt unterstützend.“

2.5 Basler Übereinkommen [14]

Das Basler Übereinkommen regelt die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihre Entsorgung.

„Generelle Zielsetzung: Vermeidung und Verminderung der Sonderabfälle; umweltverträgliche Entsorgung, nach Möglichkeit im Entstehungsland; Verhinderung von Exporten nach Importen aus Nicht-Vertragsstaaten. Die zentralen, operativen Vertragsbestimmungen schaffen eine den Mechanismen der VVS (vorn Ziff. 7.5) analoge umfassende Deklarations-, Informations-, Bewilligungs- und Kontrollpflicht für jeglichen grenzüberschreitenden Verkehr mit Sonderabfällen.

Gleichzeitig mit der Konvention wurde eine Schlussakte mit Resolutionen zum gleichen Thema und zu damit zusammenhängenden Problemen unterzeichnet.

An der 1995 in Genf abgehaltenen 3. Konferenz der Vertragsparteien (COP3) wurde ein Verbot des Exports von gefährlichen Abfällen (sowohl zur Entsorgung wie auch

zur Verwertung) aus OECD-Staaten und Liechtenstein in andere Staaten beschlossen. Diese Änderung des Übereinkommens tritt in Kraft, sobald 62 Vertragsparteien sie ratifiziert haben. Seit COP4 (Kuching 1998) liegen auch entsprechende Abfalllisten vor. Aus COP5 (Basel 1999) gingen eine Deklaration über die zukünftige internationale Abfallpolitik und ein die Konvention ergänzendes Protokoll hervor. Dieses hat ein internationales Haftpflichtregime für Schäden zum Gegenstand, die beim grenzüberschreitenden Verkehr gefährlicher Abfälle entstehen; es wird nach Ratifikation durch 20 Vertragsstaaten in Kraft treten.“

3 Technologien zur Erreichung der Zielvorgaben

3.1 Mechanische Verfahren

Mittels mechanischer Verfahren soll das Input-Material so aufbereitet werden, dass die entstehenden Produkte für die nachfolgenden Prozesse und Behandlungsschritte in ausreichender Qualität und Quantität vorliegen.

So müssen an die mechanische Aufbereitung folgende Anforderungen gestellt werden [15]:

- Abtrennung von Störstoffen
- Abtrennung von für die biologische Behandlung ungeeigneten Stoffen
- Abtrennung von FCKW-Trägern
- Homogenisierung und
- Konfektionierung für einen optimalen biologischen Abbau

Durch die Kombination folgender Teilprozesse können die Zielvorgaben erreicht werden.

3.1.1 Zerkleinerung

Durch das Einwirken von mechanischen Kräften wird das Feststoffgefüge aufgebrochen und die Oberfläche entsprechend vergrößert. Die in der Praxis verwendeten Geräte zerkleinern den Abfall durch Kombination von Schlag-, Prall-, Druck- oder Scherbeanspruchung. Soll eine Teilfraktion einer thermischen Verwertung zugeführt werden, kommen meist trockene Verfahren zur Anwendung. Zum Einsatz kommen meist Hammer- und Schneidmühlen.

3.1.2 Klassierung

Das Aufgabegut wird in Kornklassen getrennt. Die zwei entstehenden Korngrößenklassen bezeichnet man als Grob- bzw. Feingut. Um eine möglichst ideale Weiterverarbeitung der beiden Fraktionen zu gewährleisten, muss die Trennschnittlinie sorgfältig gewählt werden.

3.1.2.1 Siebe

Der Stoffstrom teilt sich in einen Siebunterlauf und einen Sieboberlauf, wobei im Siebunterlauf das gesamte Unterkorn enthalten sein sollte. In der Abfallaufbereitung werden meist Trommelsiebe eingesetzt. Hier ist darauf zu achten, dass die optimale Drehzahl nicht überschritten wird, da sonst die Siebwirkung gegen Null geht.

3.1.2.2 Sichter

Ist der Wassergehalt des Aufgabegutes gering genug, setzt man Aeroklassierer (Windsichter) ein, um das Haufwerk in zwei Gleichfälligkeitsklassen zu teilen. Die Windgeschwindigkeit legt die Trennkorngrösse fest. Bei Verwendung eines Zick-Zack-Sichters kann mit der Wahl der der Trennstufen die Trennschärfe eingestellt werden.

3.1.3 Sortierung

Die Trennung wird hier nach stofflichen Eigenschaften wie Farbe, elektomagnetischen Eigenschaften oder anderen Materialmerkmalen durchgeführt. Zur Anwendung kommen das Klauben, die Magnetscheidung und das Elektrosortieren.

3.2 Biologische Verfahren

Die hier angewendeten Behandlungsschritte haben das Ziel durch Ab- und Umbau der biologisch abbaubaren Bestandteile die Kriterien der DVO zu erfüllen. Generell kann nach Abschluss der Behandlung eine Reduktion des Volumens, des Wassergehaltes und des Gasbildungspotentiales festgestellt werden.

3.2.1 Konditionierung

In einer Rottetrommel wird der für die biologische Stufe vorgegebene Stoffstrom konditioniert. Für den optimalen Ablauf der biologischen Behandlung werden die gewünschten Materialeigenschaften hier eingestellt. Als Ziele der Konditionierung können folgende Punkte gesehen werden. [16]

- Mechanischer Aufschluss durch autogenen Zerkleinerungseffekt (Zerfaserung)
- Einstellung des optimalen Wassergehaltes durch (Ab)wasserzugabe
- Einstellung des optimalen C/N-Verhältnisses durch Klärschlammzugabe
- Auflockerung und Homogenisierung des Materials
- Biologische Aktivierung durch kontinuierliche Belüftung, d.h. besseres Wachstum der Mikroben durch ausreichende Sauerstoffversorgung

3.2.2 Aerobe Verfahren

Mit Hilfe von aeroben Mikroorganismen werden biologisch abbaubare Bestandteile um- bzw. abgebaut. Nachfolgend ist der biologische Abbau vereinfacht dargestellt:

Org. Sustanz + O₂ → CO₂ + H₂O + Energie

Da für das Überleben und das effiziente „Arbeiten“ der Mikroorganismen eine ausreichende Belüftung des Rottematerials unumgänglich ist, werden fast immer künstliche Belüftungsverfahren eingesetzt. Ein anderer Faktor der auf keinen Fall zu vernachlässigen ist, ist der Wassergehalt, welcher für eine hohe Abbauleistung 33 – 55 Masse% betragen sollte. Erst nach Ablauf der Rottedauer von bis zu 20 Wochen kann mit einem zufriedenstellenden Produkt gerechnet werden. Die Rotte wird in die drei Teilprozesse Intensiv-, Extensiv- und Nachrotte unterteilt. Folgende zwei Verfahren werden häufig verwendet:

3.2.2.1 Intensivrottemodul

Dieses Verfahren kommt beispielsweise bei der Anlage Allerheiligen, Steiermark zur Anwendung. Bei diesem Anlagenkonzept sind die drei Teilschritte Intensiv-, Extensiv- und Nachrotte räumlich voneinander getrennt. Die Intensivrotte erfolgt in Rotteboxen bzw. in Rottecontainern, wodurch eine optimale Überwachung und Steuerung der Prozesse möglich ist. Die Extensivrotte erfolgt als Trapezmietenrotte in einer Halle mit vollständiger Ablufferfassung. Für das notwendige Umsetzen des Materials wird ein fahrbares Mietenumsetzgerät verwendet. Bei der Nachrotte kommt ebenfalls ein überdachtes Trapezmietenverfahren zum Einsatz; allerdings wird die Abluft nicht erfasst.

3.2.2.2 Wendetechnik

Diese Technik wird von der ZEMKA Zell am See, Salzburg benützt. Hier sind die Intensivrotte und die Extensivrotte in einer Halle untergebracht, die Abluft wird vollständig erfasst, und das Umsetzen der Tafelmieten wird von einem fix installierten Umsetzgerät vorgenommen. Bei der Nachrotte kommt nun wieder ein Trapezmietenverfahren zur Anwendung, welches auch auf eine Ablufferfassung verzichtet.

Zusätzlich dient die Nachrotte meist einer Trocknung des Materials, was für eine nochmalige Abtrennung von heizwertreichem Material (SET 2) genutzt wird.

3.2.3 Anaerobe Verfahren

Die biologisch abbaubaren Bestandteile des Abfalls werden hier von Mikroorganismen, die in anaeroben Milieu leben, umgesetzt. Je nach Betriebstemperatur, Anzahl der Behandlungsstufen und nach dem Feststoffgehalt des Vergärungsinputs werden eine Vielzahl von Verfahren angewandt. Da in den zu bewertenden Szenarien keine Anaerobtechnik vorkommt, wird mit Absprache des Auftraggebers in dieser Arbeit nicht näher auf anaerobe Behandlungsmöglichkeiten eingegangen.

3.3 Problematik MBA – Abluft

Bis heute wurde bei der Abluft aus MBA's nur auf die Minimierung der Geruchsemissionen geachtet. Da aber eine große Bandbreite an Schadstoffen in der Abluft von mechanisch biologischen Abfallbehandlungsanlagen vorhanden ist, und Vorschläge für die gesetzlichen Rahmenbedingungen bereits zur Notifizierung der EU vorgelegen sind, besteht von Seiten der Abfallwirtschaft dringender Handlungsbedarf. Die Art und Konzentration in der MBA-Abluft ist unter anderem von folgenden Parametern abhängig:

- Menge der behandelten Abfälle
- Zusammensetzung der behandelten Abfälle
- Art der mechanischen Behandlung
- Art der biologischen Behandlung
- Abluftmanagement

Emissionsmessungen haben gezeigt, dass folgende Schadstoffe den maßgeblichen Anteil der Emissionsfracht ausmachen: [17]

- Methan und Ammoniak
- Methanol, Ethanol und weitere Alkohole
- Hexan bis Tridekan (n-Alkane)
- Toluol, Ethylbenzol, Xylol und weitere aromatische Kohlenwasserstoffe
- Dichlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen (CKW)
- Trichlorfluormethan (R11), Dichlordifluormethan (R12), (FCKW)
- α -Pinen, β -Pinen, Limonen (Terpene)
- Acetaldehyd (Aldehyde)
- Aceton, 2-Butanon (Ketone)
- Dimethylsulfid, Dimethyldisulfid

Für die Abluftreinigung werden inzwischen eine Vielzahl von Technologien am Markt angeboten. Nachfolgend sind einige Verfahren und Verfahrenskombinationen angeführt, welche sich grundsätzlich für eine Reinigung der MBA-Abluft eignen [18]:

- Geschlossene Biofilter mit vorgeschaltetem sauren Wäscher

- Thermische Behandlung der Abluft
- Kombinationen Biowäscher – geschlossene Biofilter
- Aktivkohlefilter mit vorgeschaltetem Kondensator nach einem biologischen System
- Mehrstufige chemische (basisch-sauer) Wäscher inklusive oxidierende Stufe

3.3.1 Nichtkatalytische Oxidation (VocsiBox von Haase) [19]

Der Abluft- oder Schwachgasstrom wird bei diesem Verfahren über ein Reaktorbett geleitet. Bei Temperaturen von etwa 1.000°C werden organische Verbindungen oxidiert. Nach der Aufheizphase benötigt der Reaktor Energie für die geringfügige Erwärmung der Abluft sowie für den Ausgleich der Abstrahlungsverluste. Der Oxidationsprozess in einer VocsiBox funktioniert ohne Brenner und ohne Flamme. Daher werden auch keine typischen Flammenprodukte wie NO_x oder CO erzeugt.

3.4 Thermische Verfahren

Zu den thermischen Verfahren kann man unter anderem die Pyrolyse, die Verbrennung und die Vergasung zählen. In dieser Arbeit wird nur auf die Verbrennung näher eingegangen.

3.4.1 Begriffsbestimmung

In der EU-Richtlinie über Abfälle wird zwischen Beseitigung- und Verwertungsverfahren unterschieden (vgl. Kapitel 2.2.4, Anhang II A und II B der RL-Abfälle). Demnach sprechen wir bei einer MVA von Beseitigung und bei der industriellen Mitverbrennung bzw. bei der Mitverbrennung in Kraftwerken von Verwertung.

3.4.2 Rostfeuerung (MVA)

Der Müll wird nach der Mischung im Müllbunker und der Sperrmüllzerkleinerung in den Verbrennungsraum eingebracht und über einen geneigt angeordneten Rost, dem von unten die sogenannte Primärluft zugeführt wird, befördert.

Auf dem Rost wird der Abfall in mehreren Zonen getrocknet, entgast, vergast und schließlich verbrannt. Dabei wird die Masse auf etwa 30 % des angelieferten Mülls reduziert und größtenteils in Form von Schlacke über einen Naßentschlacker aus der Feuerung abgezogen. Das Volumen reduziert sich auf etwa 10 % des angelieferten Abfalls.

Die ausgebrannte Schlacke wird am Ende des Rostes in den mit Wasser gefüllten Naßentschlacker abgeworfen. Der zur Verbrennung des Mülls notwendige Sauerstoff kann an mehreren Stelle dem Feuerraum zugeführt werden. Je Tonne Müll ist eine Luftmenge von 5.000 bis 6.000 m³ notwendig.

Aufgrund der Tatsache, dass der Heizwert und der Wassergehalt des Input-Materials eine untergeordnete Rolle spielen, eignet sich die MVA für die Beseitigung von Restabfällen hervorragend. Bei sehr hohen Heizwerten sinkt allerdings die Durchsatzleistung der Anlage und es müssen gegebenenfalls niederkalorische Abfälle zugemischt werden, um den Durchsatz beibehalten zu können. Müllverbrennungsanlagen verfügen über mehrstufige Rauchgasreinigungsanlagen und müssen strenge Emissionsgrenzwerte einhalten.

