



Montanuniversität Leoben
Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik

Institutsvorstand: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Karl E. Lorber



„Charakterisierung der im AWZ Halbenrain angelieferten Abfälle“

Diplomarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur

erstellt am

Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik (IED)
Montanuniversität Leoben

Eingereicht von:

Harald TESCH, 9035137
Hohensass 22
A-9545 Radenthein

Betreuer:

O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Karl E. LORBER
Dipl.-Ing. Dr. M. NELLES
Dipl.-Ing. A. RAGOSSNIG

Leoben, November 1998

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei jenen, die mir während meines Studiums geholfen haben, danken.

Allen voran möchte ich mich bei meiner Familie, insbesondere bei meinen Eltern für die fortwährende Unterstützung und für das stete Vertrauen in mich bedanken.

Ich möchte mich bei den Verantwortlichen der Fa. .A.S.A. Abfallservice Halbenrain, Gesellschaft m. b. H. & Co Nfg KG bedanken, die es mir ermöglicht haben, in dieser Diplomarbeit eine Fragestellung aus der angewandten Abfallwirtschaft zu bearbeiten.

Weiters gilt mein Dank der Steirischen Landesregierung, Fachabteilung 1c, Abfallwirtschaft, durch deren Finanzierung diese Diplomarbeit ermöglicht wurde.

Nicht zuletzt gilt mein Dank allen Mitarbeitern des IED, allen voran Herrn Prof. Dr. Lorber, aber auch im speziellen Herrn Dr. Nelles und Herrn Dipl.-Ing. Ragossnig, die durch ihre Betreuungstätigkeit maßgeblich am Gelingen dieser Arbeit beteiligt waren.

Harald Tesch

Erklärung:

Hiermit erkläre ich, daß ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne unerlaubte Hilfsmittel angefertigt und keine weiteren als die angegebenen Quellen wörtlich oder inhaltlich zitiert habe.

Leoben, 19.11.1998

(Harald Tesch)

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 EINLEITUNG	6
1.1 PROBLEMSTELLUNG	6
1.2 ZIELSETZUNG.....	7
2 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN IN ÖSTERREICH.....	8
2.1 DAS ÖSTERREICHISCHE ABFALLWIRTSCHAFTSGESETZ (AWG)	8
2.2 LANDESABFALLGESETZE	9
<i>2.2.1 Abfallwirtschaftsgesetz des Landes Steiermark.....</i>	<i>10</i>
2.3 DEPONIEVERORDNUNG DVO.....	11
<i>2.3.1 Geltungsbereich</i>	<i>11</i>
<i>2.3.2 Deponietypen und Zuordnung von Abfällen</i>	<i>12</i>
<i>2.3.3 Grenzwerte für verschiedene Deponietypen</i>	<i>12</i>
<i>2.3.4 Abfallqualität und Eingangskontrolle</i>	<i>15</i>
2.4 WASSERRECHTSGESETZNOVELLE DEPONIEN.....	16
2.5 ALTLASTENSANIERUNGSGESETZ (ALSAG).....	17
3 DAS ABFALLWIRTSCHAFTSZENTRUM HALBENRAIN	20
3.1 ALLGEMEIN.....	20
3.2 ANGELIEFERTE ABFÄLLE	21
4 CHARAKTERISIERUNG DER ANGELIEFERTEN ABFÄLLE.....	23
4.1 AUSWAHL DER BETRACHTETEN ABFALLCHARGEN	23
4.2 HAUSMÜLLÄHNLICHE GEWERBEABFÄLLE (SNR. 91101).....	25
<i>4.2.1 Durchführung der Gewerbemüllsortierungen</i>	<i>25</i>
<i>4.2.2 Zusammensetzung der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle.....</i>	<i>27</i>
<i>4.2.2.1 Verrottbarkeit von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall</i>	<i>29</i>
<i>4.2.2.2 Brennbarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle</i>	<i>30</i>
<i>4.2.3 Analysenergebnisse</i>	<i>31</i>
<i>4.2.3.1 Wassergehalt (WG).....</i>	<i>31</i>
<i>4.2.3.2 Glühverlust (GV).....</i>	<i>32</i>
<i>4.2.3.3 Heizwert (H_o, H_u)</i>	<i>34</i>

4.2.3.4	Schadstoffe.....	36
4.2.3.4.1	Chlor und Fluor.....	37
4.2.3.4.2	Schwefel.....	40
4.2.3.4.3	Schwermetalle.....	40
4.2.3.4.4	Organische Schadstoffe.....	42
4.3	ABFÄLLE „GLEICHBLEIBENDER“ ZUSAMMENSETZUNG	44
4.3.1	<i>Wassergehalt</i>	44
4.3.2	<i>Glühverlust (GV)</i>	45
4.3.3	<i>Heizwerte (H_o, H_u)</i>	46
4.3.4	<i>Schadstoffe</i>	47
4.3.4.1	Chlor und Fluor.....	48
4.3.4.2	Schwefel.....	49
4.3.4.3	Schwermetalle.....	49
4.3.4.4	Organische Schadstoffe.....	51
5	MECHANISCHE BEHANDLUNG DER GEWERBEABFÄLLE	52
5.1	ALLGEMEIN.....	52
5.1.1	<i>Durchführung</i>	52
5.1.2	<i>Glühverluste</i>	53
5.1.3	<i>Analyseergebnisse</i>	54
5.1.3.1	Eluatwerte.....	54
5.1.3.2	Gesamtgehalte.....	55
6	ZUORDNUNG DER UNTERSUCHTEN ABFÄLLE ZU VERSCHIEDENEN ENTSORGUNGSOPTIONEN	56
6.1	DIREKTE DEPONIERUNG (ENTSORGUNGSOPTION 1).....	56
6.1.1	<i>Allgemein</i>	56
6.1.2	<i>Beurteilung der Abfallarten hinsichtlich Entsorgungsoption 1</i>	56
6.2	THERMISCHE VERWERTUNG IN INDUSTRIELLEN FEUERUNGSANLAGEN (ENTSORGUNGSOPTION 2)	57
6.2.1	<i>Allgemein</i>	57
6.2.2	<i>Beurteilung der Abfallarten hinsichtlich Entsorgungsoption 2</i>	58
6.3	THERMISCHE BEHANDLUNG IN EINER MVA (ENTSORGUNGSOPTION 3).....	61
6.3.1	<i>Allgemein</i>	61
6.3.2	<i>Beurteilung der Abfallarten hinsichtlich Entsorgungsoption 3</i>	61

6.4 TROCKENSTABILISIERUNG MIT NACHFOLGENDER THERMISCHER VERWERTUNG (ENTSORGUNGSOPTION 4)	62
6.4.1 <i>Allgemein</i>	62
6.4.2 <i>Beurteilung der Abfallarten hinsichtlich Entsorgungsoption 4</i>	64
7 EMPFEHLUNG UND AUSBLICK AUF DIE ZUKÜNFTIGE ENTSORGUNGSPRAXIS	65
7.1 BEWERTUNG DER ABFALLARTEN HINSICHTLICH DER VIER ENTSORGUNGSOPTIONEN	65
7.2 AUSBLICK AUF DIE ZUKÜNFTIGE ENTSORGUNGSPRAXIS	67
8 ZUSAMMENFASSUNG	70
9 VERZEICHNISSE	73
9.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	73
9.2 TABELLENVERZEICHNIS	75
9.3 LITERATURVERZEICHNIS	76
9.4 BEGRIFFE / ABKÜRZUNGEN	78
10 ANHANG	84
10.1 ABFALLANLIEFERUNGEN IM AWZ HALBENRAIN 1997	84
10.1.1 <i>Deponierte Abfälle</i>	84
10.1.2 <i>Verwertete Abfälle</i>	86
10.2 DURCHSCHNITTLICHE ZUSAMMENSETZUNG DER HAUSMÜLLÄHNLICHEN GEWERBEABFÄLLE	87
10.3 VERROTTBARKEIT DER HAUSMÜLLÄHNLICHEN GEWERBEABFÄLLE	89
10.4 BRENNBARKEIT DER HAUSMÜLLÄHNLICHEN GEWERBEABFÄLLE	90
10.5 SCHADSTOFFGEHALTE DIVERSER ABFALLARTEN	91
10.6 C/H/N/S-WERTE DER EINZELNEN FRAKTIONEN	96
10.7 KORNGRÖßENABHÄNGIGKEIT DES GLÜHVERLUSTES	97

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Die derzeitige Entsorgungspraxis der direkten Deponierung von unbehandelten kommunalen, gewerblichen und industriellen Abfällen ist aufgrund der neuen rechtlichen Rahmenbedingungen durch Erlass der Deponieverordnung (DVO), der Wasserrechtsgesetz (WRG)-Novelle und der Altlastensanierungsgesetz (AISAG)-Novelle künftig nicht mehr zulässig.

Dem Prinzip „Vermeiden – Verwerten – Entsorgen“ aus dem Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) folgend sind aufgrund dieser neuen gesetzlichen Regelwerke ab dem 1.1.2004 stofflich nicht verwertbare Abfälle vor der eigentlichen Deponierung einer Behandlung zu unterziehen. In diesem Zusammenhang wird bedingt durch die rechtlich festgesetzten Parameter vor allem die thermische Vorbehandlung bzw. die thermische Verwertung von Abfällen an Bedeutung gewinnen.

Eine Alternative dazu bietet die Behandlung von Abfällen in einer Mechanisch-Biologischen Restabfallbehandlungsanlage (MBRA) mit einer thermischen Verwertung von heizwertreichen Teilströmen (Restabfallsplitting). Nebenbei kann beispielsweise auch durch eine entsprechend modifizierte Anlagensteuerung einer MBRA der zu behandelnde Abfall gezielt getrocknet und stabilisiert werden (Trockenstabilisierung). Das derart vorbehandelte Produkt (Stabilisat) hat einerseits einen im Vergleich zum Ausgangsprodukt erhöhten unteren Heizwert (H_u) und ist aufgrund der zum Stillstand gekommenen biologischen Abbauprozesse lagerungsfähig. Wenn die Schadstoffgehalte gering sind bzw. die Verbrennungsanlage über eine leistungsfähige Rauchgasreinigungsanlage verfügt, führen diese Eigenschaften zu einer sehr guten thermischen Verwertbarkeit.

Um die verschiedenen Abfälle entsprechend ihrer Qualitäten den geeigneten Entsorgungspfaden zuzuordnen, ist eine Charakterisierung der Abfälle hinsichtlich ihrer stofflichen Zusammensetzung und ihrer Schadstoffgehalte unbedingt vonnöten.

1.2 Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit ist Teil des Pilotprojektes „Restabfallsplitting bzw. Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung vor der Verbrennung (MBRVV) im Abfallwirtschaftszentrum (AWZ) Halbenrain“ und hat die Charakterisierung der im AWZ Halbenrain angelieferten Abfälle zum Inhalt.

Abhängig von den Eigenschaften der Abfälle wie Wassergehalt (WG), Glühverlust (GV), Heizwerte (H_u , H_o) und den Schadstoffgehalten sollen die verschiedenen Möglichkeiten der Behandlung aufgezeigt werden. Dabei handelt es sich im wesentlichen um die Möglichkeiten der thermischen Verwertung in industriellen Anlagen oder in Müllverbrennungsanlagen (MVA) oder aber um eine kombinierte Behandlung (mechanisch-biologisch und thermisch) in Form einer Trockenstabilisierung. Unter der Voraussetzung, daß die in der DVO geforderten Grenzwerte eingehalten werden, kommt auch eine direkte Deponierung von Abfällen in Frage.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es nun, die im AWZ Halbenrain angelieferten Abfälle direkt oder nach einer mechanisch und/oder biologischen Behandlungsstufe den verschiedenen, prinzipiell möglichen sowie ökologisch und ökonomisch sinnvollen Entsorgungsoptionen zuzuordnen.

2 Rechtliche Rahmenbedingungen in Österreich

Grundlage für die österreichische Gesetzgebung in der Abfallwirtschaft ist die Novelle zum Bundesverfassungsgesetz vom 29. November 1988. Darin ist festgelegt, daß die Belange der Abfallwirtschaft bezüglich gefährlicher Abfälle bzw. nicht gefährlicher Abfälle, sofern ein Bedürfnis nach Erlassung einheitlicher Vorschriften gegeben ist, sowohl in der Gesetzgebung als auch im Vollzug unter Bundeskompetenz fällt.

Darauf aufbauend wurden in der Folge das Abfallwirtschaftsgesetz (AWG, BGBl. Nr 325/1990) beschlossen und eine Reihe anderer Verordnungen, wie die „Verpackungsverordnung“ (BGBl. Nr. 645/1992) oder die „Verordnung über die Sammlung biogener Abfälle“ (BGBl. Nr. 68/1992) erlassen.

Zusammen mit den neun Landesabfallwirtschaftsgesetzen bildet das Bundesabfallwirtschaftsgesetz die Eckpfeiler im österreichischem Abfallrecht bzw. in der österreichischen Abfallwirtschaft überhaupt.

2.1 Das österreichische Abfallwirtschaftsgesetz (AWG)

Im AWG (BGBl. Nr. 325/1990) vom 6. Juni 1990 über die Vermeidung, Verwertung und Behandlung von Abfällen sind die grundlegenden, bundeseinheitlichen Vorschriften des österreichischen Abfallrechtes festgehalten. Im folgenden wird das AWG auszugsweise wiedergegeben [1].

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

„Die Abfallwirtschaft ist danach auszurichten, daß

1. schädliche, nachteilige oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkungen 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)“.

Im AWG sind für die Abfallwirtschaft folgende Prioritäten definiert:

1. „Die Abfallmengen 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 Tonnen,
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“.

2.2 Landesabfallgesetze

Durch die Novelle zum Bundesverfassungsgesetz 1988 (BGBl. Nr. 685) wurde in die österreichischen Bundesverfassung ein Kompetenztatbestand „Abfallwirtschaft“ eingebracht. Durch diese Maßnahme wird dem Bundesgesetzgeber eine umfassende Zuständigkeit für die Regelung der gefährlichen Abfälle zugesprochen. Die Zuständigkeit für die nicht gefährli-

chen Abfälle wurde den Ländern übergeben, außer wenn auch für die nicht gefährlichen Abfälle auf Grund eines objektiven Bedarfs die Notwendigkeit der Regelung durch den Bund besteht (Bedarfskompetenz).

Als nicht gefährliche Abfälle gelten alle Abfälle mit Ausnahme der gefährlichen Abfälle und der Problemstoffe¹. In der vorliegende Arbeit wird von den neun Landesabfallgesetzen beispielhaft das Landesabfallgesetz des Landes Steiermark betrachtet.

2.2.1 Abfallwirtschaftsgesetz des Landes Steiermark

Das Steiermärkische Abfallwirtschaftsgesetz (StAWG) wurde am 8. Dezember 1990 erlassen und legt mit § 3 (1) ähnlich dem Bundes-AWG die Prioritäten für eine umweltgerechte und ökonomische Abfallwirtschaft fest. Es beinhaltet ebenfalls die Grundsätze der Vermeidung, Verwertung und Entsorgung in der genannten Reihenfolge. Im Rahmen der Abfallverwertung wird der biologischen und der stofflichen Verwertung Vorrang vor der thermischen Verwertung eingeräumt [2].

Ein weiterer wichtiger Grundsatz des StAWG ist die in § 3 (4) genannte Gestaltung der abfallwirtschaftlichen Maßnahmen nach regionalen Gesichtspunkten. Aufgrund des hier verankerten Grundsatzes „so dezentral wie möglich, so zentral wie notwendig“, der auch beim Steiermärkischen Abfallwirtschaftskonzept im Vordergrund steht, sind die regionalen Strukturen des Landes Steiermark abfallwirtschaftlich weitgehend eigenständig ausgebildet. Die Erledigung der abfallwirtschaftlichen Aufgaben erfolgt danach auf drei Ebenen: der Gemeinde-, der Abfallwirtschaftsverbands- und der Landesebene [3].

Zu den Aufgaben des Landes gehören unter anderem die Erlassung von Maßnahmen, z. B. in Form von Verordnungen (nach §§ 4 und 6 StAWG) und die Erstellung eines Abfallwirtschaftskonzeptes nach § 5 StAWG. Die Landesregierung hat damit die Möglichkeit, überregionale Maßnahmen zur Erreichung der Ziele des StAWG zu veranlassen und lenkend in die Abfallwirtschaft einzugreifen.

Die Gemeinden haben gemäß den Regelungen im StAWG die Sammlung und Abfuhr von Abfällen aus privaten Haushalten und öffentlichen Einrichtungen sowie hausmüllähnlichen Abfällen über den Weg einer öffentlichen Müllabfuhr zu besorgen. Begleitend dazu haben die Gemeinden die dafür notwendigen Einrichtungen zur Verfügung zu stellen (z. B. Abfallbehälter) und eine entsprechende Vergebürung vorzunehmen.

Die Gemeinden sind zur Wahrung regionaler Aufgaben zu Abfallwirtschaftsverbänden (Abfallwirtschaftsregionen) zusammengeschlossen, die im allgemeinen mit den politischen Bezirken ident sind. Zu deren Aufgaben zählen die Unterstützung der Gemeinden bei der Erfüllung ihrer abfallwirtschaftlichen Aufgaben, die Schaffung der notwendigen Grundlagen für eine langfristig gesicherte Abfallbewirtschaftung in den Regionen durch die Erstellung von Abfallwirtschaftsplänen, aber auch die Besorgung der Abfallbehandlung und –verwertung [3].

Mit der Deponieverordnung, der Wasserrechtsgesetz-Novelle und der Altlastensanierungsgesetz-Novelle, die im folgenden beschrieben werden, hat der Bund im Rahmen der Bedarfskompetenz die Anforderungen für die Deponierung von Abfällen für ganz Österreich festgeschrieben.

2.3 Deponieverordnung DVO

Am 10. April 1996 wurde vom Bundesminister für Umwelt im Einvernehmen mit dem Wirtschaftsminister und dem Minister für Land- und Forstwirtschaft die österreichische Deponieverordnung erlassen, welche definitiv mit 1.1.1997 in Kraft getreten ist. Diese Verordnung hat die Umsetzung der Grundsätze des AWG und die zum Schutz öffentlicher Interessen gebotene, dem Stand der Technik entsprechende Ausstattung und Betriebsweise der für die Ablagerung von Abfällen genutzten Deponien zum Ziel. Die Grundlage für das folgende Kapitel bildet die DVO in der Version vom 10. April 1996 [4].

In der Deponieverordnung werden die Ausstattung der Deponien nach dem Stand der Technik, die Organisation und Kontrolle des Deponiebetriebes, die Nachsorge und auch die Anforderungen an den stofflichen Input geregelt. Gerade der letzte Punkt ist Thema der vorliegenden Arbeit, weshalb in weiterer Folge diese entsprechenden Anforderungen laut Deponieverordnung auch näher beleuchtet werden.

2.3.1 Geltungsbereich

Diese Verordnung regelt die Umsetzung der Ziele und Grundsätze gemäß §§1-3 AWG und die dem Stand der Technik entsprechende Ausstattung und Betriebsweise der Deponien nach den §§ 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 eine Dauer von weniger als einem Jahr begrenzte Zwischenlagerung von Abfälle vor der Verwertung oder Behandlung“.

Diese Verordnung gilt ab Inkrafttreten für jede Neuanlage bzw für Altanlagen ab dem 1 1 2004 (oder 2009).

¹ Problemstoffe sind gefährliche Abfälle, die in privaten Haushalten anfallen; vgl. §2 Abs.6 AWG

2.3.2 Deponietypen und Zuordnung von Abfällen

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, Aspestabfälle und Aspezzementprodukte (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 der Tabellen 5 und 6 DVO entsprechen (im wesentlichen Reststoffe aus der thermischen Abfallbehandlung).
4. Massenabfalldeponie 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 Vermischung im Sinne der Verordnung“.

2.3.3 Grenzwerte für verschiedene Deponietypen

Um den genannten Zielen und Grundsätzen des AWG bzw. der Deponieverordnung gerecht zu werden, wonach nur mehr solche Rückstände deponiert werden sollten, die weitgehend reaktionsarm sind, wurden sowohl Grenzwerte für den Gesamtschadstoffgehalt als auch den Schadstoffgehalten im Eluat festgelegt. Diese sind für Reststoff- und Massenabfalldeponien in der Tabelle 2.1 und Tabelle 2.2 zusammengefaßt.

Tabelle 2.1: Grenzwerte für Schadstoffgesamtgehalte für Reststoff- und Massenabfalldeponien gemäß Anlage 1 / Tabellen 5 und 7 der Deponieverordnung

Schadstoffgesamtgehalte	Grenzwerte	
	Reststoffdeponie [mg/kg TS]	Massenabfalldeponie [mg/kg TS]
Anorganische Stoffe:		
Arsen (als As)	5.000	500
Barium (als Ba)	-	10.000
Blei (als Pb)	-	3.000
Cadmium (als Cd)	5.000	30
Chrom gesamt (als Cr)	-	5.000
Cobalt (als Co)	-	500
Kupfer (als Cu)	-	5.000
Nickel (als Ni)	-	2.000
Quecksilber (als Hg)	20 ¹⁾	20
Silber (als Ag)		50
Zink (als Zn)		5.000
Organische Summenparameter:		
Ges. org. Kohlenstoff, TOC (als C)	30.000 ^{2,3)}	50.000 ^{4,5)}
Summe der Kohlenwasserstoffe	5.000	20.000
Ausblasbare org. geb. Halogene, POX, (als Cl)	-	1.000
Summe der polyzyklischen aromat. Kohlenwasserstoffe (PAK)	i.G.f.	100

i.G.f. = im Genehmigungsbescheid festzulegen

- 1) Wenn Quecksilber in Form schwerlöslicher anorganischer Verbindungen vorliegt und durch Verfestigung chemisch gebunden wurde, ist ein Quecksilbergehalt bis maximal 3.000 mg/kg TS zulässig
- 2) Bei einem Glühverlust < 5 Massenprozent gilt der TOC-Grenzwert als eingehalten
- 3) Nicht maßgeblich, wenn es sich um mit Kunststoffen oder Bitumen verfestigte Abfälle handelt
- 4) Bei einem Glühverlust von nicht > 8 Massenprozent gilt der TOC-Gehalt als eingehalten
- 5) Nicht maßgeblich, wenn es sich um mit Asbest verunreinigte Abfälle, Baurestmassen oder Abfälle aus der mechanisch-biologischen Vorbehandlung handelt.

Tabelle 2.2: Grenzwerte für Schadstoffgehalte im Eluat für Reststoff- und Massenabfalldeponien gemäß Anlage 1 / Tabellen 6 und 8 der Deponieverordnung

Schadstoffgesamtgehalte im Eluat	Grenzwerte	
	Reststoffdeponie [mg/kg TS]	Massenabfalldeponie [mg/kg TS]
Lösliche Anteile und pH-Wert		
pH-Wert	6 bis 12 ¹⁾	6 bis 13
Elektrische Leitfähigkeit [mS/m]	1.000 ^{2,3)}	-
Abdampfrückstand	30.000	100.000
Anorganische Stoffe:		
Aluminium (als Al)	100 ⁴⁾	-
Arsen (als As)	1,0	-
Barium (als Ba)	100	-
Blei (als Pb)	10,0	-
Cadmium (als Cd)	1,0	-
Chrom gesamt (als Cr)	20,0	-
Chrom sechswertig (als Cr)	1,0	20,0
Cobalt (als Co)	5,0	-
Eisen (als Fe)	20,0 ⁴⁾	i.G.f.
Kupfer (als Cu)	10,0	-
Nickel (als Ni)	10,0	-
Quecksilber (als Hg)	0,1	-
Silber (als Ag)	1,0	-
Zink (als Zn)	100	-
Zinn (als Sn)	20,0	-
Ammonium (als N)	100	10.000
Nitrat (als N)	i.G.f.	i.G.f.
Nitrit (als N)	15,0	1.000
Cyanide, leicht freisetzbar (als CN)	1,0	100
Fluorid (als F)	100	2.000
Phosphat (als P)	50	-
Sulfat (als SO ₄)	-	25.000
Organische Summenparameter:		
TOC (als C)	500	i.G.f.
Summe der Kohlenwasserstoffe	100	-
EOX (als Cl)	i.G.f.	30,0
Anionenaktive Tenside (als TBS)	20,0	i.G.f.

i.G.f. = im Genehmigungsbescheid festzulegen, wenn dieser Parameter für die abzulagernden Abfälle relevant ist

- 1) Für mit hydraulische Bindemitteln verfestigte Abfälle ist ein pH-Wert von 13 zulässig.
- 2) Für mit hydraulische Bindemitteln verfestigte Abfälle ist der Grenzwert nach 28 Tagen Aushärtezeit einzuhalten.
- 3) Höhere Grenzwerte für einzelne Abfälle können zugelassen werden.
- 4) Nur gültig für mit hydraulischen Bindemitteln verfestigte Abfälle.

Wie aus Tabelle 2.1 und Tabelle 2.2 ersichtlich, unterscheiden sich die Grenzwerte für Reststoff- und Massenabfalldeponien insofern, als daß für die auf Reststoffdeponien abzulagernden Abfälle die Unterschreitung der Grenzwerte in Eluat vorrangig ist, während für die Massenabfalldeponie das Schwergewicht auf der Beschränkung der Schadstoffgesamtgehalte liegt [5].

2.3.4 Abfallqualität und Eingangskontrolle

Nach §5 DVO ist die Ablagerung folgender Abfälle verboten:

1. „Schlammige, pastöse oder feinkörnige Abfälle, wenn die Funktionsfähigkeit des Deponie-basisentwässerungssystems beeinträchtigt wird oder wenn die Standfestigkeit des Deponiekörpers nicht gegeben ist;
2. Flüssige Abfälle mit Ausnahme der geschlossenen Kreislaufführung des Deponiesickerwassers;
3. Abfälle, die als explosionsgefährlich, brandfördernd, leicht entzündlich oder entzündlich einzustufen sind;
4. Gase unter Druck;
5. Stoffe, die bei Kontakt mit Wasser heftig reagieren;
6. Infektiöser Abfall aus Krankenhäuser oder aus anderen medizinischen oder veterinärmedizinischen Einrichtungen gemäß der Richtlinie 91/689/EWG über gefährliche Abfälle (Eigenschaft H9 nach Anhang III), Abl. Nr. L 377 vom 31. Dezember 1991, sowie Abfälle gemäß Kategorie 14 des Anhangs I.A der genannten Richtlinie;
7. Abfälle, deren Anteil an organischen Kohlenstoff (TOC) mehr als 5 Massenprozent beträgt;
8. Abfälle, die den Anforderungen des § 4 nicht entsprechen;
9. Abfälle, die aufgrund der Ergebnisse einer Gesamtbeurteilung nicht ablagefähig sind;
10. Abfälle, die im Verzeichnis gemäß Art. 1 Abs. 4 der Richtlinie 91/689/EWG über gefährliche Abfälle erfaßt sind, sofern nicht der Nachweis gemäß § 6 Abs. 2 Z 4 erbracht wird, daß diese Abfälle im Falle einer Deponierung keine gefahrenrelevanten Eigenschaften gemäß Anhang III der Richtlinie 91/689/EWG über gefährliche Abfälle aufweisen“.

Abs. 7 beinhaltet noch die Ausnahmen, die von der Forderung $\text{TOC} < 5 \text{ M-\%}$ ausgenommen sind:

- a) „Abfälle, die mit Bitumen oder Kunststoffen verfestigt sind;
- b) Abfälle, die mit Asbestfasern verunreinigt sind;
- c) Abfälle, deren Kohlenstoffgehalt aus elementarem Kohlenstoff, Kohlen- oder Koksanteilen resultiert, sofern es sich nicht um beladene Aktivkohle oder beladenen Aktivkoks handelt;
- d) Baurestmassen gemäß Anlage 2 der DVO;
- e) Boden und Erde unter Betrachtung der Anlage 1 der DVO;
- f) Abfälle aus mechanisch-biologischer Vorbehandlung, die in gesonderten Bereichen auf einer Massenabfalldeponie abgelagert werden, sofern der aus der Trockensubstanz (TS) bestimmte Verbrennungswert (obere Heizwert H_o) dieser Abfälle weniger als 6.000 kJ/kg TS beträgt. Die Vermischung eines Abfalls aus mechanisch-biologischer Vorbehandlung mit heizwertarmen Materialien oder Abfällen unter der Zielsetzung, diesen Grenzwert zu unterschreiten, ist unzulässig“.

Die Forderung nach einem TOC-Gehalt $< 5 \text{ M-\%}$ ist nach wie vor einer der Hauptkritikpunkte der Deponieverordnung und fördert so die rege Diskussion um neue, aussagekräftigere Parameter zur Charakterisierung der Reaktivität der abgelagerten Abfälle. Ohne begleitende Maßnahmen, wie das Abtrennen vor der Verrottung von den heizwertreichen Komponenten wie Papier, Kunststoffe, Textilien, Gummi und Holzabfälle, wird die Einhaltung dieses Grenzwertes mittels mechanisch-biologischer Behandlung als schwierig einzustufen sein.

Die Konsequenz daraus ist, daß als einzige Möglichkeit zur Erreichung dieser Vorgabe von $\text{TOC} < 5 \text{ M-\%}$ nur die thermische Verwertung der Abfälle bleibt [6].

2.4 Wasserrechtsgesetznovelle Deponien

In der Wasserrechtsgesetznovelle 1990 ist die stufenweise Anpassung jener Deponien an den Stand der Technik gemäß DVO geregelt, die vor dem 1. Juli 1990 eine wasserrechtliche Bewilligung für Abfalldeponien erteilt bekommen haben. Nach §§ 31b und 31d WRG ist für diese Deponien, die in der Folge auch weiterbetrieben werden sollten, eine Fristenregelung vorgesehen. Der Betreiber einer solchen Anlage hatte der zuständigen Behörde bis 1.1. 1998 mitzuteilen, welchem Deponietyp (siehe Kapitel 2.3.2) seine Anlage angepaßt werden soll.

Anschließend sind die jeweiligen Anforderungen, wie sie in der DVO definiert sind, in drei Stufen umzusetzen:

- Ab 1.7.1998 sind die Anforderungen betreffend Deponieoberflächenabdeckung, Deponieeinrichtungen, Deponiepersonal, Abfalleinbau, Emissions- und Immissionskontrolle und Kontrolle des Deponiekörpers, Dokumentation und Deponieaufsicht zu erfüllen. Noch nicht ausgebaute, bewilligte Deponieabschnitte sind zusätzlich hinsichtlich Vorflut, Standsicherheit, Deponierohplanum, Deponiebasisabdichtung, Basisentwässerung und Qualitätssicherung nach dem Stand der Technik herzustellen.
- Ab 1.7.1999 sind die Anforderungen betreffend Wasserhaushalt, Deponiegasbehandlung (für Massenabfalldeponien) und besondere Bestimmungen für verfestigte Abfälle einzuhalten. Des weiteren, sofern dies zur Einhaltung des Konsenses notwendig ist, sind die Anforderungen hinsichtlich Gesamtbeurteilung von Abfällen, besondere Bestimmungen zur Gesamtbeurteilung, Eingangskontrolle, Identitätskontrolle und Rückstellproben zu erfüllen.
- Ab 1.1.2004 sind schließlich die Anforderungen betreffend Deponietypen, Zuordnung von Abfällen zu Deponietypen, Verbot der Deponierung, Gesamtbeurteilung von Abfällen, besondere Bestimmungen zur Gesamtbeurteilung, Eingangskontrolle, Identitätskontrolle und Rückstellproben einzuhalten. Diese längere Übergangsfrist bis zum 1.1.2004 resultiert aus der Tatsache, daß die Planung, Genehmigung und Errichtung der zur Vorbehandlung notwendigen Anlagen zur Erfüllung der Abfallqualitäten hinsichtlich der Grenzwerte für die Schadstoffgesamtgehalte und der Schadstoffgehalte im Eluat geraume Zeit in Anspruch nehmen werden [7].

Daraus resultiert, daß die heutige Entsorgungspraxis in Form einer Deponierung von unbehandelten Restabfällen, nur noch bis zum 1.1.2004, im Falle der Inanspruchnahme an Verordnungskompetenz nach § 31d Abs.7 WRG jedenfalls bis zum Jahr 2009, möglich sein wird.

2.5 Altlastensanierungsgesetz (AISAG)

Im Zuge der Deponieverordnung und der Novelle zum Wasserrechtsgesetz, in der ein klarer Zeitplan für die Anpassung von Altdeponien an den Stand der Technik festgelegt ist, wurde als dritte Maßnahme 1996 auch eine Novellierung zum AISAG als Teil des Gesamtpaketes für Deponien notwendig, um hier ergänzend Lenkungseffekte zur möglichst raschen Anpassung zu schaffen. Ziel des AISAG ist die Finanzierung der Sicherung und Sanierung von Altlasten in Österreich sicherzustellen [8].

Die Neustrukturierung der Altlastenbeiträge soll Wettbewerbsverzerrungen zwischen unterschiedlich ausgestatteten Deponien verringern und einen finanziellen Anreiz zur rascheren Anpassung der Altanlagen an den Stand der Technik der DVO darstellen. Damit wird ein wesentlicher ökologischer und ökonomischer Lenkungseffekt erzielt.

Ziel der Neustrukturierung ist die Ablagerung von Abfällen entsprechend ihrer Qualität gemäß der in Anlage 1 / Tabellen 1 bis 8 DVO festgelegten Parameter. Daher werden solche Abfälle, die auf Deponien abgelagert werden, die gemäß DVO genehmigt sind oder deren Anpassung an den Stand der Technik gänzlich abgeschlossen ist, ab dem 1.1.1998 nur mit einem geringen Beitrag belastet. Für diejenigen Deponien, die technisch nicht entsprechend ausgestattet waren, werden seit dem 1.1.1997 Zuschläge eingehoben.

Die jeweils fälligen Altlastenbeiträge sind in der Tabelle 2.3 allgemein für die zu deponierenden Abfallarten und in Tabelle 2.4 für neue Deponien gemäß DVO zusammengestellt.

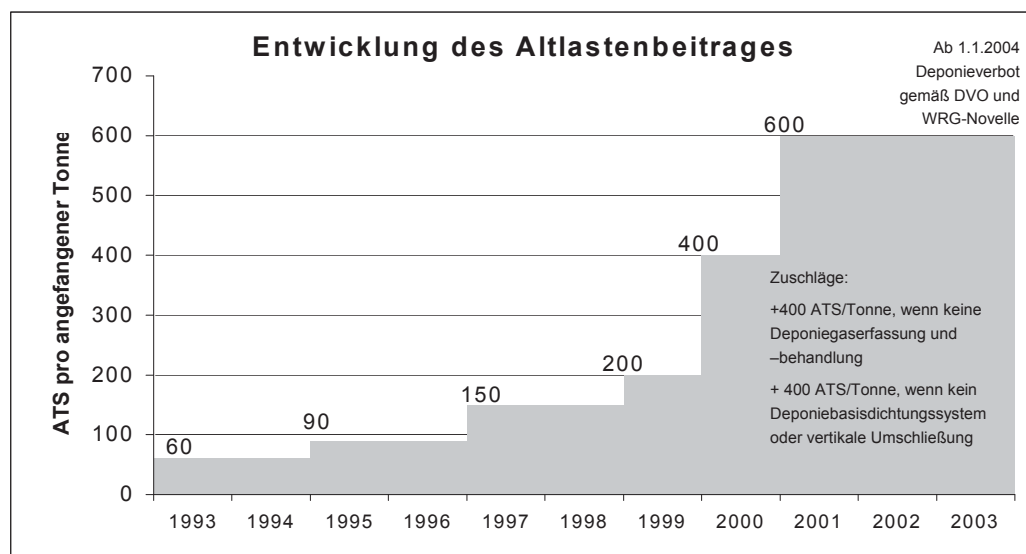
Tabelle 2.3: Altlastenbeitrag nach AISAG-Novelle 1996 (in ATS/Mg)

Altlastenbeitrag nach ABFALLART in ATS/Mg			
	ab 1.1.1997	ab 1.1.1998	ab 1.1.2001
Erdaushub	--- ---	80.-ATS (+30.- ATS) ¹⁾	100.- ATS (+30.- ATS) ¹⁾
Baurestmassen	60.-ATS (+30.- ATS) ¹⁾	80.-ATS (+30.- ATS) ¹⁾	100.- ATS (+30.- ATS) ¹⁾
Abfälle, welche die Kriterien einer Baurestmas-sendeponie erfüllen	120.- ATS (+30.- ATS) ¹⁾	150.- ATS ab 1.1.1999: 300.- ATS (+200.- ATS) ¹⁾	600.- ATS (+200.- ATS) ¹⁾
Übrige Abfälle	150.- ATS (+400.- ATS) ¹⁾ (+400.- ATS) ²⁾	200.- ATS ab 1.1.1999: 400.- ATS (+400.- ATS) ¹⁾ (+400.- ATS) ²⁾	600.- ATS (+400.- ATS) ¹⁾ (+400.- ATS) ²⁾
<p>1) wenn kein entsprechendes Dichtungssystem oder keine vertikale Umschließung vorhanden ist, erhöht sich der Beitrag je angefangener Tonne um den angeführten Zuschlag.</p> <p>2) wenn eine Deponie mit der Bewilligung zur Ablagerung von Hausmüll oder hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen über keine entsprechende Deponiegaserauffangung/-behandlung verfügt, erhöht sich der Beitrag für übrige Abfälle um jeweils 400.- ATS/Mg.</p>			

Tabelle 2.4: Altlastenbeitrag für Neuanlagen nach AISAG-Novelle 1996 (in ATS/Mg)

Altlastenbeitrag für NEUANLAGEN gem. DVO nach Deponietypen in ATS/Mg			
Deponietyp:	ab 1.1.1997	ab 1.1.2001	ab 1.1.2004
Bodenaushub	-	-	-
Baurestmassen	60.- ATS	80.- ATS	100.- ATS
Reststoff	150.- ATS	150.- ATS	200.- ATS
Massenabfall	200.- ATS	200.- ATS	300.- ATS

Zur Verdeutlichung der Tabelle 2.3 ist in Abbildung 2.1 die Entwicklung des Altlastenbeitrages am Beispiel „Restmüll“ graphisch dargestellt.

**Abbildung 2.1: Entwicklung des Altlastenbeitrages**

3 Das Abfallwirtschaftszentrum Halbenrain

3.1 Allgemein

Das von der Firma .A.S.A. betriebene AWZ (Abbildung 3.1) wurde 1994 als erstes seiner Art in Europa gemäß ÖNORM ISO 9002 zertifiziert. Neben einer Deponie, die mit einer Gas- und Sickerwasserbehandlung gemäß dem Stand der Technik ausgestattet ist, verfügt das AWZ Halbenrain über eine Sortieranlage, in der vornehmlich Leichtfraktionen aus der „Gelben Tonne“ handsortiert werden. Des Weiteren befindet sich im AWZ Halbenrain eine geschlossene Boxenkompostierung mit angeschlossener überdachter Nachrotte, in der Bioabfälle gemeinsam mit Klärschlämmen zu einem verwertbaren Produkt (Biokompost) verrottet werden [9].

Für die Durchführung der in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Untersuchungen wurde das AWZ Halbenrain ausgewählt, da in dieser Betriebsanlage sehr gute Voraussetzungen für die Bearbeitung der grundlegenden Fragestellungen zur MBRVV gegeben sind. Dies betrifft zum einen die vorhandene Bandbreite an zur Verfügung stehenden Abfällen, wobei insbesondere die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle und die kommunalen bzw. industriellen Schlämme zu nennen sind. Zum anderen steht eine moderne Anlagenkonfiguration sowohl für die Sortierungen als auch für die biologische Behandlung zur Verfügung.



Abbildung 3.1: Das AWZ Halbenrain

Die derzeitige Entsorgungspraxis im AWZ Halbenrain entspricht durchaus der üblichen Vorgehensweise in der österreichischen Abfallwirtschaft, wo nach wie vor mehr als die Hälfte des gesammelten Systemmülls direkt auf Deponien verbracht wird [10].

3.2 Angelieferte Abfälle

Seitens der Fa. .A.S.A. wurden Unterlagen bezüglich angelieferter Abfälle für das Jahr 1997 zur Auswertung zur Verfügung gestellt. Es sei an dieser Stelle darauf verwiesen, daß sich alle Aussagen über Abfallmengen ebenfalls nur auf das Jahr 1997 beziehen. Eine Aussage über die zukünftige Entwicklung der Abfallmengen ist daraus nicht abzuleiten.

Insgesamt wurden im Jahr 1997 ca. 80.700 Mg Abfälle angeliefert. Davon wurden etwa 9.400 Mg einer Verwertung zugeführt, der Rest von ca. 71.300 Mg wurde deponiert.

Der Begriff „Verwertung“ umfaßt im AWZ Halbenrain im speziellen die Bereiche „Sortierung“, „Straßenbau“ und „Kompostierung“. Nach der vorliegenden Datengrundlage wurden ca. 220 Mg sortiert. Dabei handelt es sich im wesentlichen um LDPE-Folien und sonstiges Verpackungsmaterial. Für den Straßenbau wurden ca. 680 Mg aufgewendet. Dafür wurden Abfälle wie Bauschutt, Straßenaufbruch oder Betonabbruch verwendet. Kompostiert wurden 1997 ca. 8.500 Mg. Die größten Mengen bilden hier die Abfälle mit den Schlüsselnummern (SNr.) 17102 „Schwarten und Spreißel aus sauberem, unbeschichtetem Holz“ mit ca. 1.580 Mg, Abfälle der SNr. 91104 „Biogene Abfälle, getrennt gesammelt“ mit ca. 2.570 Mg und Abfälle der SNr. 94501 „Anaerob stabilisierter Schlamm (Faulschlamm)“ mit über 2.700 Mg.

Deponiert wurden 1997 ca. 71.300 Mg. Darin enthalten ist auch Rekultivierungsmaterial mit insgesamt ca. 1.585 Mg. Da es sich hierbei aber um Betriebsmittel handelt und nicht um Abfälle im eigentlichen Sinn, unterbleibt im weiteren die Berücksichtigung dieser Abfallmenge, so daß letztendlich von einer deponierten Menge von ca. 69.686 Mg ausgegangen wird.

Eine Aufgliederung der deponierten Abfälle nach Schlüsselnummern zeigt Tabelle 3.1. Die SNr. entsprechen der ÖNORM S 2100 [11].

Tabelle 3.1: Aufgliederung der deponierten Abfälle nach SNr.

Deponierte Abfälle 1997 (nach Schlüsselnummern)		
SNr.	Spezifikation der Abfälle	[Mg]
11, 17, 18	Abfälle vorwiegend organischer Zusammensetzung	7.503
31, 35, 39, 915	Abfälle mineralischen Ursprungs, Metallabfälle u. Straßenkehricht	8.248
51-59	Chemie- u. Kunststoffabfälle	3.757
91101, 912	Gewerbeabfall	23.118
91101	Hausmüll	3.711
91401	Sperrmüll	1.370
91102/103	Rückst. aus mech. u. biolog. Aufbereitung	5.405
945	Abfälle aus Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Gewässernutzung	15.039
97105	Abfälle aus med. Bereich	1.536
	Gesamtmenge (deponiert)	69.686

Wie aus Tabelle 3.1 ersichtlich, bilden die Abfälle mit der Schlüsselnummer 91101 „Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle“ mit ca. 33 % den größten Anteil gefolgt von der Abfallgruppe mit der SNr. 94 „Abfälle aus Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Gewässernutzung“ mit ca. 21,5 %. Auffällig ist auch, daß die Anteile von Hausmüll mit 3.711 Mg (5,3 %) und Sperrmüll mit 1.370 Mg (2 %) gemessen an der gesamten Menge der deponierten Abfälle relativ gering sind.

Die beiden Abfallarten „hausmüllähnlicher Gewerbeabfall“ und „Hausmüll“ weisen laut Ö-NORN S 2100 „Abfallkatalog“ die selben Schlüsselnummern auf [12]. Diese Abfallarten werden im AWZ Halbenrain unter zwei verschiedenen Bezeichnungen geführt, da der „Hausmüll“ durch die Gemeinden und der „hausmüllähnliche Gewerbeabfall“ durch Entsorger gesammelt und angeliefert wird.

4 Charakterisierung der angelieferten Abfälle

4.1 Auswahl der betrachteten Abfallchargen

Um den Analysenaufwand auf ein machbares Maß zu reduzieren, wurde die genauere Betrachtung auf jene Abfallanlieferungen eingeschränkt, die 500 Mg im Jahr überschreiten. Wie Abbildung 4.1 zeigt, hat sich bei der Betrachtung der Mengenstruktur der Anlieferungen die Beschränkung auf Anlieferungen > 500 Mg im Jahr als optimaler Kompromiß zwischen Analysenaufwand und Abdeckungsgrad erwiesen.

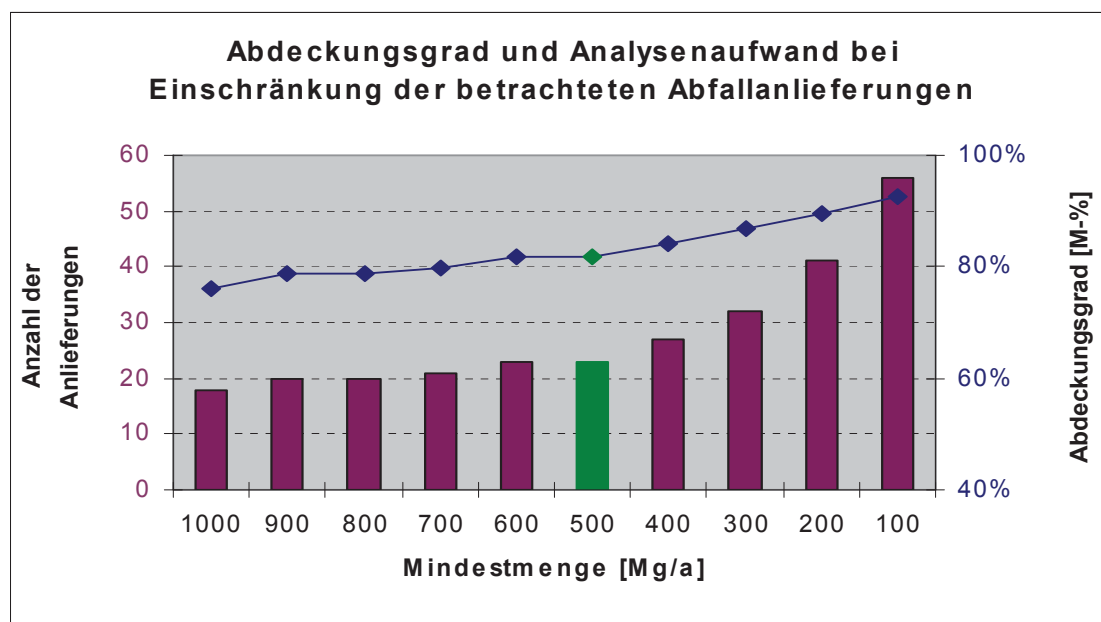


Abbildung 4.1: Zusammenhang zwischen Anlieferungen, Abdeckungsgrad und Analysenaufwand

Bei Anlieferungen < 500 Mg/a wäre es zu einem sprunghaften Anstieg der zu untersuchenden Anlieferungen und damit gekoppelt zu einem stark erhöhten Analysenaufwand gekommen. Im Gegensatz dazu hätte sich der zu erzielende Abdeckungsgrad aber nur geringfügig erhöht. Letztendlich wurden 23 Anlieferungen ausgewählt, mit denen ein Abdeckungsgrad von ca. 83,6 % bezogen auf die gesamte deponierte Menge erreicht worden ist. Tabelle 4.1 gibt eine nach Schlüsselnummern gegliederte Aufstellung der im Jahr 1997 im AWZ Halbenrain angelieferten Abfälle.

Tabelle 4.1: Abfallablieferungen 1997 (> 500 Mg/a)

Ausgewählte Abfallanlieferungen 1997 (nach Schlüsselnummern)		
SNr.	Bezeichnung der Abfälle laut Abfallkatalog	[Mg]
14702	Chromlederabfälle	663,42
17102	Schwarten, Spreißel aus sauberem, unbeschichtetem Holz	1.060,30
18407	Rückstände aus der Altpapierverarbeitung	5.282,46
31205	Leichtmetallkrätzen, aluminiumhaltig	6.648,14
57129	Sonstige ausgehärtete Kunststoffabfälle, ...	799,34
57801	Shredderrückstände (Leichtfraktion)	1.480,62
91101	Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall	22.750,25
91102	Rückstände aus der biologischen Abfallbehandlung	2.422,60
91103	Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung	2.923,54
94501	Anaerob stabilisierter Schlamm (Faulschlamm)	12.108,92
94902	Rechengut aus Rechenanlagen von Kraftwerken	938,00
97105	Kanülen und sonstige verletzunggefährdende Gegenstände	1.209,45
Summe		58.287,04
Gesamte deponierte Menge		69.685,91
Abdeckungsgrad (bez. auf gesamte deponierte Menge)		83,6 %

Im Jahr 1997 wurden auch ca. 1.600 Mg Rekultivierungsmaterial angeliefert. Dabei handelt es sich aber um Betriebsmittel. Diese gehen deshalb nicht in diese Betrachtung mit ein. Die Abfälle mit den Schlüsselnummern (SNr.) 91102 „Rückstände aus der biologischen Abfallbehandlung“ und 94902 „Rechengut aus Rechenanlagen von Kraftwerken“ werden im Jahr 1998 nicht angeliefert, weshalb eine Untersuchung dieser Abfälle unterbleiben muß.

Die mengenmäßig größte Fraktion bilden die Abfälle der SNr. 91101 „Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall“ mit ca. 23.000 Mg, was einem Anteil von ca. 33 % der gesamten deponierten Anlieferungsmenge entspricht. Es handelt sich dabei um sehr heterogene Abfälle mit stark variierender Zusammensetzung. Um dennoch Aussagen über massenmäßige Zusammensetzung und Schadstoffpotential treffen zu können, wurden insgesamt acht Gewerbemüllsortierungen in der am Standort Halbenrain vorhandenen Sortieranlage durchgeführt. Durchführung der Sortierungen und die Ergebnisse hinsichtlich Zusammensetzung und Schadstoffpotential sind den nachfolgenden Kapiteln zu entnehmen. Bei allen anderen Abfällen mit relativ gleichbleibender Zusammensetzung wurde eine direkte Beprobung bei der Anlieferung durchgeführt.

4.2 Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (SNr. 91101)

4.2.1 Durchführung der Gewerbemüllsortierungen

Bei hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen entfällt die Entsorgungsoption der direkten Deponierung unter Zugrundelegung der Kriterien entsprechend der DVO aufgrund des hohen Anteils an Gesamtkohlenstoff (TOC) von vornherein (vgl. §5 Abs. 7 DVO). Um Aussagen über die für eine nachfolgende Trockenstabilisierung bzw. thermische Verwertung relevanten Parameter machen zu können, wurden acht Gewerbemüllsortierungen durchgeführt. Das Ziel der Gewerbemüllsortierungen war eine Charakterisierung der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle hinsichtlich Zusammensetzung und Schadstoffpotential bzw. der für eine nachfolgende Trockenstabilisierung oder thermischen Verwertung relevanten Parameter wie unterer Heizwert ($H_{u,i}$) und Wassergehalt (WG).

Diese Form der Sortierung ist deutlich zu unterscheiden von einer gewerblich durchgeführten Sortierung, bei der das Ziel, unabhängig davon, ob positiv oder negativ sortiert wird, eine Wertstoffgewinnung ist. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, daß die im vorliegenden Fall durchgeführten Sortierungen der Auftrennung in verschiedene Fraktionen gedient haben, um eine Charakterisierung dieser Abfallströme, und damit des gesamten Gewerbemülls, zu ermöglichen. Dies erfordert eine sehr hohe Sortiertiefe (geringer Anteil an Restfraktion). Dennoch kann die erreichte Trennschärfe nicht mit jener aus den Sortierungen von Abfällen aus privaten Haushalten, wie sie im Rahmen des Projektes „Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung vor der Deponierung (MBRVD) im Mürzverband“ erreicht wurde, verglichen werden [7].

Um eine hohe Repräsentativität der Sortierungen zu erreichen, wurden die zu sortierenden Chargen einzelner Entsorger (unterschiedliche Entsorgungsregion) entsprechend den Anlieferungsmengen ausgewählt. Es wurde insbesondere darauf geachtet, daß es sich bei den Stichproben nicht um produktionsspezifische Abfälle, sondern um Abfallchargen aus Umladestationen handelt, wodurch das Dominieren einzelner Fraktionen verursacht durch die Herkunft der Abfälle aus lediglich einem oder wenigen gewerblichen oder industriellen Betrieben vermieden wurde. Bei jeder der insgesamt acht durchgeführten Sortierungen wurden zwischen 10,3 und 16,6 Mg hausmüllähnlicher Gewerbeabfall sortiert.

Die Auswahl der auszusortierenden Fraktionen erfolgte hinsichtlich der für eine nachfolgende Trockenstabilisierung bzw. thermischen Verwertung relevanten Parameter wie Heizwert, Glühverlust, Wassergehalt und Schadstoffpotential.

Es wurden folgende elf verschiedene Fraktionen aussortiert:

- Siebdurchgang (Maschenweite 24 x 40 mm)
- Mineralien
- Metalle (Fe- und NE-Metalle)
- Holz (behandelt/unbehandelt)/Gummi/Leder
- Glas (Hohl- u. Flachglas)
- Kunststoffe
- Textilien/Bekleidung
- Materialverbunde
- Pappe/Papier
- Gefährliche Abfälle
- Restfraktion (Bandüberlauf)

Durch eine Absiebung mit der Maschenweite 24 x 40 mm vor der eigentlichen Hand-sortierung wurde einerseits der Feinanteil abgetrennt, andererseits konnte so eine grobe Verschmutzung der auszusortierenden Fraktionen vermieden werden. Ebenfalls wurde dadurch ein Beitrag zur Arbeitssicherheit geleistet, weil die Staubbelastung für die am Sortierband stehenden Personen drastisch gesenkt wurde.

Die Restfraktion (Bandüberlauf) besteht zum Großteil aus organischem Material (Grünschnitt, Küchenabfall, Windeln, ...) sowie Dingen, die nicht eindeutig zuordenbar waren oder aber auf Grund der Bandgeschwindigkeit nicht aussortiert werden konnten (kleine Papier- und Kunststoffetzen).

Nach jeder abgeschlossenen Sortierung erfolgte mit Ausnahme der Fraktionen „Materialverbunde“, „Metalle (Fe- und NE)“, „Glas“ und „Gefährlicher Abfall“ eine Beprobung der einzelnen Fraktionen. Die gesammelten Proben wurden anschließend im umweltanalytischen Labor des IED aufbereitet und analysiert.

4.2.2 Zusammensetzung der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle

Alle in diesem Kapitel dargestellten Ergebnisse gelten ausschließlich für die Abfälle der SNr. 91101 „Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall“. Die Daten wurden in acht Sortierungen verschiedener Abfallchargen gewonnen.

In Abbildung 4.2 werden die Massenanteile der einzelnen Fraktionen gegenübergestellt.

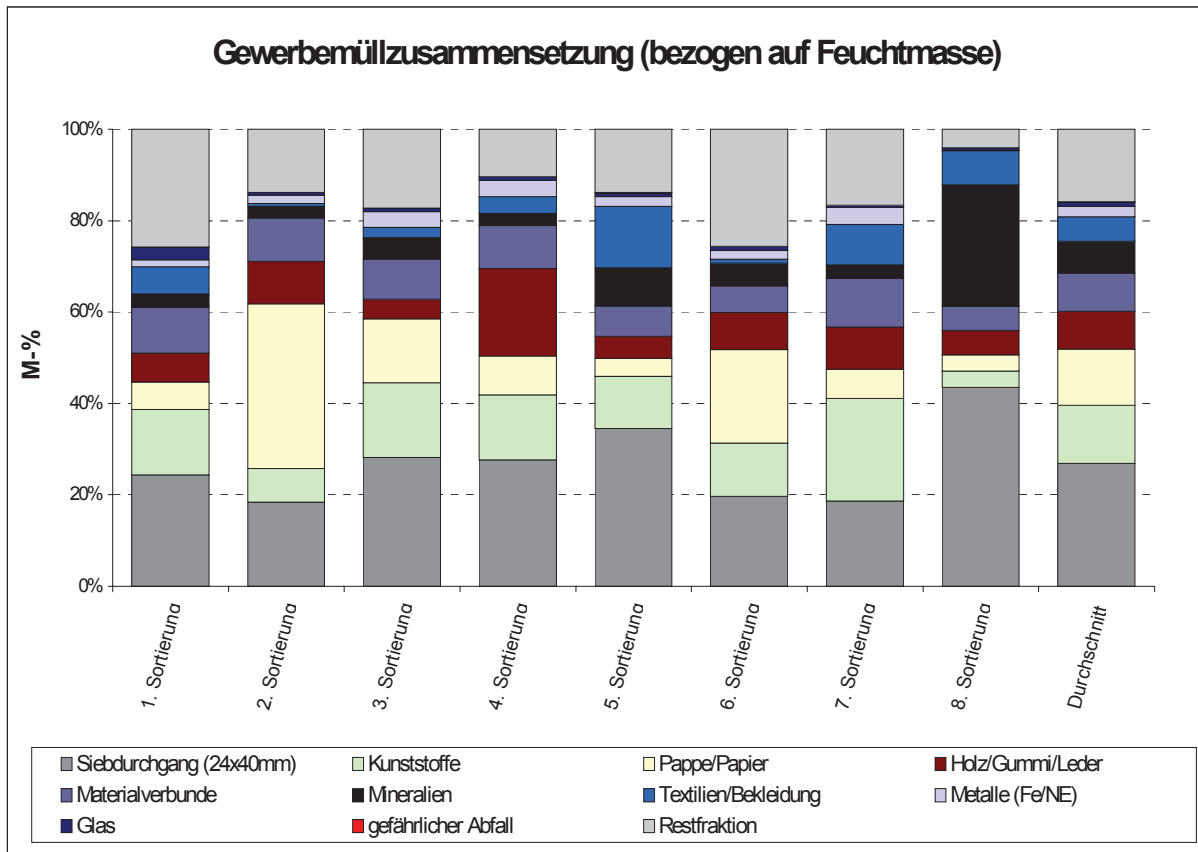


Abbildung 4.2: Zusammensetzung der sortierten Chargen (verschiedene Sortierungen) von hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen

Auf Basis dieser Ergebnisse kann eine mittlere Zusammensetzung der in Halbenrain angelieferten Gewerbeabfälle nach Tabelle 4.2 angenommen werden.

Tabelle 4.2: Zusammensetzung der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle im AWZ Halbenrain (bezogen auf Feuchtmasse)

Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle im AWZ Halbenrain				
Fraktion	Durchschnitt		Schwankungsbreite	
	[M-%]		[M-%]	
Siebdurchgang (24 x 40 mm)	26,9 %	18,4 %	-	43,5 %
Restfraktion	15,9 %	4,0 %	-	25,7 %
Kunststoffe	12,7 %	3,6 %	-	22,4 %
Pappe/Papier	12,3 %	3,5 %	-	36,0 %
Holz/Gummi/Leder	8,3 %	4,3 %	-	19,1 %
Materialverbunde	8,3 %	5,2 %	-	10,6 %
Mineralien	7,0 %	2,5 %	-	26,6 %
Textilien/Bekleidung	5,4 %	0,7 %	-	13,4 %
Metalle (Fe/NE)	2,3 %	0,2 %	-	3,7 %
Glas	0,9 %	0,4 %	-	2,8 %
gefährlicher Abfall	0,0 %	0,0 %	-	0,0 %

Diese Ergebnisse sind in den Abbildungen 4.3 (bezogen auf Feuchtmasse) und 4.4 (bezogen auf Trockenmasse) noch einmal veranschaulicht. Die einzelnen Fraktionen sind in der Abbildung 4.3 nach der Größe ihres Massenanteils sortiert. In Abbildung 4.4 wurde, um einen Vergleich zu erleichtern, dieselbe Reihung beibehalten. Obwohl die deutliche Dominanz einzelner Fraktionen (Siebdurchgang, Restfraktion, Kunststoffe) ersichtlich ist, fällt auf, daß mit relativ großen Schwankungsbreiten zu rechnen ist. Hierbei ist aber darauf hinzuweisen, daß diese großen Schwankungsbreiten bei den Fraktionen „Siebdurchgang (24 x 40 mm)“, „Pappe/Papier“, „Holz/Gummi/Leder“ und „Mineralien“ durch einzelne stark abweichende Datenpunkte begründet sind.

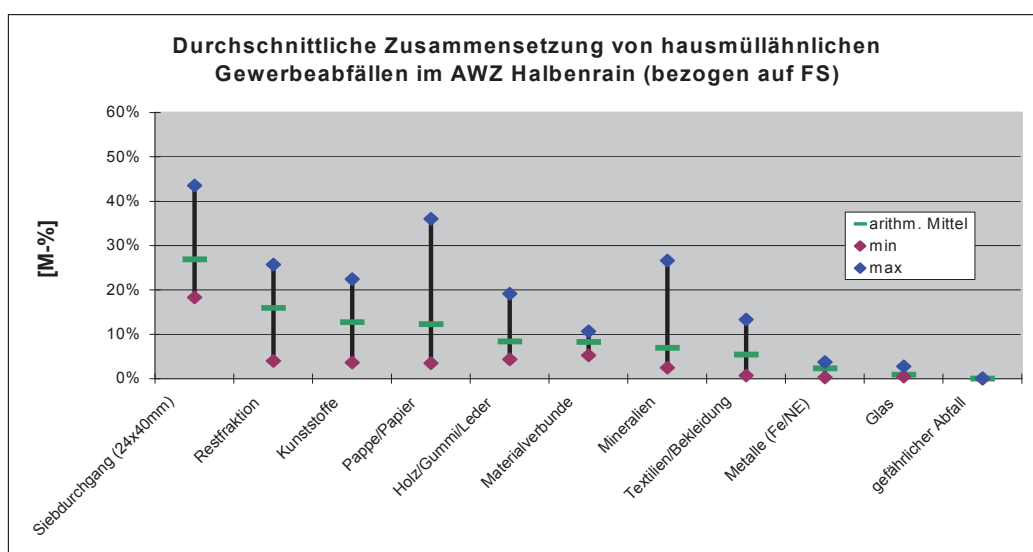


Abbildung 4.3: Zusammensetzung von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall (aus acht Sortierungen; bezogen auf Feuchtsubstanz)

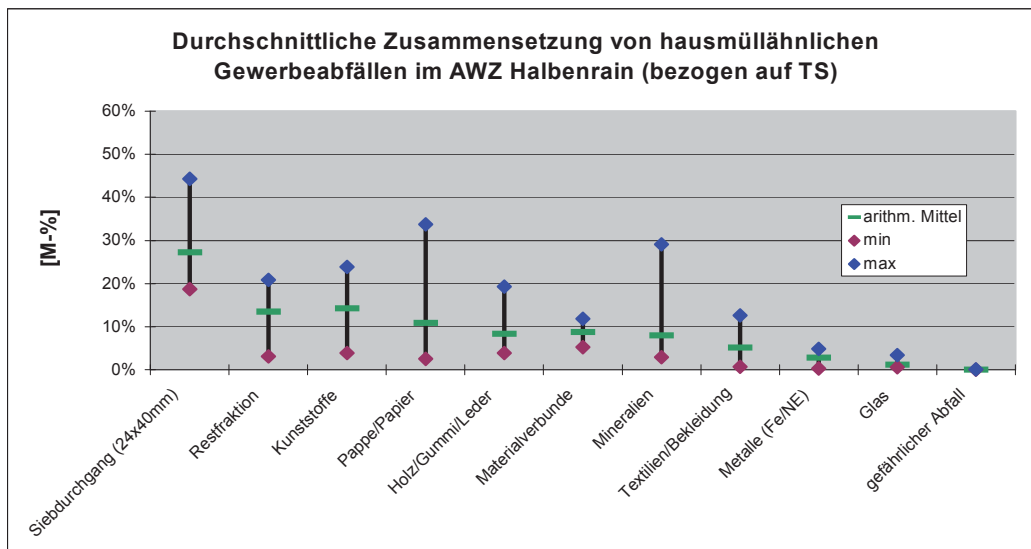


Abbildung 4.4: Zusammensetzung von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall (aus acht Sortierungen; bezogen auf Trockensubstanz)

Da der Wassergehalt der Fraktion „Restfraktion“ mit durchschnittlich ca. 31 % relativ groß und der Wassergehalt der Fraktion „Kunststoff“ im Durchschnitt mit ca. 10 % relativ gering ist (vgl. Kap. 4.2.3.1), kehren sich deren Massenverhältnisse bei der Betrachtung der Massenanteile bezogen auf die Trockensubstanz um.

4.2.2.1 Verrottbarkeit von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall

Betrachtet man die biologische Abbaubarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle kann man die Feuchtmasse oder die Trockenmasse als Bezugsgröße nehmen. Als Basis für die nachfolgende Betrachtung wurde die Feuchtmasse herangezogen. Es fällt auf, daß ca. 66 M-% der Abfälle (Bandbreite: 50 bis 85 M-%) *biologisch inert* sind. Diesem Teil werden die Fraktionen „Mineralien“, „Glas“, „Metall (Fe/NE)“, „Kunststoff“, „Gefährliche Abfälle“, „Holz/Gummi/Leder“, „Materialverbunde“ und „Siebdurchgang (24 x 40 mm)“ zugerechnet. Hier soll aber darauf hingewiesen werden, daß die Fraktion „Siebdurchgang (24 x 40 mm)“ infolge eines hohen Kunststoff- bzw. Textil- oder Holzanteiles (abhängig von der jeweils sortierten Charge) einen unerwartet hohen Glühverlust aufweist. Von Fall zu Fall kann sowohl die Fraktion „Holz/Gummi/Leder“ als auch die Fraktion „Materialverbunde“ durchaus biologisch abbaubare Anteile enthalten.

Der lediglich aus der Fraktion „Pappe/Papier“ bestehende *gut biologisch abbaubare* Teil beträgt nur ca. 12 M-% der Abfälle (Bandbreite: 4 bis 36 M-%). Der verbleibende Teil („Restfraktion“ und „Textilien/Bekleidung“) von 21 M-% (Bandbreite: 11 bis 32 M-%) ist *nur zum Teil biologisch abbaubar* (Abbildung 4.5).

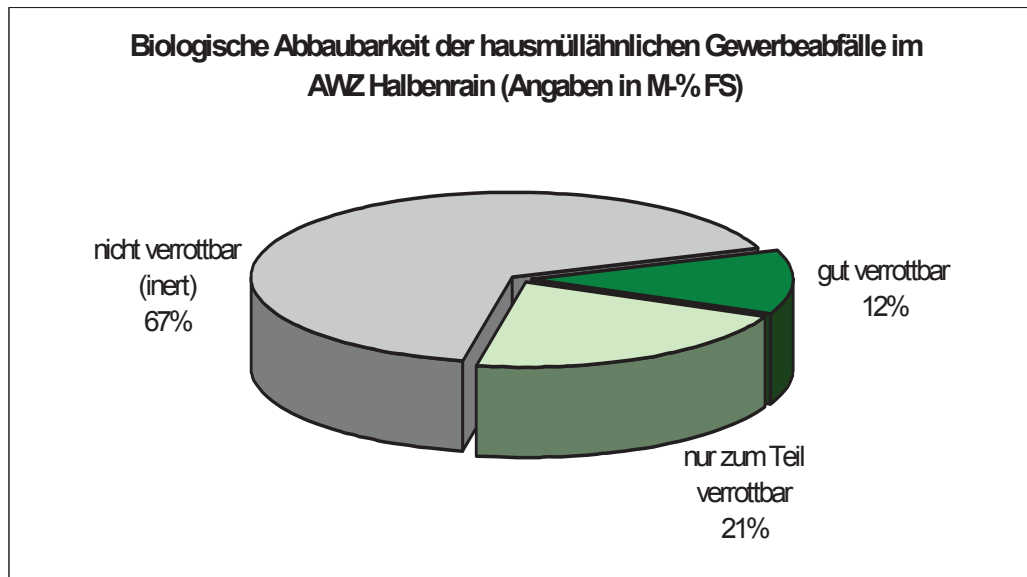


Abbildung 4.5: Biologische Abbaubarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle

Es soll hier noch einmal explizit darauf hingewiesen werden, daß nur ein sehr kleiner Teil der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle (12 M-%) biologisch abbaubar ist. Dieser Wert wurde zusätzlich durch einen Ausreißer bei der Abfallzusammensetzung einer Sortierung positiv beeinflusst (Median des Pappe/Papieranteiles: 7,39 M-%).

4.2.2.2 Brennbarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle

In diesem Abschnitt soll die Brennbarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle (wieder bezogen auf die Feuchtmasse der Abfälle) betrachtet werden. Wenn man die Fraktionen „Kunststoff“, „Textilien/Bekleidung“, „Pappe/Papier“, „Holz/Gummi/Leder“, den durch Sichtung und Schätzung festgestellten brennbaren Anteil der „Materialverbunde“ sowie den in weiterführenden Analysen als brennbar befundenen Teil der Fraktion „Siebdurchgang (24 x 40 mm)“ dem *gut brennbaren* Anteil der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle zuordnet, so beträgt dieser 25 bis 64 M-%. Der *nicht brennbare* Anteil der sortierten Abfälle bestehend aus den Fraktionen „Glas“, „Mineralien“, „Gefährliche Abfälle“, „Metalle (Fe/NE)“ und dem nicht brennbaren Anteil der „Materialverbunde“ sowie des „Siebdurchganges“ macht 22 bis 71 M-% der Gewerbeabfälle aus. Die „Restfraktion“, die eine Beschaffenheit vergleichbar mit Hausmüll aufweist, wird in der nachfolgenden Auflistung als *brennbar* bezeichnet. Dieser Anteil beträgt 4 bis 26 M-% des Abfalles (Abbildung 4.6).