3.4.3 Wirbelschichtfeuerung

Der auf vorgegebene Größe zerkleinerte Abfall wird dem Ofen über den Ofenkopf oder über Brennstoffanlagen direkt in das Bett zugeführt. In der Wirbelschicht laufen die weitere Trocknung, die Ent- und Vergasung sowie die eigentliche Oxidation ab. Das dabei gebildete Rauchgas gelangt in die Nachbrennkammer, in der bei Temperaturen von mindestens 850°C und einer Aufenthaltsdauer von mindestens zwei Sekunden die weitgehend vollständige Verbrennung von organischen Bestandteilen stattfindet. Der Sauerstoffgehalt beträgt hier etwa sechs Volumenprozent und ist somit im Gegensatz zur Rostfeuerung mit elf Volumenprozent deutlich geringer. Die Rauchgaswärme kann in herkömmlichen Kesselanlagen zur Dampferzeugung mit anschließender Verstromung oder Fernwärmeerzeugung genutzt werden. Die nichtbrennbaren Bestandteile (Asche) werden nahezu vollständig über den Rauchgasstrom ausgetragen und in der nachfolgenden Rauchgasreinigung abgeschieden.

Die Wirbelschichtfeuerung stellt an den Heizwert sowie den Wasser- und Aschegehalt des Verbrennungsgutes keine besonderen Anforderungen. Sie kann beispielsweise für hochkalorische Teilströme aus einer MBA optimal genutzt werden.

3.4.4 Verwertung in der Zementindustrie

Die Verwertung in der Zementindustrie sei in dieser Arbeit nur erwähnt, da nach der Meinung des Auftraggebers die Anforderungen an die Qualität des Aufgabegutes zu hoch sind, als dass sie durch Aufbereitung der Restabfälle erreicht werden könnten. Außerdem bestehen zwischen dem Auftraggeber der Arbeit und der Zementindustrie bereits Kooperationen, bei denen Kunststoffpellets „besserer“ Qualität verwertet werden.

4 Abfallaufkommen nach Topographie, Qualität und Menge [20]

Das Land Vorarlberg wird, wie in Abb. 4.1 dargestellt, in vier Abfallregionen unterteilt. In jeder dieser Regionen ist eine Deponie zur Ablagerung der Abfälle vorhanden.

Aufgrund der geographischen Gegebenheiten haben sich Ballungszentren gebildet, in denen Industrie und Gewerbe konzentriert sind. Auch die Bevölkerungsdichte ist unterschiedlich, wodurch Menge und Qualität aus den verschiedenen Regionen erheblich variieren.

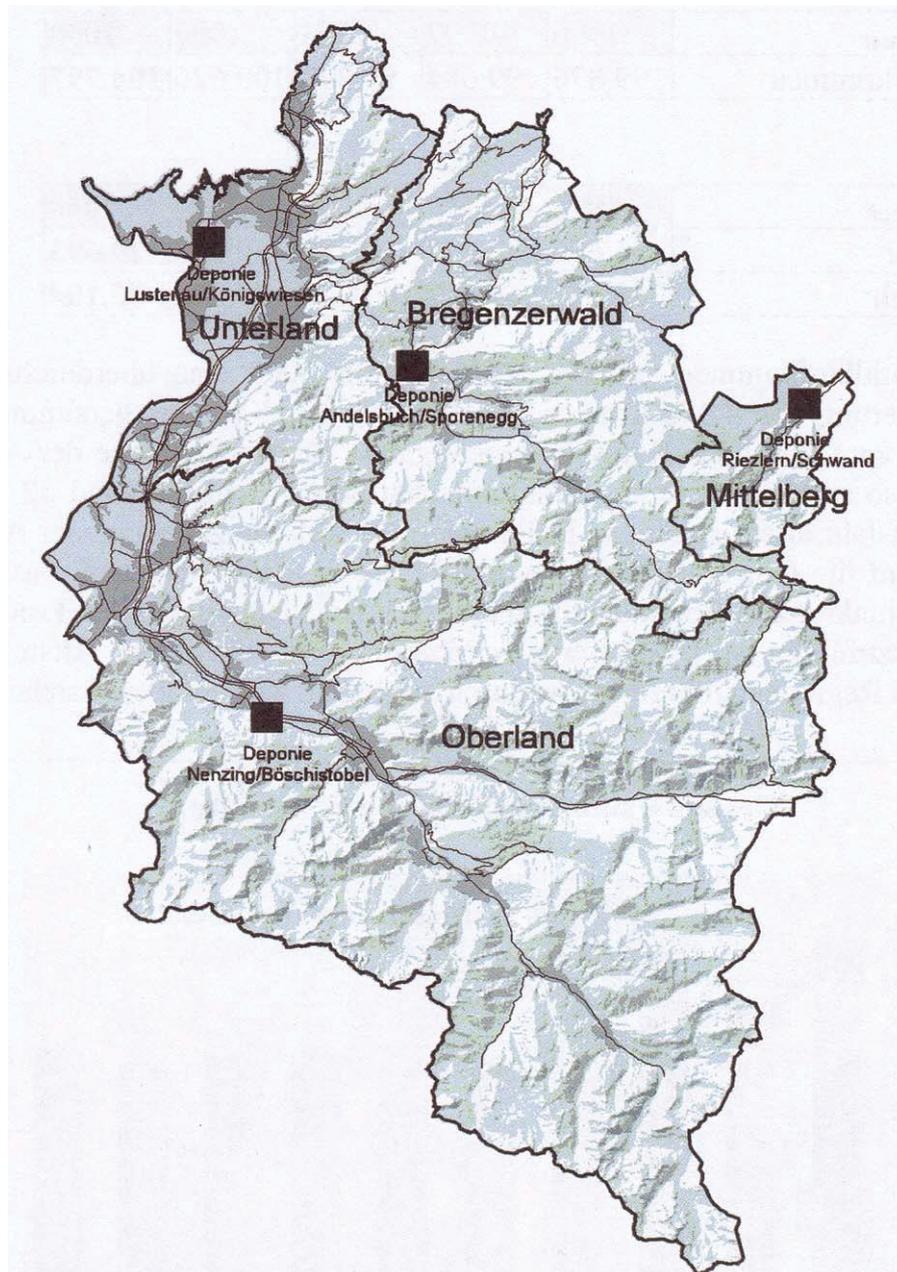


Abbildung 4.1: Vorarlbergkarte mit Abfallregionen [20]

4.1 Allgemeines

In dieser Arbeit wird das Gesamtaufkommen der Restabfälle aus der Systemabfuhr und der Gewerbeabfuhr als Datengrundlage herangezogen. Die Daten sind im Jahr 2001 von der Vorarlberger Landesregierung veröffentlicht worden und beziehen sich auf das Jahr 2000.

4.2 Abfallregion Unterland

Zur Abfallregion Unterland zählen unter anderem die Städten Bregenz, Dornbirn, Hohenems sowie die Marktgemeinde Lustenau und 18 andere Gemeinden in Bodenseenähe. Die gesammelten Restabfälle werden größtenteils auf der Deponie Königswiesen in Lustenau abgelagert.

4.3 Abfallregion Oberland

Zur Abfallregion Oberland gehören die Städte Feldkirch und Bludenz mit umliegenden Gemeinden, außerdem das Montafon, das Klostertal und andere Seitentäler im Vorarlberger Oberland. Die Restabfälle werden gesammelt und auf der Deponie Böschistobel / Nenzing abgelagert.

4.4 Abfallregion Bregenzerwald

Alle Gemeinden im vorderen und hinteren Bregenzerwald sind in dieser Region vereint. Neben den Restabfällen dieser Region werden auf der Deponie Sporenegg in Andelsbuch auch Restabfälle der Region Unterland entsorgt. Dies ist aufgrund der Kooperation der beiden zuständigen Abfallentsorger möglich.

4.5 Abfallregion Mittelberg

Die anfallenden Restabfälle aus dem Kleinen Walsertal werden durch den deutschen Zweckverband Abfallwirtschaft Kempten (ZAK) gesammelt und dem Müllheizkraftwerk der ZAK Energie GmbH zugeführt. Die Daten der gesammelten Restabfallmenge dieser Region werden in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt.

In der nachfolgenden Tabelle 4.1 ist das angefallene Restabfallaufkommen aus der Gewerbe- und Systemabfuhr der vier Abfallregionen dargestellt.

Tabelle 4.1: Restabfallaufkommen der einzelnen Abfallregionen [20]

Abfallregion	Gewerbeabfuhr [Mg/a]	Systemabfuhr [Mg/a]
Unterland	38.734	11.480
Oberland	28.818	14.373
Bregenzerwald	7.552	3.009
Mittelberg	0	831
Σ	75.104	29.693
Σ - Mittelberg	75.104	28.862

5 Ist-Zustand der Verwertung / Beseitigung der einzelnen Abfallströme

In den letzten Jahren ist ein Rückgang des Restabfallaufkommens aus den Haushalten zu beobachten. Dies kann auf die erfreuliche Verwertungsquote von annähernd 70 % der Hausabfälle zurückgeführt werden.

Die Restabfälle aus Industrie und Gewerbe werden ebenso wie die Restabfälle aus der Systemabfuhr größtenteils auf den in Vorarlberg vorhandenen Deponien abgelagert. Nur ein sehr geringer Anteil wird einer thermischen Beseitigung zugeführt (Restabfälle der Region Mittelberg). Da in Vorarlberg weder eine Müllverbrennungsanlage, noch eine MBA (Stand der Technik) vorhanden sind, werden die einzelnen Abfallströme auch nicht getrennt betrachtet. Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, dass es schon des längeren Gespräche mit Betreibern von MVA's, der RVL-Lenzing und anderen Dienstleistern gibt, und teilweise schon Versuchschargen in solche Anlagen verbracht wurden.

6 Entsorgungsmodelle ab 2004

6.1 100% Müllverbrennung

Bei dieser Entsorgungsvariante soll der gesamte Restabfall aus System- und Gewerbeabfuhr in einer MVA beseitigt werden. Als Beispiel für eine solche Müllverbrennungsanlage wird für die Berechnung die KVA Weinfelden in der Schweiz herangezogen. Die vorliegenden Daten stammen von der MVA Spittelauer Lende, welche von der Fernwärme Wien betrieben wird. Es wird angenommen, dass die Schlacke und der Filterkuchen für eine Verwertung bzw. Entsorgung bei der KVA belassen wird. Der Transport zur KVA erfolgt über einer zentrale Sammelstelle mittels LKW. In der folgenden Abbildung 6.1 ist der schematische Ablauf des Entsorgungsszenarios dargestellt.

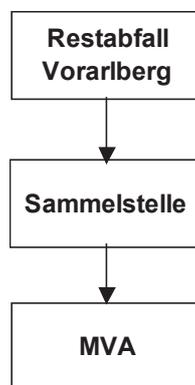


Abbildung 6.1: Schematischer Ablauf des Entsorgungsszenarios 100% Müllverbrennung

6.2 Modell bis 01.01.2009

Das Land Vorarlberg hat auf Grund einer mündlichen Zusage des Landeshauptmannes die Möglichkeit das Eintreten der DVO bis 01.01.2009 zu verschieben.

Bei diesem Entsorgungsszenario wird der gesammelte Restabfall einer mechanischen Aufbereitung zugeführt. Nach der Zerkleinerung mittels einer Hammermühle wird durch ein Trommelsieb ein Trennschnitt von 100 mm eingestellt. Das Material aus dem Siebüberlauf (SET 1) wird einer thermischen Verwertung zugeführt. Der verbleibende Teilstrom wird wie bisher deponiert. Allerdings kann neben einer Massen- und Volumenreduktion auch mit besseren Einbaueigenschaften auf der Deponie gerechnet werden. Nachfolgende Abbildung 6.2 stellt diese Entsorgungsvariante schematisch dar.

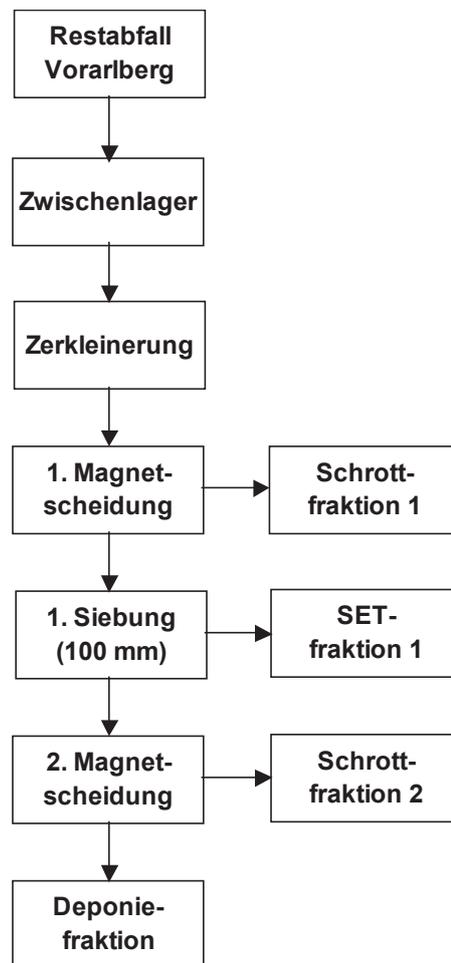


Abbildung 6.2: Schematischer Ablauf des Entsorgungsszenarios bis 01.01.2009

6.3 Restabfallsplitting

Der gesammelte Restabfall wird in einen Zwischenbunker gekippt, wobei der Gewerbeabfall zuerst mit einem Bagger mit Greifarm (ICP) oder einem ähnlichen Gerät von groben, sperrigen Gut befreit wird. Mit einem Greifkran wird das Zerkleinerungsaggregat (Hammermühle) beschickt. Nachfolgend kommt es zur Abtrennung der ersten Schrottfraktion mittels eines Magnetscheiders. Mit einem Trommelsieb wird anschließend die SET 1-Fraktion abgeseibt. Nun erfolgt eine weitere Magnetscheidung des Siebdurchganges. Dieser wird dann in einer Rottetrommel homogenisiert und durch Zugabe von Wasser und Klärschlamm für die nachfolgende biologische Behandlung konditioniert, was etwa 24 Stunden dauert.