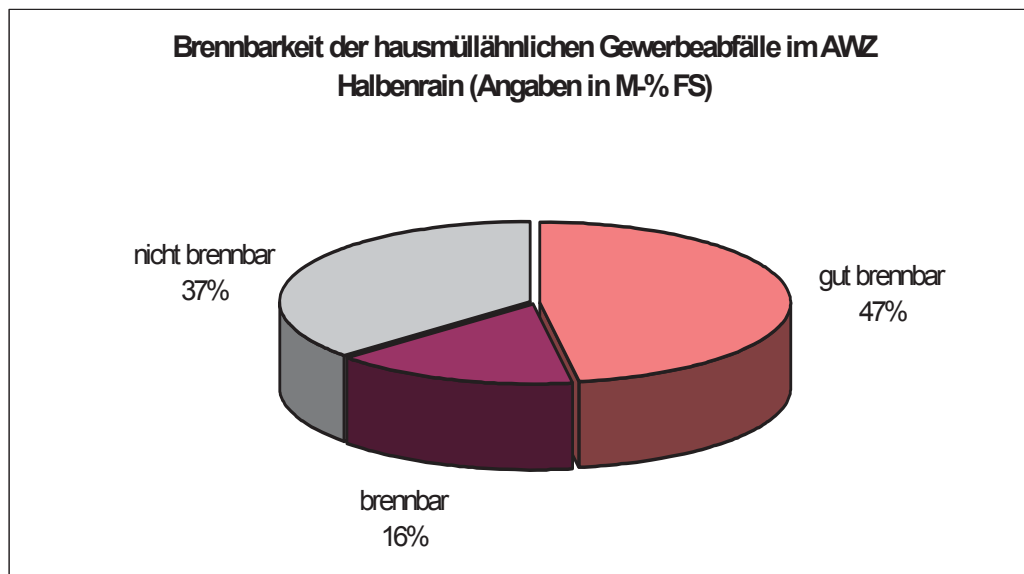


Abbildung 4.6: Brennbarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle

4.2.3 Analysenergebnisse

Die Parameter Wassergehalt, Glühverlust und Heizwert wurden zusätzlich zu den beprobten Fraktionen auch für die Fraktion „Materialverbunde“ durch Sichtung (Anteil der einzelnen Fraktionen an dieser Mischfraktion) bzw. Schätzung (auf Basis von Analysenwerten der einzelnen Fraktionen) festgelegt. Es wurde bei den Sortierungen darauf Wert gelegt, den Anteil dieser Fraktion möglichst gering zu halten.

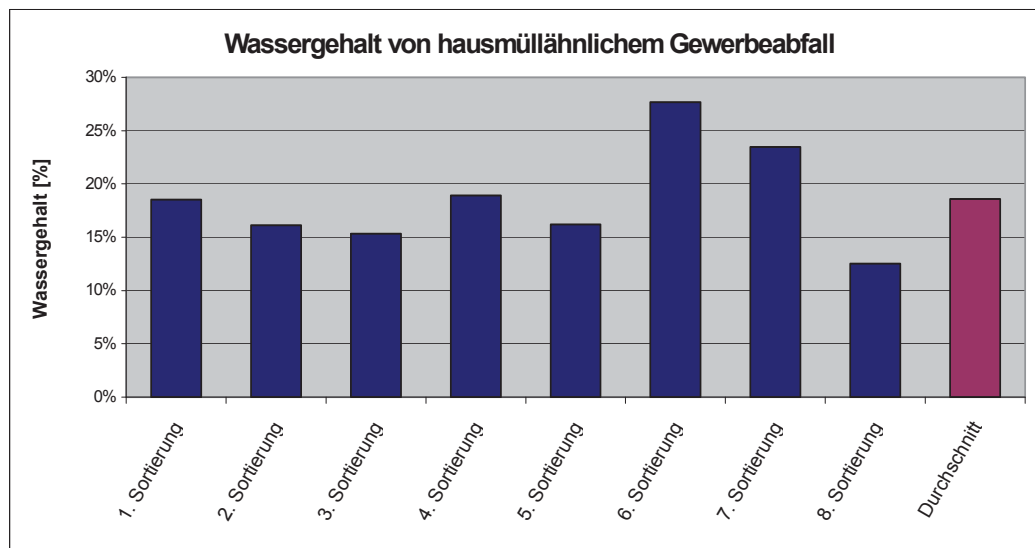
4.2.3.1 Wassergehalt (WG)

Der WG der untersuchten Gewerbeabfallchargen beträgt zwischen 12,5 und 27 M-% (Tabelle 4.3), wobei dieser stark vom Organikgehalt und vermutlich auch von den Sammelbedingungen der Chargen abhängt (Container überdacht oder im Freien; Wetterverhältnisse, ...). Es fällt dabei auf, daß alle Fraktionen einen großen Schwankungsbereich aufweisen. Da die entsprechenden arithmetischen Mittelwerte sehr zentral im Schwankungsbereich liegen, scheint dies aber nicht auf stark abweichende Einzelwerte zurückzuführen zu sein.

In der Abbildung 4.7 sind die Wassergehalte der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle aus den acht Sortierungen dargestellt.

Tabelle 4.3: Wassergehalte der Gewerbeabfallfraktionen

Wassergehalt der Gewerbeabfälle im AWZ Halbenrain				
Fraktion	Durchschnitt	Schwankungsbreite		
	[M-%]	[M-%]		
Restfraktion	30,86 %	17,91 %	-	44,20 %
Papier/Pappe	31,41 %	20,57 %	-	48,57 %
Textilien/Bekleidung	20,24 %	11,96 %	-	29,80 %
Siebdurchgang (24 x 40 mm)	17,30 %	10,86 %	-	22,23 %
Holz/Gummi/Leder	19,92 %	9,89 %	-	32,99 %
Materialverbunde (Schätzung)	14,13 %	10,00 %	-	20,00 %
Kunststoff	10,16 %	2,94 %	-	18,65 %
Mineralien	5,21 %	1,73 %	-	11,80 %
Gesamt	18,59 %	12,52 %	-	27,67 %

**Abbildung 4.7: Wassergehalt von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall**

4.2.3.2 Glühverlust (GV)

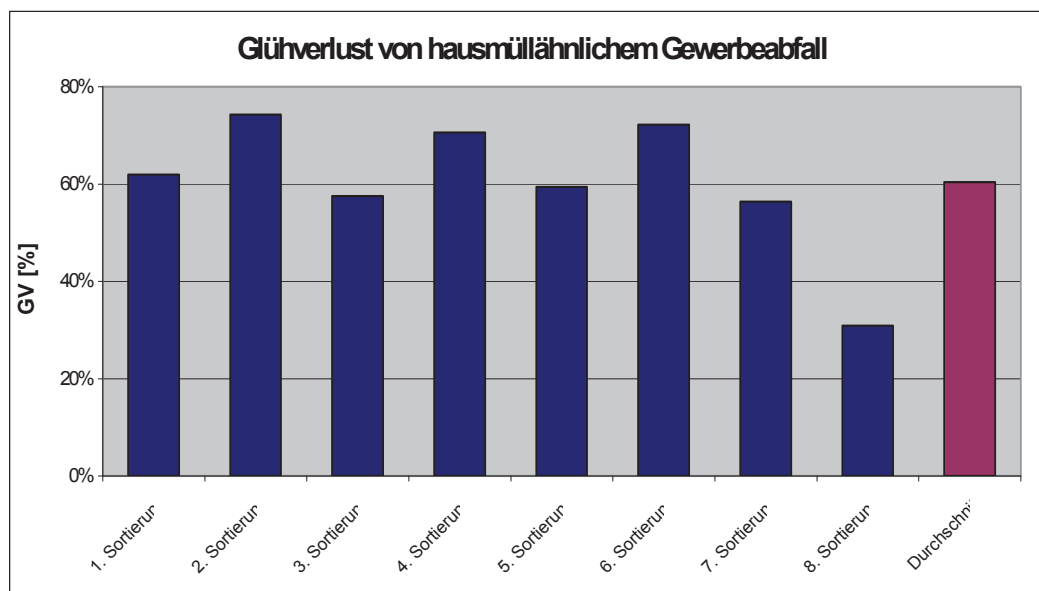
Nach Anlage 1, Tabelle 7 der DVO gilt bei einem Glühverlust von 8 M-% der TOC-Grenzwert von 5 M-% der Trockensubstanz als eingehalten. Nur solche Abfälle, die diesen Grenzwert einhalten, dürfen deponiert werden. Tabelle 4.4 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der GV-Bestimmungen der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle.

Tabelle 4.4: Glühverluste der Gewerbeabfallfraktionen

Glühverluste der Gewerbeabfälle im AWZ Halbenrain				
Fraktion	Durchschnitt	Schwankungsbreite		
	[M-%]	[M-%]		
Kunststoff	87,08 %	57,38 %	-	95,24 %
Holz/Gummi/Leder	90,83 %	76,89 %	-	98,57 %
Papier/Pappe	87,77 %	83,35 %	-	91,56 %
Textilien/Bekleidung	84,32 %	75,90 %	-	97,31 %
Restfraktion	66,14 %	37,85 %	-	89,20 %
Materialverbunde (Schätzwert)	62,50 %	50,00 %	-	75,00 %
Siebdurchgang (24 x 40 mm)	38,21 %	17,47 %	-	59,67 %
Mineralien	2,93 %	1,23 %	-	5,28 %
Gesamt	60,41 %	30,92 %	-	74,24 %

Die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle im AWZ Halbenrain weisen einen durchschnittlichen Glühverlust von ca. 60 M-% mit einem Schwankungsbereich von 31 bis 74 M-% auf. Da diese Werte den geforderten Grenzwert (lt. DVO) um ein Vielfaches überschreiten, entfällt die Option einer direkten Deponierung für diese Abfälle von vornherein. Eine Behandlung der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle vor der Deponierung ist daher nach Inkrafttreten dieser Verordnung für bestehende Deponien unumgänglich.

Abbildung 4.8 zeigt zur Verdeutlichung die GV-Werte von acht Anlieferungen der Abfallart „Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall“.

**Abbildung 4.8: Glühverlust von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall**

4.2.3.3 Heizwert (H_o , H_u)

Im Zuge der umfangreichen Analysen wurden sowohl der auf die Trockensubstanz bezogene Verbrennungswert (H_o) als auch der auf die Feuchtsubstanz bezogene Heizwert (H_u) analysiert bzw. berechnet. In Abbildung 4.9 sind die Heizwerte des hausmüllähnlichen Gewerbeabfalls (NS kor.) bei den einzelnen Sortierungen graphisch dargestellt.

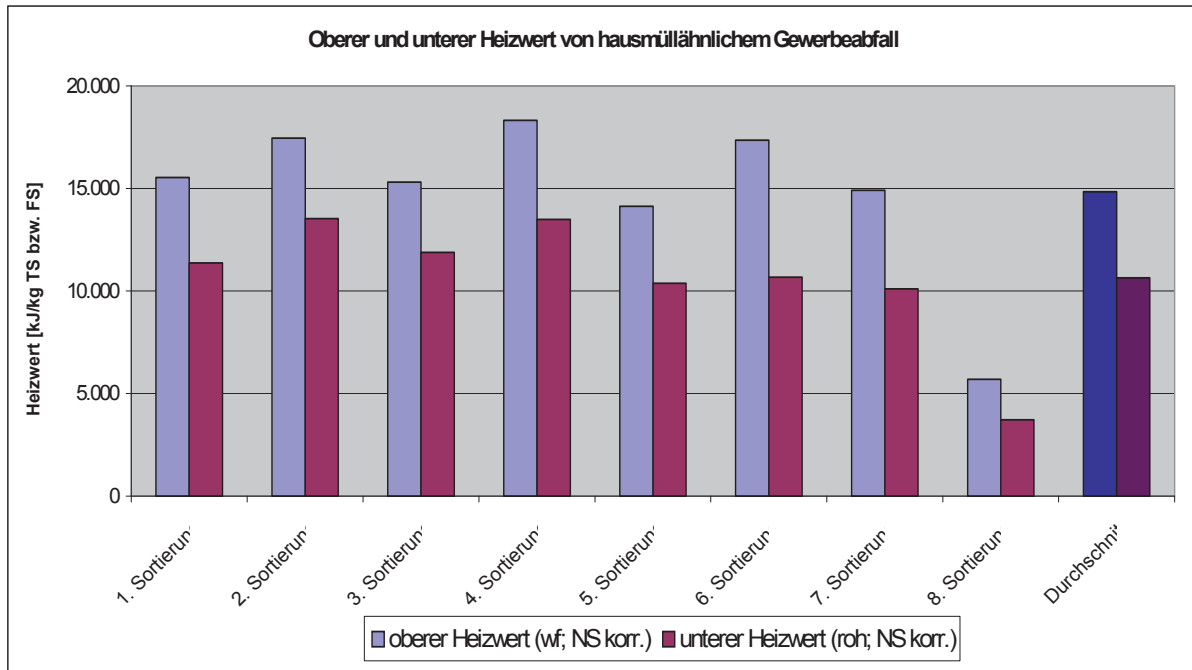


Abbildung 4.9: Unterer Heizwert (H_u) und oberer Heizwert (H_o) von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall

Der durchschnittliche obere Heizwert (H_o) der untersuchten hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle beträgt 14.800 kJ/kg Abfall, wobei der durchschnittliche untere Heizwert (H_u) nur ca. 10.600 kJ/kg Abfall beträgt. Im Vergleich dazu beträgt der durchschnittliche untere Heizwert von Kohle (Mischkohle aus Stein- und Braunkohle sowie Steinkohlestaub) 23.027 kJ/kg [12].

Korreliert man H_u und H_o , so läßt sich ein klarer Zusammenhang erkennen. Der untere Heizwert beträgt ca. 72 % des oberen Heizwertes. Lediglich bei einem Wassergehalt deutlich über dem Durchschnitt (6., 7. Sortierung) bzw. bei einem hohen Anteil an Fraktionen mit geringem Gehalt an elementarem Wasserstoff (Mineralien: 8. Sortierung) muß dieser Wert um ca. 5 % bis 10 % nach unten korrigiert werden, d.h. der untere Heizwert beträgt in diesen Fällen nur ca. 62 % bis 68 % des oberen Heizwertes. Abbildung 4.10 gibt eine Übersicht über die Heizwerte der einzelnen Fraktionen (durchschnittliche Werte aus acht Proben). Aus dieser Abbildung sind auch die absoluten Beträge der Heizwertkorrekturen ($H_o \Rightarrow H_u$) ersichtlich.

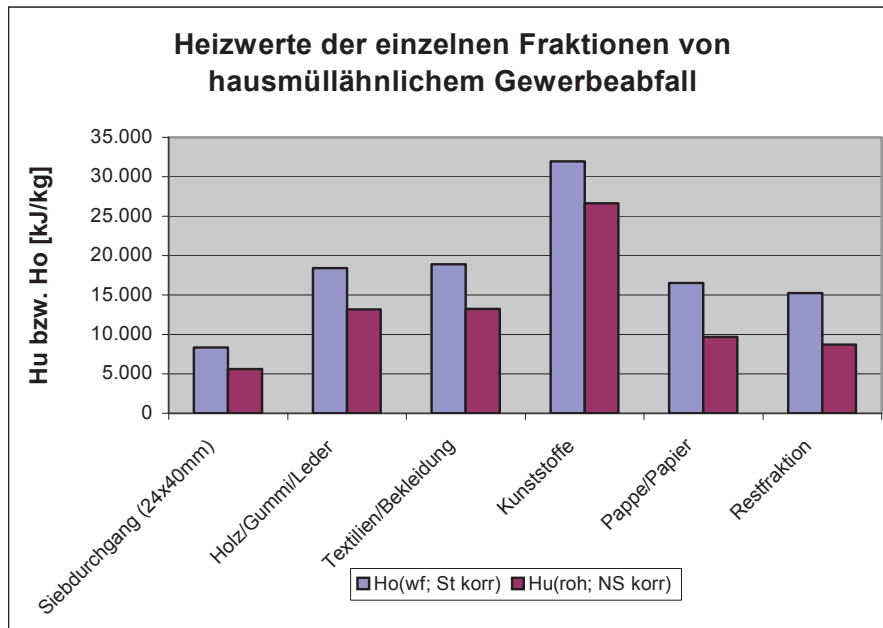


Abbildung 4.10: Fraktionsabhängigkeit der Heizwerte

In diesem Zusammenhang wurde festgestellt, daß es bei den einzelnen betrachteten Fraktionen nicht ausreicht, den Heizwert (H_u) der Proben unter Berücksichtigung des jeweiligen Wassergehalts (WG) aus dem Verbrennungswert (H_o) zu berechnen. Darüber hinaus muß eine Korrektur um die Verdampfungswärme des infolge des Elementarwasserstoffgehalts bei der Verbrennung im Bombenkalorimeter entstehenden Wassers vorgenommen werden. Der Elementarwasserstoffgehalt bewegt sich mit der Ausnahme der Fraktion „Mineralien“ (0,32 M-% H-Gehalt) zwischen 3 M-% bei der Fraktion „Siebdurchgang (24 x 40 mm)“ und 10 M-% bei Kunststoffen. Eine Korrektur um die Reaktionswärme infolge des Entstehens von Salpetersäure sowie Schwefelsäure (verursacht durch den N- bzw. S-Gehalt der Proben) kann aufgrund der geringen Massenanteile der entsprechenden Elemente in den Proben unterbleiben. Aus der folgenden Abbildung (Abbildung 4.11) ist der relative Anteil der einzelnen Heizwertkorrekturen an der Gesamtkorrektur ersichtlich.

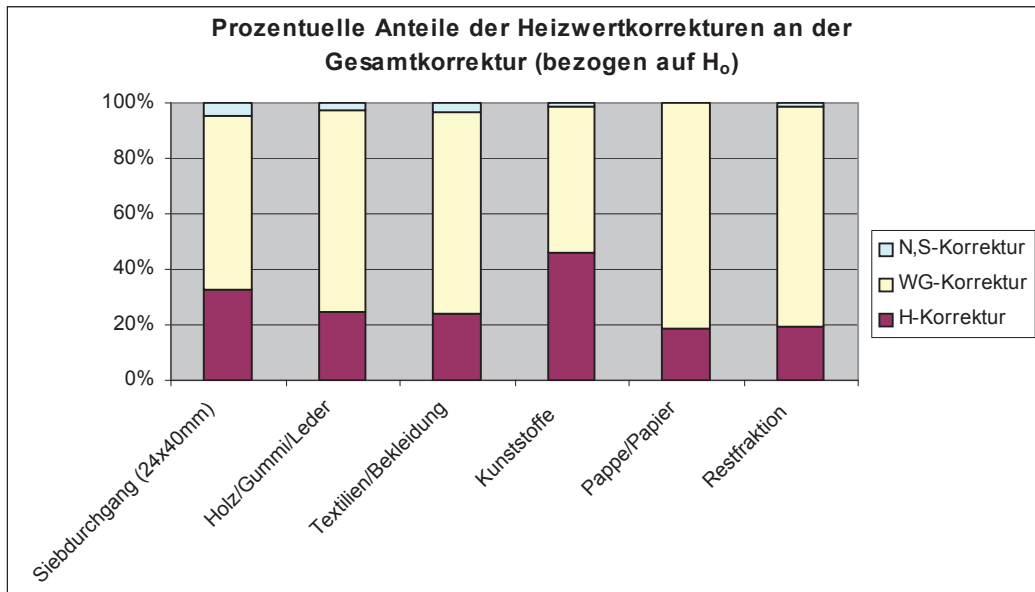


Abbildung 4.11: Relativer Beitrag der einzelnen Heizwertkorrekturen an der Gesamtheizwertkorrektur (Gewerbeabfälle)

4.2.3.4 Schadstoffe

Bei der Auswahl der Analyseparameter waren die in den Eingangsvoraussetzungen der Wirbelschichtfeuerung der RVL-Reststoffverwertung Lenzing GMBH, im folgendem nur mehr als RVL bezeichnet, bzw. diverser Zementwerke limitierten Parameter sowie die zu erwartende Schadstoffbelastung der einzelnen Fraktionen ausschlaggebend [13]. In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse mit den Eingangsanforderungen der RVL verglichen, welche in Tabelle 4.5 zusammengefaßt sind. Es soll an dieser Stelle ausdrücklich darauf verwiesen werden, daß diese Eingangsparameter nur während des Versuchsbetriebes der Anlage Geltung haben.

Tabelle 4.5: Anforderungen an die Abfälle für die Verbrennung in der RVL

Schadstoffe	Gehalte [mg/MJ]
Cl	380
F	15
S	355
Hg	0,3
Cd + Tl	0,5
Pb + Zn + Cr	230
As + Co + Ni + Sb + Cu + Mn + V + Sn	13

Es wurden die einzelnen Fraktionen beprobt und danach über die Massenanteile der Fraktionen die Schadstoffgehalte der jeweils sortierten Gewerbeabfallcharge berechnet.

Dabei ist zu beachten, daß eine Beprobung und Analyse der Fraktionen „Materialverbunde“, „Glas“ und „Metalle (Fe/NE)“ nicht möglich war. Der durchschnittliche Massenanteil dieser Fraktionen betrug ca. 11,5 M-% (auf Feuchtmasse bezogen) wobei die Hauptanteil (ca. 8,3 M-% von der Gesamtmasse) hiervon der Fraktion „Materialverbunde“ hinzuzurechnen war. Aufgrund des durch Sichtung festgestellten Anteils einzelner Fraktionen an der Fraktion „Materialverbunde“ wurde die Cl-, und F-Belastung dieser Mischfraktion jedoch abgeschätzt. Bei den Fraktionen „Pappe/Papier“ und „Mineralien“ unterblieb eine Untersuchung der Schwermetallbelastung.

Um einen Vergleich mit konventionellen Brennstoffen zu erlauben, ist es sinnvoll, die Schadstoffbelastungen der beprobten Gewerbeabfallchargen auf den Heizwert zu beziehen. Die Schadstoffgehalte der einzelnen Fraktionen sind auf die Trockensubstanz bezogen angegeben.

Aufgrund des hohen Analysenaufwands liegt ein Teil der Analysenwerte (PCB-Werte) zur Zeit noch nicht vor. Diese Ergebnisse werden im Endbericht (März 1999) zu diesem Pilotprojekt ausgewertet.

4.2.3.4.1 Chlor und Fluor

Alle beprobten Fraktionen wurden hinsichtlich des Chlor- und Fluorgehaltes untersucht. Da zusätzlich die Fraktion „Materialverbunde“ mit einem Massenanteil von ca. 8,3 M-% (von der Gesamtmasse) eine relevante Größenordnung aufweist, wurde versucht, die Cl- und F-Belastung aufgrund der durch Sichtung festgestellten Anteile einzelner Fraktionen an dieser Fraktion anhand von Analysenwerten für die Cl- und F-Belastung dieser Fraktionen abzuschätzen.

Der Gesamtchlorgehalt des hausmüllähnlichen Gewerbeabfalles (Abbildung 4.12) hängt sehr stark mit dem Massenanteil der Fraktionen „Kunststoffe“, „Textilien/Bekleidung“ sowie „Mineralien“ zusammen, da der Cl-Gehalt der beiden erstgenannten Fraktionen stark nach oben und der der letztgenannten Fraktion verglichen mit dem Gesamtchlorgehalt stark nach unten ausschlägt (Abbildung 4.13). Weiters sind sowohl der Chlor- als auch der Fluorgehalt der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle von den einzelnen Kunststoffarten (PVC, ...) abhängig, die in der Fraktion „Kunststoffe“ vorkommen.

Wie aus Abbildung 4.12 ersichtlich, beträgt der durchschnittliche Cl-Gehalt der Gewerbeabfallchargen 459 mg/MJ H_u und liegt somit hinsichtlich des Chlorgehaltes über den Eingangsanforderungen der RVL (Grenzwert: 380 mg/MJ H_u).

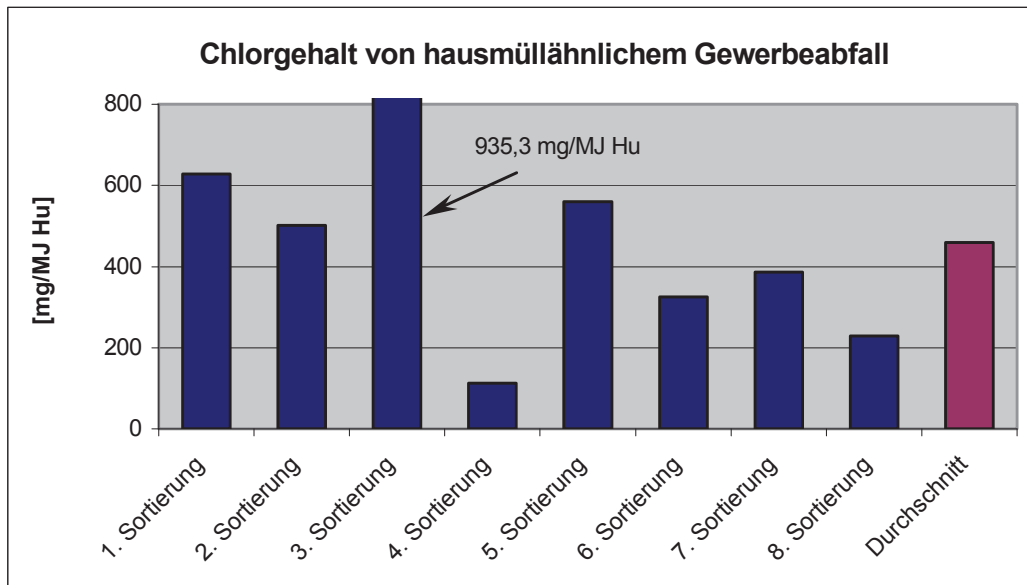


Abbildung 4.12: Chlorgehalt von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall

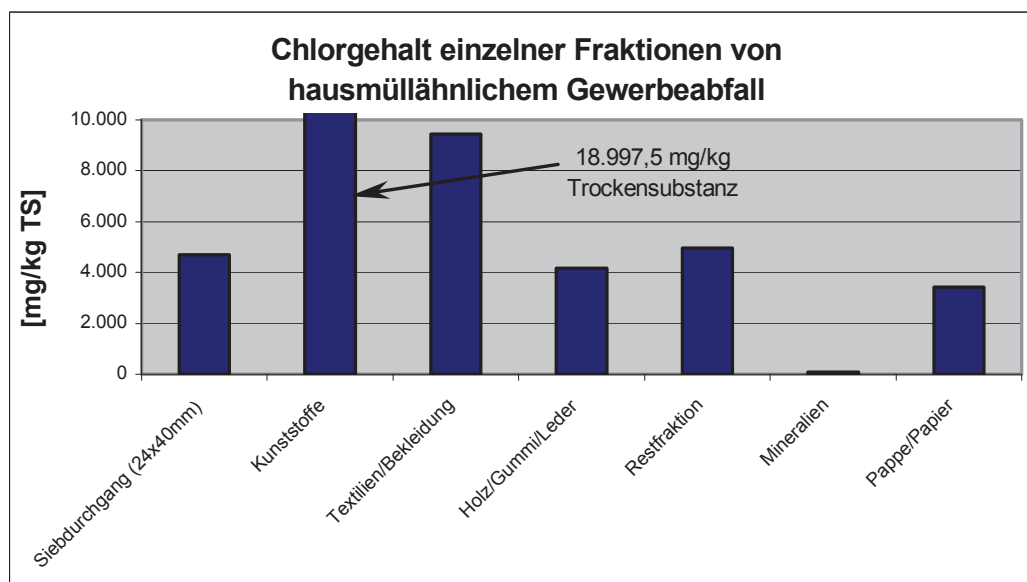


Abbildung 4.13: Chlorgehalt der einzelnen Fraktionen

In den nachfolgenden Abbildungen ist der F-Gehalt hausmüllähnlicher Gewerbeabfälle bzw. der F-Gehalt einzelner Fraktionen dieser Abfallart dargestellt.

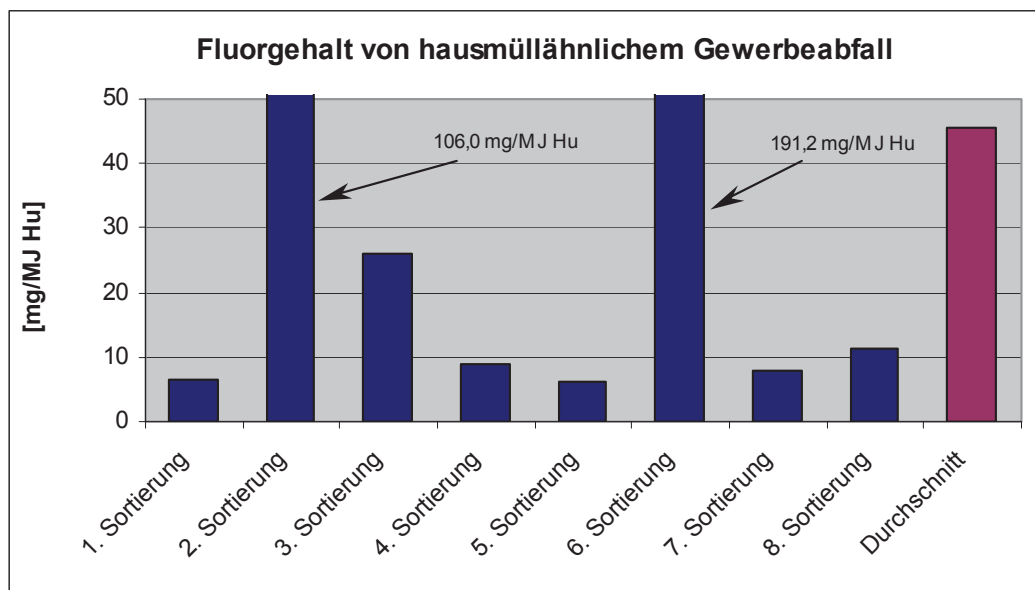


Abbildung 4.14: Fluorgehalt von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall

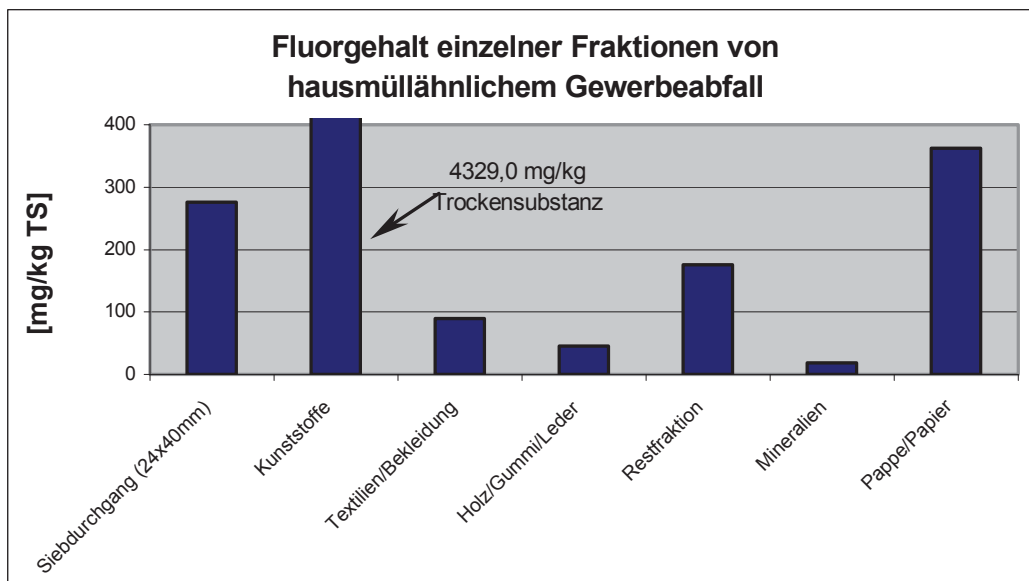


Abbildung 4.15: Fluorgehalt der einzelnen Fraktionen

Drei der acht sortierten Gewerbeabfallchargen überschreiten nach den Eingangsanforderungen der RVL den Grenzwert hinsichtlich des Elementes Fluor von 15 mg/MJ H_u . Der durchschnittliche F-Gehalt beträgt 45,4 mg/MJ H_u . Dies ist jedoch auf den sehr hohen F-Gehalt bei der zweiten und der sechsten Sortierung zurückzuführen. Der Median des F-Gehalts liegt mit 10,1 mg/MJ H_u unter dem Grenzwert der RVL.

Wie in Abbildung 4.15 ersichtlich, wird der F-Gehalt vor allem durch den hohen F-Gehalt der Fraktion „Kunststoff“ stark angehoben.

4.2.3.4.2 Schwefel

Das Element Schwefel erlangt aufgrund der Bildung von SO_2 bei der Verbrennung einen besonderen Stellenwert.

Der Schwefelgehalt von durchschnittlich $734,5 \text{ mg/MJ H}_u$ von hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen (Abbildung 4.16) entspricht nicht den Eingangsanforderungen der RVL (355 mg/MJ H_u), obwohl der Median für den Schwefelgehalt der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle mit $360,2 \text{ mg/MJ H}_u$ nur knapp über den Anforderungen liegt. Durch eine mechanische Vorbehandlung in Form einer Siebung kann jedoch eine Entfrachtung hinsichtlich des Elementes Schwefel in der Größenordnung von bis zu 25 % erfolgen.

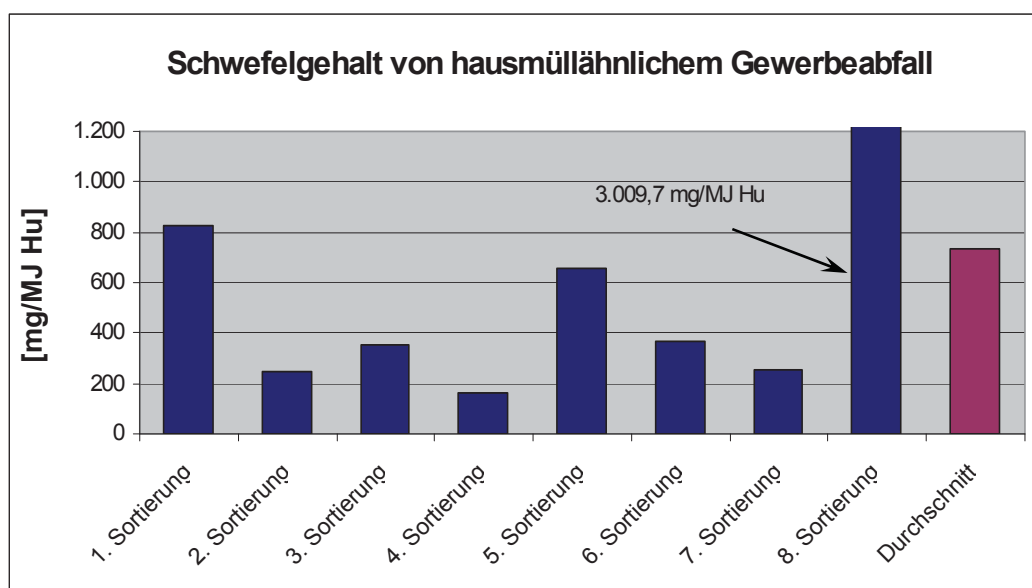


Abbildung 4.16: Schwefelgehalt von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall

4.2.3.4.3 Schwermetalle

Wie zu erwarten war, weisen die Analysenwerte weisen aufgrund der Heterogenität der Abfallart „Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle“ sehr große Schwankungen auf.

Den folgenden Abbildungen (4.17 - 4.20) können die durchschnittlichen Schwermetallgehalte der Fraktionen hausmüllähnlichen Gewerbeabfalles entnommen werden. Die Fraktion „Siebdurchgang (24 x 40 mm)“ weist grundsätzlich im Vergleich zu den anderen Fraktionen hohen Schwermetallgehalte auf (Zn, Sb, Sn, V, As und Cu). Bei der Fraktion „Textilien/Bekleidung“ fällt die vergleichsweise hohe Belastung an Cr und Cd auf. Die Fraktion „Kunststoffe“ ist im Vergleich zu den anderen Fraktionen hoch mit den Elementen Sn und Cd belastet, wohingegen die „Restfraktion“ vergleichsweise hohe Belastungen in den Elementen As und V aufweist.

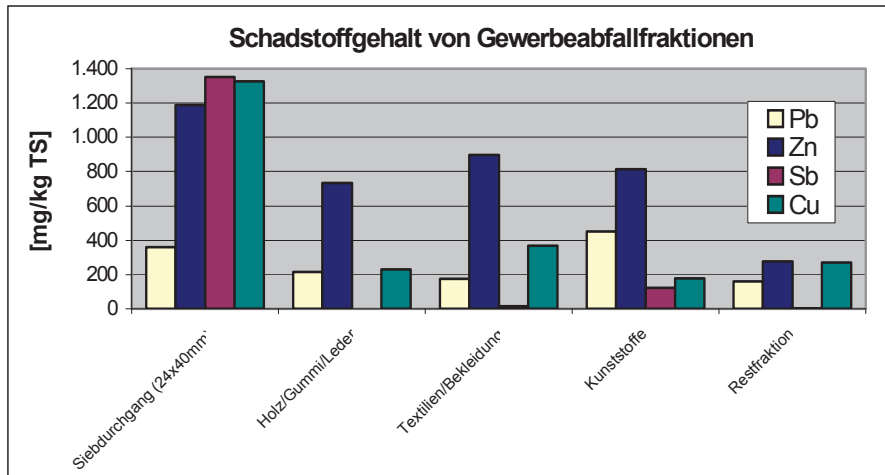


Abbildung 4.17: Pb-, Zn-, Sb und Cu-Gehalt der verschiedenen Fraktionen von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall

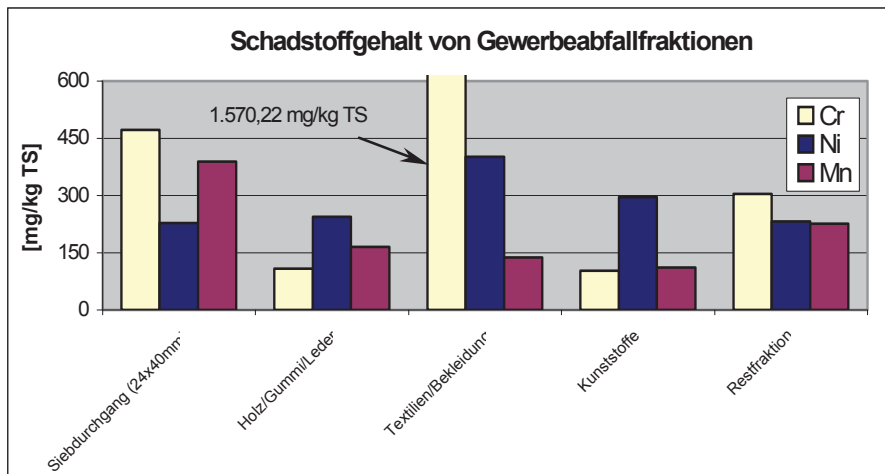


Abbildung 4.18: Cr-, Ni- und Mn-Gehalt der verschiedenen Fraktionen von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall

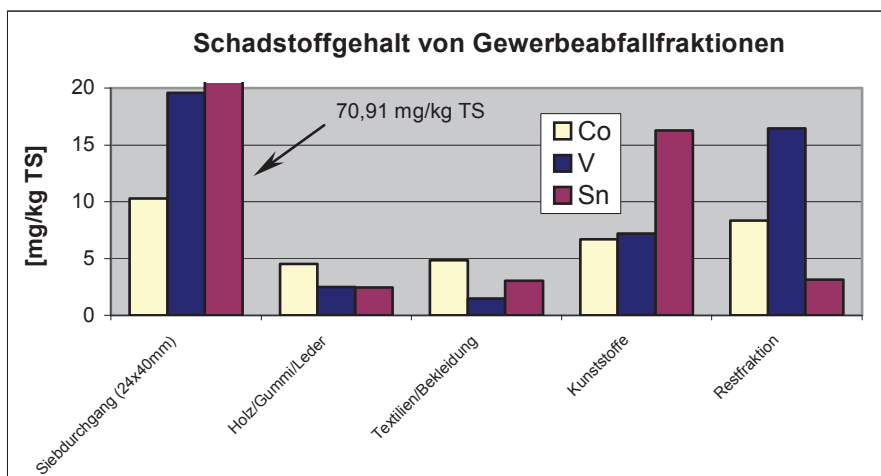


Abbildung 4.19: Co-, V- und Sn-Gehalt der verschiedenen Fraktionen von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall

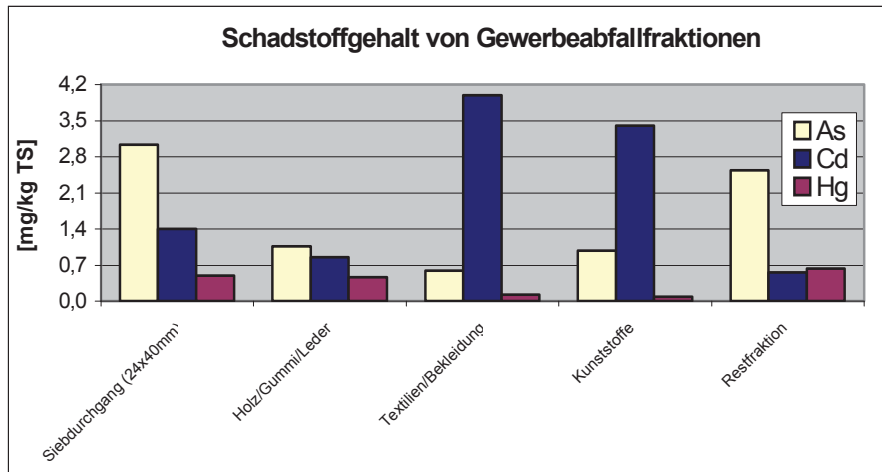


Abbildung 4.20: As-, Cd- und Hg-Gehalt der verschiedenen Fraktionen von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall

4.2.3.4.4 Organische Schadstoffe

Der TOC (gesamter organischer Kohlenstoff) der Fraktion „Mineralien“ wurde analysiert, da aufgrund des Karbonatanteils zu erwarten ist, daß eine zuverlässige Korrelation mit dem Glühverlust dieser Abfallcharge nicht möglich ist.

Wie die Untersuchungen des TOC zeigen, liegen sieben von acht Werten mit einem TOC-Wert < 0,1 g/kg TS unter der Nachweisgrenze des im Labor des IED verwendeten Analysengerätes. Lediglich bei der fünften Sortierung ergibt sich ein TOC-Wert von 24,2 g/kg TS.

Tabelle 4.6: TOC–GV–Vergleich bei Mineralien

TOC und GV von Mineralien		
	TOC [g/kg TS]	GV [%]
1. Sortierung	<0,1	2,11%
2. Sortierung	<0,1	1,43%
3. Sortierung	<0,1	4,25%
4. Sortierung	<0,1	2,36%
5. Sortierung	24,2	5,28%
6. Sortierung	<0,1	3,84%
7. Sortierung	<0,1	1,23%
8. Sortierung	<0,1	2,98%

Wie Tabelle 4.6 zeigt, weisen die Mineralien der 5. Sortierung auch den höchsten GV auf. Dies ist nicht weiter verwunderlich, denn der GV ist in erster Näherung der in der Probe enthaltenen organischen Substanz gleichzusetzen [14].

Bei den Fraktionen „Siebdurchgang (24 x 40 mm)“, „Holz/Gummi/Leder“, Kunststoff“ und „Restfraktion“ erfolgt eine PCB-Bestimmung. Die vollständigen Analysenwerte liegen zur Zeit noch nicht vor. Diese Ergebnisse werden im Endbericht (März 1999) zu diesem Pilotprojekt ausgewertet.

4.3 Abfälle „gleichbleibender“ Zusammensetzung

Zu dieser Gruppe der Abfälle mit gleichbleibender Zusammensetzung gehören alle jene, die in Tabelle 4.1 aufgelistet sind mit Ausnahme der Abfälle mit der SNr. 91101 „Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall“, welche gesondert behandelt wurden. An dieser Stelle sei noch einmal erwähnt, daß die Abfälle mit den SNr. 91102 „Rückstände aus der biologischen Abfallbehandlung“ und SNr. 94902 „Rechengut aus Rechenanlagen von Kraftwerken“ im Jahr 1998 nicht angeliefert werden und somit eine Untersuchung unterbleiben muß. Die neun verbleibenden Abfallarten entsprechen auch jeweils einem Abfallerzeuger mit Ausnahme der Abfälle mit der SNr. 94501 „Anaerob stabilisierter Schlamm (Faulschlamm)“, welche von zwei verschiedenen Abfallerzeugern zur Entsorgung nach Halbenrain gebracht wurden. Jede dieser zehn Einzelchargen wurde beprobt und analysiert.

Die Auswahl der zu analysierenden Parameter erfolgte nach den in der DVO sowie den bei der thermischen Verwertung in der WS-Feuerungsanlage der RVL vorgegebenen Anforderungen für eine Deponierung bzw. Verbrennung. Diese Anforderungen umfassen im Wesentlichen die Parameter Wassergehalt (WG), Glühverlust (GV), Heizwerte (H_o , H_u), und die Schadstoffe Chlor, Fluor, Schwefel, Schwermetalle und PCB (polychlorierte Biphenyle).

Die einzelnen Analysen wurden je nach zu erwartender Schadstoffbelastung durchgeführt. Bei den Abfällen der SNr. 17102 „Schwarten, Spreißel aus sauberem, unbeschichtetem Holz“ wurden keine Schadstoff- und PCB-Analyse durchgeführt. Bei den Abfällen der SNr. 31205 „Leichtmetallkrätzen, aluminiumhaltig“ wurde zusätzlich zum GV auch eine Bestimmung des TOC durchgeführt. Die „Chromlederabfälle“ mit der SNr. 14702 wurden nicht auf PCB untersucht.

4.3.1 Wassergehalt

Wie aus Tabelle 4.7 ersichtlich, variiert der WG der untersuchten Abfallarten sehr stark. Auffällig sind die hohen Wassergehalte bei den Abfällen der SNr. 18407 „Rückstände aus der Altpapierverarbeitung“ und der SNr. 91103 „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“. Die „Rückstände aus der Altpapierverarbeitung“ bestehen zum Großteil aus stark verschmutzten Kunststoffen, während die „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ einen hohen Anteil an Kunststoffen, Papier und Holz aufweisen. Der hohe Wassergehalt hat zur Folge, daß der untere Heizwert stark herabgesetzt ist.

Tabelle 4.7: Wassergehalte diverser Abfallarten im AWZ Halbenrain

Wassergehalte der einzelnen Abfallarten		
SNr.	Abfallart	WG [M-%]
14702	Chromlederabfälle	13,28 %
17102	Schwarten, Spreissel aus sauberem, unbeschichtetem Holz	27,66 %
18407	Rückstände aus der Altpapierverarbeitung	45,56 %
31205	Leichtmetallkrätzen, aluminiumhaltig	14,02 %
57129	Sonstige ausgehärtete Kunststoffabfälle, ...	16,90 %
57801	Shredderrückstände (Leichtfraktion)	10,78 %
91103	Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung	47,23 %
94501	Anaerob stabilisierter Schlamm (Faulschlamm) 1	53,11 %
94501	Anaerob stabilisierter Schlamm (Faulschlamm) 2	65,76 %
97105	Kanülen und sonst. verletzungsgefährdende Gegenstände	11,35 %

4.3.2 Glühverlust (GV)

Der Glühverlust einer Abfallart hängt von der massenmäßigen Verteilung ihrer Komponenten ab. Tabelle 4.8 gibt einen Überblick über die Glühverluste der einzelnen Abfallarten homogener Zusammensetzung.

Tabelle 4.8: Glühverluste diverser Abfallarten im AWZ Halbenrain

Glühverluste der einzelnen Abfallarten		
SNr.	Abfallart	GV [M-%]
14702	Chromlederabfälle	87,58 %
17102	Schwarten, Spreissel aus sauberem, unbeschichtetem Holz	96,84 %
18407	Rückstände aus der Altpapierverarbeitung	88,40 %
31205	Leichtmetallkrätzen, aluminiumhaltig	10,24 %
57129	Sonstige ausgehärtete Kunststoffabfälle, ...	63,80 %
57801	Shredderrückstände (Leichtfraktion)	39,23 %
91103	Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung	76,21 %
94501	Anaerob stabilisierter Schlamm (Faulschlamm) 1	49,37 %
94501	Anaerob stabilisierter Schlamm (Faulschlamm) 2	46,55 %
97105	Kanülen und sonstige verletzungsgefährdende Gegenstände	97,96 %

Nach Anlage 1 Tabelle 7 DVO gilt bei einem Glühverlust von 8 M-% der TOC-Grenzwert von 5 M-% der Trockensubstanz als eingehalten. Wie aus Tabelle 4.8 ersichtlich, liegen die einzelnen GV deutlich über dem geforderten Grenzwert von 8 M-%. Das bedeutet, daß nach den Kriterien der DVO in Zukunft keine dieser Abfallarten ohne Vorbehandlung abgelagert werden darf.

Trotz des hohen mineralischen Anteils übersteigt der Glühverlust der Abfallcharge „Leichtmetallkrätzen, aluminiumhaltig“ mit einem Glühverlust von 10,24 % bei weitem den laut DVO zulässigen Wert. Aus diesem Grund müsste diese Abfallart nach Inkrafttreten der DVO vor der eigentlichen Deponierung einer thermischen Vorbehandlung unterzogen werden. Auffällig sind die relativ hohen GV der anaerob stabilisierten Schlämme (Faulschlämme). Diese Tatsache ist vermutlich auf den zur Stabilisierung und Entwässerung zugegebenen Kalk zurückzuführen.

4.3.3 Heizwerte (H_o , H_u)

Für die Heizwertbestimmungen bei den Abfallarten relativ gleichbleibender Zusammensetzung gilt sinngemäß dasselbe wie im Kapitel 4.2.3.3 für die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle beschrieben. Abbildung 4.21 gibt die unteren bzw. oberen Heizwerte für die Abfälle gleichbleibender Zusammensetzung wieder.

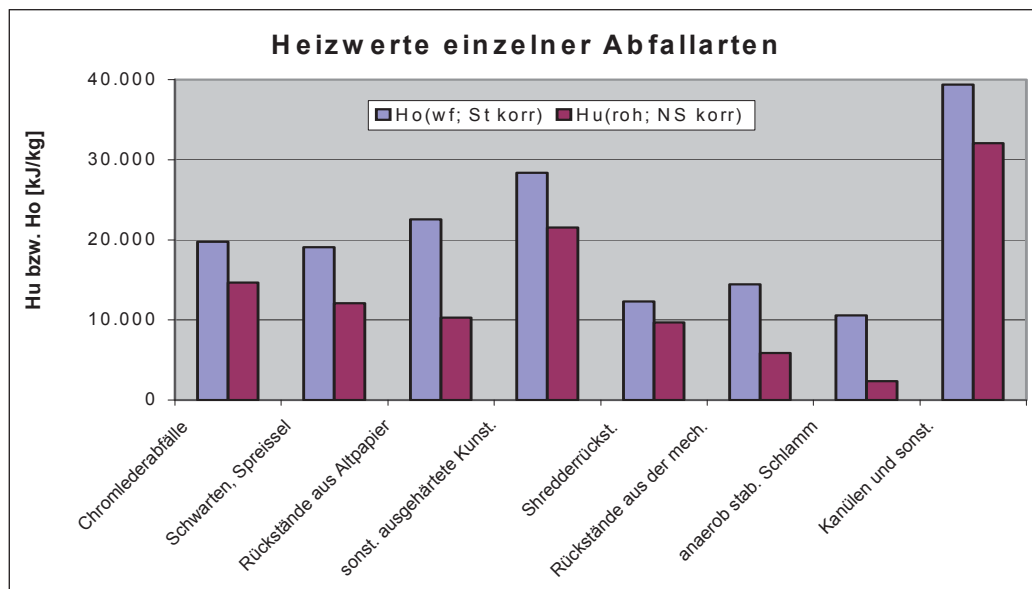


Abbildung 4.21: Heizwerte einzelner Abfallarten im AWZ Halbenrain

Bei den Fraktionen „Rückstände aus der Altpapierverarbeitung“ sowie „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ ist der überwiegende Teil der Differenz zwischen oberen und unteren Heizwert durch den hohen Wassergehalt dieser Abfallarten begründet. Dies lässt sich aus der Abbildung 4.22 erkennen. Auffällig ist der relativ große N,S-Heizwertkorrekturanteil bei den „Chromlederabfällen“ infolge des hohen S-Gehalts (2,19 M-%) bzw. des hohen N-Gehalts (10,3 M-%).

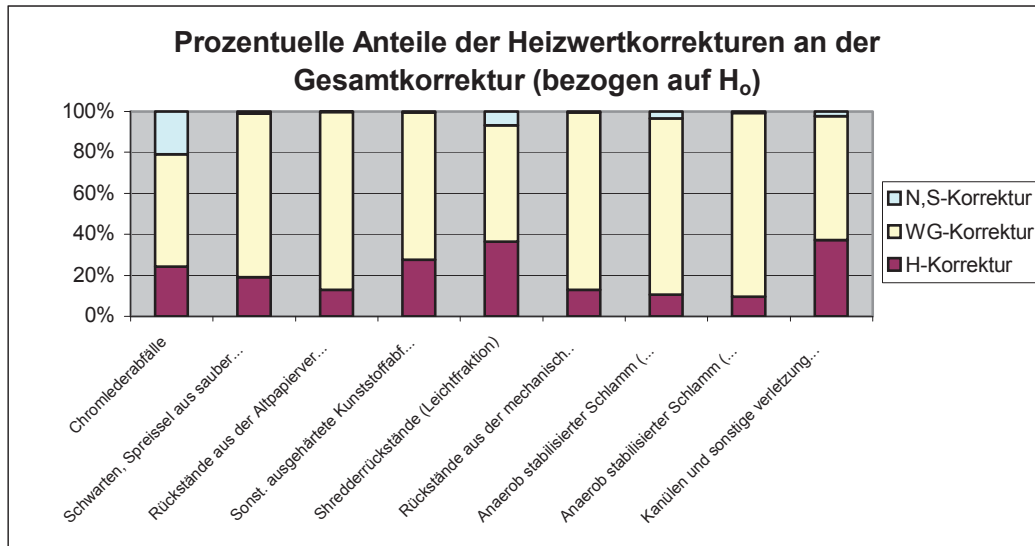


Abbildung 4.22: Relativer Beitrag der einzelnen Heizwertkorrekturen an der Gesamtheizwertkorrektur (diverse Abfallarten)

4.3.4 Schadstoffe

Bei diesen Abfallarten ist es möglich, alle analysierten Schadstoffgehalte auf den Heizwert zu beziehen. Bei der Abfallart „Schwarten, Spreissel aus sauberem, unbeschichtetem Holz“ wurde jedoch mit Ausnahme des Schwefels auf jegliche Schadstoffanalyse verzichtet.

Weiters macht es bei der Abfallart „Leichtmetallkrätzen, aluminiumhaltig“ keinen Sinn, die Schadstoffe auf den Heizwert zu beziehen. Die Schadstoffgehalte in [mg/kg TS] dieser Abfallart sind in der Tabelle 4.9 zusammengefaßt.

Tabelle 4.9: Schadstoffgehalte der Leichtmetallkrätzen (Al-haltig) in [mg/kg TS]

Schadstoffgehalte der Leichtmetallkrätzen (Al-haltig)			
	[mg/kg TS]		[mg/kg TS]
Cl-	494,9	Cr	286,6
F-	687,9	Sb	3,1
Hg	< 0,05	Co	9,7
Tl	0,2	Ni	238,3
Cd	2,6	Cu	2.650,8
Pb	233,3	Sn	82,3
S-	7.418,4	As	16,5
N	2.278,0	Mn	3.678,5
Zn	2.856,5	V	21,1

4.3.4.1 Chlor und Fluor

Die Fraktionen „Sonstige ausgehärtete Kunststoffabfälle, ...“ sowie die Abfallart „Kanülen und sonstige verletzungsgefährdende Gegenstände“ entsprechen hinsichtlich der Cl-Kontamination den Eingangsanforderungen der RVL. In der Abbildung 4.23 sind die Cl- Werte aller zusätzlich zum hausmüllähnlichen Gewerbeabfall untersuchter Abfallarten grafisch dargestellt.

Hinsichtlich des F-Gehalts überschreiten nur die Abfallarten „Shredderrückstände (Leichtfraktion)“ und „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ den Grenzwert von 15 mg/MJ H_u, der in den Eingangsanforderungen der RVL angegeben ist (Abbildung 4.24).

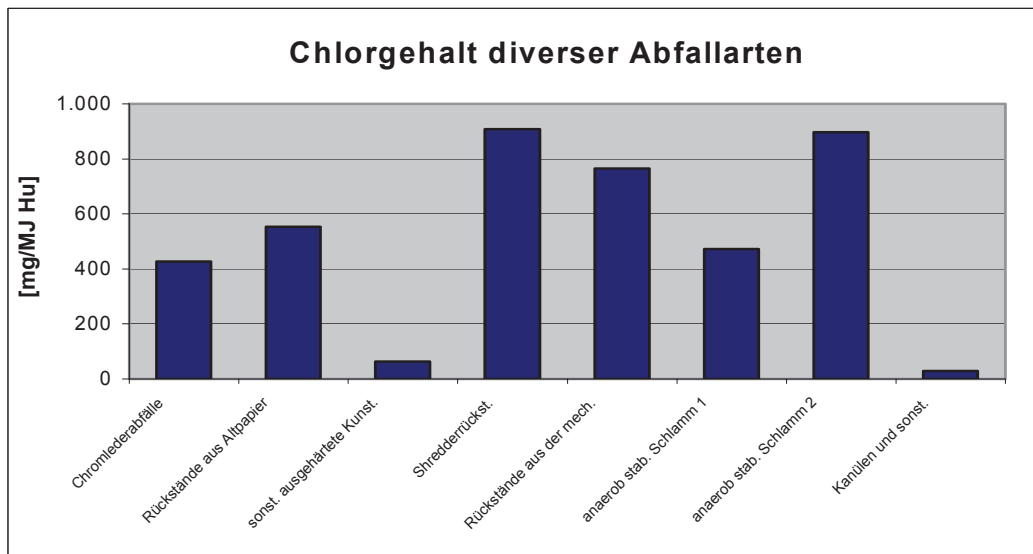


Abbildung 4.23: Chlorgehalt diverser Abfallarten

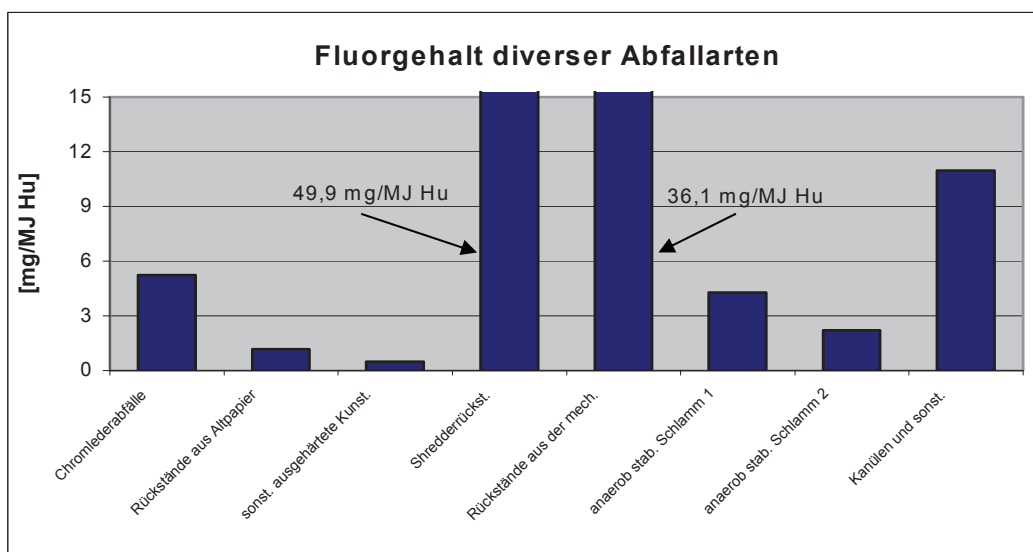


Abbildung 4.24: Fluorgehalt diverser Abfallarten

4.3.4.2 Schwefel

In der Abbildung 4.25 sind die Schwefelgehalte einzelner Abfallarten grafisch dargestellt. Auffallend sind die hohen S-Gehalte der untersuchten Faulschlämme.

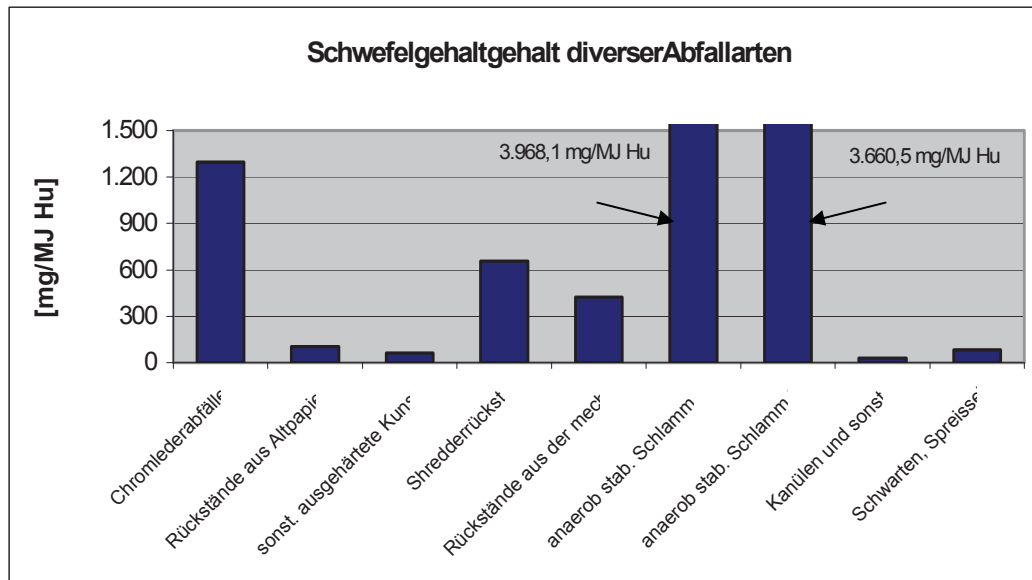


Abbildung 4.25: Schwefelgehalt diverser Abfallarten

4.3.4.3 Schwermetalle

In den folgenden Grafiken (Abbildungen 4.26 - 4.29) ist der Schwermetallgehalt der einzelnen Abfallarten, die über die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle hinaus untersucht worden sind, dargestellt. Generell sind die Schwermetallkontaminationen der Abfallart „Shredderrückstände (Leichtfraktion)“ und die der Faulschlämme (Ausnahme: Cd, Hg, Ni, As und Sb) im Vergleich zu den Gehalten in den anderen Abfallarten relativ hoch.

Hinsichtlich Quecksilber entsprechen alle der analysierten Abfallarten den Eingangsanforderungen der RVL.

Bei den Elementen Cd und Tl (\Rightarrow Summenparameter) überschreiten die „Shredderrückstände (Leichtfraktion)“ mit 4,11 mg/MJ und die „Rückstände aus der mechanischen Abfallbehandlung“ mit 0,51 mg/MJ den zulässigen RVL-Grenzwert von 0,5 mg/MJ.

Bei Pb, Zn und Cr (\Rightarrow Summenparameter) sind die Werte bei den Abfallarten „Shredderrückstände (Leichtfraktion)“ mit 1590,35 mg/MJ und den Faulschlämmen mit 524,11 bzw. 1697,25 mg/MJ zu hoch für eine thermische Verwertung in der WS-Feuerungsanlage der RVL (geforderter Grenzwert: 230 mg/MJ).

Hinsichtlich der übrigen analysierten Parameter (As, Co, Ni, Sb, Cu, Mn, V und Sn \Rightarrow Summenparameter) überschreiten alle der betrachteten Abfallarten den Grenzwert der Eingangsanforderungen bei der RVL von 13 mg/MJ H_u .

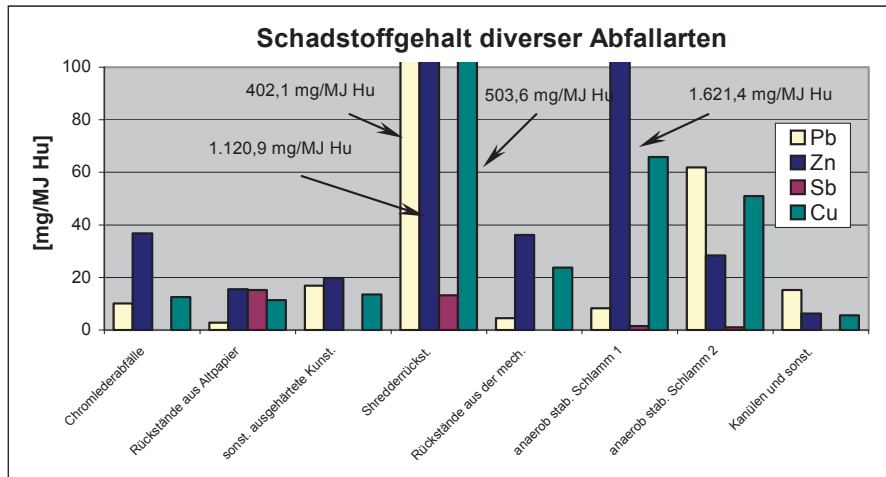


Abbildung 4.26: Pb-, Zn-, Sb und Cu-Gehalt diverser Abfallarten

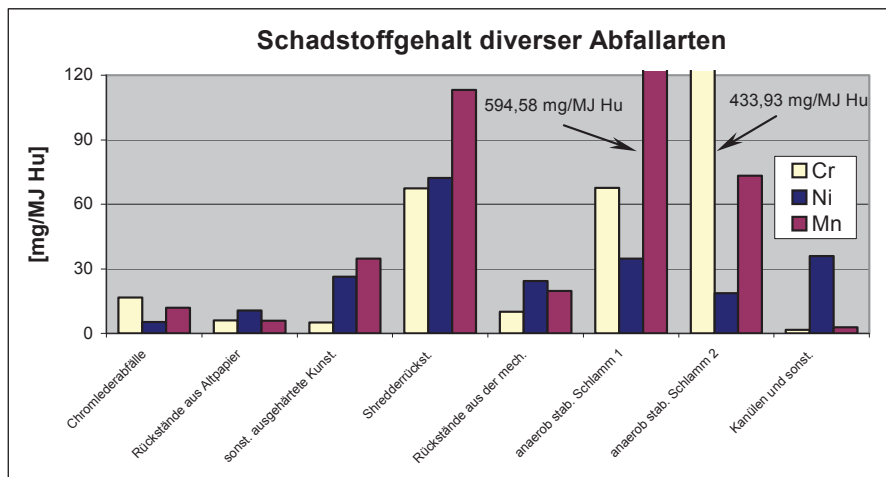


Abbildung 4.27: Cr-, Ni- und Mn-Gehalt diverser Abfallarten

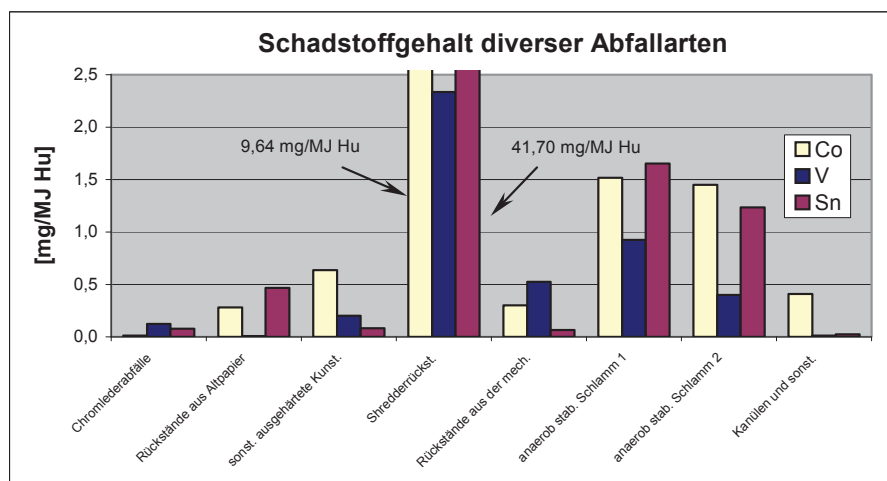


Abbildung 4.28: Co-, V- und Sn-Gehalt diverser Abfallarten

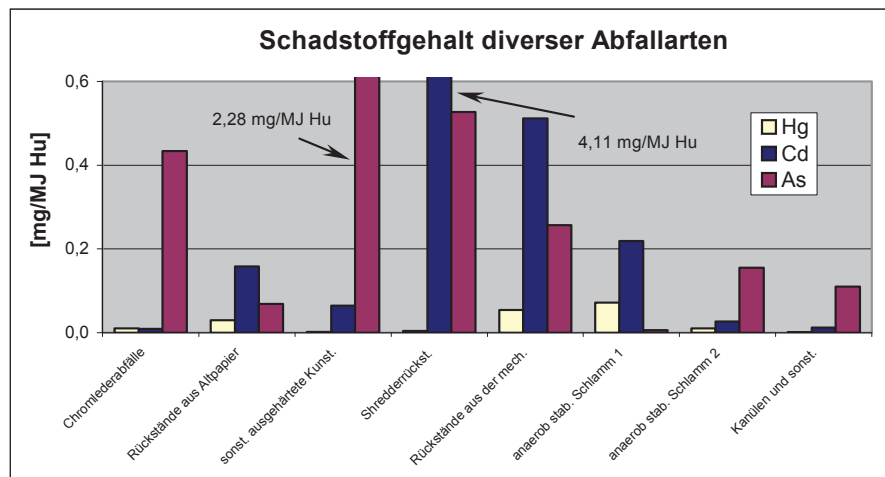


Abbildung 4.29: As-, Cd- und Hg-Gehalt diverser Abfallarten

4.3.4.4 Organische Schadstoffe

Aufgrund des hohen Analysenaufwands liegen die Analysenwerte bezüglich der Belastung der Abfallarten gleichbleibender Zusammensetzung mit organischen Schadstoffen zur Zeit noch nicht vor. Diese Ergebnisse werden im Endbericht zu diesem Pilotprojekt (März 1999) ausgewertet.

5 Mechanische Behandlung der Gewerbeabfälle

5.1 Allgemein

Nach Anlage 1 Tabelle 7 DVO „Grenzwerte für Schadstoffgesamtgehalte für Massenabfalldeponien“ gilt bei einem Glühverlust von nicht größer als 8 M-% der TOC-Grenzwert von 50.000 mg/kg TS als eingehalten. Ziel der nachfolgenden Ausarbeitung war es festzustellen, ob mittels mechanischer Behandlung der Gewerbeabfälle ein deponierbares Produkt hergestellt werden kann, das den oben genannten Grenzwert einhält. Als mechanische Behandlung wurde die Siebung gewählt.

5.1.1 Durchführung

Die Fraktionen „Siebdurchgang (24 x 40 mm)“ der einzelnen Sortierungen wurden vor der eigentlichen Handsortierung mittels Absiebung von den hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen abgetrennt. Die Bestimmung der Glühverluste brachte das Ergebnis, daß keine der acht Fraktionen den geforderten Grenzwert von $GV < 8 \text{ M-\%}$ erfüllte (vergleiche Kapitel 4.2.3.2). Daraufhin wurden die Fraktionen „Siebdurchgang (24 x 40 mm)“ einer Korngrößenanalyse unterzogen wobei die Siebschnitte entsprechend den folgenden genannten Korngrößenklassen gewählt wurden:

- 0-2 mm
- 2-6,3 mm
- 6,3-11,2 mm
- 11,2-16 mm
- 16-25 mm
- > 25 mm

Abbildung 5.1 zeigt den anteilmäßigen Schwankungsbereich der KG-Klassen in M-% aus den acht Sortierungen.