In dieser Arbeit wird für die Berechnung das sogenannte Intensivrottemodul herangezogen. Hier sind alle drei Teilschritte der biologischen Behandlung räumlich voneinander getrennt.

Bei der Intensivrotte kommt eine gekapselte Container- bzw. Boxenverrottung zum Einsatz. Da die Intensivrotte in einem abgeschlossenen, isolierten Raum mit vollständiger Ablufferfassung erfolgt, kann der Prozess überwacht (Temperatur, CO₂-Gehalt, O₂-Gehalt, etc.) und gesteuert (Belüftungsintensität, Kreislaufführung der Luft, etc.) werden. Die Intensivrotte dauert ca. 2 Wochen.

Die Extensivrotte erfolgt als Mietenkompostierung in einer Halle mit vollständiger Ablufferfassung und dauert etwa 5 Wochen. Das Umsetzen der Trapezmieten wird mit einem fahrbaren Mietenumsetzgerät durchgeführt.

Die Nachrotte wird in einer offenen, überdachten Fläche ohne Ablufferfassung behandelt, wobei für die Umsetzung der Trapezmieten wiederum ein fahrbares Mietenumsetzgerät zum Einsatz kommt. Ein weiterer Vorteil der Nachrotte besteht in der Trocknung des Materials, da anschließend eine Abtrennung einer SET 2-Fraktion mittels eines Sichters vorgenommen werden soll. Die Nachrotte nimmt etwa 5 Wochen in Anspruch.

Das Nachrotte-Output-Material wird einem zweiten Trommelsieb zugeführt (Trennschnitt 10 mm). Der Siebrückstand wird einem Windsichter zugeführt, wo eine Trennung in eine SET 2 Fraktion (Leichtfraktion) und in eine Deponiefraktion 2 (Schwerfraktion) erfolgt. Diese Fraktion wird mit dem Siebdurchgang des Trommelsiebes (Deponiefraktion 1) auf der Deponie eingelagert. Nachfolgende Abbildung 6.3 stellt den schematischen Ablauf des Entsorgungsszenarios dar.

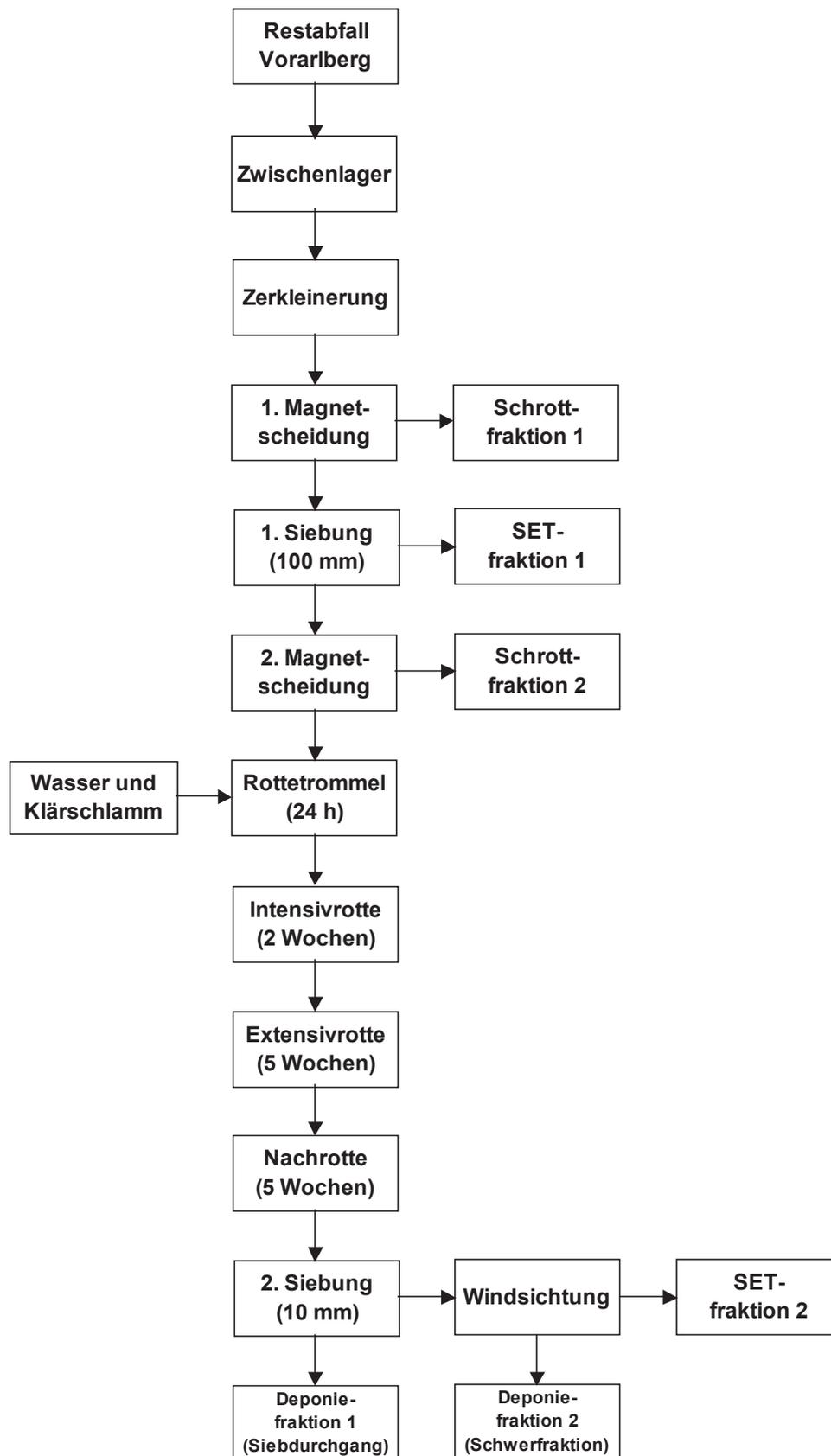


Abbildung 6.3: Schematischer Ablauf des Entsorgungsszenarios Restabfallsplitting

Die zwei Untervarianten 6.3.1 und 6.3.2 unterscheiden sich nur in der Verwertung bzw. Beseitigung der Sekundärenergieträger (SET 1 und SET 2).

Als Berechnungsgrundlage dieses Szenarios dienen die Berechnungen und Annahmen aus der Diplomarbeit „Deponieverordnung – Einsatzmöglichkeiten und Kosten der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung“ von Hannes Senft. Die Abluft der MBA wurde bei der damaligen Arbeit in Biofiltern gereinigt. Da dies nicht mehr dem Stand der Technik entspricht, geschieht die Reinigung der Abluft in der vorliegenden Arbeit durch nichtkatalytische Oxidation in der VocsiBox der Firma Haase.

6.3.1 SET-Verwertung in der RVL-Lenzing

Die abgetrennten SET-Fractionen werden in Ballen gepresst und mit der Eisenbahn zur RVL-Lenzing transportiert. Dort erfolgt die Verbrennung der dortigen Wirbelschichtfeuerung. Sie werden somit als Brennstoff für die Energieerzeugung in der Zellstoffindustrie eingesetzt. Die bei der Verbrennung entstehenden Schlacken und Filterkuchen werden bei der RVL für eine weitere Verwertung bzw. Entsorgung belassen.

6.3.2 SET-Beseitigung in der KVA Weinfeldern

Die beiden SET-Fractionen werden in Ballenform mittels LKW der KVA Weinfeldern angeliefert. Sie werden dort dem vorhandenen Abfall beigemischt und verbessern so die Verbrennungsparameter des „Kehrrichtes“. Die bei der Verbrennung entstehenden Schlacken und Filterkuchen werden bei der KVA für eine weitere Verwertung bzw. Entsorgung belassen.

7 Eco- Indikator 99 – Allgemeine Beschreibung [21]

Diese dimensionslose Kennzahl wurde von mehreren Institutionen gemeinsam entwickelt und stellt eine Weiterentwicklung des Eco-Indikator 95 dar. Es handelt sich um eine schadensorientierte Bewertungsmethodik mit elf Wirkungskategorien und drei Schadenskategorien. Nachfolgend sind die Wirkungskategorien den jeweiligen Schadenskategorien zugeordnet. Diese Schadenskategorien werden nach einer Normalisierung und einer Gewichtung zum Indikator zusammengefasst.

7.1 Schadenskategorie Menschliche Gesundheit (Human Health)

Die Schädigung wird in DALY-Einheiten (disability adjusted life years) angegeben. Eine Schädigung von eins bedeutet, dass ein Lebensjahr einer beliebigen Person verloren geht.

7.1.1 Kanzerogene (Carcinogens)

Es wird die Erhöhung des Risikos, durch Aufnahme und Anreicherung kanzerogener Stoffe, an Krebs zu erkranken berücksichtigt. Die Schadensfaktoren werden auf ein kg Emissionen bezogen und in DALY angegeben.

7.1.2 Respiratory Organics

Hier werden Atmungsprobleme, die durch organische Substanzen ausgelöst werden, berücksichtigt. Die Aufnahme der Substanzen erfolgt über die Luft. Der Schaden wird in DALY-Einheiten pro kg emittierter Substanz ausgedrückt.

7.1.3 Respiratory Inorganics

Die durch anorganische Substanzen hervorgerufenen Atmungsprobleme werden hier mit einbezogen. Die Schadstoffaufnahme erfolgt über die Luft, die Schädigung wird in DALY-Einheiten angegeben.

7.1.4 Klimaänderung (Climate Change)

Es werden die Folgewirkungen der globalen Klimaveränderungen auf den Menschen berücksichtigt. Die schädlichen Substanzen wirken in der Atmosphäre unterschiedlich intensiv und verschieden lang. Die Schädigung wird in DALY-Einheiten ausgedrückt.

7.1.5 Strahlung (Radiation)

Hier werden die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit durch Strahlung berücksichtigt. Die Schadensfaktoren werden auf ein Becquerel (Bq) bezogen. Die Schädigung wird in DALY-Einheiten angegeben.

7.1.6 Ozonschicht (Ozone Layer)

Die Schädigung der menschlichen Gesundheit durch den Abbau der Ozonschicht ist durch eine zunehmende Exposition gegenüber der UV-Strahlung der Sonne gegeben. Die Schädigung wird in DALY-Einheiten angegeben.

7.2 Schadenskategorie Ökosystemqualität (ecosystem quality)

Die Schädigung von Ökosystemen wird in PDF*m²*a angegeben. PDF steht für Potentially Disappeared Fraction Of Species und ist auf Quadratmeter und Jahr bezogen. Eine Schädigung von eins heißt, dass alle Arten (Spezies) eines m² während eines Jahres verschwinden.

7.2.1 Ökotoxizität (ecotoxicity)

Hier werden Schädigungen von Ökosystemen durch ökotoxikologische Emissionen berücksichtigt (z.B.: Pestizide). Die Schadensfaktoren werden in PDF*m²*a und pro kg emittierter Substanz angegeben.

7.2.2 Versauerung und Eutrophierung (acidification and eutrophication)

Emissionen, die Versauerung und Eutrophierung verschulden, werden in dieser Wirkungskategorie berücksichtigt. Die Schädigung wird in PDF*m²*a angegeben.

7.2.3 Landbesetzung und Landumbau (land occupation and land conversion)

Es ist wichtig zwei Fälle zu unterscheiden:

- Landbesetzung
- Landumbau

Die Schädigung für Landbesetzung wird in PDF*m²*a angegeben. Mit a wird die Dauer der Landbesetzung in Jahren angegeben. Landbesetzung wird hier als Schaden angesehen, da verhindert wird, dass das Gebiet seinen ursprünglichen Zustand wieder annimmt. Typische Landbesetzungen sind:

Bauen von neuen Häusern in Stadtgebieten

Betreiben von Fabriken in Industriegebieten

Landwirtschaftliche Nutzung eines bestehenden landwirtschaftlichen Gebietes

Gebiete, in denen die Landbesetzung vor langer Zeit vorgenommen wurde, werden nicht berücksichtigt.

Die Schädigung für Landumbau wird in $\text{PDF} \cdot \text{m}^2$ angegeben. Landumbaufaktoren sollen nur verwendet werden, wenn klar ist, dass ein Prozess die Umwandlung eines Flächentypes in einen anderen zur Folge hat. Beispiele sind Bergbau in natürlichen Gebieten, ausdehnende Landwirtschaftsflächen auf Kosten von natürlichen Flächen und Müllablagerung. Im Unterschied zur Landbesetzung wird die Zeit einer Wiederherstellung mit 30 Jahren festgelegt.

7.3 Rohstoffe (Resources)

Die Schadensfaktoren werden als MJ überschüssiger Energie angegeben. Eine Schädigung von eins bedeutet, dass aufgrund einer Gewinnung des Rohstoffes eine zukünftige weitere Gewinnung eine zusätzliche Energie von einem MJ erfordert, da eine geringere Rohstoffkonzentration oder andere ungünstige Eigenschaften verbleiben.