Auffällig dabei ist, daß die KG-Klasse 0-2 mm mit einem Durchschnittswert von ca. 46 M-% bei allen acht Proben den größten Anteil ausmacht. Dieser Wert wird allerdings dadurch nach oben verfälscht, daß der Anteil dieser Klasse bei der ersten Sortierung mit ca. 78 M-% deutlich über dem allgemeinen Durchschnitt liegt (Median: 37,5 M-%).

Der Massenanteil der Fraktion „Siebdurchgang (24 x 40 mm)“ an den hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen beträgt ca. 27 M-%. D.h., daß die KG-Klasse 0-2 mm ca. 13 M-% der Gesamtmasse dieser Abfallart ausmacht. Es bleibt jedoch zu bezweifeln, ob mittels großtechnischer Absiebung ebenfalls dieser Massenanteil zu erreichen wäre.

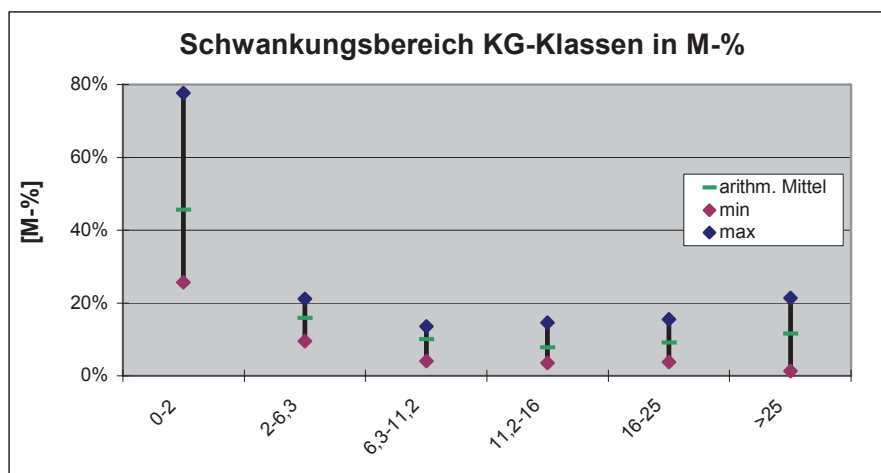


Abbildung 5.1: Massenanteile der KG-Klassen in M-% (inkl. Schwankungsbereich)

5.1.2 Glühverluste

Zu Beginn wurden die Glühverluste der KG-Klasse 0-2 mm bestimmt. Dabei zeigte sich bereits, daß die GV bei sieben von acht untersuchten Proben deutlich über den in der DVO geforderten Grenzwert von 8 M-% lagen. Weil zu erwarten war, daß auch alle anderen KG-Klassen diesen Grenzwert überschreiten würden, wurden die oberen vier KG-Klassen zu den Klassen 6,3-16 mm und > 16 mm zusammengefaßt. Die Ergebnisse der GV-Untersuchung sind in der Abbildung 5.2 dargestellt.

Die Mittelwerte der Glühverluste der einzelnen KG-Klassen liegen zwischen 29 und 42 M-% und damit deutlich über den geforderten Grenzwert. Mit ansteigendem Störstoffgehalt vermindert sich zwar der um den Störstoffgehalt korrigierte Glühverlust, er liegt aber noch immer im Bereich von 30 bis 41 M-%.

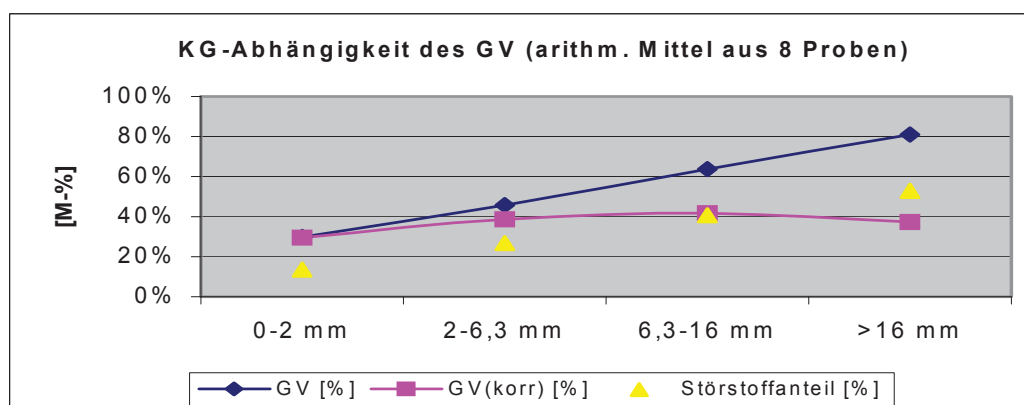


Abbildung 5.2: Korngrößenabhängigkeit des GV

Es bleibt abschließend festzustellen, daß es mittels mechanischer Vorbehandlung (Absiebung) der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle nicht möglich ist, ein deponierbares Produkt, das den Anforderungen der DVO gerecht wird, zu gewinnen.

5.1.3 Analyseergebnisse

Im folgenden wurden die Schadstoffgesamtgehalte und die Schadstoffgehalte im Eluat bestimmt. Die angewandte Analysenmethodik entspricht den Vorgaben der DVO.

5.1.3.1 Eluatwerte

In Tabelle 5.1 sind die Eluatwerte der Fraktionen 0 – 2 mm zusammengefaßt und den in der DVO geforderten Grenzwerten gegenübergestellt.

Tabelle 5.1: Eluatwerte der Fraktion 0-2 mm

Schadstoffgesamtgehalte im Eluat	Grenzwerte nach DVO [mg/kg TS]	Meßwerte [mg/kg TS]		
		min	max	Ø ²
Lösliche Anteile und pH-Wert				
pH-Wert	6 bis 13	6,47	12,63	7,98
Abdampfrückstand	100.000	53.663	190.768	122.842
Anorganische Stoffe:				
Chrom sechswertig (als Cr)	20,0	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Eisen (als Fe)	i.G.f.	1,44	196,23	32,61
Ammonium (als N)	10.000	n.u.	n.u.	n.u.
Nitrat (als N)	i.G.f.	5,06	944,84	156,17
Nitrit (als N)	1.000	< 0,05	231,15	< 0,05
Cyanide, leicht freisetzbar (als	100	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fluorid (als F)	2.000	1,48	2.323,7	481,53
Phosphat (als P)	i.G.f.	5,93	112,35	40,59
Sulfat (als SO ₄)	25.000	5.264	15.668	11.480
Organische Summenparameter:				
TOC (als C)	i.G.f.	297,9	28.982,7	7.601,8
EOX (als Cl)	30,0	27,73	74,46	45,49
Anionenaktive Tenside (als TBS)	i.G.f.	3,15	19,93	10,36

Wie aus Tabelle 5.1 ersichtlich, werden die Grenzwerte für Schadstoffgehalte im Eluat für die Fraktion < 2 mm beim Abdampfrückstand und beim Nitratgehalt überschritten. Alle anderen Werte liegen zum Teil deutlich unter den jeweiligen Grenzwerten der DVO.

² Arithmetisches Mittel aus sieben Proben (2. – 8. Sortierung)

5.1.3.2 Gesamtgehalte

In Tabelle 5.2 sind die Schadstoffgesamtgehalte der Fraktion 0 – 2 mm dargestellt und den in der DVO festgesetzten Grenzwerten gegenübergestellt.

Tabelle 5.2: Schadstoffgesamtgehalte der Fraktion 0-2 mm

Schadstoffgesamtgehalte	Grenzwerte nach DVO [mg/kg TS]	Meßwerte [mg/kg TS]		
		min	max	Ø. ³
Anorganische Stoffe:				
Arsen (als As)	500	0,76	6,14	3,60
Barium (als Ba)	10.000	375,56	2.050,3	1.001,4
Blei (als Pb)	3.000	39,64	3.806,6	719,73
Cadmium (als Cd)	30	< 0,5	21,93	4,57
Chrom gesamt (als Cr)	5.000	83,89	397,74	214,68
Cobalt (als Co)	500	< 10	52,49	20,84
Kupfer (als Cu)	5.000	54,54	26.448	5.287,1
Nickel (als Ni)	2.000	116,95	589,50	274,99
Quecksilber (als Hg)	20	< 0,5	8,40	< 0,5
Silber (als Ag)	50	< 10	20,98	< 10
Zink (als Zn)	5.000	275,83	5.480,0	1.700,9
Organische Summenparameter:				
Ges. org. Kohlenstoff, TOC (als C)	50.000	11.725	229.403	149.291
Summe der Kohlenwasserstoffe	20.000	508,67	10.732	5.833,4
Ausblasbare org. geb. Halogene, POX, (als Cl)	1.000	0,00	0,01	0,01
Summe der polyzyklischen arom. Kohlenwasserstoffe (PAK)	100	0,61	2,68	1,59

Wie aus Tabelle 5.2 ersichtlich, liegen alle durchschnittlichen Meßwerte unter den jeweiligen Grenzwerten der DVO. Eine Ausnahme bildet lediglich das Kupfer, dessen Durchschnittswert mit ca. 5.300 mg/kg TS aber nur knapp über dem vorgegebenen Grenzwert liegt. Dies ist allerdings auf einen stark erhöhten Wert in der sechsten Sortierung zurückzuführen. Der Median von Kupfer liegt bei 237,4 mg/kg TS.

³ Arithmetisches Mittel aus acht Proben (1.-8. Sortierung)

6 Zuordnung der untersuchten Abfälle zu verschiedenen Entsorgungsoptionen

Im folgenden wird versucht, die untersuchten Abfälle (Gewerbeabfälle und diverse Abfälle) entsprechend ihrer Zusammensetzung und ihrem Schadstoffpotential den nachfolgend genannten Entsorgungsoptionen zuzuordnen:

Entsorgungsoption 1: Abfälle, die aufgrund des hohen Inertstoffanteils und „geringen“ Schadstoffgehaltes direkt deponiert werden können;

Entsorgungsoption 2: Abfälle, die sich prinzipiell aufgrund ihres hohen unteren Heizwertes (H_u) und der geringen Schadstoffgehalte für die thermische Verwertung in gewerblichen oder industriellen Feuerungsanlagen eignen;

Entsorgungsoption 3: Abfälle, die relativ hohe Energieinhalte (hohe H_o) aufweisen, aber aufgrund des hohen Schadstoffpotentials nur für Behandlung in einer Müllverbrennungsanlage (MVA) geeignet sind;

Entsorgungsoption 4: Abfälle, die hohe H_o aufweisen und sich nach einer Trockenstabilisierung aufgrund des relativ geringen Schadstoffpotentials prinzipiell thermisch verwerten lassen;

6.1 Direkte Deponierung (Entsorgungsoption 1)

6.1.1 Allgemein

Wie in Kapitel 2 der vorliegenden Arbeit besprochen, ist aufgrund der gesetzlichen Änderungen die direkte Deponierung von Abfällen nur mehr bis Ende 2003 zulässig. Darüber hinaus können aber Abfälle, die von vornherein den in der DVO formulierten Grenzwerte entsprechen, weiterhin unbehandelt deponiert werden. Im vorliegenden Fall werden die Analysenwerte mit den Grenzwerten für Schadstoffgesamtgehalte und Schadstoffgehalte im Eluat einer Massenabfalldeponie verglichen.

6.1.2 Beurteilung der Abfallarten hinsichtlich Entsorgungsoption 1

Die untersuchten Gewerbeabfälle weisen einen durchschnittlichen GV von 60,4 M-% auf (Schwankungsbreite 30,9 – 74,2 M-%) und übersteigen somit den laut der DVO geforderten Grenzwert von 8 M-% um ein Vielfaches. Die Entsorgungsoption der direkten Deponierung entfällt für diese Abfallart in jedem Fall.

Ähnliches gilt für die Abfälle gleichbleibender Zusammensetzung. Die Glühverluste der zehn untersuchten Abfallarten liegen mit Werten von $GV = 10,2$ M-% bei „Leichtmetallkrätzen (aluminiumhaltig)“ bis $GV = 97,9$ M-% bei „Kanülen und sonstige verletzungsgefährdende Gegenstände“ ebenfalls in einem Bereich, der die direkte Deponierung für diese Abfallarten auf jeden Fall ausschließt.

6.2 Thermische Verwertung in industriellen Feuerungsanlagen (Entsorgungsoption 2)

6.2.1 Allgemein

Werden Abfälle oder einzelne Abfallfraktionen außerhalb von Abfallverbrennungsanlagen (MVA) in energieintensiven Produktionsprozessen eingesetzt, spricht man von Mitverbrennung oder Co-Verbrennung. Prinzipiell stehen dazu folgende industrielle Feuerungsanlagen zur Auswahl:

- Industriekraftwerke,
- Kraftwerksfeuerungsanlagen,
- Zementwerke und
- Stahlwerke.

Im Gegensatz zu den konventionellen MVAs steht bei diesen Anlagen nicht die umweltverträgliche Abfallbeseitigung im Vordergrund, sondern es handelt sich in erster Linie um Produktionsanlagen, die Energie benötigen und diese im Normalfall mittels Verbrennung fossiler Primärenergieträger erzeugen.

Durch den Einsatz von Sekundärbrennstoffen ergeben sich für die Industriebetriebe insbesondere zwei Vorteile finanzieller Art:

- Einsparung von Primärenergieträger und damit verbunden eine Reduktion der Kosten, und
- Lukrieren von Erlösen durch die thermische Verwertung von (hochkalorischen) Abfallfraktionen.

Kritisch gesehen werden muß in diesem Zusammenhang, daß die einzuhaltenden Grenzwerte im Abgas in den einschlägigen Rechtsnormen (z.B. ZemVO) teilweise wesentlich höher sind als die für thermische Abfallbehandlungsanlagen, für welche die Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen (LRV-K) anzuwenden ist [15].

Im vorliegenden Fall werden die Analysewerte mit den Eingangsanforderungen der RVL verglichen. Im wesentlichen handelt es sich dabei um die Parameter Chlor, Fluor, Schwefel und Schwermetalle bezogen auf den unteren Heizwert. Sinnvollerweise werden die Analysewerte deshalb auf den H_u bezogen und in $[mg/MJ H_u]$ angegeben.

Es soll an dieser Stelle jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Eingangsanforderungen der RVL vorerst nur während des Versuchsbetriebes Anwendung finden, und daß bei entsprechend energiereichen Abfallarten auch bei Überschreiten der Grenzwerte dieser Eingangsanforderungen unter der Bedingung einer Rauchgasreinigungsanlage nach dem Stand der Technik (wie sie bei der RVL vorhanden ist) eine thermische Verwertung in Erwägung gezogen werden kann und soll.

6.2.2 Beurteilung der Abfallarten hinsichtlich Entsorgungsoption 2

Der durchschnittliche untere Heizwert der untersuchten hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle beträgt 10,6 MJ/kg Abfall und liegt damit im geforderten Bereich von 6,5 bis 30 MJ/kg. Die unteren Heizwerte der Abfälle gleichbleibender Zusammensetzung liegen ebenfalls alle in diesem Bereich mit Ausnahme der „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ ($H_u = 5,9$ MJ/kg) und der „Anaerob stabilisierten Schlämme (Faulschlämme)“ ($H_u = 2,5$ MJ/kg).

Die Schadstoffgehalte aller untersuchten Abfälle (Gewerbeabfälle und Abfälle gleichbleibender Zusammensetzung) sind in den Abbildungen 6.1-6.5 graphisch zusammengefasst.

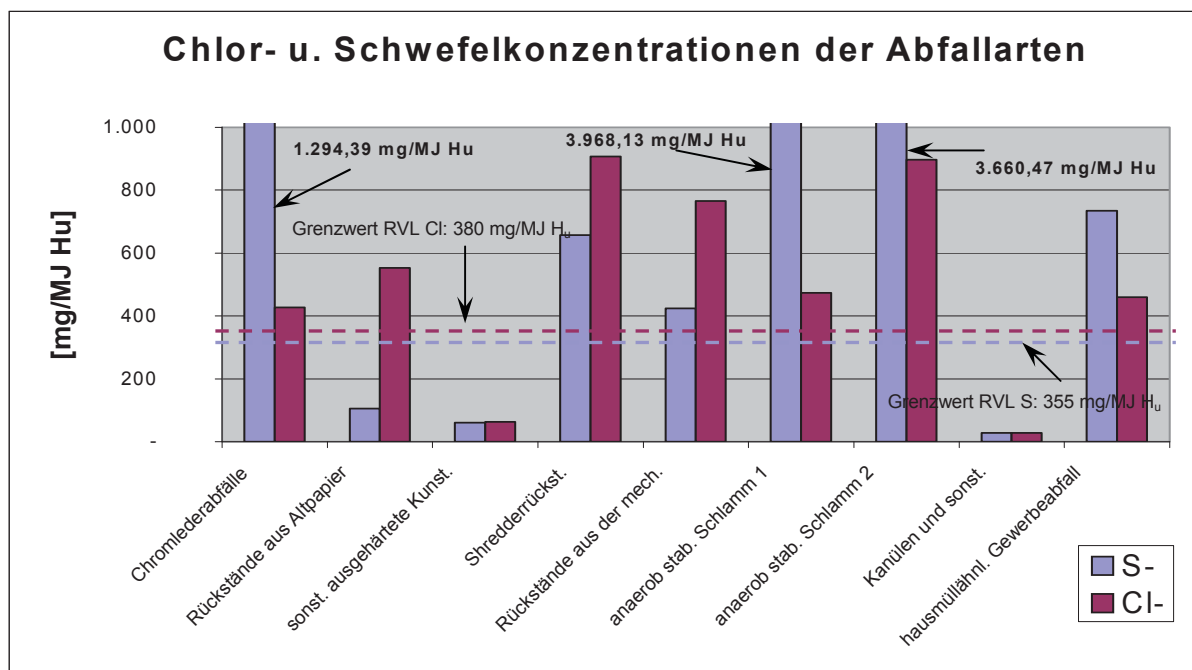


Abbildung 6.1: Chlor- u. Schwefelkonzentrationen der untersuchten Abfallarten

Wie aus Abbildung 6.1 ersichtlich, liegen alle Abfallarten, mit Ausnahme der „Sonstigen ausgehärteten Kunststoffe“ und der „Kanülen und sonstige verletzunggefährdende Gegenstände“ über den während des Versuchsbetriebes geforderten Schwefel- und Chlorgrenzwerten. Die „Rückstände aus der Altpapierverarbeitung“ unterschreiten den Schwefelgrenzwert.

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß bei den hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen nur fünf der insgesamt elf Fraktionen (entspricht 69,2 M-%) auf Schwermetallgehalte untersucht wurden. Für die Fraktion „Pappe/Papier“ wurden (wo vorhanden) Literaturwerte [16,17] als Berechnungsgrundlage herangezogen. Bei den übrigen Parametern der Fraktion „Pappe/Papier“ sowie bei der Fraktion „Materialverbunde“ das selbe Schadstoffpotential angenommen, wie unter Berücksichtigung der Massenanteile der einzelnen Fraktionen für den beprobten Teilstrom der Gewerbeabfälle (5 Fraktionen) bestimmt wurde. Lediglich für die Fraktionen „Glas“, „Metalle (Fe/NE)“, „gefährliche Abfälle“ und „Mineralien“ wurde

eine eventuelle Schwermetallbelastung vernachlässigt. Der Anteil dieser Fraktionen beträgt durchschnittlich 10,2 M-%.

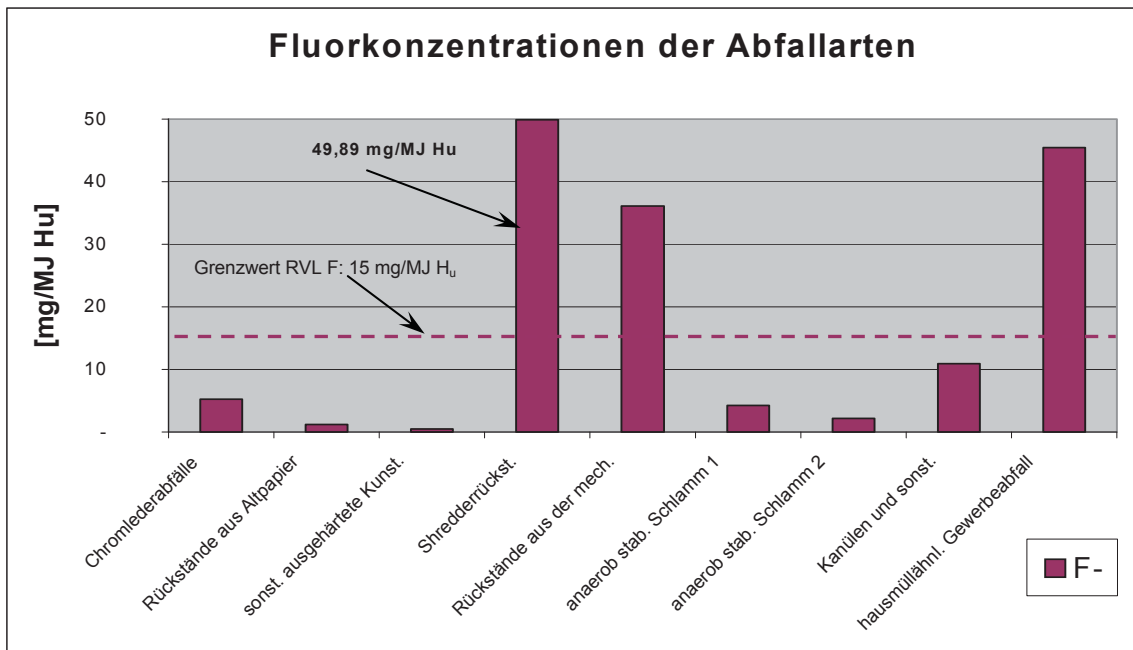


Abbildung 6.2: Fluorgehalte der Abfallarten

Abbildung 6.2 zeigt, daß der geforderte F-Grenzwert von 15 mg/MJ von den Abfallarten „Shredderrückstände“, „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ und den „Hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen“ überschritten wird.

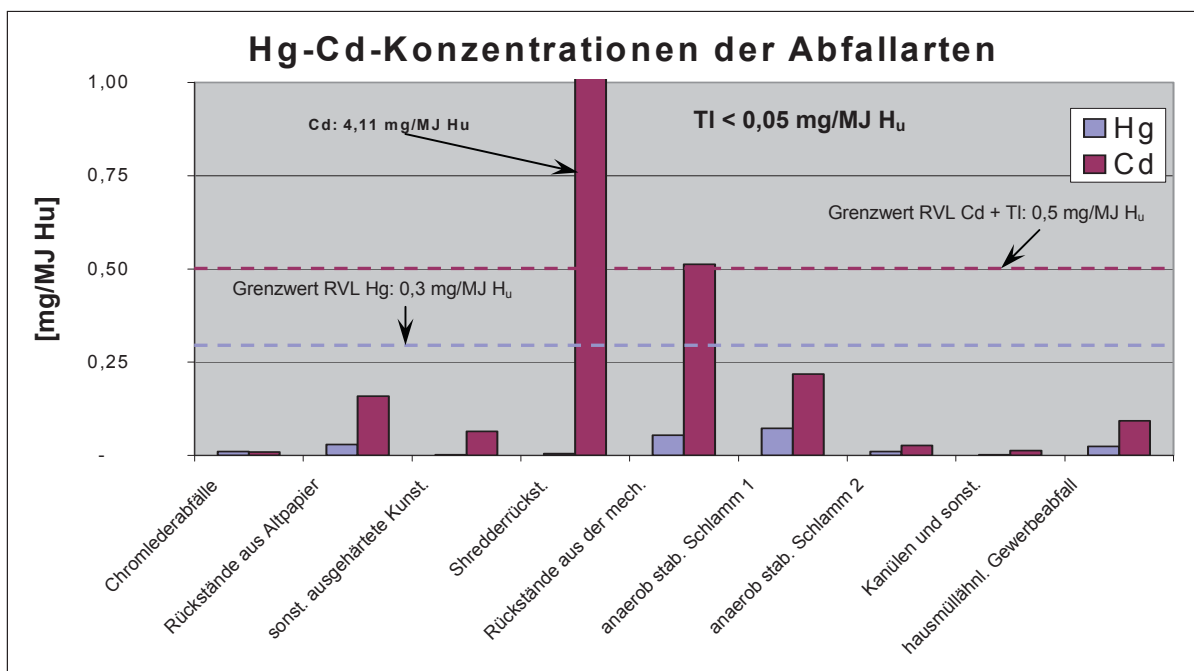


Abbildung 6.3: Hg-Cd-TI-Konzentrationen der Abfallarten

Abbildung 6.3 zeigt, daß alle untersuchten Abfallarten den geforderten Hg-Grenzwert deutlich unterschreiten. Die „Shredderrückstände“ übersteigen den Cd-Grenzwert. Die „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ liegen mit ihrem Cd-Wert ebenfalls knapp über dem Grenzwert.

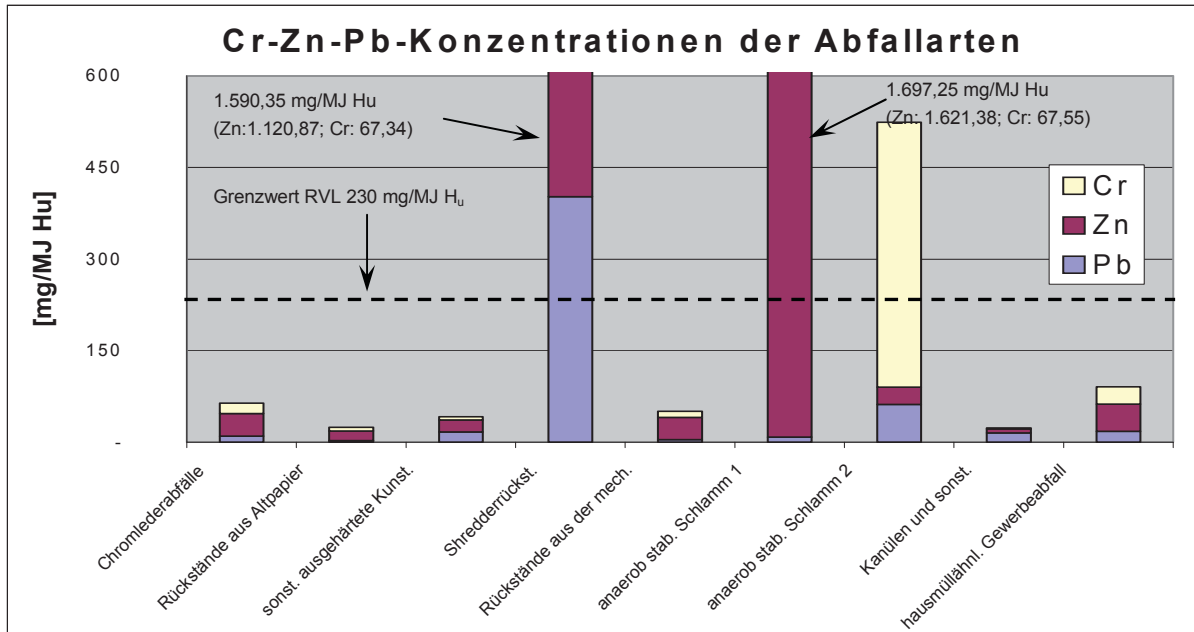


Abbildung 6.4: Cr-Zn-Pb-Konzentrationen der Abfallarten

Wie Abbildung 6.4 zeigt, unterschreiten mit Ausnahme der „Shredderrückstände“ und den beiden „Anaerob stabilisierten Schlämme (Faulschlämme)“ alle anderen Abfallarten den Grenzwert von 230 mg/MJ H_u für den Summenparameter Cr-Zn-Pb.

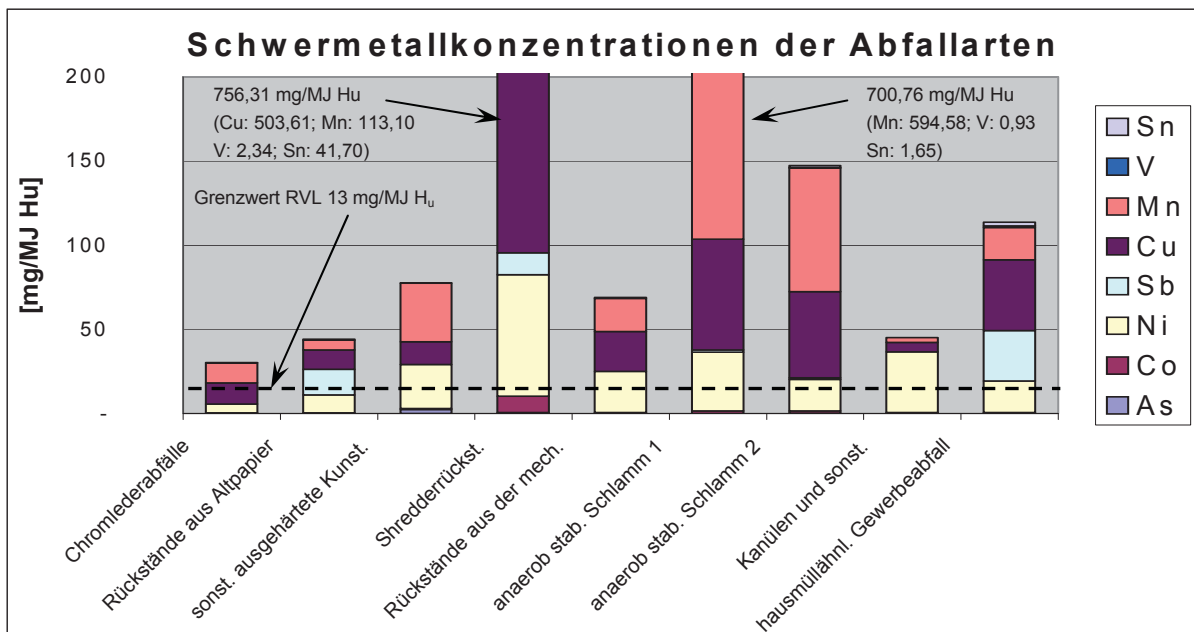


Abbildung 6.5: Diverse Schwermetallgehalte der untersuchten Abfallarten

Abbildung 6.5 zeigt, daß alle untersuchten Abfallarten den Grenzwert von 13 mg/MJ H_u für diesen Summenparameter überschreiten.

Zusammengefaßt ergibt sich aus diesen Ergebnissen, daß die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle aufgrund ihrer Schadstoffgehalte trotz des ausreichend hohen Heizwertes während des Versuchsbetriebes nur bedingt in der RVL einsetzbar sind. Ebenfalls bedingt einsetzbar sind einige Abfallarten gleichbleibender Zusammensetzung. Die „anaerob stabilisierten Schlämme (Faulschlämme)“ weisen einen sehr niedrigen H_u auf und liegen bei einigen Schadstoffgehalten über den Eingangsanforderungen der RVL. Insbesondere bei den Abfallarten „Rückstände aus der Altpapierverarbeitung“ und „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ wäre aufgrund der hohen Wassergehalte jedoch die Option einer biologischen Trocknung (Trockenstabilisierung) mit einer nachfolgenden thermischen Verwertung in Erwägung zu ziehen.

Wie man auch sieht, liegen die Größenordnungen der Schadstoffkonzentrationen in den meisten Fällen im Bereich der Eingangsanforderungen der RVL. Insofern kann aufgrund der vorhandenen aufwendigen Gasreinigung nach dem Abschluß des Versuchsbetriebes durchaus an eine thermische Verwertung dieser Abfallarten gedacht werden. Eine Ausnahme bilden die „Shredderrückstände“, die zwar einen hohen H_u aufweisen, in ihren Schadstoffgehalten aber über allen Grenzwerten liegen. Diese Abfallart ist für eine thermische Behandlung in der RVL nicht geeignet.

6.3 Thermische Behandlung in einer MVA (Entsorgungsoption 3)

6.3.1 Allgemein

Für die thermische Behandlung in MVAs gibt es keine Eingangsanforderungen an den Input. Dafür sind die Grenzwerte für die gasförmigen Emissionen durch die LRV-K strenger geregelt.

6.3.2 Beurteilung der Abfallarten hinsichtlich Entsorgungsoption 3

Die betrachteten Abfallarten können bedenkenlos thermisch in einer MVA behandelt werden. Aufgrund des geringen Wirkungsgrades einer MVA [18] im Vergleich zu einer industriellen Feuerungsanlage ist deswegen vor allem bei entsprechend heizwertreichem Material an eine thermische Verwertung in industriellen Feuerungsanlagen zu denken. Bei der Beurteilung muß insbesondere das Schadstoffpotential der Abfallarten mit der Leistungsfähigkeit der vorhandenen Gasreinigung verglichen werden.

Nur bedingt geeignet für eine thermische Behandlung in einer MVA sind die „anaerob stabilisierten Schlämme (Faulschlämme)“, weil diese wegen ihres hohen Wassergehaltes einen sehr niedrigen H_u aufweisen (durchschnittlich 2,5 MJ/kg Abfall). Durch das Vorschalten einer gezielten Trocknung würde sich der H_u entsprechend erhöhen. Obwohl die „Leichtmetallkrätzen (aluminiumhaltig)“ so gut wie keinen Heizwert aufweisen, sind sie aufgrund ihres Glühverlustes (GV = 10,24 M-%) zukünftig vor einer Deponierung thermisch zu behandeln.

6.4 Trockenstabilisierung mit nachfolgender thermischer Verwertung (Entsorgungsoption 4)

6.4.1 Allgemein

Grundsätzlich sind in der Mechanisch-Biologischen Restabfallbehandlung (MBR) drei unterschiedliche Verfahrensvarianten denkbar:

- Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung vor der Deponierung MBRVD
- Mechanisch-Biologisches Restabfallsplitting MBRS
- Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung vor der Verbrennung MBRVV (Trockenstabilisierung)

Diese drei Verfahrensschemen sind nachfolgend in Abbildung 7.6 graphisch dargestellt.

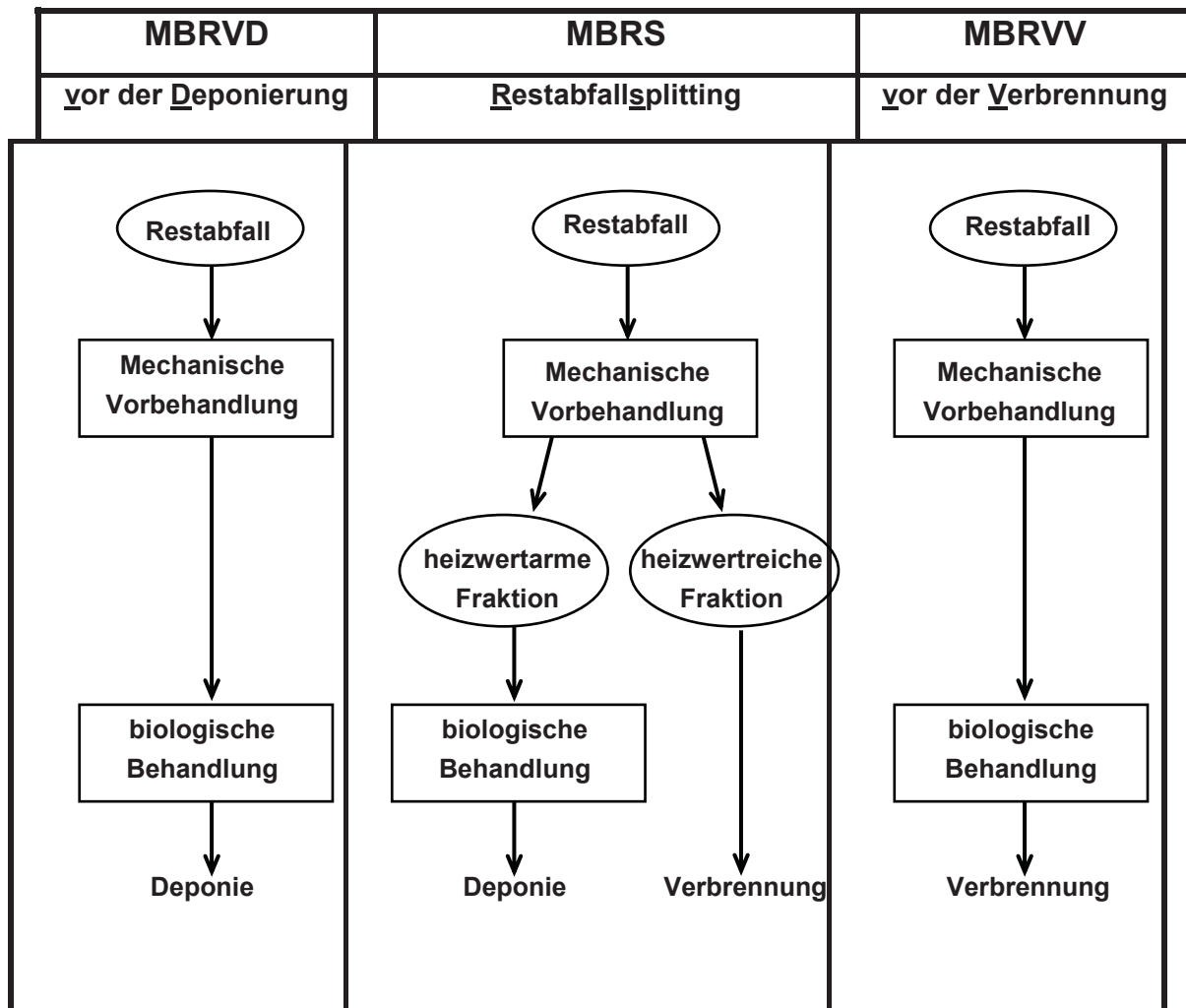


Abbildung 6.6: Grundlegende Varianten der MBR [19]

Das Ziel einer mechanisch-biologischen Abfallaufbereitung in Form eines Endrotteverfahrens (MBRVD) ist durch weitgehenden „Abbau der biologisch abbaubaren Inhaltsstoffe ein gut ablagerungsfähiges Material zu erzeugen. „Gut ablagerungsfähig“ ist in diesem Fall so zu verstehen, daß das Gasbildungspotential und das Potential zur Schadstoffbefrachtung des Sickerwassers durch den vorgezogenen Abbau eines großen Teils der biologisch zersetzbaren Komponenten deutlich reduziert wird“ [20].

Das mechanisch-biologische Restabfallsplitting (MBRS) ist nach § 2 (26) DVO wie folgt definiert:

„Eine mechanisch-biologische Vorbehandlung ist eine verfahrenstechnische Kombination mechanischer und biologischer Prozesse zur Vorbehandlung von Abfällen. Ziel der mechanischen Prozesse ist die Separierung von für eine biologische Behandlung wenig geeigneten Stoffen, von Störstoffen und Schadstoffen sowie eine Optimierung des biologischen Abbaues der verbleibenden Abfälle durch Erhöhung der Verfügbarkeit und Homogenität. Ziel der biologischen Prozesse ist der weitestgehende Abbau verbliebener organischer Substanzen (Ab- und Umbau biologisch abbaubarer Bestandteile) durch die Anwendung anaerob-aerober oder aerober Verfahren. Mechanisch-biologisch vorbehandelte Abfälle zeichnen sich durch eine deutliche Reduzierung des Volumens, des Wassergehaltes und des Gasbildungspotentials sowie durch eine deutliche Verbesserung des Auslaugverhaltens und des Setzungsverhaltens aus.“

Nach dieser Definition ist die Biologie im Rahmen des Restabfallsplittings wie bei der MBRVD zu betreiben. Der mechanischen Behandlung kommt aber eine weitaus größere Bedeutung zu. Im Rahmen der MBRVD geht es ausschließlich darum, die Randbedingungen für die anschließende biologische Behandlung zu optimieren. Beim Restabfallsplitting ist darüber hinaus insbesondere die Abtrennung heizwertreicher Materialien durch mechanische Behandlungsschritte sicherzustellen [5].

Im Gegensatz zur MBRVD hat die Trockenstabilisierung das Ziel, den Kohlenstoff im Abfall zu erhalten und durch eine Stabilisierung zu konservieren. Das bedeutet, daß der Abbau von Kohlenstoffverbindungen im Gegensatz zum Endrotteverfahren unerwünscht ist [20]. Das während einer sieben- bis zehntägigen Behandlung gewonnene Stabilat weist aufgrund des durch die Trocknung verringerten Wassergehaltes ($WG < 15 \text{ M-\%}$) einen erhöhten H_u auf und eignet sich deshalb unter der Annahme eines entsprechend geringen Schadstoffpotentials hervorragend für eine thermische Verwertung in industriellen Feuerungsanlagen.

Das Verfahren der Trockenstabilisierung ist also als Bindeglied zwischen der „klassischen“ MBR und der thermischen Verwertung zu sehen. Sie wird aber nur dann sinnvoll sein, wenn durch diese Behandlungskombination ein Nettoenergiegewinn zu erzielen ist.

Ergebnisse dazu werden im Endbericht zu diesem Pilotprojekt (März 1999) veröffentlicht.

6.4.2 Beurteilung der Abfallarten hinsichtlich Entsorgungsoption 4

Eine Trockenstabilisierung der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle alleine wäre unter Zugrundelegung der Analysenwerte nicht sinnvoll. Aufgrund des geringen Wassergehaltes von 18,6 M-% und des geringen Anteils an biologisch abbaubarer Substanz (12 M-%) würde es wegen fehlender mikrobieller Aktivität zu keiner Selbsterhitzung und damit zu keiner Trocknung dieser Abfallart kommen.

Ähnliches gilt für die Abfälle gleichbleibender Zusammensetzung. Auch hier gibt es unter den zehn untersuchten Abfallarten keine, deren Trockenstabilisierung alleine sinnvoll wäre. Die „Rückstände aus der Altpapierverarbeitung“ und die „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ weisen Wassergehalte von 45,6 bzw. 47,2 M-% auf, sie bestehen aber zum Großteil aus verschmutzten Kunststoffen, Papier- und Holzteilen. Auch bei diesen Abfallarten ist eine Trocknung durch Selbsterhitzung unwahrscheinlich. Das selbe gilt für die „anaerob stabilisierten Schlämme (Faulschlämme)“ mit Wassergehalten von 53,1 bzw. 65,8 M-%, bei denen es aufgrund fehlenden Strukturmaterials zu keiner mikrobiellen Aktivität kommen wird.

Als Behandlungsmöglichkeit bietet sich eine Trockenstabilisierung beim Vermischen von hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen mit den anaerob stabilisierten Faulschlämmen an. Diese Variante widerspricht nicht dem in § 4 (5) DVO formulierten Vermischungsverbot von Abfällen.

„Die zulässige gemeinsame Behandlung verschiedener Abfälle in einer Behandlungsanlage gilt nicht als Vermischung im Sinne der Verordnung.“

Die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle wären nach einer vorherigen mechanischen Aufbereitung (Zerkleinerung mittels Shredder) ein ausreichend gutes Strukturmaterial, und die anaerob stabilisierten Faulschlämme würden die für einen biologischen Prozeß notwendigen Organikanteile liefern. Bei einem entsprechendem Mischungsverhältnis läßt sich ein Gesamtwassergehalt von ca. 45 M-% einstellen, der durch die gezielte Trocknung des Gewerbeabfall-Klärschlammgemisches auf Werte < 15 M-% reduziert werden kann [20].

7 Empfehlung und Ausblick auf die zukünftige Entsorgungspraxis

7.1 Bewertung der Abfallarten hinsichtlich der vier Entsorgungsoptionen

Im folgendem werden die Erkenntnisse aus Abschnitt 6 zusammengefasst, und die Bewertungen hinsichtlich der Eignung für eine Entsorgungsoption tabellarisch dargestellt. Als „Wertungseinheiten“ wurden die Symbole „+“ für „gut geeignet bzw. sinnvoll“, „o“ für „bedingt geeignet bzw. weniger sinnvoll“ und „-“ für „nicht geeignet bzw. nicht sinnvoll“ gewählt. Die Zuordnung zu den Entsorgungsoptionen erfolgt sowohl unter Berücksichtigung der Eignung aufgrund der chemisch-physikalischen Beschaffenheit als auch unter Berücksichtigung der Sinnhaftigkeit der Behandlung bzw. Verwertung einer Abfallart gemäß einer der Entsorgungsoptionen.

Tabelle 7.1: Eignung der Abfallarten hinsichtlich der vier verschiedenen Entsorgungsoptionen (EO)

Bewertung der Abfallarten hinsichtlich der Entsorgungsoptionen				
Abfallart	EO 1	EO 2	EO 3	EO 4
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	-	+	o	o ¹⁾
Chromlederabfälle	-	o	+	-
Schwarten, Spreißel aus sauberem, unbeschichtetem Holz	-	+	-	- ¹⁾
Rückstände aus der Altpapierverarbeitung	-	+	o	+ ¹⁾
Leichtmetallkrätzen, aluminiumhaltig	-	o	+	-
Sonstige ausgehärtete Kunststoffabfälle, ...	-	+	o	-
Shredderrückstände (Leichtfraktion)	-	-	+	-
Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung	-	+	o	+ ¹⁾
Anaerob stabilisierter Schlamm (Faulschlamm)	-	o	+	+ ²⁾
Kanülen und sonst. verletzungsgefährdende Gegenstände	-	+	o	-

1) bei Vermischung mit Klärschlamm
 2) bei Vermischung mit hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen, Schwarten, Spreißel aus sauberem unbeschichtetem Holz, Rückständen aus der Altpapierverarbeitung oder Rückständen aus der mechanischen Abfallaufbereitung

Wie aus der Tabelle 7.1 ersichtlich, wird die Zuordnung der Abfallarten zu EO 1 als „nicht geeignet bzw. nicht sinnvoll“ angesehen.

Bei der Zuordnung zur thermischen Behandlung (EO 3) oder thermischen Verwertung (EO 2) ist in jedem Fall das Schadstoffpotential der jeweiligen Abfallart der im jeweiligen Fall vorhandenen Gasreinigung gegenüberzustellen.

Die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle und die Abfallarten „Schwarten, Spreißel aus sauberem, unbeschichtetem Holz“, „Rückstände aus der Altpapierverarbeitung“, „Sonstige, ausge-

härtete Kunststoffabfälle, ... “ und „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ werden bezüglich EO 2 aufgrund des hohen Heizwertes bei gleichzeitig relativ niedrigem Schadstoffgehalt als „gut geeignet bzw. sinnvoll“ eingestuft. Es soll an dieser Stelle aber noch einmal darauf hingewiesen werden, daß es sich speziell bei den „hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen“ und den „Rückständen aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ um sehr heterogene Abfallarten handelt, deren Schadstoffpotential noch nicht ausreichend untersucht worden ist. Die Zuordnung der „Shredderrückstände (Leichtfraktion)“ zu dieser EO wird als „nicht geeignet bzw. nicht sinnvoll“ erachtet.

Aufgrund des hohen Schadstoffgehaltes ist die Behandlung der Abfallarten „Chromlederabfälle“, „Leichtmetallkrätzen (aluminiumhaltig)“, „Shredderrückstände (Leichtfraktion)“ und der „anaerob stabilisierten Schlämme (Faulschlämme)“ hinsichtlich EO 3 „gut geeignet bzw. sinnvoll“. „Nicht geeignet bzw. nicht sinnvoll“ erscheint die Behandlung der „Schwarten, Spreißel aus sauberem, unbeschichtetem Holz“ in einer MVA, weil der technische Aufwand bei gleichzeitig niedrigem Wirkungsgrad für Abfälle mit sehr geringem Schadstoffpotential ökologisch und auch ökonomisch nicht sinnvoll ist.

Die Behandlung gemäß EO 4 erscheint für die Abfallarten „Rückstände aus der Altpapierverarbeitung“ und für „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ als „gut geeignet bzw. sinnvoll“. EO 4 für „anaerob stabilisierten Schlamm (Faulschlamm)“ erscheint unter der Voraussetzung einer Vermischung mit einer der vorher genannten Abfallarten bzw. mit hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen als „gut geeignet bzw. sinnvoll“.

Anzumerken ist noch, daß die Abfallart „Schwarten, Spreißel aus sauberem, unbeschichtetem Holz“ hinsichtlich aller Entsorgungsoptionen bewertet wurde, obwohl wegen des als sehr gering anzunehmenden Schadstoffpotentials keine Analyse der Schadstoffgehalte durchgeführt wurde.

7.2 Ausblick auf die zukünftige Entsorgungspraxis

Aufgrund der neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen in Österreich, insbesondere der WRG-Novelle-Deponien vom 17. Juni 1997, wodurch in mehreren Schritten ab dem 1.7.1998 die Anpassung von bestehenden Deponien an den Stand der Technik zu erfolgen hat (vgl. Kapitel 2.4), kann in näherer Zukunft mit einer Verfüllung der bestehenden Deponien und regional mit weiterem Preisverfall der Deponierungspreise gerechnet werden. In der Übergangsphase bis zum Jahr 2004, im Falle der Inanspruchnahme an Verordnungskompetenz nach § 31d Abs.7 WRG bis zum Jahr 2009, ist davon auszugehen, daß damit ein Wettbewerbsnachteil für neu zu errichtende Behandlungsanlagen besteht. Diese neuen Rechtsvorschriften werden in Verbindung mit dem UVP-Gesetz und angesichts der vorhandenen Überkapazitäten auf dem Deponiesektor kaum mehr neue Deponieprojekte erwarten lassen [21].

Die mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen hat seit mehr als zwanzig Jahren einen festen Platz in der österreichischen Abfallwirtschaft und hat sich in dieser Zeit verfahrenstechnisch weiterentwickelt. Bis zu Beginn der 90er Jahre wurden die Anlagen zur Kompostierung von Mischmüll mit oder ohne Zugabe von Klärschlamm eingesetzt, und das Produkt wurde als Müllkompost veräußert. Diese Form der außerbetrieblichen Verwertung wurde aufgrund hoher Schad- und Störstoffgehalte immer schwieriger und ist seit der Einführung der getrennten Sammlung und Verwertung von Bioabfällen kaum noch möglich. Deshalb werden die meisten Betriebsanlagen schon seit längerer Zeit zur Behandlung von Hausmüll bzw. Restmüll und Klärschlamm vor der eigentlichen Deponierung eingesetzt. Das Rottegut wurde und wird teilweise als Betriebsmittel in Form von Zwischenabdeckungs- und Rekultivierungsmaterial verwendet oder deponiert [5].

Durch die DVO in Verbindung mit dem WRG werden nun weitergehende Anforderungen an die Endprodukte der MBR gestellt, die spätestens bis zum 1.1.2004 einzuhalten sind. Demzufolge dürfen mechanisch-biologisch vorbehandelte Restabfälle nur noch in getrennten Kompartimenten von Massenabfalldeponien abgelagert werden, wenn die Grenzwerte für Schadstoffgesamtgehalte und Schadstoffgehalte im Eluat eingehalten werden (vgl. Kapitel 2.3). Bisherige Untersuchungen zeigen, daß diese Anforderungen schon heute von den Betriebsanlagen ohne Probleme erfüllt werden. Lediglich die zusätzlich geforderte Absenkung des oberen Heizwertes unter 6.000 kJ/kg TS kann derzeit von keiner MBRA in Österreich im Regelbetrieb mit Sicherheit eingehalten werden [5]. Diese Reduktion des H_o auf < 6.000 kJ/kg TS kann zukünftig nur durch die konsequente Umsetzung des mechanisch-biologischen Restabfallsplittings (MBRS) erreicht werden, indem die Abtrennung und thermische Behandlung der biologisch nicht abbaubaren, heizwertreichen Bestandteile und eine optimierte aerobe oder eine aerob/anaerobe biologische Behandlung von ca. 12 bis 16 Wochen miteinander kombiniert werden.

Durch die DVO wird die thermische Abfallverwertung in Österreich indirekt favorisiert, wobei die betriebswirtschaftliche Realisierbarkeit noch durch die schrittweise Erhöhung der Deponieabgabe (Altlastensanierungsabgabe) begünstigt wird [22] (vgl. Kapitel 2.5).

Der Erfolg des mit den neuen Deponievorschriften eingeleiteten Trends zur Abfallbehandlung in spezifischen, den Stand der Technik entsprechenden Abfallverbrennungsanlagen hängt nicht nur vom erfolgreichen Vollzug der neuen Deponievorschriften ab. Der Trend zur Verwendung von Abfall als Ersatzbrennstoff könnte nämlich den durch verstärkten Einsatz spezifischer Abfallverbrennungsanlagen zu erwartenden Erfolg für die Umwelt wieder gefährden [21].

Vielfach werden Abfälle, die an sich in spezifischen Abfallverbrennungsanlagen beseitigt werden sollten, der energetischen Verwertung durch eine Mitverbrennung in Industrieanlagen zugeführt. Die technischen Standards dieser Anlagen zur Verminderung der Schadstoffemissionen im Abgas sind jedoch in der Regel, obwohl durch branchenspezifische Verordnungen festgelegt und gesetzeskonform ausgeführt, wesentlich niedriger als bei Müllverbrennungsanlagen und entsprechen nicht dem Stand der Technik. Dadurch entstehen bei der industriellen Mitverbrennung von Abfällen deutliche Kostenvorteile gegenüber der MVA bei gleichzeitig höheren Emissionen. Bei entsprechend geringem Schadstoffpotential bzw. entsprechend ausgeführter Gasreinigung ist es aber durchaus sinnvoll, an eine thermische Verwertung in industriellen Feuerungsanlagen zu denken. Dies wäre vor allem aus zwei Aspekten sehr attraktiv:

- Substitution von Primärenergieträgern und damit, z.B. im Fall des Altholzes, eine insgesamt verbesserte CO₂-Bilanz, und
- eine hochwertige thermische Verwertung mit hohen Wirkungsgraden.

Die Verwendung von Abfall als Brennstoff in bestehenden Industrieanlagen wird schon aufgrund des zeitlichen Vorteils der Verfügbarkeit der Kapazitäten forciert werden. Es ist jedoch unumgänglich, sowohl für die Mitverbrennung als auch für die eigentliche thermische Behandlung (MVA) gleichwertige gesetzliche Rahmenbedingungen zu schaffen, damit nicht

„ein verstärkter Einsatz von Abfällen in Industrieanlagen dazu führen könnte, daß die Errichtung neuer Anlagen schon aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Angriff genommen wird und somit die Möglichkeiten zur Umsetzung neuer Technologien entsprechend dem Stand der Technik zur thermischen Behandlung von Abfällen verringert werden“ [21].

Der Einsatz von Abfällen in Industrieanlagen, die nicht dem Standard von modernen Müllverbrennungsanlagen entsprechen, ist aus heutiger Sicht nur als Übergangslösung anzusehen.

Ergänzend dazu sei noch anzumerken, daß in Österreich seitens des Umweltbundesamtes sowohl Vorschläge für strengere Abgasgrenzwerte gemäß dem Stand der Technik als auch Sonderbestimmungen für die Mitverbrennung von Abfällen in Anlagen zur Erzeugung von

Zement vorgeschlagen wurden. Demzufolge wäre einerseits die prozeßtechnische Optimierung und die Anwendung einer katalytischen Abgasentstickung ab dem 1.1.2002 und andererseits die Beschränkung des Abfalleinsatzes in Hinblick auf einen möglicherweise kritischen Gehalt an Spurenstoffen, wie z.B. Chrom und Quecksilber erforderlich [22]. Dieser Forderung wird beispielsweise seitens der RVL mit den definierten Eingangsanforderungen an den Abfall bereits entsprochen.

Positiv für eine Mitverbrennung in industriellen Anlagen sei noch anzumerken, daß durch die Verwertung ein elektrischer und thermischer Wirkungsgrad je nach Lastzustand von 75 bis 85 % erreicht werden kann [21]. In der Regel liegt dies damit deutlich über dem Wirkungsgrad von Müllverbrennungsanlagen, die in ihrem praktischen Betrieb einen Wirkungsgrad von 45 bis 60 % erreichen [5].

Wie bereits erwähnt, kann die Trockenstabilisierung in Zukunft als Bindeglied zwischen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung und der thermische Verwertung fungieren. Zur Beurteilung, inwieweit dieses Verfahren sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvoll betrieben werden kann, bedarf es noch weiterer Untersuchungen. Ergebnisse dazu werden im Endbericht zum vorliegenden Pilotprojekt im März 1999 veröffentlicht.

Künftig werden es die Entscheidungen der regionalen Abfallwirtschaftsverbände und einzelner Bundesländer sein, die Art und Weise der zukünftigen Restabfallbehandlung festzulegen und umzusetzen. Zusammenfassend kommen prinzipiell die ausschließlich thermische Behandlung und die mechanisch-biologische Restabfallbehandlung in Kombination mit der thermischen Verwertung der heizwertreichen Fraktionen in Frage.

8 Zusammenfassung

Im Pilotprojekt „Restabfallsplitting bzw. Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung vor der Verbrennung (MBRVV) im Abfallwirtschaftszentrum Halbenrain“, das vom IED im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung durchgeführt wird, soll die ökonomische und ökologische Sinnhaftigkeit der Trockenstabilisierung von hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen untersucht werden.

In der vorliegenden Arbeit, mit dem Titel „Charakterisierung der im AWZ Halbenrain angelieferten Abfälle“, wird der erste Teil zu diesem Pilotprojekt bearbeitet. Ziel der Arbeit war es, die im AWZ angelieferten Abfälle, abhängig von ihren Eigenschaften wie Wassergehalt (WG), Glühverlust (GV), Heizwert (H_o , H_u) und den Schadstoffgehalten, direkt oder nach einer mechanischen und/oder biologischen Behandlungsstufe den verschiedenen, prinzipiell möglichen sowie ökologisch und ökonomisch sinnvollen Entsorgungsoptionen zuzuordnen.

Insgesamt wurden im Jahr 1997 ca. 80.700 Mg Abfälle angeliefert, wovon etwa 9.400 Mg einer Verwertung (Kompostierung oder Sortierung) zugeführt und ca. 71.300 Mg deponiert wurden. Die Abfallarten „hausmüllähnlicher Gewerbeabfall“ und die „Abfälle aus der Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Gewässernutzung“ bilden bei den deponierten Abfällen mit ca. 33 bzw. 21,5 M-% die größten Gruppen.

Um den Analysenaufwand auf ein machbares Maß zu reduzieren, wurde die genauere Betrachtung auf jene Abfallanlieferungen eingeschränkt, die 500 Mg im Jahr überschreiten. Mit dieser Beschränkung wurde letztlich ein Abdeckungsgrad von 83,6 % bezogen auf die gesamte deponierte Menge erreicht.

Es erfolgte eine Einteilung der Abfallarten in die zwei Gruppen „hausmüllähnlicher Gewerbeabfall“ und „Abfälle gleichbleibender Zusammensetzung“. Die zweite Gruppe umfaßt zehn untersuchte Abfallarten.

Bei den hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen handelt es sich um sehr heterogene Abfälle mit stark variierender Zusammensetzung. Um dennoch Aussagen zu massenmäßiger Zusammensetzung und Schadstoffpotential tätigen zu können, wurden insgesamt acht Gewerbeabfallsortierungen in der am Standort Halbenrain vorhandenen Sortieranlage durchgeführt, wobei eine Aufspaltung dieser Abfallart in verschiedene Fraktionen erfolgte. Aufgrund der nachfolgenden Untersuchungen der einzelnen Fraktionen konnte festgestellt werden, daß zwei Drittel dieser Abfallart biologisch nicht abbaubar sind, jedoch ca. die Hälfte als gut brennbar zu bezeichnen ist. Der durchschnittliche WG liegt bei 18,6 M-%, der durchschnittliche Glühverlust beträgt 60,4 M-%. Der durchschnittliche untere Heizwert beträgt 10.600 kJ/kg Abfall. Dies entspricht etwa 72 M-% des oberen Heizwertes. Für die Analyse der Schadstoffgehalte wurden die zu untersuchenden Parameter entsprechend den Eingangsanforderungen für Abfälle der RVL Reststoffverwertung Lenzing GMBH ausgewählt. Die Analysenwerte der einzelnen Schadstoffe sind den entsprechenden Kapiteln zu entnehmen, zusammengefaßt übersteigen die Gehalte an Cl, F, S und der Schwermetallsummen-

parameter von Sn+ V+ Mn+ Cu+ Sb+ Ni+ Co+ As die seitens der RVL geforderten Grenzwerte. Als organischer Parameter wurde der TOC bei der Fraktion „Mineralien“ bestimmt. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff liegt bei sieben von acht Proben unter 0,1 g/kg TS. Zusätzlich zu diesen Analysen wurde noch der Frage nachgegangen, ob mittels einer mechanischen Vorbehandlung (Siebung) ein deponierbares Produkt erzeugt werden kann, das den Anforderungen der DVO entspricht. Die Fraktion „Siebdurchgang 24 x 40 mm“ wurde daraufhin in Korngrößenklassen (KG-Klassen) aufgeteilt, die einzeln auf den Parameter Glühverlust untersucht wurden. Die kleinste KG-Klasse (0 – 2 mm) weist bereits einen durchschnittlichen GV von 29 M-% auf, und liegt damit deutlich über dem Grenzwert von 8 M-%. Es ist also mittels einer Siebung kein deponierbares Produkt zu erzeugen.

Von den Abfällen gleichbleibender Zusammensetzung sind die Abfallarten „anaerob stabili-sierter Schlamm (Faulschlamm)“, „Rückstände aus der Altpapierverarbeitung“ und die „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ zu nennen, die relativ hohe Wasser-gehalte (zwischen 45,6 und 65,8 M-%) aufweisen. Der GV ist bei den „Leichtmetallkrätzen (aluminiumhaltig)“ mit 10,2 M-% im Vergleich zu den GV der anderen Abfallarten niedrig. Die Abfallarten „Kanülen, und sonstige verletzungsgefährdende Gegenstände, ...“, „Schwarten; Spreißel aus sauberem, unbeschichtetem Holz“ und die „sonstigen, ausgehärteten Kunst-stoffabfälle“ weisen niedrige Schadstoffgehalte auf. Lediglich die „Shredderrückstände (Leichtfraktion)“ liegen mit allen Schadstoffgehalten über den Eingangsanforderungen der RVL.

Aufgrund der gesamten Analysenwerte wurde eine Zuteilung der untersuchten Abfallarten zu den Entsorgungsoptionen (EO) „direkte Deponierung (EO 1)“, „thermische Verwertung in industriellen Feuerungsanlagen (EO 2)“, „thermische Behandlung in einer MVA (EO 3)“ und der „Trockenstabilisierung mit nachfolgender thermischer Verwertung (EO4)“ vorgenommen. Es zeigt sich, daß keine der untersuchten Abfallarten die Kriterien für eine direkte Deponie-rung (EO 1) erfüllt. Das bedeutet, daß diese Abfallarten zukünftig vor der eigentlichen Depo-nierung zu behandeln sind. EO 2 erscheint für die „hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle“, die „Schwarten, Spreißel aus sauberem, unbeschichtetem Holz“, die „Rückstände aus der Altpa-pierverarbeitung“, „die sonstigen ausgehärteten Kunststoffabfällen“, die „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“ und für die „Kanülen und sonstige verletzungsgefährden-de Gegenstände“ gut geeignet bzw. sinnvoll. Nicht geeignet sind hingegen die „Shredder-rückstände“, die zwar einen hohen Heizwert, aber ein relativ großes Schadstoffpotential auf-weisen. Für die thermische Verwertung in einer MVA (EO 3) sind außer den „Schwarten, Spreißel aus sauberem, unbeschichtetem Holz“ alle Abfallarten zumindest bedingt geeignet, weil es für diese Art der thermischen Behandlung keine Eingangsanforderungen an das In-putmaterial gibt. Es sei an dieser Stelle aber darauf hinzuweisen, daß bei entsprechend heizwertreichem Material mit geringem Schadstoffpotential EO 2 aufgrund des höheren thermischen Wirkungsgrades vorzuziehen ist. Es ist zusätzlich festzuhalten, daß einheitliche gesetzliche Anforderungen hinsichtlich der Verwertung bzw. Behandlung von Abfällen ge-schaffen werden müssen, damit zukünftig auch industrielle Feuerungsanlagen bei Verwer-

tung von Abfällen mit entsprechendem Schadstoffpotential eine Gasreinigung nach dem Stand der Technik aufweisen müssen.

Bedingt geeignet sind die „hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle“ hinsichtlich EO 4. Gut geeignet sind die Abfallarten „Rückstände aus der Altpapierverarbeitung“ und die „Rückstände aus der mechanischen Abfallaufbereitung“. Die „anaerob stabilisierten Schlämme (Faulschlämme)“ sind unter der Voraussetzung für EO 4 gut geeignet, als daß diese Abfallart mit den zuvor genannten vermischt und in Form einer Trockenstabilisierung behandelt wird. Detailliertere Aussagen dazu sind im Endbericht zu diesem Pilotprojekt zu erwarten.

Aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen wird in den nächsten Jahren insbesondere aber ab dem Jahr 2004 verstärkt die thermische Behandlung von Abfällen zur Anwendung kommen. Weiters denkbar ist eine Kombination von thermischen und mechanisch-biologischen Verfahren. Jedenfalls wird die Mitverbrennung von Reststoffen in industriellen Feuerungsanlagen aufgrund der momentan noch fehlenden Kapazität bei thermischen Behandlungsanlagen ebenfalls eine Rolle spielen.

9 Verzeichnisse

9.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Entwicklung des Altlastenbeitrages
Abbildung 3.1:	Das AWZ Halbenrain
Abbildung 4.1:	Zusammenhang zwischen Anlieferungen, Abdeckungsgrad und Analysenaufwand
Abbildung 4.2:	Zusammensetzung der sortierten Chargen (verschiedene Sortierungen) von hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen
Abbildung 4.3:	Zusammensetzung von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall (aus acht Sortierungen; bezogen auf Feuchtschubstanz)
Abbildung 4.4:	Zusammensetzung von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall (aus acht Sortierungen; bezogen auf Trockenschubstanz)
Abbildung 4.5:	Biologische Abbaubarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle
Abbildung 4.6:	Brennbarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle
Abbildung 4.7:	Wassergehalt von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall
Abbildung 4.8:	Glühverlust von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall
Abbildung 4.9:	Unterer Heizwert (H_u) und oberer Heizwert (H_o) von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall
Abbildung 4.10:	Fraktionsabhängigkeit der Heizwerte
Abbildung 4.11:	Relativer Beitrag der einzelnen Heizwertkorrekturen an der Gesamtheizwertkorrektur (Gewerbeabfälle)
Abbildung 4.12:	Chlorgehalt von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall
Abbildung 4.13:	Chlorgehalt der einzelnen Fraktionen
Abbildung 4.14:	Fluorgehalt von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall
Abbildung 4.15:	Fluorgehalt der einzelnen Fraktionen
Abbildung 4.16:	Schwefelgehalt von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall
Abbildung 4.17:	Pb-, Zn-, Sb und Cu-Gehalt der verschiedenen Fraktionen von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall
Abbildung 4.18:	Cr-, Ni- und Mn-Gehalt der verschiedenen Fraktionen von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall
Abbildung 4.19:	Co-, V- und Sn-Gehalt der verschiedenen Fraktionen von hausmüllähnlichem Gewerbeabfall

Abbildung 4.20:	As-, Cd- und Hg-Gehalt der verschiedenen Fraktionen von hausmüll-ähnlichem Gewerbeabfall
Abbildung 4.21:	Heizwerte einzelner Abfallarten im AWZ Halbenrain
Abbildung 4.22:	Relativer Beitrag der einzelnen Heizwertkorrekturen an der Gesamtheizwertkorrektur (diverse Abfallarten)
Abbildung 4.23:	Chlorgehalt diverser Abfallarten
Abbildung 4.24:	Fluorgehalt diverser Abfallarten
Abbildung 4.25:	Schwefelgehalt diverser Abfallarten
Abbildung 4.26:	Pb-, Zn-, Sb und Cu-Gehalt diverser Abfallarten
Abbildung 4.27:	Cr-, Ni- und Mn-Gehalt diverser Abfallarten
Abbildung 4.28:	Co-, V- und Sn-Gehalt diverser Abfallarten
Abbildung 4.29:	As-, Cd- und Hg-Gehalt diverser Abfallarten
Abbildung 5.1:	Massenanteile der KG-Klassen in M-% (inkl. Schwankungsbereich)
Abbildung 5.2:	Korngrößenabhängigkeit des GV
Abbildung 6.1:	Chlor- u. Schwefelkonzentrationen der untersuchten Abfallarten
Abbildung 6.2:	Fluorgehalte der Abfallarten
Abbildung 6.3:	Hg-Cd-Tl-Konzentrationen der Abfallarten
Abbildung 6.4:	Cr-Zn-Pb-Konzentrationen der Abfallarten
Abbildung 6.5:	Diverse Schwermetallgehalte der untersuchten Abfallarten
Abbildung 6.6:	Grundlegende Varianten MBR

9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Grenzwerte für Schadstoffgesamtgehalte für Reststoff- und Massenabfalldeponien gemäß Anlage 1 / Tabellen 5 und 7 der Deponieverordnung
Tabelle 2.2:	Grenzwerte für Schadstoffgehalte im Eluat für Reststoff- und Massenabfalldeponien gemäß Anlage 1 / Tabellen 6 und 8 der Deponieverordnung
Tabelle 2.3:	Altlastenbeitrag nach AISAG-Novelle 1996 (in ATS/Mg)
Tabelle 2.4:	Altlastenbeitrag für Neuanlagen AISAG-Novelle 1996 (in ATS/Mg)
Tabelle 3.1:	Aufgliederung der deponierten Abfälle nach SNr.
Tabelle 4.1:	Abfallablieferungen 1997 (> 500 Mg/a)
Tabelle 4.2:	Zusammensetzung der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle im AWZ Halbenrain (bezogen auf Feuchtmasse)
Tabelle 4.3:	Wassergehalte der Gewerbeabfallfraktionen
Tabelle 4.4:	Glühverluste der Gewerbeabfallfraktionen
Tabelle 4.5:	Anforderungen an die Abfälle für die Verbrennung in der RVL
Tabelle 4.6:	TOC–GV–Vergleich bei Mineralien
Tabelle 4.7:	Wassergehalte diverser Abfallarten im AWZ Halbenrain
Tabelle 4.8:	Glühverluste diverser Abfallarten im AWZ Halbenrain
Tabelle 4.9:	Schadstoffgehalte der Leichtmetallkrätzen (Al-haltig) in [mg/kg TS]
Tabelle 5.1:	Eluatwerte der Fraktion 0-2 mm
Tabelle 7.1:	Eignung der Abfallarten hinsichtlich der vier verschiedenen Entsorgungsoptionen (EO)