7.3.1 Gewinnung von Mineralen (extraction of minerals)

Die Schadensfaktoren werden pro gewonnenes kg Metall oder Eisen ausgedrückt:

- „im Eisen“ bezieht sich auf den Metallinhalt im Eisen, also bedeutet 1 kg Eisen (im Eisen) einen kg pures Eisen
- „Eisen“ bezieht sich auf das Eisen. Ein durchschnittlicher Metallinhalt wird dieser Berechnung zu Grunde gelegt.

Die Schadenseinheit wird in MJ überschüssige Energie pro kg gewonnenes Material angegeben

7.3.2 Gewinnung von fossilen Brennstoffen (extraction of fossil fuels).

Die Schadensfaktoren werden in MJ überschüssiger Energie pro kg gewonnenes Füllstoff oder pro m^3 gewonnenes Gas oder pro MJ gewonnene Energie angegeben. Die Einheit des Schadens ist MJ überschüssige Energie.

7.4 Normalisierung

Unter Normalisierung wird der relative Beitrag des berechneten Schadens zum Totalschaden, verursacht durch ein Vergleichssystem, verstanden. Das Ziel Normalisierung kann sein:

- Fehlerkontrolle: Durch den Vergleich des Ergebnisses der Schadenskategorie mit einer Referenz kann kontrolliert werden, ob die Ergebnisse in der richtigen Größenordnung vorliegen.
- Informationsbeschaffung über die relative Bedeutung der Ergebnisse der Schadenskategorie.
- Vorbereitung für anschließende Verfahren wie Klassifizierung und Gewichtung.

Die letzte Anwendung ist eindeutig die wichtigste.

Dieser Arbeit werden die im SIMA Pro 5.0 [22] angeführten Normalisierungsfaktoren 65,1 für die Schadenskategorie „Human Health“, 0,000195 für „Ecosystem Quality“ und 0,000119 für „Resources“ zu Grunde gelegt.

7.5 Gewichtung

In diesem Schritt werden Gewichtungsfaktoren zu den normalisierten Ergebnissen angegeben. Diese Gewichtung sollte die Ansichten einer Gesellschaft oder einer Gruppe von Außenstehenden wiedergeben.

Im Falle des Eco-Indikators 99 bezieht sich der Normalismus auf die Ansichten und Einstellungen der europäischen Gesellschaft.

In dieser Arbeit werden die Schadenskategorien Ökosystem Qualität und Menschliche Gesundheit mit 40% und die Schadenskategorie Rohstoffe mit 20% gewichtet, wie im Eco-Indikator 99 (H,A) vorgegeben.

In Abbildung 7.1 ist das Zustandekommen des Eco-Indikators schematisch dargestellt.

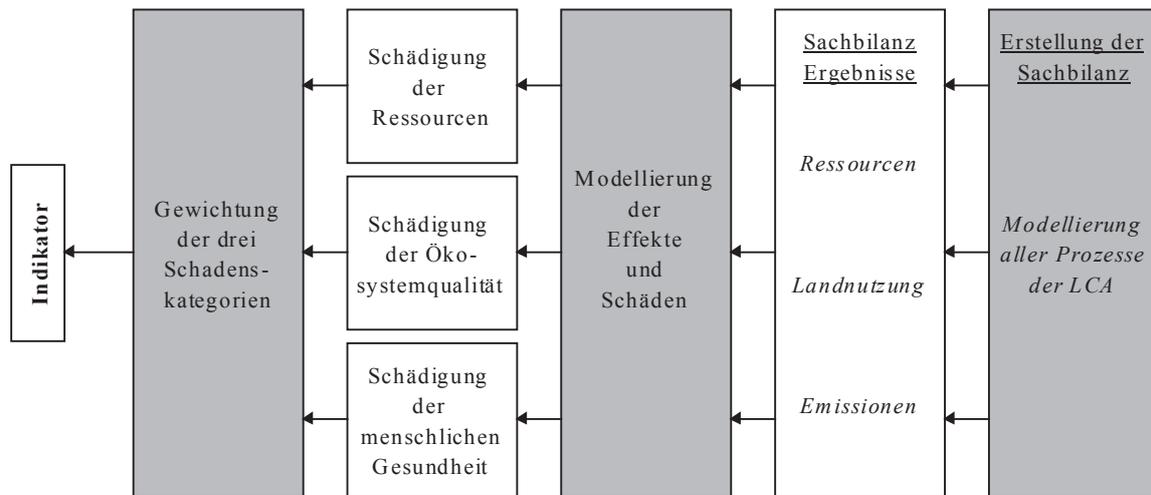


Abbildung 7.1: Schematische Darstellung des Eco-Indikators [23]

8 Ökologische Bewertung

Für die ökologische Bewertung der verschiedenen Entsorgungsszenarien wird in dieser Arbeit der Eco-Indikator 99 verwendet.

In Tabelle 8.1 sind die angenommenen Eco-Indikator 99 Werte für verschiedene Inventare dargestellt. Diese Werte (inkl. Vorketten) wurden aus dem Programm SIMA-PRO 5.0 [22] entnommen.

Tabelle 8.1: Angenommene Eco-Indikator 99 Werte

Inventar	Bezugseinheit	Eco-Indikator 99
28 Mg LKW	1000 Mg*km	26,01
40 Mg LKW	1000 Mg*km	17,70
Eisenbahn (Rail)	1000 Mg*km	9,47
Elektrizitätsverbrauch (UTCPE)	1000 kWh	25,12

Für keines der Szenarien werden die Baumaterialien (Beton, Sand, Stahl, etc.) im Bezug auf die Eco-Indikator-Berechnung berücksichtigt, da keine Daten der Vorketten verfügbar sind. Außerdem werden keine Gutschriften für die Verwertung stofflicher Produkte und für die gewonnene Energie (Wärme, Strom) berücksichtigt, weil keine Faktoren für die Einbeziehung in die Eco-Indikator-Berechnung bekannt sind.

Etwaige Belastungen durch Filterkuchen, Schlacke und Verbrennungsrückstände werden nicht in die Berechnungen einbezogen, da die detaillierten Emissionspfade nicht bekannt sind oder das Gefährdungspotential als sehr gering eingestuft wird. Auch der Einsatz gewisser Hilfs- und Betriebsstoffe wird nicht in die Berechnung einbezogen, da die Vorketten der Herstellung nicht bekannt sind. Alle rot gekennzeichneten Daten in den Abbildungen 8.1 bis 8.4 werden in der Eco-Indikator-Berechnung nicht berücksichtigt.

In der Wirkungskategorie „land use“ wird der Landverbrauch des jeweiligen Szenarios als Landbesetzung durch Industrie („occupation as industrial area“) deklariert. Für den Flächenbedarf der Entsorgung eines Mg Restabfall werden folgende Werte zu Grunde gelegt: 0,11 m² für mechanisch vorbehandelten Restabfall (vgl. Kapitel 8.2), 0,07 m² für das Rotteprodukt (vgl. Kapitel 8.3 und 8.4) und 0,02 m² für die Verbrennungsrückstände aus der KVA Weinfeldern und der RVL-Lenzing.

Zur Verwendung kommende Emissionsdaten der verschiedenen Substanzen werden mit den vorgegebenen Faktoren in den jeweiligen Wirkungskategorien multipliziert und auf die angegebenen Einheiten umgerechnet. Diese sogenannten „Hits“ werden pro Wirkungskategorie addiert, auf die Schadenskategorien normalisiert, gewichtet und dann zum Eco-Indikator zusammengezählt. Dieser kann nur im Vergleich mit anderen Eco-Indikatoren aussagekräftig sein, der Absolutwert liefert keine Aussage.

In Tabelle 8.2 ist eine Teilberechnung eines Eco-Indikators exemplarisch dargestellt. Die Emissionsdaten von Cadmium (Cd) in Wasser und Luft werden mit den jeweiligen Multiplikatoren multipliziert. Es muss darauf geachtet werden, dass alle Daten auf die Einheiten der jeweiligen Stoffflüsse bezogen werden. In diesem Fall auf die Nm³ Reingas.

Tabelle 8.2: Exemplarische Berechnung des Eco-Indikators

Medium	Substanz	Einheit	Multiplikator	KVA Stofffluss	Einheit Stoffflüsse	Zwischensummen	Datenherkunft
Water	Cd	kg	7,12E-02	0,41	mg/Mg Müll	2,92E-08	{1}
Air	Cd	kg	1,35E-01	0,8	µg/Nm ³	4,93E-07	{1}

Die Zwischensummen der jeweiligen Wirkungskategorie („Hits“) werden addiert und, wie in Tabelle 8.3 beispielhaft dargestellt, durch Multiplikation mit den Faktoren der Schadenskategorie normalisiert und dann gewichtet. Das Ergebnis ist der Eco-Indikator 99. Somit bewirkt Cadmium beim Entsorgungsszenario 100% Müllverbrennung in der Wirkungskategorie „carcinogens“ (Kanzerogene) einen Eco-Indikator von 0,0136.

Tabelle 8.3: Normalisierung und Gewichtung der „Hits“

Wirkungskategorie	Zwischensumme	Schadenskategorie normalisiert	Schadenskategorie gewichtet	Eco-Indikator 99
carcinogens	5,23E-07	Faktor: 65,1	Faktor: 400	0,0136

Im folgenden werden die in Kapitel 6 dargestellten Entsorgungsszenarien ökologisch bewertet. Die einzelnen Berechnungsvorgänge sind dem Anhang zu entnehmen.

8.1 Szenario 100% Müllverbrennung

Nachdem der Restabfall gesammelt wurde, wird er zur KVA Weinfeldern überstellt und dort einer thermischen Beseitigung zugeführt. In der Eco-Indikator-Berechnung werden sämtliche Transportwege, Gas- und Wasseremissionen berücksichtigt. In Abbildung 8.1 sind die Input- und Output-Daten zusammengefasst dargestellt, die detaillierte Aufschlüsselung ist dem Anhang zu entnehmen.

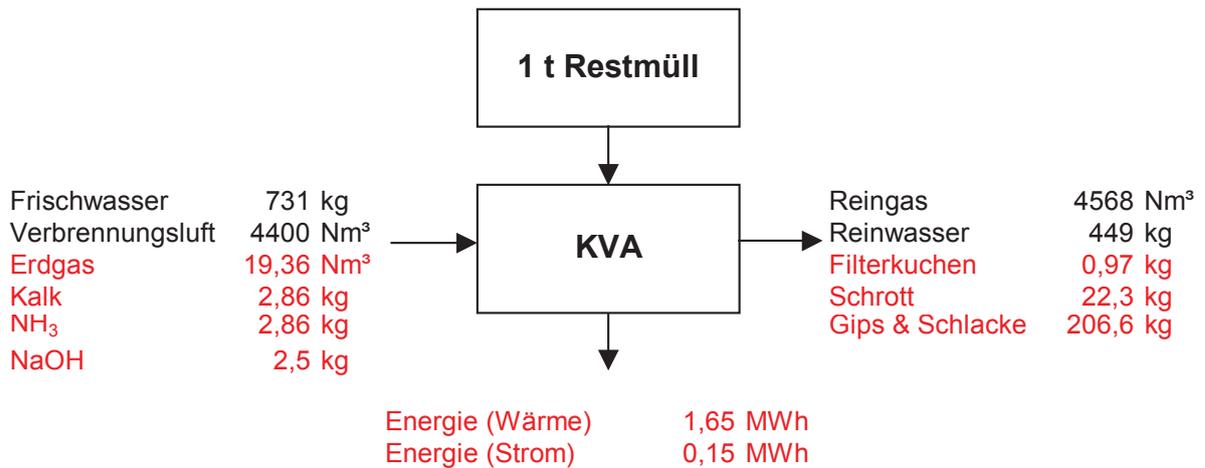


Abbildung 8.1: Input- und Outputdaten des Szenarios 100% Müllverbrennung

In Tabelle 8.4 ist die Berechnung des Eco-Indikators für dieses Entsorgungsszenario dargestellt. Der genaue Rechengvorgang ist dem Anhang zu entnehmen.

Tabelle 8.4.: Berechnung des Eco-Indikators Szenario 100% Müllverbrennung

Wirkungskategorie	Zwischen-summe	Schadenskategorie normalisiert	Schadenskategorie gewichtet	Eco-Indikator 99
carcinogens	8,56E-06	1,35E-02	5,41E+00	5,60
resp. Organics	2,92E-09			
resp. Inorganics	1,08E-05			
climate change	1,88E-04			
radiation	0,00E+00			
ozon layer	0,00E+00	4,76E-04	1,91E-01	5,60
ecotoxicity	4,93E-02			
acidification/eutrophication	7,14E-01			
land use	1,68E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,60
minerals	0,00E+00			
fossil fuels	0,00E+00			
		Transport für ein Mg (gerundet)		2,41
		Gesamt Eco-Indikator 99		8,00

8.2 Modell bis 01.01.2009

Die gesammelten Restabfälle werden einer Zerkleinerung mit anschließender Magnetscheidung und Siebung zugeführt. Der Siebüberlauf (SET-Fraktion) wird zur KVA Weinfeldern gebracht. Dabei handelt es sich um eine heizwertreiche Fraktion, die vor Ort dem anderen Restabfall untergemischt wird, um die Verbrennungseigenschaften zu verbessern. Für die Berechnung werden deshalb die gleichen Werte wie im Kapitel 8.1, allerdings auf den SET-Fraktions Input bezogen, verwendet.

Der Siebdurchgang wird wie bisher auf der Deponie eingebaut. Da nur eine Kunststoff- und eine Schrottfraktion abgetrennt werden, die keinen Einfluss auf das Gasbildungspotential haben, werden für die Berechnung des Eco-Indikators 99 die Deponieemissionsdaten eines unbehandelten Restmülls zu Grunde gelegt.

In der Eco-Indikator-Berechnung werden sämtliche Transportwege, Gas- und Wasseremissionen berücksichtigt. Luftseitige Emissionen der Aufbereitung gehen in die Berechnung nicht ein, da keine zuverlässigen Daten verfügbar sind.

In Abbildung 8.2 werden die Input- und Outputdaten des Szenarios bis 01.01.2009 dargestellt. Detaildaten sind dem Anhang zu entnehmen.

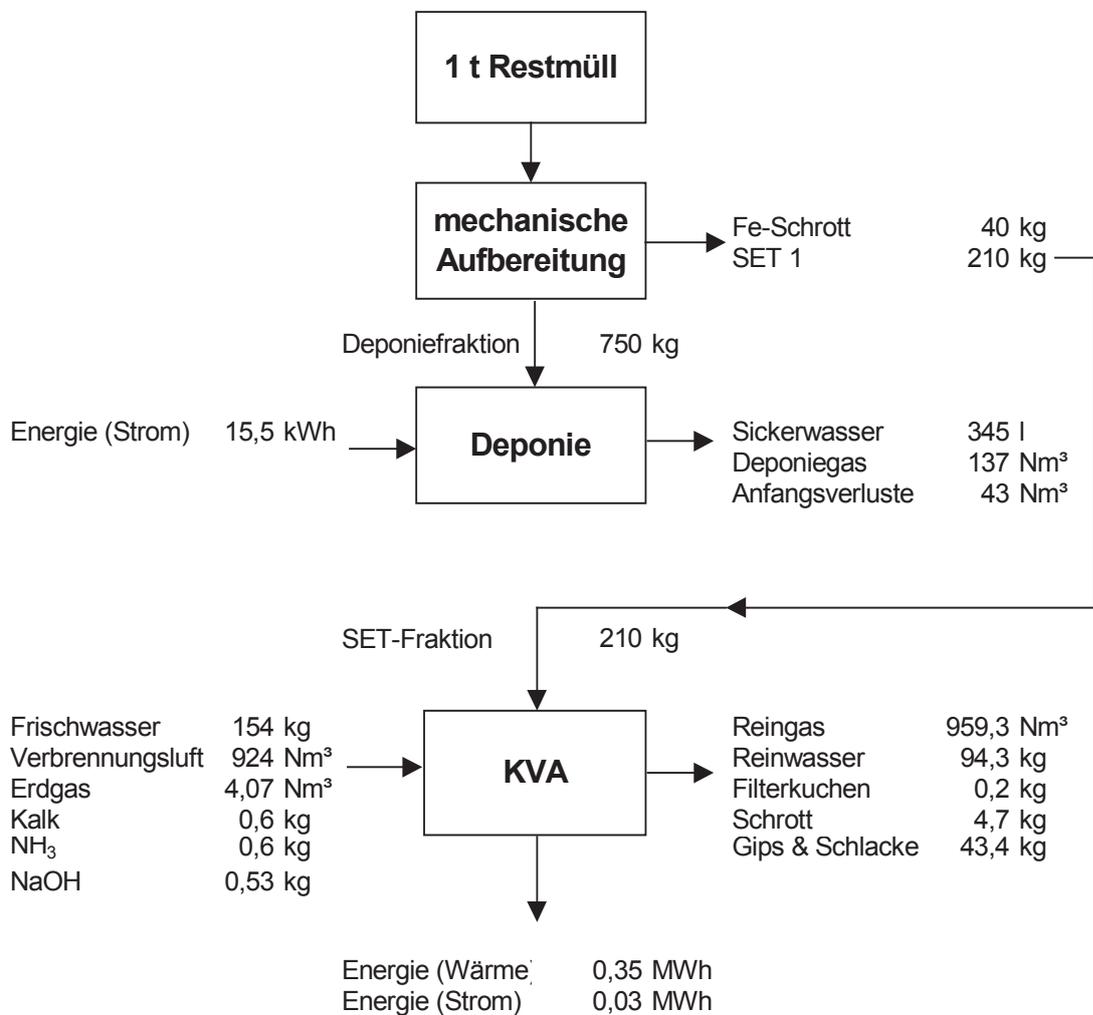


Abbildung 8.2.: Input- und Outputdaten des Szenarios bis 01.01.2009

In Tabelle 8.5 ist die Berechnung des Eco-Indikators für das Entsorgungsszenario bis 01.01.2009 dargestellt bzw. ist dem Anhang die Detailberechnung zu entnehmen.

Tabelle 8.5: Berechnung des Eco-Indikators des Szenarios bis 01.01.2009

Wirkungskategorie	Zwischen-summe	Schadenskategorie normalisiert	Schadenskategorie gewichtet	Eco-Indikator 99
carcinogens	4,83E-05	1,40E-02	5,59E+00	6,31
resp. Organics	2,22E-07			
resp. Inorganics	3,49E-05			
climate change	1,30E-04			
radiation	0,00E+00			
ozon layer	9,16E-07			
ecotoxicity	2,74E-02	1,80E-03	7,21E-01	
acidification/eutrophication	1,93E+00			
land use	7,28E+00			
minerals	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
fossil fuels	0,00E+00			
		Transport für ein Mg (gerundet)		
		Energie (Strom, gerundet)		0,85
		Gesamt Eco-Indikator 99		9,28

8.3 Szenario Restabfallsplitting / RVL-Lenzing

In der MBA wird der gesammelte Restabfall behandelt. Es wird angenommen, dass die MBA abwasserfrei betrieben wird, da entstehende Abwässer zur Rottenbewässerung genutzt werden können. Die Abluftdaten der MBA und die verbrauchte Elektrizität gehen in das Berechnungsmodell ein.

Die abgetrennten SET-Fractionen werden der RVL-Lenzing per Bahn (Mobiler) in Form von Ballen zugeführt. Alle Transportwege werden in der Berechnung berücksichtigt. Da die Qualität der verfügbaren Daten der Emissionsseite der RVL-Lenzing unzureichend ist, wird angenommen, dass die gesetzlichen Grenzwerte (Abgas und Wasser) eingehalten werden. Diese werden der Berechnung zu Grunde gelegt.

Etwaige Emissionen aus der MBA-Deponiefraction nach Ablagerung auf der Massenabfalldeponie gehen nicht in die Berechnung ein, da angenommen wird, dass die vorangehenden Behandlungsschritte einen hohen Wirkungsgrad aufweisen. Daher wird davon ausgegangen, dass die Emissionen der Deponie das Ergebnis der ökologischen Bewertung nicht wesentlich beeinflussen.

In Abbildung 8.3 wird das Entsorgungsszenario Restabfallsplitting mit SET-Verwertung in der RVL-Lenzing dargestellt.

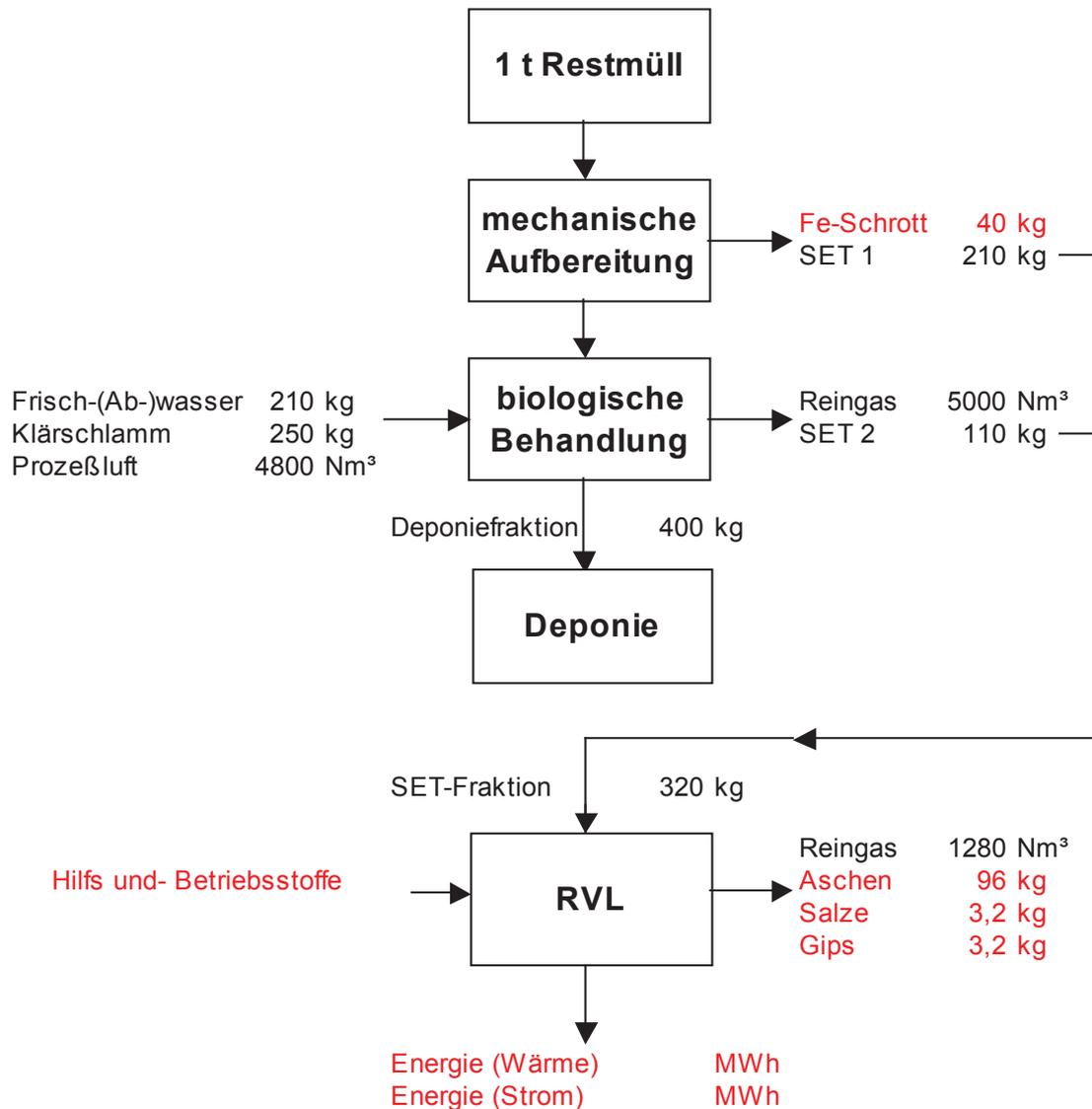


Abbildung 8.3: Input- und Outputdaten des Szenarios Restabfallsplitting mit Verwertung der SET-Fraktion in der RVL-Lenzing

In Tabelle 8.6 ist die Berechnung des Eco-Indikators für das Entsorgungsszenario Restabfallsplitting mit Verwertung der SET-Fraktion in der RVL-Lenzing dargestellt (vgl. auch Anhang).

Tabelle 8.6: Berechnung des Eco-Indikators des Szenarios Restabfallsplitting mit Verwertung der SET-Fraktion in der RVL-Lenzing

Wirkungskategorie	Zwischen-summe	Schadenskategorie normalisiert	Schadenskategorie gewichtet	Eco-Indikator 99
carcinogens	2,66E-07	1,27E-02	5,06E+00	5,49
resp. Organics	0,00E+00			
resp. Inorganics	5,86E-05			
climate change	1,36E-04			
radiation	0,00E+00			
ozon layer	0,00E+00			
ecotoxicity	9,65E-03	1,06E-03	4,23E-01	
acidification/eutrophication	3,05E+00			
land use	2,36E+00			
minerals	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
fossil fuels	0,00E+00			
		Transport für ein Mg (gerundet)		3,35
		Energie (Strom) für ein Mg (gerundet)		0,67
		Gesamt Eco-Indikator 99		9,51

8.4 Szenario Restabfallsplitting / KVA Weinfeldern

In der MBA wird der gesammelte Restabfall behandelt. Die Abluftdaten der MBA und die verbrauchte Elektrizität gehen in das Berechnungsmodell ein. Der MBA Betrieb wird als abwasserfrei eingestuft, da entstehende Abwässer zur Mietenbewässerung verwendet werden.

Die abgetrennten SET-Fractionen werden zur KVA Weinfeldern per LKW in Ballenform transportiert. In der Eco-Indikator-Berechnung werden sämtliche Transportwege sowie die Gas- und Wasseremissionen berücksichtigt.

Die Deponierung der Verbrennungsrückstände wird nicht berücksichtigt, da die detaillierten Emissionspfade nicht bekannt sind oder das Gefährdungspotential als sehr gering eingestuft wird. Etwaige Emissionen aus der MBA-Deponiefraction nach Ablagerung auf der Massenabfalldeponie gehen nicht in die Berechnung ein, da angenommen wird, dass die vorangehenden Behandlungsschritte einen hohen Wirkungsgrad aufweisen. Daher wird davon ausgegangen, dass die Emissionen der Deponie das Ergebnis der ökologischen Bewertung nicht wesentlich beeinflussen.

In Abbildung 8.4 wird das Entsorgungsszenario Restabfallsplitting mit SET-Verwertung in der KVA Weinfeldern dargestellt. Detaillierte Daten sind dem Anhang zu entnehmen.