9.3 Literaturverzeichnis

- [1] Univ.-Prof. Dr. Werner Doralt (Hrsg.): Umweltrecht, Verlag Orac, Wien 1994, 5. Auflage, S.1-7
- [2] StAWG, 1990, i. d. F. 1995: Gesetz, mit dem die umweltgerechte und wirtschaftliche Vermeidung, Sammlung, Verwertung und Entsorgung von Abfall geregelt wird (Steiermärkisches Abfallwirtschaftsgesetz 1990 – StAWG), LGBl. Nr. 5/1991, zuletzt geändert durch LGBl. Nr. 34/1995
- [3] Amt der Steiermärkischen Landesregierung (Hrsg.), Fachabteilung 1c – Abfallwirtschaft, 1996 a: Steiermärkisches Abfallwirtschaftskonzept 1995, 1. Fortschreibung des Steiermärkischen Müllwirtschaftskonzeptes 1989, Band 3 zur Informationsreihe Abfallwirtschaft des Landes Steiermark, Graz, 20.05.1996
- [4] Bundesministerium für Umwelt: Deponieverordnung, BGBl. 164/1996, Wien
- [5] Nelles, M.; Raninger, B.; Harant, M.; Hofer, M.; Lorber, K.E.: Stand und Perspektiven für die mechanisch-biologische Restabfallbehandlung in Österreich, Tagungsband zum 9. Internationalen Recycling Congress (IRC), Hamburg 1997
- [6] Bundesministerium für Umwelt: Bundes-Abfallwirtschaftsplan Bundesabfallbericht Wien, 1995, S.88
- [7] Nelles, M.; Harant, M.; Hofer, M.; Lorber, K.E.; Raninger, B.: Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung vor der Deponierung (MBRVD) im Mürzverband, Endbericht, Leoben, September 1997
- [8] Altlastensanierungsgesetz (AISAG), i. d. F. 1997, BGBl. Nr. 96/1997,
- [9] .A.S.A. Abfall Service Halbenrain GmbH & Co Nfg KG (Hrsg): Abfallwirtschaftszentrum Halbenrain, Prospekt
- [10] Umweltbundesamt: Nicht gefährliche Abfälle Teil A: Abfälle aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen, Materialien zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 1995, Klagenfurt, Juni 1995
- [11] ÖNORM S 2100, 1997: Abfallkatalog, Ausgabe 1. September 1997
- [12] Tietz, H.P.; Felsen, H.J. Thierry, A: BRAM-Einsatz in der Zementindustrie, In: Entsorgungspraxis 11/96, Stuttgart, November 1996
- [13] RVL Reststoffverwertung Lenzing GMBH: Fax-Auskunft: „Technische Spezifikationen für Siebreste“ Stand 02/98; Frühjahr 1998

- [14] ÖNORM M 6295, 1973: Untersuchung von Klärschlamm. Bestimmung des Glührückstandes und des Glühverlustes, Ausgabe 1. Oktober 1973
- [15] Nelles, M.: Auswirkung der mechanisch-biologischen Aufbereitung von Abfällen auf die thermische Abfallbehandlung; internes Arbeitspapier am IED, unveröffentlicht, Leoben 1998
- [16] Öko-Institut: Systemvergleich unterschiedlicher Verfahren der Restabfallbehandlung im Kreis Neuwied, Darmstadt, 17. Februar 1998
- [17] Fehringer, F.; Rechberger, H.; Pesonen, H.-L.; Brunner, P. H.: Auswirkungen unterschiedlicher Szenarien der thermischen Verwertung von Abfällen in Österreich (ASTRA); Wien, März 1998
- [18] Raninger, B.: Der Stellenwert der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung im Rahmen abfallwirtschaftlicher Verwertungswege, Wels 1998
- [19] Nelles, M.; Harant, M.; Hofer, M.; Lorber, K.E.; Raninger, B.: Kombination von mechanisch-biologischen und thermischen Verfahren zur umweltverträglichen Restabfallbehandlung; VDI Bericht Nr. 1387, 1998
- [20] Wiemer, K.; Täuber, U.; Frohne, R.; Mayer, M.; Kern, M.: Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung nach dem Trockenstabilatverfahren; erschienen im M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen 1995
- [21] Umweltbundesamt 1998: Energetische Verwertung von Abfällen in Industrieanlagen, Rechtliche und konzeptionelle Bedingungen für Österreich; BE-112, Wien, Februar 1998
- [22] UV&P Umweltmanagement-Verfahrenstechnik: Industrielle Verwertung heizwertreicher Restmüllfraktionen, Vortrag im Rahmen des Saubermacher-Umweltforum, Graz, 23. September 1997
- [23] Umweltbundesamt 1995: Nicht gefährliche Abfälle, Teil A: Abfälle aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen; Materialien zum Bundesabfallwirtschaftsplan 1995; Klagenfurt, Juni 1995
- [24] Hofer M.:Umweltanalytisches Praktikum, Übung 7, Montanuniversität Leoben, Leoben 1997

9.4 Begriffe / Abkürzungen

abh.	abhängig
Abs.	Absatz
Ag	Silber
Al-haltig	aluminiumhaltig
AISAG	Altlastensanierungsgesetz
arithm. Mittel	arithmetisches Mittel
.A.S.A.	Abfall Service Austria
ATS	Österreichische Schilling
ATS/Mg	Österreichische Schilling pro Megagramm
AWG	Abfallwirtschaftsgesetz
AWZ	Abfallwirtschaftszentrum
BergG	Berggesetz
bez.	bezogen
BGBI.	Bundesgesetzblatt
Biogene Abfälle:	Biogene Abfälle sind Abfälle, die auf Grund ihres hohen organischen, biologisch abbaubaren Anteils nach biotechnischer Behandlung für die stoffliche Verwertung (Kompostierung) besonders geeignet sind [23]
BRAM	Brennstoff aus Müll
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
ca.	zirka
Cd	Cadmium
Cl	Chlor
Co	Kobald
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
d.h.	das heißt
DVO	Deponieverordnug
EO	Entsorgungsoption
F	Fluor

Fa.	Firma
Fe/NE	Eisen- und Nichteisenmetalle
FS	Feuchtsubstanz
g/kg	Gramm pro Kilogramm
GewO	Gewerbeordnung
GMBH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GV	Glühverlust
Hrsg.	Herausgeber
H-Korrektur	Elementarwasserstoffkorrektur
Hg	Quecksilber
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 <i>flüssiger</i> Form vorliegt, die Verbrennungsprodukte von Kohlenstoff und Schwefel als Kohlendioxid und Schwefeldioxid gasförmig vorliegen und eine Oxidation des Stickstoffes nicht stattgefunden hat [24]
H _o wf; NS korr.	H _o inkl. N- und S-Korrektur auf TS bezogen
H _u	unterer Heizwert; Der Heizwert H _u (auch unterer Heizwert genannt) ist der Quotient aus der durch vollständige Verbrennung freiwerdenden 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 <i>dampfförmig</i> (bei 25 °C) vorliegt, die Verbrennungsprodukte von Kohlenstoff und Schwefel als Kohlendioxid und Schwefeldioxid gasförmig vorliegen sowie eine Oxidation des Stickstoffes nicht stattgefunden hat [24]
H _u roh; NS korr.	H _u inkl. N- und S-Korrektur auf Feucht- (Roh)masse bezogen
IED	Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik
inkl.	inklusive
i.d.R.	in der Regel
i.G.f.	im Genehmigungsverfahren festzulegen

ISO	International Standard Organisation
KG-Klasse	Korngrößenklasse
kJ/kg TS	Kilojoule pro Kilogramm Trockensubstanz
KNr.	Kundennummer
LRG-K	Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen
LRV-K	Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen
lt.	Laut
m ³	Kubikmeter
max	maximal bzw. maximaler Massenanteil in M-%
M-%	Massenprozent
M-% FS	Massenprozent auf die Feuchtsubstanz bezogen
MBRA	<u>M</u> echanisch- <u>B</u> iologische <u>R</u> estabfallbehandlungs <u>a</u> nlage
MBRS	<u>M</u> echanisch- <u>B</u> iologisches <u>R</u> estabfalls <u>p</u> litting
MBRVD	<u>M</u> echanisch- <u>B</u> iologische <u>R</u> estabfallbehandlung <u>v</u> or der <u>D</u> eponierung
MBRVV	<u>M</u> echanisch- <u>B</u> iologische <u>R</u> estabfallbehandlung <u>v</u> or der <u>V</u> erbrennung
Mg	Megagramm: entspricht Tonnen
Mg/a	Megagramm pro Jahr
mg/kg TS	Milligramm pro Kilogramm Trockensubstanz
mg/MJ H _u	Milligramm pro Megajoule (auf unteren Heizwert bezogen)
min	minimaler Massenanteil in M-%
mm	Millimeter
Mn	Mangan
mS/m	Millisievert pro Meter
MVA	Müllverbrennungsanlage
N	Stickstoff
Ni	Nickel
NS korr.	Stickstoff-Schwefel korrigiert
N, S-Korrektur	Stickstoff- und Schwefelkorrektur
Nr.	Nummer
n.u.	nicht untersucht
org.	organisch

PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	<u>P</u> oly <u>ch</u> lorierte <u>B</u> iphenyle
Pb	Blei
POX	ausblasbare org. gegundene Halogene
Problemstoffe:	Problemstoffe sind gefährliche Abfälle aus Haushalten oder aus Einrichtungen mit einem nach Menge und Zusammensetzung den privaten Haushalten vergleichbaren Abfallaufkommen. Diese Abfälle gelten solange als Problemstoffe, als sie sich in Gewahrsam der genannten Haushalte oder Einrichtungen befinden, dann als gefährlicher Abfall [23]
RVL Lenzing	RVL Reststoffverwertung Lenzing GMBH
S	Schwefel
Sb	Antimon
Sn	Zinn
SNr.	Schlüsselnummer (laut Abfallkatalog S 2100)
sonst.	sonstige
Sort.	Sortierung
StAWG	Steiermärkisches Abfallwirtschaftsgesetz
St korr	Störstoffkorrektur
Systemmüll:	Unter Systemmüll versteht man sämtliche in Haushalten und ähnlichen Einrichtungen üblicherweise anfallenden festen Abfälle, die unter Verwendung genormter Abfallbehälter über die öffentliche Müllabfuhr erfaßt werden, sofern sie nicht über Separatsammlungen einer anderen Verwertung oder Behandlung zugeführt werden. Der Systemmüll setzt sich somit aus Restmüll aus Haushalten und haushaltsähnlichen Abfällen aus Landwirtschaft, Gewerbe, Industrie oder öffentlichen Einrichtungen zusammen [23].
TI	Thallium
TOC	total organic carbon (gesamter organischer Kohlenstoff)
TS	Trockensubstanz
u.a.	unter anderem
UVP-Gesetz	Umweltverträglichkeitsgesetz
V	Vanadium
versch.	verschieden(e)
vgl.	vergleiche

WG	Wassergehalt
WRG	Wasserrechtsgesetz
WS-Feuerungsanlage	Wirbelschichtfeuerungsanlage
Z	Ziffer
z.B.	zum Beispiel
ZemVO	Zementverordnung
Zn	Zink

10 Anhang

10.1 Abfallanlieferungen im AWZ Halbenrain 1997

10.1.1 Deponierte Abfälle

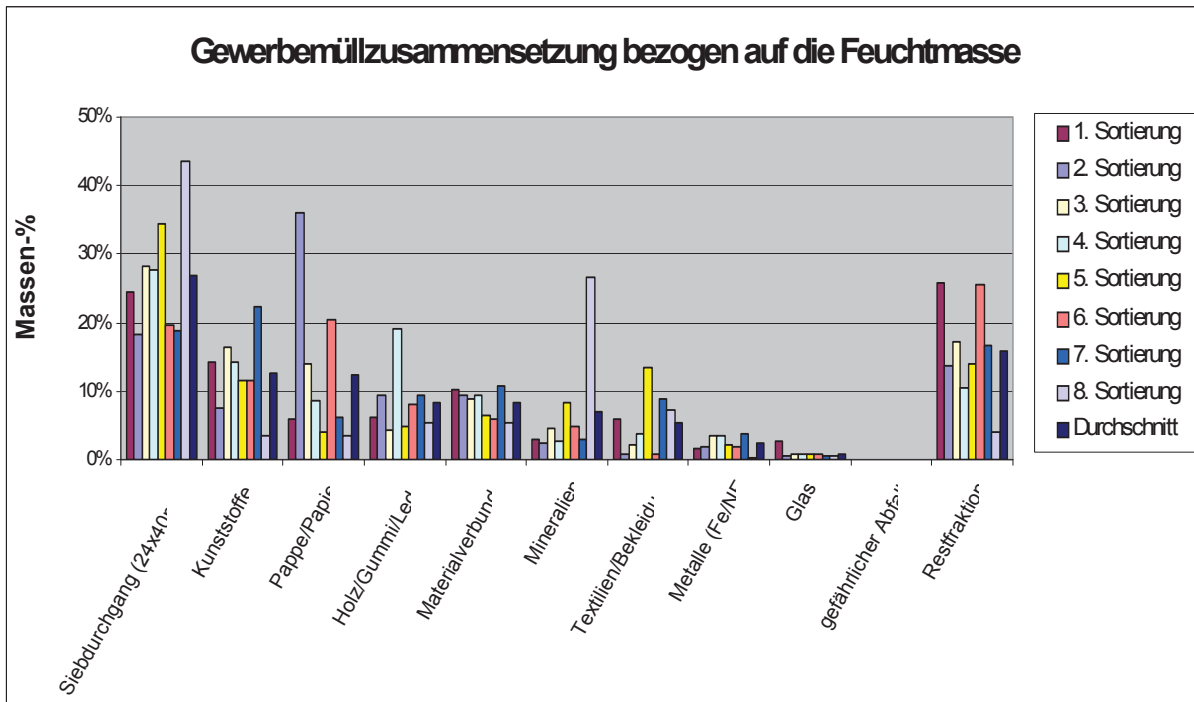
Abfallart	SNr.	Einheit	Menge
Rekultivierungsmaterial	00000	Mg	1.585,32
Teig	11111	Mg	3,32
Überlagerte Lebensmittelkos.Glas+Metall	11116	Mg	10,20
Leimleder	14101	Mg	148,49
Gerbereischlamm	14402	Mg	224,22
Chromlederabfälle	14702	Mg	663,42
Schwarten,Spreißel aus sauberem, Rückstände aus der Altpapierverarbeitung	17102	Mg	1.060,30
Teerpappe und bitumengetränktes Papier	18705	Mg	110,14
Schlacken aus NE-Metallschmelzen	31203	Mg	33,10
Leichtmetallkrätzen, aluminiumhaltig	31205	Mg	6648,14
Leichtmetallkrätzen, magnesiumhaltig	31206	Mg	22,74
Filterstäube, NE-metallhaltig	31217	Mg	6,11
Flugaschen und -stäube aus	31301	Mg	6,35
Schlacken und Aschen a. Abfallverbr.Anl.	31308	Mg	13,26
Bauschutt u/o Brandschutt sortiert	31409	Mg	401,98
Straßenaufbruch	31410	Mg	174,48
Abdeckmaterial	31411	Mg	302,70
Asbestzement	31412	Mg	47,40
Sonst. verunr. Böden, EK IIIb	31424	Mg	130,64
Betonabbruch	31427	Mg	150,24
Glas,Keramik m.prod.spez.Beim.	31465	Mg	103,68
Schlamm aus der Fertigmörtelherstellung	31607	Mg	17,48
Carbidschlamm	31618	Mg	34,78
Erdschlamm,Sandschlamm,Schlitzwandaushub	31625	Mg	8,70
Zunder und Hammerschlag, Walzensinter	35102	Mg	129,30
Zinkschlamm	35501	Mg	4,01
Feuerlöschpulverreste	39905	Mg	6,87
Chrom(III)haltiger Galvanikschlamm	51103	Mg	39,72
Kupferhaltiger Galvanikschlamm	51104	Mg	68,62
Zinkhaltiger Galvanikschlamm	51105	Mg	25,54
Sonstiger Galvanikschlamm	51112	Mg	15,96
Sonst. Metallhydroxidschlämme	51113	Mg	8,83
Eisenhydroxid	51309	Mg	24,56
Sonstige Metallhydroxide	51310	Mg	115,44
Chlorkalk	51532	Mg	4,56
Arzneimittel,n.wasserge.ohne Zytostatica	53501	Mg	16,88
Sandfanginhalte-Öl- oder Kaltreinigerha.	54701	Mg	6,20
Bitumen, Asphalt	54912	Mg	30,44
Lösemittelh. Betriebsm. ohne hal. Best.	55404	Mg	68,30

Abfallart	SNr.	Einheit	Menge
Druckfarbenreste, Kopiertoner	55509	Mg	5,32
Sonstige farb-,lack-u.anstrichh.Abfälle	55510	Mg	11,30
Altlacke,Altfarben,ausgehärtet	55513	Mg	406,09
Harzrückstände ausgehärtet	55909	Mg	10,06
Phenol-u.Melaminharz	57101	Mg	61,04
Sonstige ausgeh.Kunststoffabfälle	57129	Mg	1.287,80
Shredderrückstände(Leichtfraktion)	57801	Mg	1.480,62
Polyesterfasern	58102	Mg	16,96
Stoff- und Gewebereste,Altkleider	58107	Mg	28,70
Filtertücher, Filtersäcke mit anw.spez.	58208	Mg	24,38
Gewerbeabfall	91101	Mg	22.797,27
Hausmüll	91101	Mg	3.711,20
Rückstände aus der biol.Abfallbehandlung	91102	Mg	2.443,04
Rückst.aus der mechan.Abfallaufbereitung	91103	Mg	2.949,60
Bauschutt vermischt	91206	Mg	320,76
Sperrmüll	91401	Mg	1.369,50
Straßenkehrsicht	91501	Mg	5,96
Friedhofsabfälle	91702	Mg	11,99
Anaerob.stabilisierter Schlamm(Faulschl)	94501	Mg	13.469,00
Rechengut	94701	Mg	48,41
Sandfanginhalte	94704	Mg	2,62
Schlamm aus der Abwasserbehandlung,	94801	Mg	580,68
Rechengut aus Rechenanlagen von	94902	cbm	938,00
Kanülen und sonst.verletzungsge.Gegenst.	97105	Mg	1.536,10
		Gesamt:	71.271,23

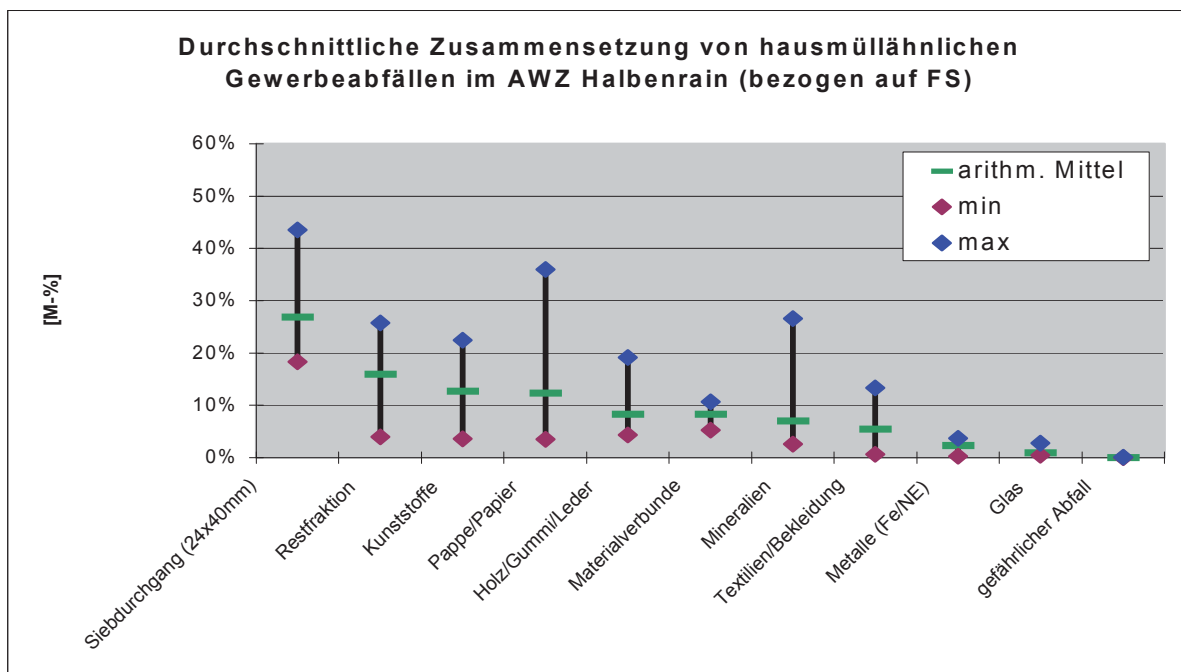
10.1.2 Verwertete Abfälle

Abfallart	SNr.	Einheit	Menge
Problemstoffe gemischt	00000	Mg	0,02
Rückstände und Abfälle aus der	11423	Mg	1,14
Schwarten,Spreißel aus sauberem,	17102	Mg	1.579,14
Altpapier B12	18718	Mg	5,46
Bauschutt u/o Brandschutt sortiert	31409	Mg	420,04
Straßenaufbruch	31410	Mg	31,26
Bodenaushub II a	31411	Mg	330,22
Asbestzement	31412	Mg	47,40
Betonabbruch	31427	Mg	150,24
703 Weißblech	35105	Mg	4,30
Bleiakkumulatoren	35322	Stk.	1
Bitumen, Asphalt	54912	Mg	30,44
Gebrauchte Ölbindematerialien	54926	Mg	0,04
Lösemittelgemische halogenfrei	55370	Mg	0,02
422 LDPE-Folien, färbig und oder bedr.	57119	Mg	161,02
404 HDPE-Eimer	57128	Mg	11,72
408 PET-Getränkeflaschen, natur,unbedr.	57130	Mg	13,48
LKW-Reifen ohne Felgen	57502	Stk.	94
Biogene Abfallstoffe, getrennt gesammelt	91104	Mg	2.572,10
300 Sonstige Verpackungen gem. Modul 3	91207	Mg	27,28
Garten und Parkabfälle, Strauch- und	91701	Mg	1.238,28
Friedhofsabfälle	91702	Mg	3,70
Anaerob.stabilisierter Schlamm(Faulschl)	94501	Mg	2.736,06
Schlamm aus der biol. Abw.behandlung der	94803	Mg	24,68
		Gesamt:	9.388,04

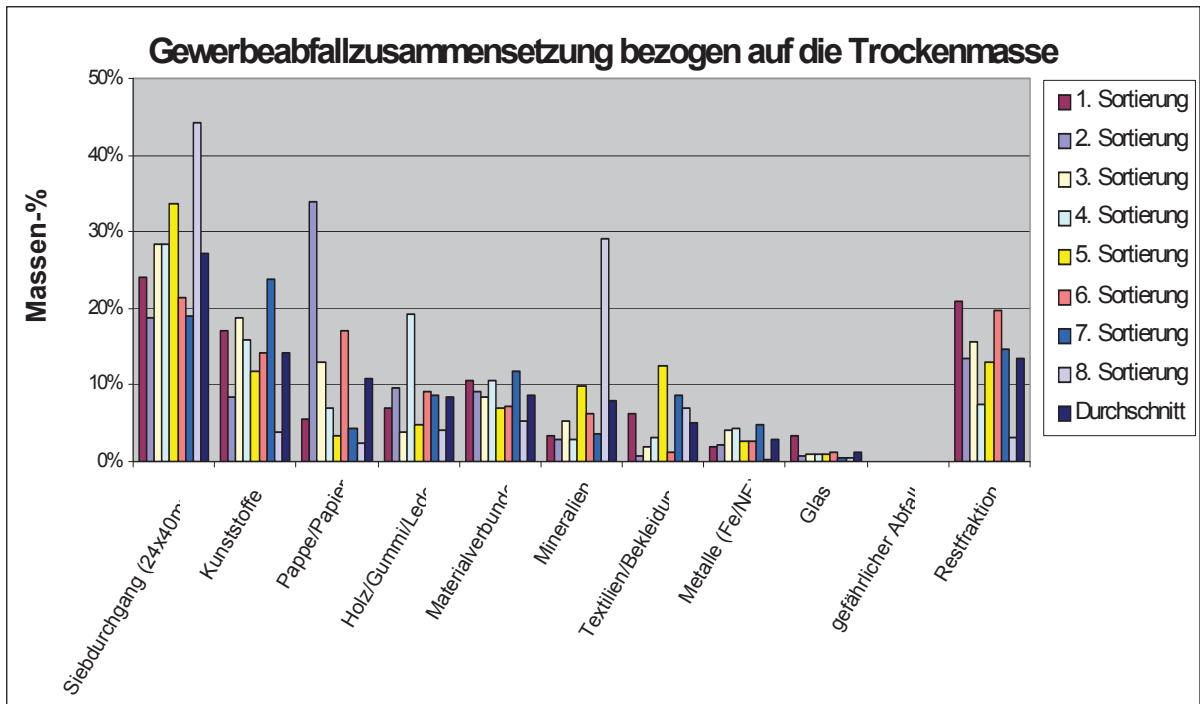
10.2 Durchschnittliche Zusammensetzung der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle



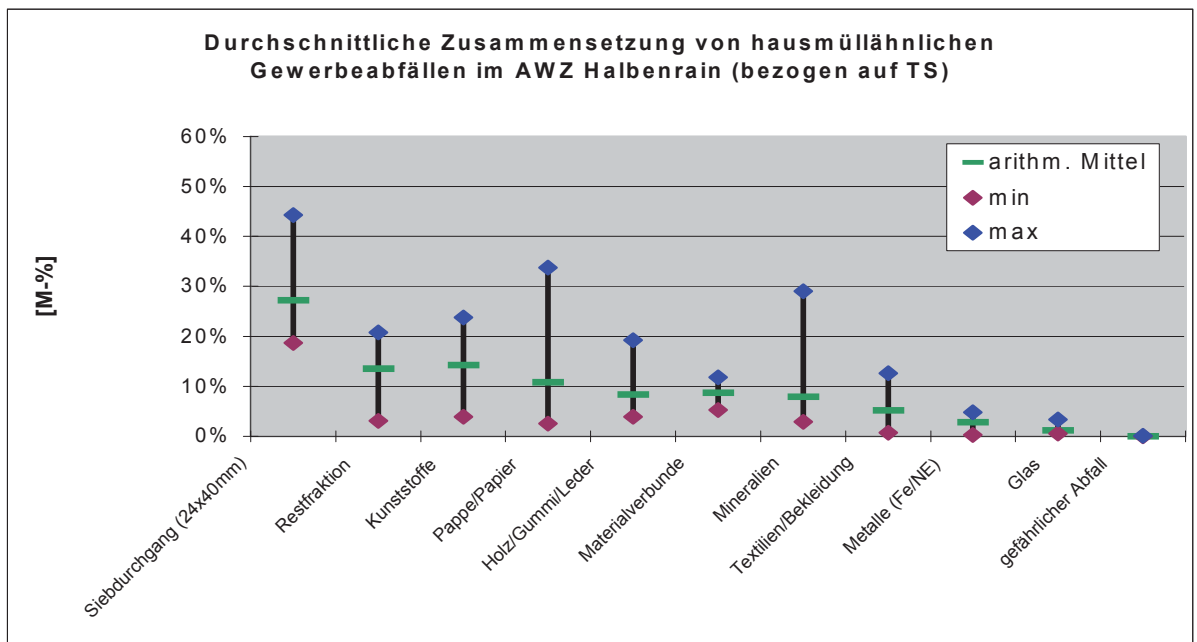
Gewerbeabfallzusammensetzung (bezogen auf FS)



Gewerbeabfallzusammensetzung (bezogen auf FS)

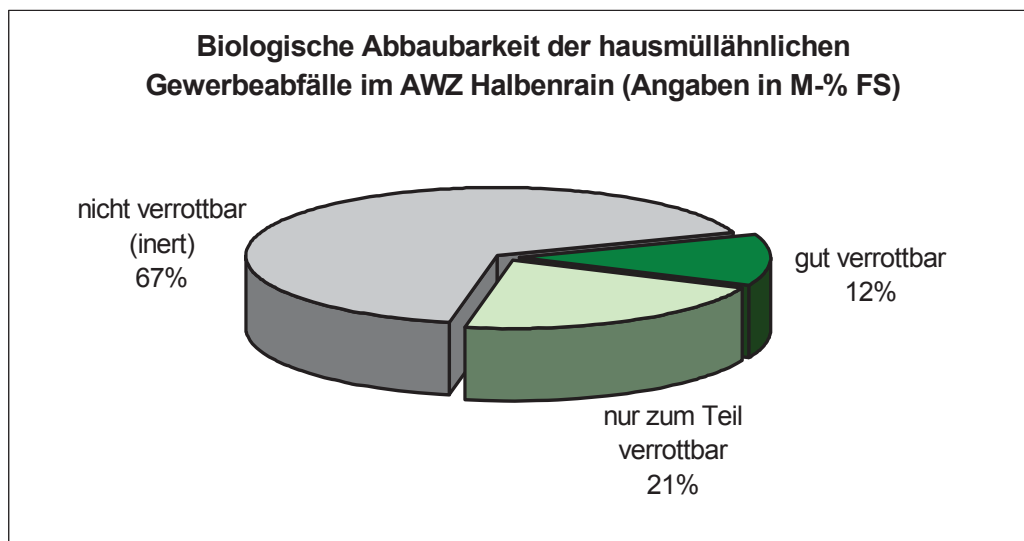


Gewerbeabfallzusammensetzung (bezogen auf TS)

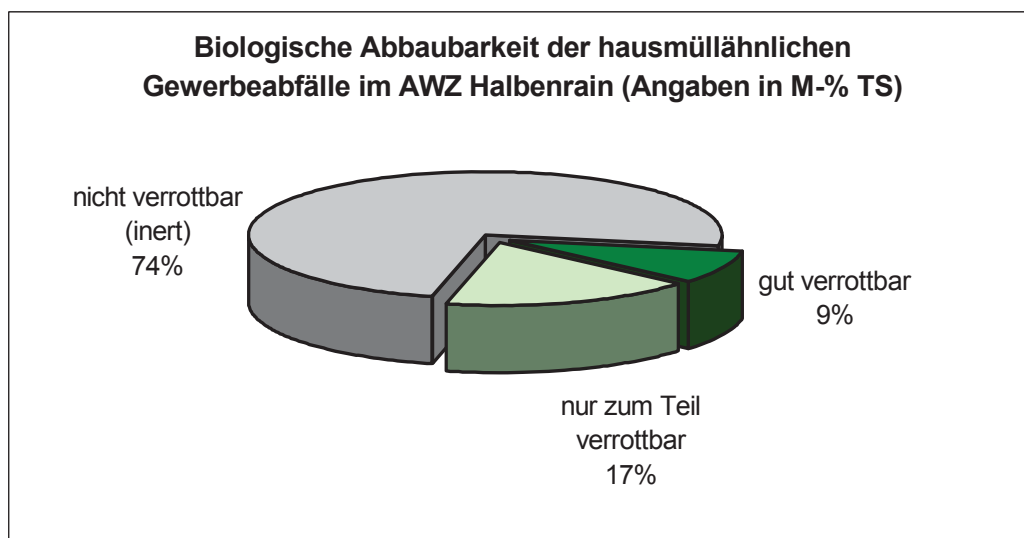


Gewerbeabfallzusammensetzung (bezogen auf TS)

10.3 Verrottbarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle

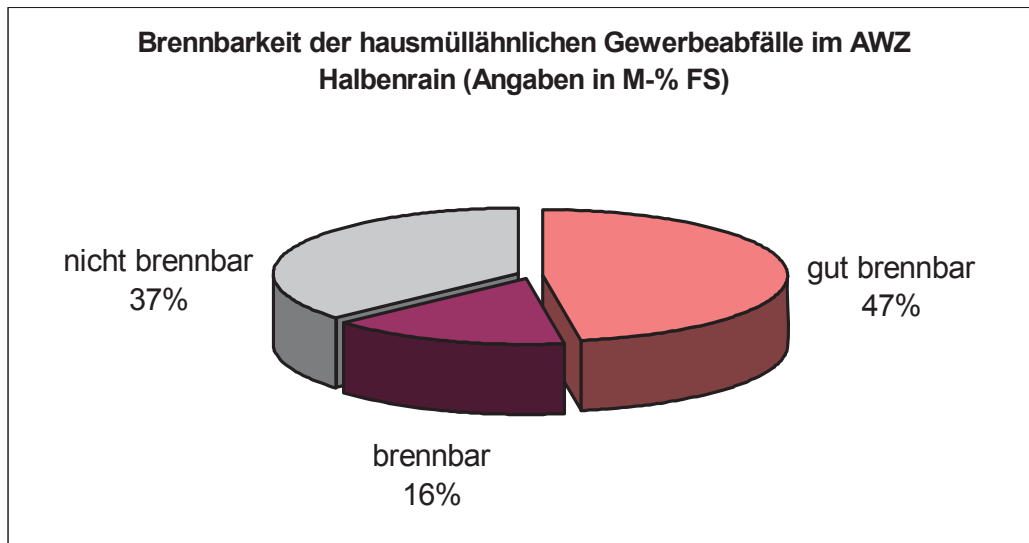


Biologische Abbaubarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle [M-% FS]



Biologische Abbaubarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle [M-% TS]

10.4 Brennbarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle



Brennbarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle [M-% FS]