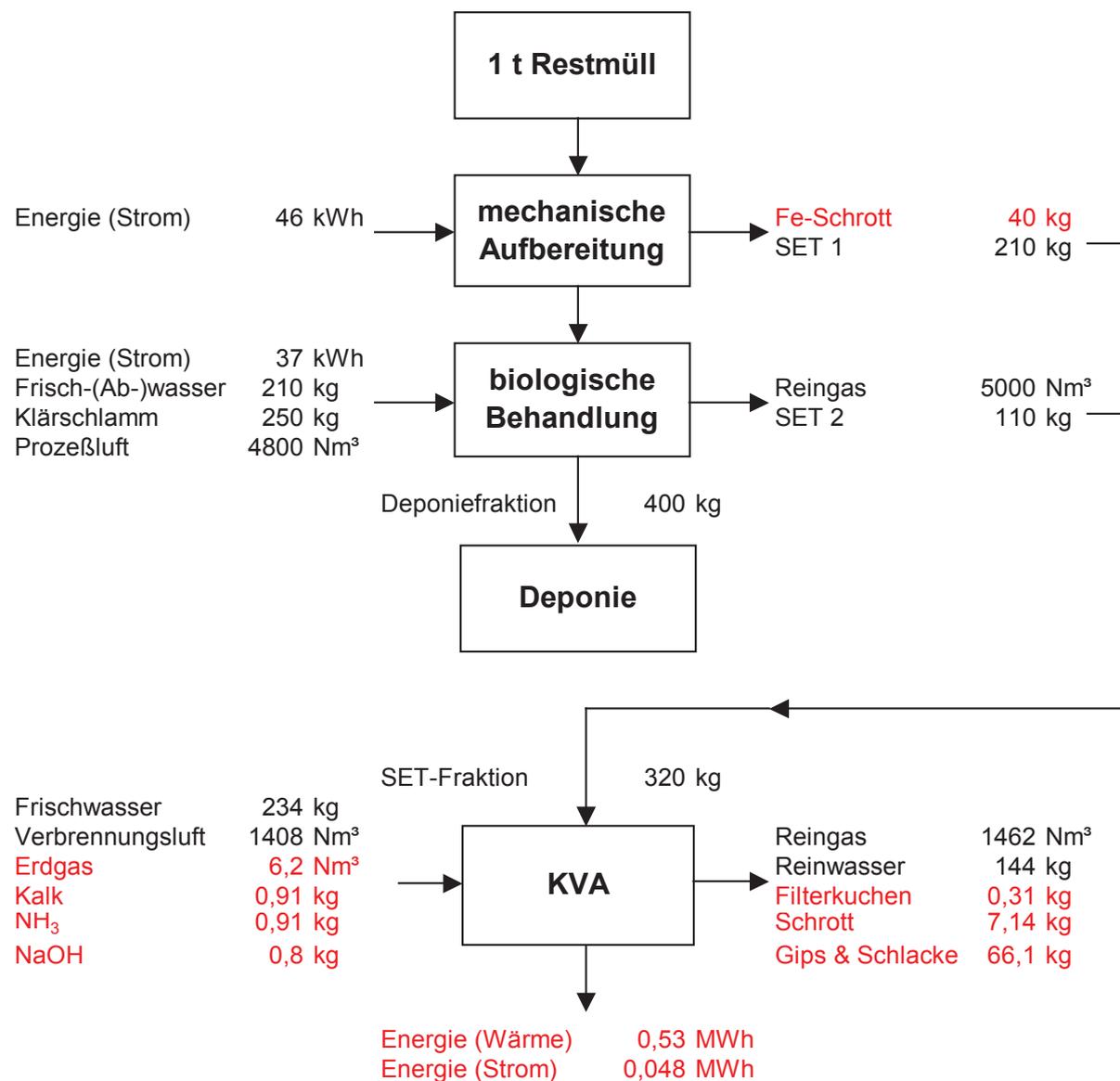


Abbildung 8.4: Input- und Output-Daten des Szenarios Restabfallsplitting mit Verwertung der SET-Fraktion in der KVA Weinfeldern

In Tabelle 8.7 ist die Berechnung des Eco-Indikators für das Entsorgungsszenario Restabfallsplitting mit Verwertung der SET-Fraktion in der KVA Weinfeldern dargestellt. Die Herleitung der Eco-Indikatoren ist dem Anhang zu entnehmen.

Tabelle 8.7: Berechnung des Eco-Indikators des Szenarios Restabfallsplitting mit Verwertung der SET-Fraktion in der KVA Weinfeldern

Wirkungskategorie	Zwischen-summe	Schadenskategorie normalisiert	Schadenskategorie gewichtet	Eco-Indikator 99
carcinogens	2,76E-06	1,22E-02	4,89E+00	5,31
resp. Organics	9,36E-10			
resp. Inorganics	5,87E-05			
climate change	1,26E-04			
radiation	0,00E+00			
ozon layer	0,00E+00	1,06E-03	4,25E-01	
ecotoxicity	1,47E-02			
acidification/eutrophication	3,08E+00			
land use	2,36E+00	0,00E+00	0,00E+00	
minerals	0,00E+00			
fossil fuels	0,00E+00			
		Transport für ein Mg (gerundet)		2,27
		Energie (Strom, gerundet)		0,67
		Gesamt Eco-Indikator 99		8,25

9 Ökonomische Bewertung

Um die verschiedenen Entsorgungsszenarien ökonomisch zu bewerten, wurden Daten und Werte aus einschlägiger Literatur [24] verwendet.

9.1 100% Müllverbrennung

Aufgrund des großen technischen Aufwandes einer modernen Müllverbrennungsanlage mit Rostfeuerung sind sowohl Investitions-, als auch Betriebskosten als sehr hoch einzustufen. Neben den Transportkosten fallen bei der Müllverbrennung die Kosten für die thermische Behandlung und für die Deponierung der Rückstände an.

Da nach der thermischen Behandlung mit einer Massenreduktion von etwa 75 % gerechnet werden kann, sind die Kosten für die Ablagerung der Rückstände (Schlacke, Filterstaub, Rauchgasreinigungsrückstände) im Vergleich zu einer Deponierung ohne thermischer Behandlung geringer.

Die Transportkosten werden mit 0,3 € pro Mg und km angesetzt [24], wobei Umladevorgänge und Leerfahrten schon inkludiert sind. Der Transport erfolgt per LKW. Der in Tabelle 9.1 angegebene „Transportweg KVA Input“ wird mit 80 km angenommen und soll der durchschnittlichen Wegstrecke, die ein Mg Abfall von der Abholung zur Mülldeponie zurücklegt, entsprechen. Der „Transportweg KVA Output“ wird mit 50 km angenommen und soll der durchschnittlichen Wegstrecke der Verbrennungsrückstände von der KVA zur Deponierung entsprechen.

Durch den entstandenen Dampf, der entweder als Fernwärme oder als Strom ins Netz eingespeist wird, können Erlöse erzielt werden. Auch die Verwertung der Schrottfraction und des entstandenen Gipses kann Erlöse bringen.

Tabelle 9.1: Kosten des Entsorgungsszenarios 100% Müllverbrennung

Kosten	[€/Mg]	[€/Mg _{Input}]	Datenherkunft
Transport, Input Müllverbrennung	0,3 [€/Mg km]	24,00	{7}
Behandlung	140,0	140,00	{8}
Transport, Output Müllverbrennung	0,3 [€/Mg km]	3,75	{7}
Ablagerung	125,0	31,30	{7}
Gesamtkosten (gerundet)		199	

Transportweg KVA Input	80 km
Transportweg KVA Output	50 km
Ablagerungsmenge	0,25 Mg

9.2 Modell bis 01.01.2009

Der in Tabelle 9.2 angegebene Transportweg zur Aufbereitungsanlage soll die durchschnittliche Wegstrecke eines Mg Abfall von der Abholung zur Aufbereitungsanlage darstellen und basiert auf Daten der auftraggebenden Firma. Der Transportweg der SET1-Fraktion zur KVA entspricht dem Weg von der Aufbereitungsanlage zur KVA und wurde einem gebräuchlichen Routenplaner entnommen. Der Transportweg der Verbrennungsrückstände wurde mit 50 km angenommen und soll der Wegstrecke von der KVA Weinfeldern zur Deponierung entsprechen. Der Transport erfolgt per LKW.

Neben den Transportkosten ist bei diesem Szenario mit Behandlungskosten für die Aufbereitung und die SET1-Verbrennung zu rechnen. Die Aufbereitungskosten (Schätzwert) beinhalten Kosten für Zerkleinerung, Magnetscheidung und Siebung.

Die Kosten für die Deponierung setzen sich hauptsächlich aus Instandhaltungskosten baulicher und maschineller Einrichtungen zusammen. Allerdings müssen auch die Folgekosten für Wartung, Pflege und Nachsorge der Deponie auf die Betriebskosten umgelegt werden. Wichtig ist, dass ab 01.01.2004 65 €/Mg und ab 01.01.2006 87 €/Mg AISAG-Beitrag zu entrichten ist (vgl. Kapitel 2.1.3). Erlös kann in geringem Umfang mit der Deponiegasverwertung und der Verwertung der gewonnenen Schrottfraktion erzielt werden.

Die Transportkosten werden mit 0,3 € pro Mg und km angesetzt [24], wobei Umladevorgänge und Leerfahrten schon inkludiert sind. Der Transport erfolgt per LKW.

Tabelle 9.2: Kosten des Modells bis 01.01.2009

Kosten	€/Mg]	€/Mg Input ab 01.01.04	€/Mg Input ab 01.01.06	Daten- herkunft
Transport zur Aufbereitungsanlage	0,3 [€/Mg km]	6,00	6,00	{7}
Aufbereitung		10,00	10,00	{7}
Transport der SET1-Fraktion zur KVA	0,3 [€/Mg km]	3,78	3,78	{7}
Behandlung der KVA	140,0	29,40	29,40	{8}
Ablagerung KVA	125,0	6,56	6,56	{7}
Transport der Verbrennungsrückstände	0,3 [€/Mg km]	0,79	0,79	{7}
Ablagerung Deponie	150,0	112,50	134,50	{7}
Gesamtkosten (gerundet)		169	191	

Transportweg zur Aufbereitungsanlage	20 km
Transportweg der SET1-Fraktion zur KVA	60 km
Transportweg der Verbrennungsrückstände	50 km
Menge der SET1-Fraktion	0,210 Mg
Menge der Verbrennungsrückstände	0,0525 Mg
Menge der Deponiefraktion	0,75 Mg

9.3 Restabfallsplitting RVL-Lenzing

Die Betriebskosten einer Restabfallsplittinganlage hängen stark von der Ausstattung (Rotteboxen, Belüftungssystem, Abluftreinigung etc.) und der Verweildauer des Mülls ab. Es wird angenommen, dass die MBA mindestens eine Kapazität von 100.000 Mg pro Jahr aufweist. In die Behandlungskosten der MBA sind die Aufbereitungskosten, die Prozesskosten der biologischen Behandlung, die Kosten des Luftmanagements und der thermischen Abluftreinigung inkludiert. Die Kosten für die thermische Abluftreinigung der MBA werden mit 2,5 €/Mg angenommen [19] und zu den Kosten der Restabfallsplittinganlage von 55 €/Mg [24] addiert.

Die Transportkosten setzen sich wie folgt zusammen: Transport zur MBA (aus Daten der auftraggebenden Firma), Transport der SET-Fractionen zur RVL-Lenzing und Transport der Verbrennungsrückstände zur Deponie. Die Transportkosten der SET-Fractionen werden von der ÖBB mit 23 €/Mg angegeben. Der Transport erfolgt per Mobiler (506 km). Der Transportweg der Verbrennungsrückstände wird mit 50 km angenommen und soll der Wegstrecke von der KVA Weinfeldern zur Deponierung entsprechen. Der Transport erfolgt per LKW.

Die Behandlungskosten der RVL inkludieren auch die Aufbereitung vor Ort. Es kann mit einer Massenreduktion von etwa 70 % gerechnet werden. Es wird angenommen, dass die Anlage der RVL abwasserfrei betrieben wird.

Die Transportkosten werden mit 0,3 € pro Mg und km angesetzt, wobei der Transport der SET-Fractionen per Bahn erfolgt. Umladevorgänge sind inkludiert.

Tabelle 9.3: Kosten des Entsorgungsszenarios Restabfallsplitting RVL-Lenzing

Kosten	[€/Mg]	[€/Mg _{Input}]	Datenherkunft
Transport zur Aufbereitungsanlage	0,3 [€/Mg km]	6,00	{7}
mechanisch-biologische Behandlung	57,5	57,50	{7}+[16]
Transport der SET-Fractionen zur RVL	23,0	7,36	{9}
Behandlungskosten der RVL	150,0	48,00	{7}
Transport der Verbrennungsrückstände	0,3 [€/Mg km]	0,79	{7}
Ablagerung der Verbrennungsrückstände	125,0	6,56	{7}
Deponierung des Rotteproduktes	125,0	50,00	{7}
Gesamtkosten (gerundet)		176	

Transportweg zur Aufbereitungsanlage	20 km
Transportweg der SET-Fractionen zur RVL (Bahn)	506 km
Transportweg der Verbrennungsrückstände	50 km
Menge der SET-Fractionen	0,320 Mg
Menge der Verbrennungsrückstände	0,0525 Mg
Menge des Rotteproduktes	0,4 Mg

9.4 Restabfallspitting KVA Weinfeld

Die Betriebskosten einer Restabfallspittinganlage hängen stark von der Ausstattung (Rotteboxen, Belüftungssystem, Abluftreinigung etc.) und der Verweildauer des Mülls ab. Es wird angenommen, dass die MBA mindestens eine Kapazität von 100.000 Mg pro Jahr aufweist. Die Transportkosten setzen sich wie folgt zusammen: Transport zur MBA, Transport der SET-Fractionen zur KVA Weinfeld und Transport der Verbrennungsrückstände zur Deponie. Es kann mit einer Massenreduktion von etwa 75 % gerechnet werden.

Die Transportkosten werden mit 0,3 € pro Mg und km angesetzt [24], wobei Umladevorgänge und Leerfahrten schon inkludiert sind. Der Transport erfolgt per LKW.

Tabelle 9.4: Kosten des Entsorgungsszenarios Restabfallspitting KVA Weinfeld

Kosten	[€/Mg]	[€/Mg _{Input}]	Datenherkunft
Transport zur Aufbereitungsanlage	0,3 [€/Mg km]	6,00	{7}
mechanisch-biologische Behandlung	57,5	57,50	{7} + [16]
Transport der SET-Fractionen zur KVA	0,3 [€/Mg km]	5,76	{7}
Behandlungskosten der KVA	140,0	44,80	{8}
Transport der Verbrennungsrückstände	0,3 [€/Mg km]	0,79	{7}
Ablagerung der Verbrennungsrückstände	125,0	6,56	{7}
Deponierung des Rotteproduktes	125,0	50,00	{7}
Gesamtkosten (gerundet)		171	

Transportweg zur Aufbereitungsanlage	20 km
Transportweg der SET-Fractionen zur KVA	60 km
Transportweg der Verbrennungsrückstände	50 km
Menge der SET-Fractionen	0,320 Mg
Menge der Verbrennungsrückstände	0,0525 Mg
Menge des Rotteproduktes	0,4 Mg

10 Interpretation der Ergebnisse

Aufgrund der aufwendigen Abluft- und Abwasserreinigung bei der KVA sowie auch bei der RVL schneiden diese Entsorgungstechnologien bei der ökologischen Bewertung günstiger als die MBA ab. Die MBA verbessert sich in der ökologischen Bewertung durch die thermische Abluftreinigung und die thermische Verwertung bzw. Beseitigung der SET-Fractionen erheblich.

Das Entsorgungsszenario bis 01.01.2009 wird aufgrund der Deponierung von mechanisch vorbehandeltem Restabfall am schlechtesten bewertet, obwohl eine Abtrennung einer SET-Fraktion als ökologisch vorteilhaft angesehen werden kann. Durch den hohen Flächenbedarf der Deponierung mechanisch vorbehandelten Restabfalls sowie des aus der MBA kommenden Rotteproduktes steigt der Wert des Eco-Indikators im Vergleich zur KVA merklich.

Die Entsorgungsvarianten mit Beseitigung bzw. Verwertung der SET-Fractionen in der KVA Weinfeldern und der RVL-Lenzing schneiden bei der ökologischen Bewertung annähernd gleich ab. Allerdings ergibt sich durch den unterschiedlichen Transport ein deutlicher Vorteil der KVA Weinfeldern gegenüber der RVL-Lenzing, wie in Abbildung 10.1 ersichtlich. Das Entsorgungsszenario Restabfallsplitting/RVL-Lenzing fällt aufgrund des hohen Transportanteiles vom dritten Platz in der ökologischen Bewertung auf den letzten.

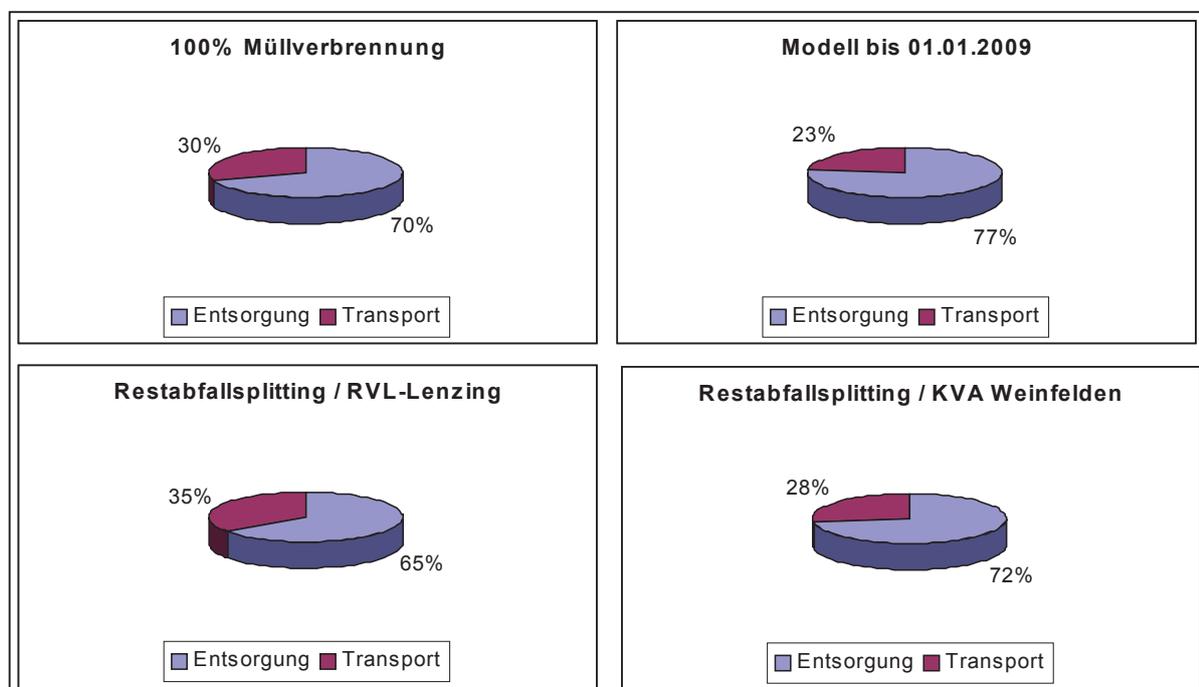


Abbildung 10.1: Prozentuelle Zusammensetzung der Eco-Indikatoren der Entsorgungsszenarien

Die Werte der Eco-Indikatoren der Entsorgungsszenarien liegen relativ nah beisammen. Es ist zu vermuten, dass sich die Tendenzen deutlicher abzeichnen würden, wenn die Datenqualität noch weiter erhöht werden könnte. Auch die Einbeziehung ökologischer Gutschriften durch stoffliche Verwertung von Entsorgungsprodukten (Fe-Schrott, Gips, Schlacke, etc.) und Nutzung der gewonnenen Energie (Wärme, Strom) würde den ökologischen Vorteil einer modernen KVA (MVA) stärker hervorheben.

Aufgrund des hohen technischen Standards der Müllverbrennungsanlage sind die Entsorgungskosten für das Entsorgungsszenario 100% Müllverbrennung am höchsten. Auch die Transportkosten (27,75 €/Mg) sind im Vergleich zu den anderen Szenarien (10,57 – 14,15 €/Mg) hoch einzustufen. Beim Szenario bis 01.01.2009 kommt es ab 01.01.2006 zu einer deutlichen Erhöhung des Entsorgungspreises, da ein höherer AISAG-Beitrag zu entrichten ist. Dadurch steigen die Kosten von 169 €/Mg auf 191 €/Mg. Bei Abschluss längerfristiger Entsorgungsverträge kann jedoch mit einer Preissenkung gerechnet werden. In Tabelle 10.1 sind die Ergebnisse der ökonomischen und der ökologischen Betrachtung im Überblick dargestellt.

Tabelle 10.1: Gegenüberstellung der verschiedenen Entsorgungsszenarien

Entsorgungsszenario	Eco-Indikator 99			Kosten [€/Mg]	
	Entsorgung	Transport	Summe	ab 2004	ab 2006
100% Müllverbrennung	5,60	2,41	8,00	199	
Modell bis 01.01.2009	7,16	2,12	9,28	169	191
Restabfallsplitting / RVL-Lenzing	6,16	3,35	9,51	176	
Restabfallsplitting / KVA Weinfelden	5,98	2,27	8,25	171	

11 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden vier ab dem 01.01.2004 für das Bundesland Vorarlberg in Betracht kommende Entsorgungsmodelle für die Entsorgung von Restabfällen (System- und Gewerbemüll der SNr.: 91101) dargestellt und ökologisch und ökonomisch verglichen. Aufgrund der geografischen Lage des Bundeslandes wird neben der für Österreich relevanten Gesetzgebung auch auf rechtliche Rahmenbedingungen der Nachbarländern (Schweiz und Deutschland) eingegangen.

Folgende Entsorgungsszenarien werden betrachtet:

- Restabfälle werden zu 100% einer MVA (KVA Weinfelden) zugeführt.
- Der Restabfall wird mechanisch vorbehandelt und dann deponiert.
- Die Restabfälle werden in einer MBA behandelt. Die entstehenden SET-Fractionen werden in der RVL-Lenzing verwertet.
- Die Restabfälle werden in einer MBA behandelt. Die entstehenden SET-Fractionen werden in der KVA Weinfelden beseitigt.

Es zeigt sich deutlich, dass die Beseitigung in der MVA (KVA Weinfelden) aufgrund des hohen technischen Standards ökologisch am besten abschneidet.

Die Entsorgungsszenarien mit mechanisch-biologischer Behandlung und anschließender Verwertung der SET-Fractionen in der RVL-Lenzing bzw. in der KVA Weinfelden liegen aufgrund der thermischen Abluftreinigung der MBA-Abluft und der Verwertung der SET-Fractionen in der ökologischen Bewertung an zweiter Stelle. Sie unterscheiden sich nur durch den längeren Transportweg zur RVL-Lenzing voneinander.

Das Entsorgungsszenario mit Deponierung der mechanisch vorbehandelten Restabfälle schneidet aufgrund der hohen Emissionen (Deponiegas, Sickerwasser) ökologisch betrachtet am schlechtesten ab, obwohl eine SET-Fraction thermisch beseitigt wird.

Die Entsorgungskosten der betrachteten Szenarien liegen zwischen 169 und 199 €/Mg Restabfall. Das Entsorgungsszenario, bei dem 100% der Restabfälle der KVA Weinfelden zugeführt werden, schneidet bei der ökonomischen Betrachtung am schlechtesten ab, da ein hoher technischer Standard der Anlage vorliegt und die Transportkosten am höchsten ausfallen. Am günstigsten ist die Deponierung von mechanisch vorbehandeltem Restabfall, wobei ab dem 01.01.2006 eine Erhöhung des AISAG-Beitrages in Kraft tritt und der Entsorgungspreis in €/Mg fast das Niveau des Entsorgungsszenarios 100% Müllverbrennung erreicht.

12 Diskussion

Die Ergebnisse dieser Arbeit beruhen auf vier angenommenen Entsorgungsszenarien und gewählten Systemgrenzen. Erkennbare Trends können durch Verschiebung dieser Grenzen und durch Verwendung teilweise verbesserter Datengrundlagen wahrscheinlich deutlicher dargestellt werden. Zwischen Eco-Indikator Bewertung und den Darstellungen der Input- und Outputdaten bestehen Verknüpfungen, sodass Teilströme und andere Daten leicht verändert oder aktualisiert werden können. Dadurch kann sich das Ergebnis ändern.

Da die verwendeten Daten unterschiedlicher Qualität sind bzw. teilweise nicht verfügbar waren, wird davon ausgegangen, dass zumindest alle gesetzlichen Emissionsgrenzwerte eingehalten werden, die zur Berechnung herangezogen werden.

Der Eco-Indikator ist nur eine von mehreren möglichen ökologischen Bewertungsmethoden und kann sich, aufgrund seiner Methodik (Multiplikatoren, Gewichtung, etc.), im Ergebnis durchaus von anderen Bewertungsmethoden unterscheiden.

Aus ökologischer und ökonomischer Sicht sollten bei allen in Frage kommenden Entsorgungsszenarien die Transportwege möglichst gering gehalten werden. Die Verminderung der zu deponierenden Fraktionen muss bei ökologischer Betrachtung im Vordergrund stehen. Falls Kapazitäten in nahe gelegenen KVA's bzw. MVA's zur Restabfallbeseitigung vorhanden sind, sollten diese genutzt werden.

Wird eine MBA errichtet, so sollten die mechanische Aufbereitung, die biologische Behandlung und das Abluftmanagement so optimiert werden, dass die entstehenden Teilströme definierten Qualitätsanforderungen entsprechen. Somit ergeben sich bessere Verwertungsmöglichkeiten und daraus folgend eine bessere ökologische Bewertung. Außerdem könnte die Verschiebung von Abfallteilströmen zu einer optimierten Aufbereitungsanlage das Transportaufkommen der Bevölkerung zu vorhandenen Sammelstellen minimieren. Dies würde zu einer Entlastung der Bevölkerung (Kunde) und der Umwelt führen.

Bei den Restabfällen aus Industrie und Gewerbe sollte eine produktorientierte Vorsortierung in den Betrieben angestrebt werden, da teilweise für die stoffliche Verwertung mit qualitativ hochwertigen Stoffströmen gerechnet werden kann.

13 Verzeichnisse

13.1 Literatur

- [1] Montanuniversität Leoben, Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik: Restabfallsplitting bzw. mechanisch-biologische Restabfallbehandlung vor der Verbrennung (MBRVV) im AWZ Halbenrain; IED Schau, Schriftreihe Abfall – Umwelt, Ausgabe 8, August 1999, S. 9, 10, 12, 13, 23 - 26
- [2] Bundesministerium für Land – und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW): Altlastensanierungsgesetz, BGBl. 1989/299 idF, 1.1.2002, BGBl I 2000/142 idgF
- [3] Bundesministerium für Land – und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW): Kodex Wasserrecht, 2/30. AEV Verbrennungsgas, S. 228 ff.
- [4] Bundesministerium für Land – und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW): Kodex Wasserrecht, 2/59. AEV Abfallbehandlung, S. 403 ff.
- [5] Bundesministerium für Land – und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW): Kodex Wasserrecht, 2/66. AEV Abluftreinigung, S. 448 ff.
- [6] Bundesministerium für Land – und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW): Richtlinie für die mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen, Wien, 1. März 2002
- [7] Bundesministerium für Land – und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW): 2/8. Vorarlberger Abfallgesetz, LGBl. 1998/58 (WV) idgF, 1.1.2002
- [8] Bundesministerium für Land – und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW): Kodex Abfallrecht, 4/21. Richtlinie Verbrennung, 1.1.2002, S. 936
- [9] Bundesministerium für Land – und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW): Kodex Abfallrecht, 4/15. IPPC-Richtlinie, 1.1.2002, S. 805
- [10] Bundesministerium für Land – und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW): Kodex Abfallrecht, 4/8. Verordnung Abfallverbringung, 1.1.2002, S. 690
- [11] Bundesministerium für Land – und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW): Kodex Abfallrecht, 4/2. Richtlinie über Abfälle, 1.1.2002

- [12] Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz, www.abfallberatung.de/gesetze, Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen TA Siedlungsabfall, 14. Mai 1993, BAnz. S. 4967 und Beilage
- [13] www.bmu.de, Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen, 31. Januar 2001
- [14] Prof. H. Rausch: Panorama des Umweltrechtes: Überblick umweltrelevanter Vorschriften des Bundesrechtes; www.buwal.ch
- [15] Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie: R-151 Grundlagen für eine Technische Anleitung zur mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Abfällen, Wien, 1998, S. 87
- [16] Diplomarbeit Hannes Senft: Deponieverordnung – Einsatzmöglichkeiten und Kosten der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung, Leoben, April 1998, S. 20, 21
- [17] Karl J. Thomé-Kozmiensky (Hrsg.): Reformbedarf in der Abfallwirtschaft, Neuruppin, 2001, S. 280 ff.
- [18] Umweltbundesamt: Bericht: Abluftreinigung bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA), 18.2.2000
- [19] Karl J. Thomé-Kozmiensky (Hrsg.): Reformbedarf in der Abfallwirtschaft, Neuruppin, 2001, S. 279
- [20] Amt der Vorarlberger Landesregierung: Abfallwirtschaftsdaten Vorarlberg 2000, Bregenz, April 2001
- [21] Mark Goedkoop and Renilde Spriensma: The Eco-indicator 99 A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, 17. April 2000, www.pré.nl

- [22] Sima Pro 5.0: Pré Consultants, www.pre.nl
- [23] Montanuniversität Leoben, Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik: von Hr. Wolfgang Staber übermittelt
- [24] Montanuniversität Leoben, Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik: Möglichkeiten und Grenzen des Restmüllsplittings am Beispiel der Abfallbehandlungsanlage Kufstein; IED Schau, Schriftreihe Abfall – Umwelt, Oktober 1999

Weitere verwendete Literatur:

Karl J. Thomé-Kozmiensky (Hrsg.): Materialrecycling durch Abfallaufbereitung; Berlin 1983, S. 36, 100

Soyez, K. (Hrsg.), Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 120: Mechanisch-biologische Abfallbehandlung: Technologien, Ablagerungsverhalten und Bewertung, Berlin 2001

Diplomarbeit Volkmar Kloud: Stoffstromanalyse bei der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlage Allerheiligen, Leoben, Oktober 1999

Umweltbundesamt: Abluftreinigung bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA), BE-156, Wien, November 1999

Umweltbundesamt: Entwicklungspotentiale der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung, Eine ökologische Analyse, Monographien Band 125, Wien, Juni 2000

Salzmann Ingenieurbüro: Grundlagenerhebung zur Restmüllbehandlung in Vorarlberg, Bregenz, 28.4.1997

Kaimer/Schade (Hrsg.), Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 111: Bewerten von thermischen Abfallbehandlungsanlagen, Berlin 1999

Umweltbundesamt: Abluft und Abluftreinigung bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung, Fachtagung, Wien, 24. Februar 2000

Diplomarbeit Thomas Angerer: Stand der Mechanisch-Biologischen Restabfallbehandlung vor der Deponierung (MBRVD) in Österreich, Leoben, November 1997

Ahlmann-Otto, Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 118: Die Verknüpfung von deutschem und EG-Abfallwirtschaftsrecht mit dem Abfallstrafrecht, Berlin 2000

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Schriftenreihe des BMLFUW, Band 10/2001: Technologie und Konzepte der Abluftreinigung bei mechanisch-biologischen Anlagen zur Vorbehandlung von Restmüll, Mai 2001

13.2 Datenherkunft

Die in geschwungener Klammer angeführten Zahlen verweisen auf dieses Kapitel, um Rechengänge besser nachvollziehen zu können, bzw. die Herkunft der Daten aufzuzeigen.

- {1} Fernwärme Wien, MVA Spittelau: Massenströme 2001 und zusätzliche aufgeschlüsselte Emissionsdaten übermittelt von DI Reil
- {2} Firma BASF: Ökoeffizienz-Analyse, Restmüllentsorgung – mechanisch-biologische Abfallbehandlung, Müllverbrennung sowie Deponie, Ludwigshafen, April 2001
- {3} Kaimer/Schade (Hrsg.), Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 111: Bewerten von thermischen Abfallbehandlungsanlagen, Berlin 1999: Tabelle 3.5-6: Spezifische Emissionsmassenströme der Anlagenkonzepte, S. 110
- {4} RVL-Lenzing GmbH: Luftemissionsmonitoring Emissionsdaten Wochenbericht KW 28/02 übermittelt von Hr. Schnopp
- {5} Bundesministerium für Land – und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW): Richtlinie für die mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen, Wien, 1. März 2002: Tabelle A: Emissionsgrenzwerte, S. VII
- {6} Soyez, K. (Hrsg.), Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 120: Mechanisch-biologische Abfallbehandlung: Technologien, Ablagerungsverhalten und Bewertung, Berlin 2001: Abbildung 4-22: Stoff- und Energiebilanz eines MBA Prozesses, S. 139
- {7} Montanuniversität Leoben, Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik: Möglichkeiten und Grenzen des Restmüllsplittings am Beispiel der Abfallbehandlungsanlage Kufstein; IED Schau, Schriftreihe Abfall – Umwelt, Oktober 1999, S. 139 - 145
- {8} Firma Häusle: mündliche Auskunft von Dr. Hagspiel
- {9} Österreichische Bundesbahnen ÖBB: Bahnhof Feldkirch mündliche Auskunft Hr. Pfefferkorn, bestätigt durch Dr. Hagspiel (Firma Häusle)
- {10} Univ. Doz. Dr. B. Raninger: Skriptum Deponietechnik 1, Tabelle 3: Durchschnittswerte von Spurenstoffen im Deponiegas verschiedener Hausmülldeponien

13.3 Verwendete Abkürzungen/Begriffe

A	Jahr
AbfAbIV	Abfallablagerungsverordnung
Abs.	Absatz
AEV	Abwasseremissionsverordnung
AISAG	Altlastensanierungsgesetz
Art.	Artikel
AT ₄	Atmungsaktivität nach 4 Tagen
AWG	Österreichisches Abfallwirtschaftsgesetz
AWZ	Abfallwirtschaftszentrum
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Bq	Becquerel
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft
Bzw.	Beziehungsweise
°C	Grad Celsius
ca.	Circa
CKW	Chlor Kohlenwasserstoffe
C/N Verhältnis	Kohlenstoff / Stickstoff Verhältnis
DALY	Disability Adjusted Life Years
d. h.	das heißt

DVO, DepV	Deponieverordnung
€	Euro
ESU	Energie Stoffe Umwelt; Sind Daten der Firma Energie Stoffe Umwelt-Services CH-8610 Uster; www.esu-services.ch
etc.	et cetera
ETH	Eidgenössisch Technische Hochschule
EU	Europäische Union
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
f., ff.	Folgend
FCKW	Fluor Chlor Kohlenwasserstoffe
GB ₂₁	Gasbildung im Gärtest nach 21 Tagen
GewO	Gewerbeordnung
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GS ₂₁	Gasspendensumme im Inkubationsversuch nach 21 Tagen
(H, A)	Hierarchist: hierarchische Betrachtungsweise gewichtet und normalisiert nach europäischen Standards
HMW	Halbstundenmittelwert
H _o	oberer Heizwert; der Brennwert H _o (auch oberer Heizwert genannt) ist der Quotient aus der durch vollständige Verbrennung freiwerdende Wärmemenge und der Masse des Stoffes, unter der Voraussetzung, dass die Temperatur des Brennstoffes vor dem Verbrennen und die seiner Verbrennungsprodukte 25 °C beträgt, das vor der Verbrennung im Brennstoff bereits vorhandene und durch die Verbrennung zusätzlich gebildete Wasser nach der Verbrennung in flüssiger Form vorliegt, die Verbrennungsprodukte von Kohlenstoff und Schwefel als Kohlendioxid und Schwefeldioxid gasförmig vorliegen und eine Oxidation des Stickstoffes nicht stattgefunden hat

hPa	Hektopascal
Hr.	Herr
Hrsg.	Herausgeber
idF, idgF	in derzeit gültiger Fassung
i. d. R.	in der Regel
IED	Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik
Inkl.	inklusive
°K	Grad Kelvin
kg	Kilogramm
kJ	Kilojoule
km	Kilometer
KVA Weinfelden	Kehrrichtverbrennungsanlage Weinfelden
KW	Kalenderwoche
kWh	Kilowattstunde
LGBl.	Landesgesetzblatt
LKW	Lastkraftwagen
LRG-K	Luftreinhaltengesetz für Kesselanlagen
LRV	Luftreinhalte-Verordnung
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
MBA	Mechanisch-biologische Abfallbehandlung
MBRVD	Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung vor der Deponierung

MBRVV	Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung vor der Verbrennung
Mg	Megagramm = Tonne t
MJ	Megajoule
MVA	Müllverbrennungsanlage
NO _x	Stickoxide
Nr.	Nummer
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
PDF	Potentially Disappeared Fraction of Species
RL	Richtlinie
RVL-Lenzing	RVL Reststoffverwertung Lenzing GmbH
S.	Seite
SET	Sekundärenergieträger, entspricht hochkalorischem Material, wurde früher als BRAM (Brennstoff aus Müll) bezeichnet
SNr.	Schlüsselnummer (nach ÖNORM S2100)
t	Tonne
TA	Technische Anleitung
TASi	Technische Anleitung Siedlungsabfall
TOC	Total Organic Carbon (Totaler organischer Kohlenstoff)
TS	Trockensubstanz
TVA	Thermische Verwertungsanlage
u. a. m.	Und andere mehr
USG	Umweltschutzgesetz

usw.	Und so weiter
UTCPE	Union für Koordinierung der Erzeugung und des Transportes elektrischer Energie
UV	Ultra Violett
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
vgl.	Vergleiche
a.	Year
Z, Ziff.	Ziffer
ZAK	Zweckverband Abfallwirtschaft Kempten
z.B.	Zum Beispiel
ZEMKA Zell am See	Zentrale Müllklärschlammverwertungs GmbH

13.4 Tabellen

	Seite
Tabelle 4.1: Restabfallaufkommen der einzelnen Abfallregionen [20]	38
Tabelle 8.1: Angenommene Eco-Indikator 99 Werte	50
Tabelle 8.2: Exemplarische Berechnung des Eco-Indikators	51
Tabelle 8.3 Normalisierung und Gewichtung der "Hits"	51
Tabelle 8.4: Berechnung des Eco-Indikators des Szenarios 100% Müllverbrennung....	52
Tabelle 8.5: Berechnung des Eco-Indikators des Szenarios bis 01.01.2009	55
Tabelle 8.6: Berechnung des Eco-Indikators des Szenario Restabfallsplitting mit Verwertung der SET-Fraktion in der RVL-Lenzing	57
Tabelle 8.7: Berechnung des Eco-Indikators des Szenario Restabfallsplitting mit Verwertung der SET-Fraktion in der KVA Weinfeldern.....	59
Tabelle 9.1: Kosten des Entsorgungsszenarios 100% Müllverbrennung	60

Tabelle 9.2:	Kosten des Modells bis 01.01.2009.....	61
Tabelle 9.3:	Kosten des Entsorgungsszenarios Restabfallsplitting RVL-Lenzing	62
Tabelle 9.4:	Kosten des Entsorgungsszenarios Restabfallsplitting KVA Weinfeldern.....	63
Tabelle 10.1:	Gegenüberstellung der verschiedenen Entsorgungsszenarien.....	65

13.5 Abbildungen

	Seite	
Abbildung 4.1:	Vorarlbergkarte mit Abfallregionen [20].....	36
Abbildung 6.1:	Schematischer Ablauf des Entsorgungsszenarios 100% Müllverbrennung.....	40
Abbildung 6.2:	Schematischer Ablauf des Entsorgungsszenarios bis 01.01.2009.....	41
Abbildung 6.3:	Schematischer Ablauf des Entsorgungsszenarios Restabfallsplitting	43
Abbildung 7.1:	Schematische Darstellung des Eco-Indikators	49
Abbildung 8.1:	Input- und Outputdaten des Szenarios 100% Müllverbrennung.....	52
Abbildung 8.2:	Input- und Outputdaten des Szenarios bis 01.01.2009	54
Abbildung 8.3:	Input- und Outputdaten des Szenarios Szenarios Restabfallsplitting mit Verwertung der SET-Fraktion in der RVL-Lenzing	56
Abbildung 8.4:	Input- und Outputdaten des Szenarios Szenarios Restabfallsplitting mit Verwertung der SET-Fraktion in der KVA Weinfeldern.....	58
Abbildung 10.1:	Prozentuelle Zusammensetzung der Eco-Indikatoren der Entsorgungsszenarios.....	64

14 Anhang

Der Anhang besteht aus Excel Datenblättern, die die detaillierte Eco-Indikator-Berechnung beinhalten und auf elektronischem Datenträger der Arbeit beigelegt sind.