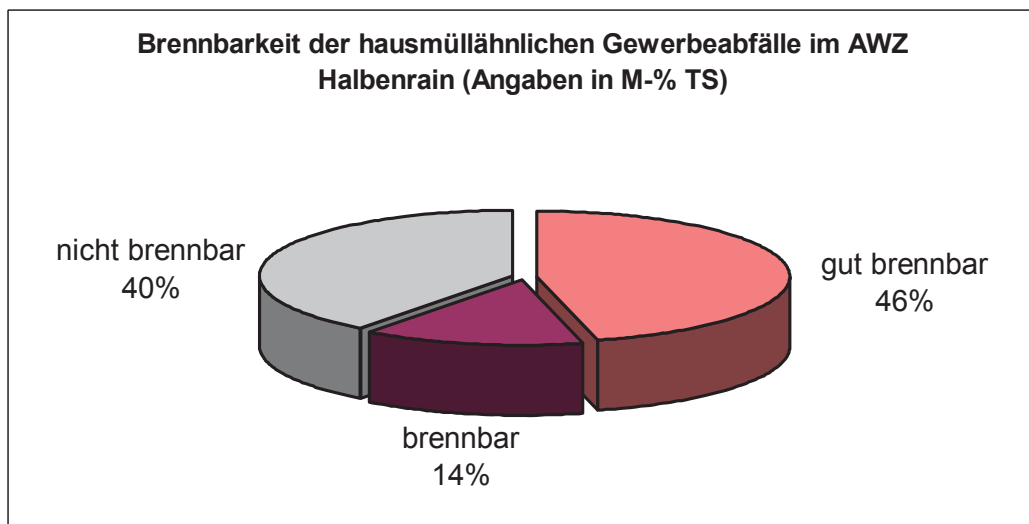
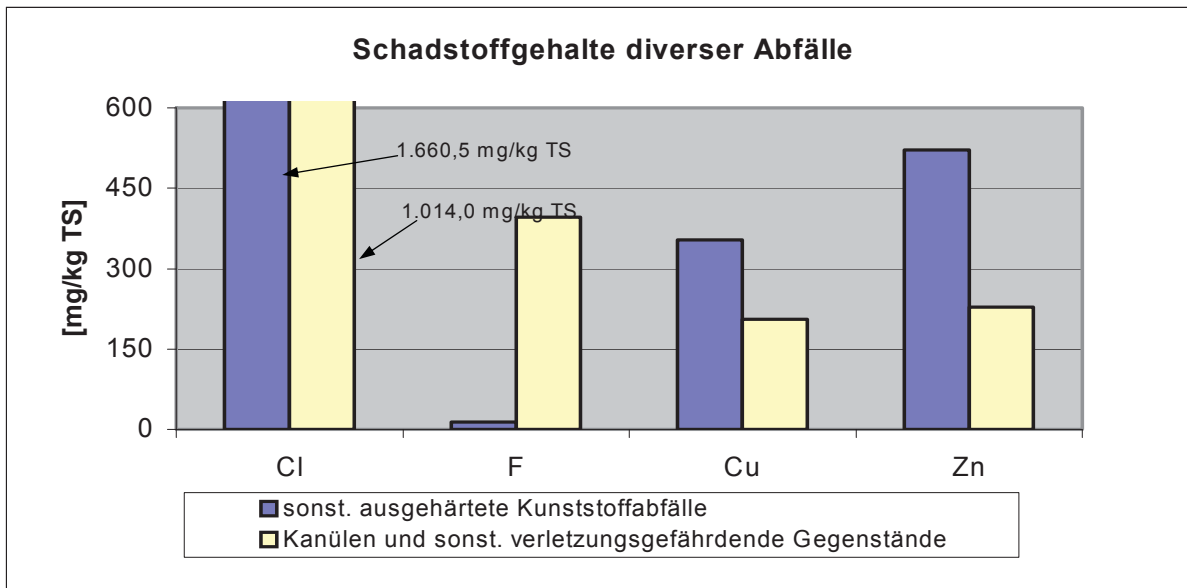
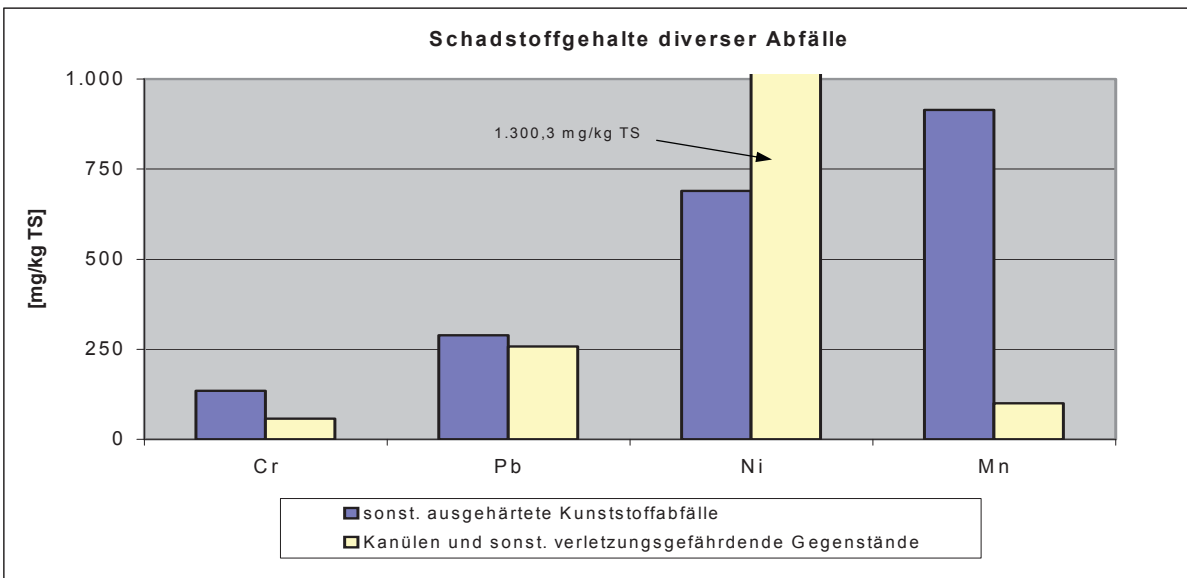


Abbildung 12.12: Brennbarkeit der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle [M-% TS]

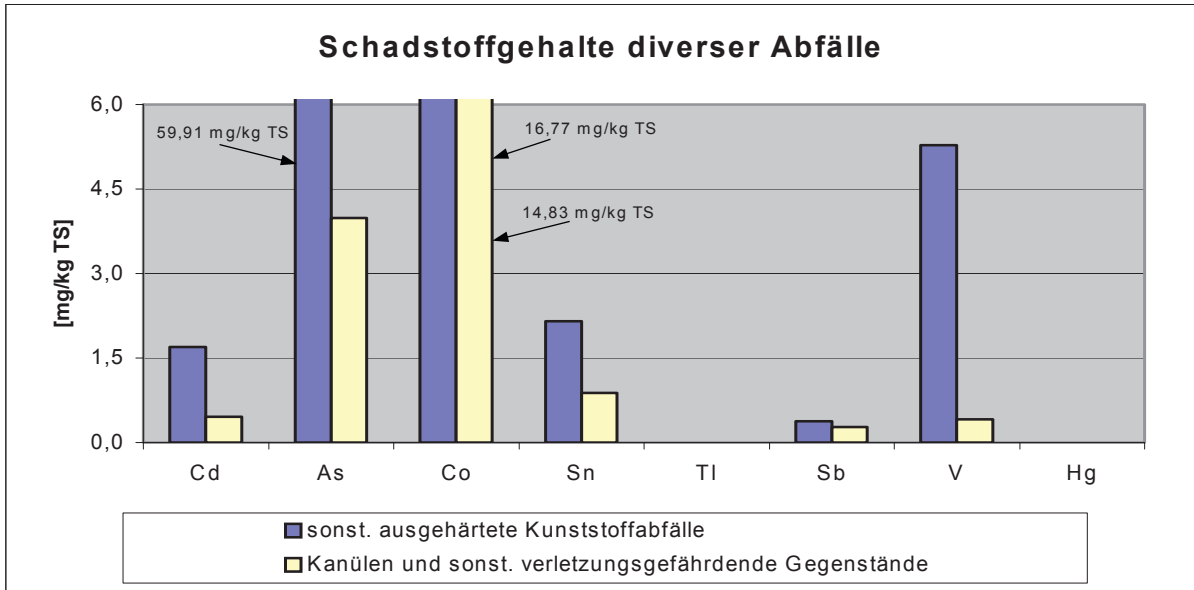
10.5 Schadstoffgehalte diverser Abfallarten



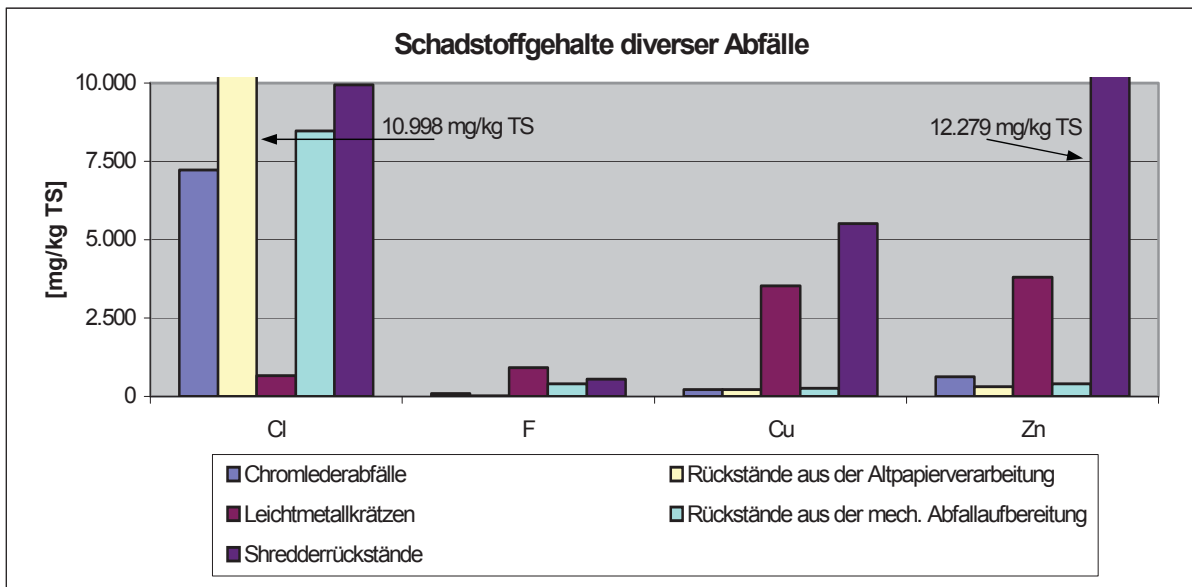
Cl/F/Cu/Zn-Gehalte diverser Abfälle [mg/kg TS]



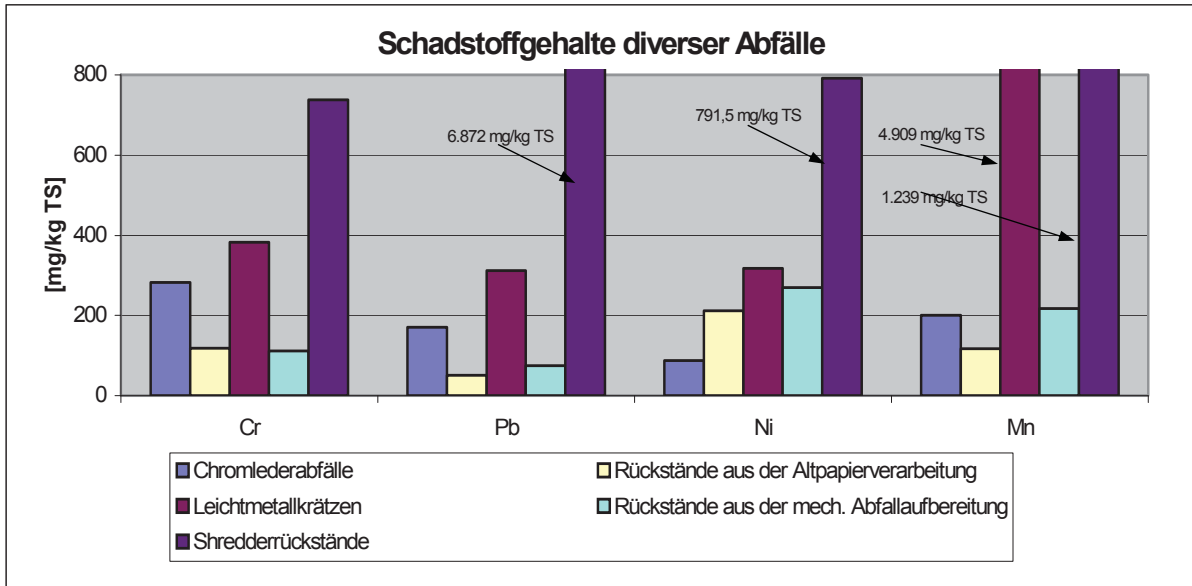
Cr/Pb/Ni/Mn-Gehalte diverser Abfälle [mg/kg TS]



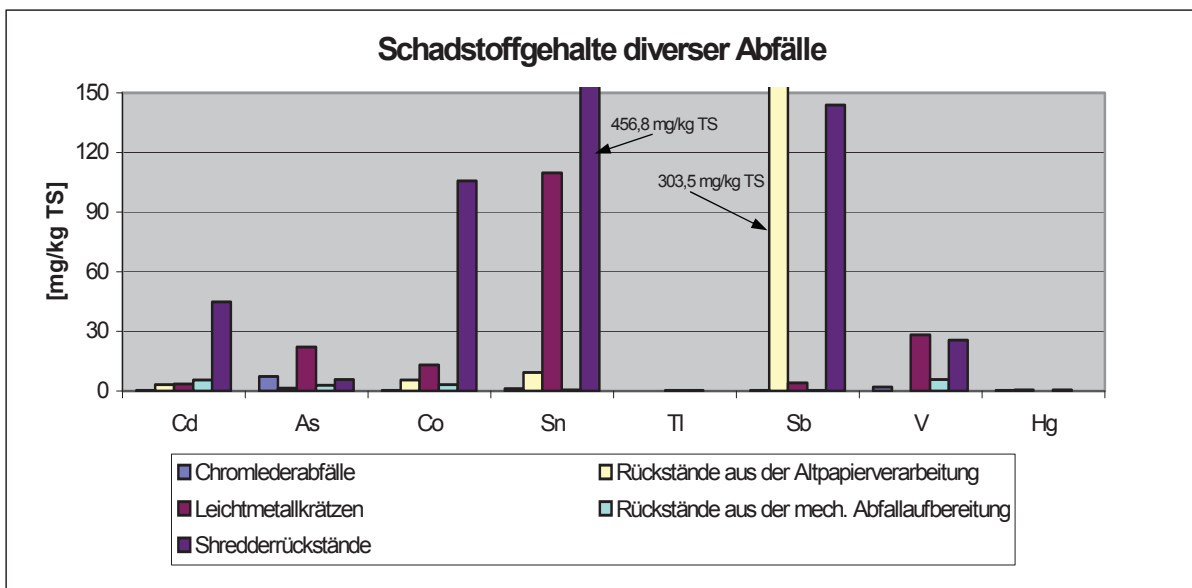
Schwermetallgehalte diverser Abfälle [mg/kg TS]



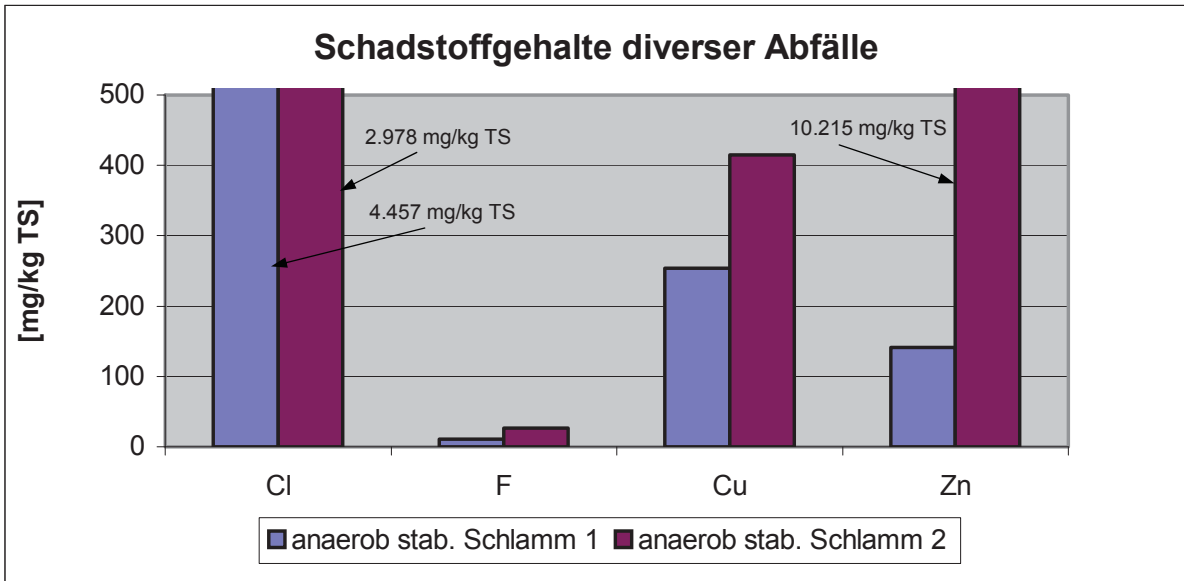
Cl/F/Cu/Zn-Gehalte diverser Abfälle [mg/kg TS]



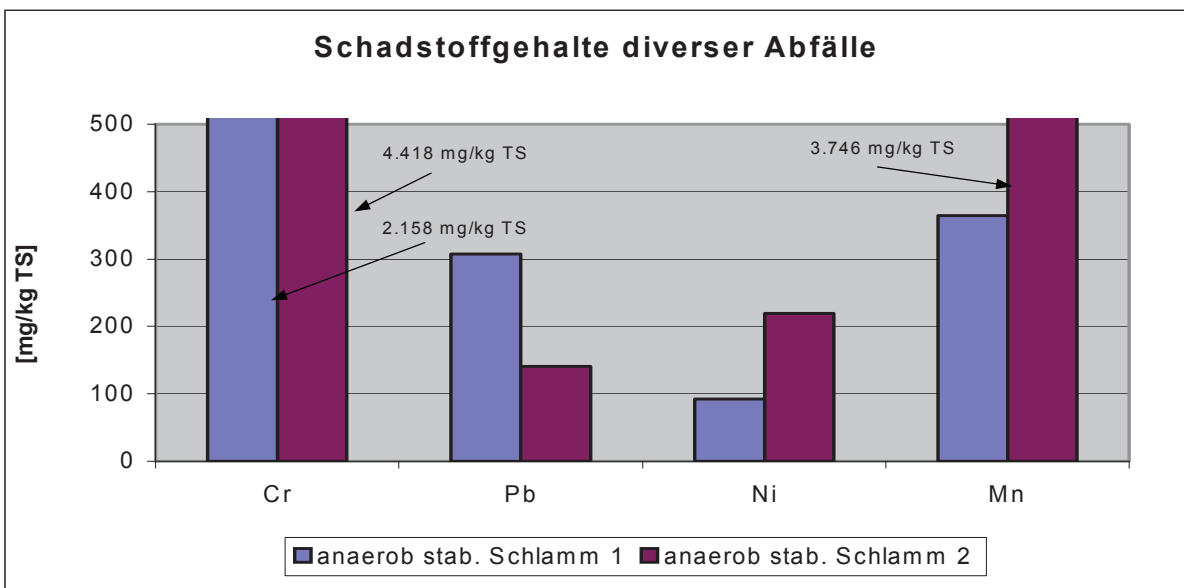
Cr/Pb/Ni/Mn-Gehalte diverser Abfälle [mg/kg TS]



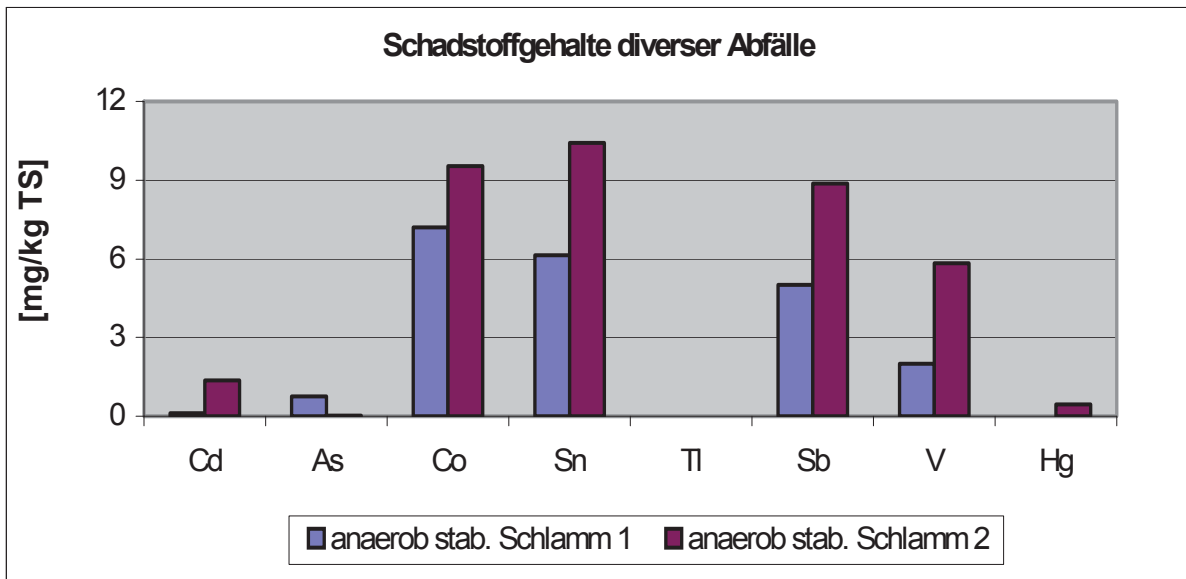
Schwermetallgehalte diverser Abfälle [mg/kg TS]



Cl/F/Cu/Zn-Gehalte diverser Abfälle [mg/kg TS]

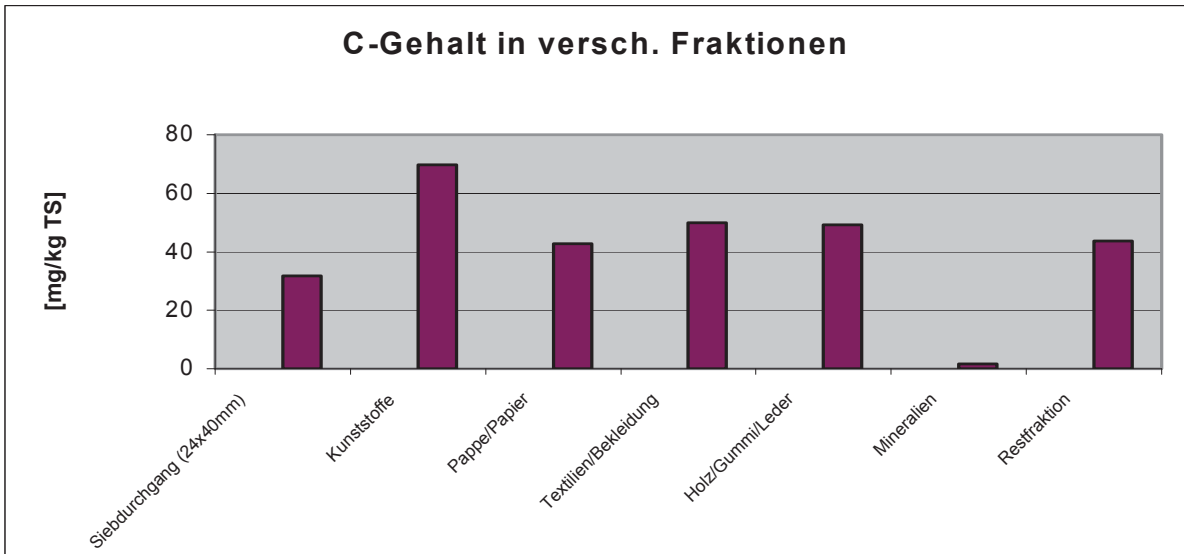


Cr/Pb/Ni/Mn-Gehalte diverser Abfälle [mg/kg TS]

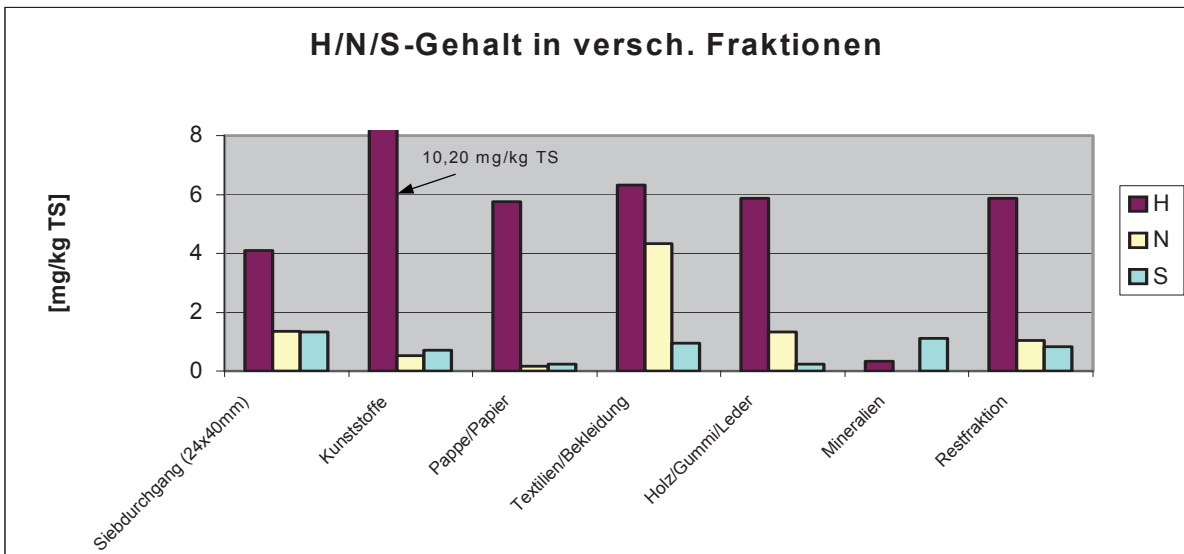


Schwermetallgehalte diverser Abfälle [mg/kg TS]

10.6 C/H/N/S-Werte der einzelnen Fraktionen

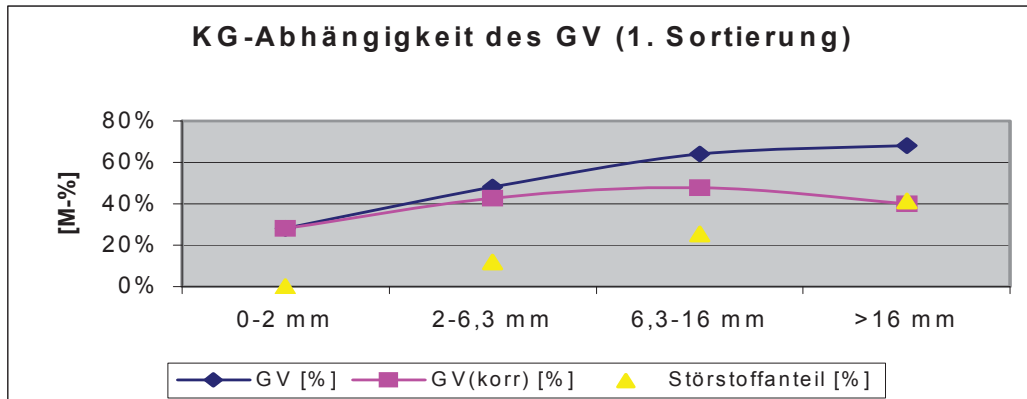


C-Gehalte in verschiedenen Fraktionen

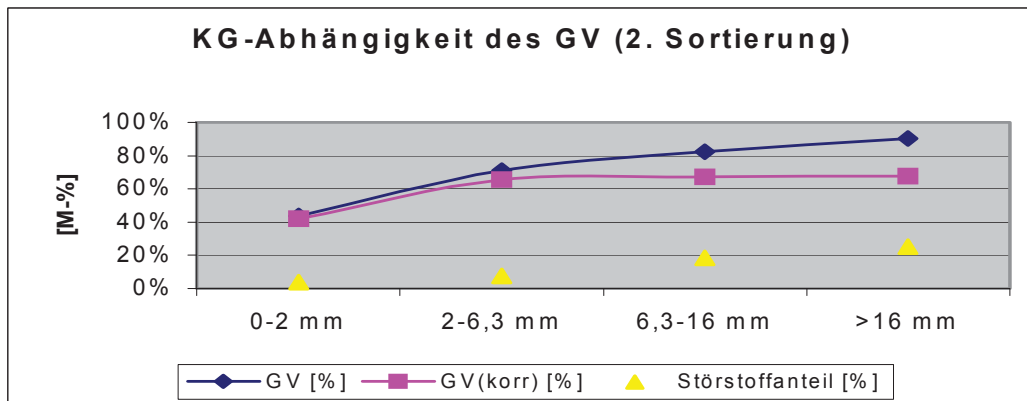


H/N/S-Gehalte in verschiedenen Fraktionen

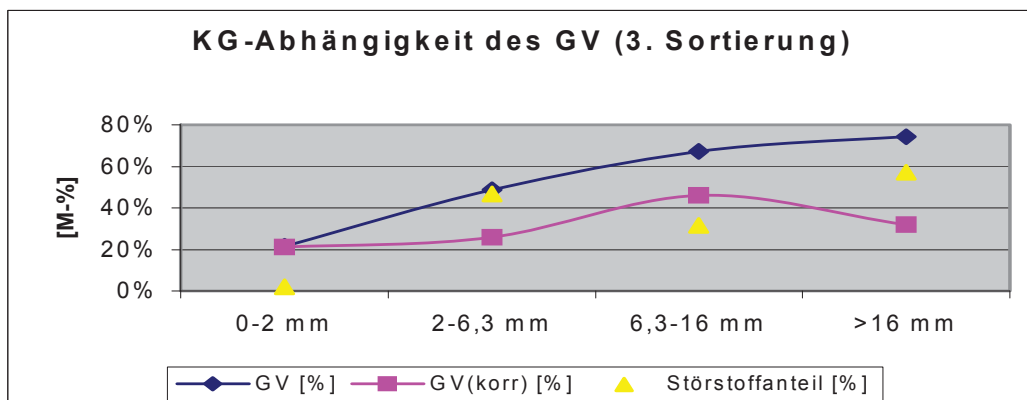
10.7 Korngrößenabhängigkeit des Glühverlustes



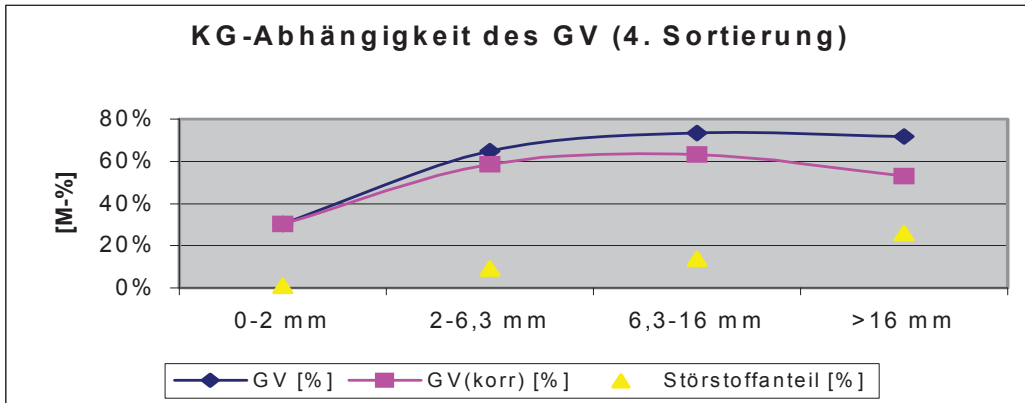
Korngrößenabhängigkeit des GV (1. Sortierung)



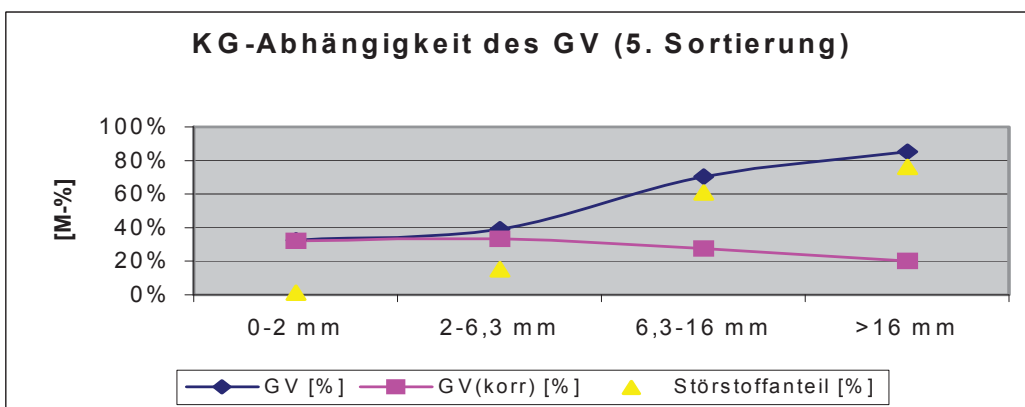
Korngrößenabhängigkeit des GV (2. Sortierung)



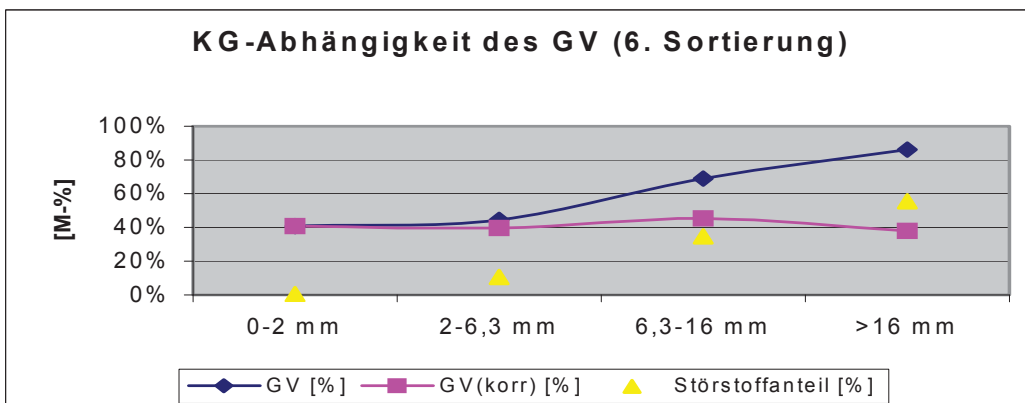
Korngrößenabhängigkeit des GV (3. Sortierung)



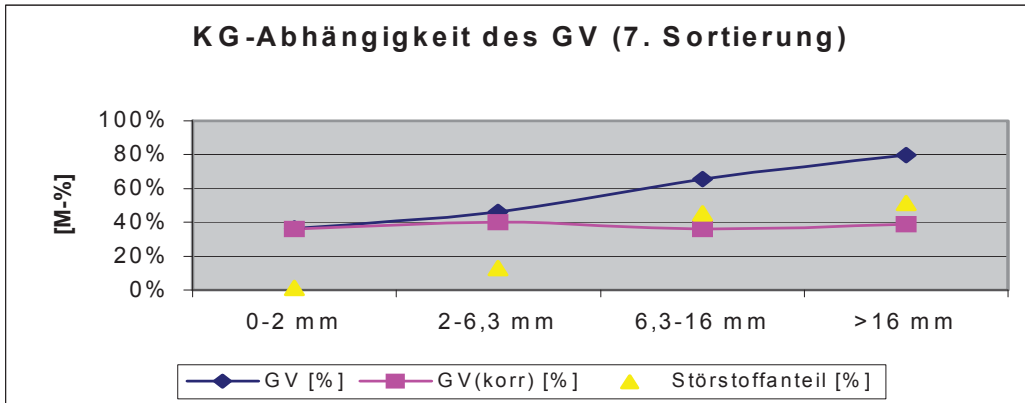
Korngrößenabhängigkeit des GV (4. Sortierung)



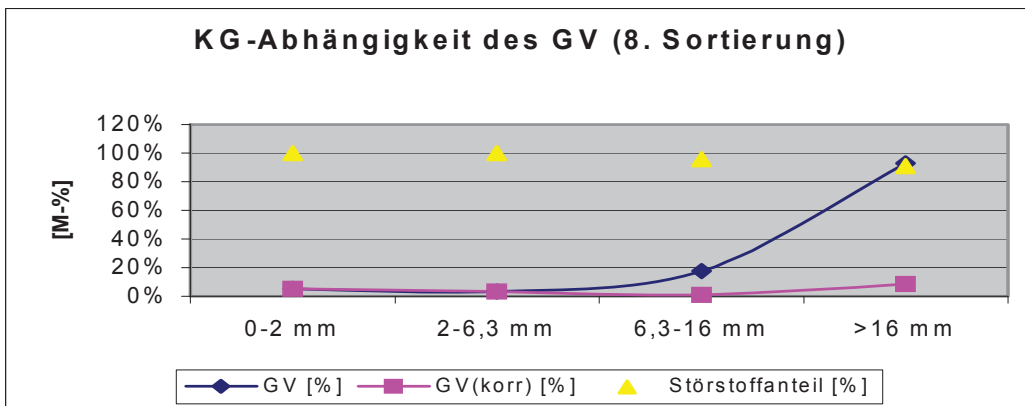
Korngrößenabhängigkeit des GV (5. Sortierung)



Korngrößenabhängigkeit des GV (6. Sortierung)



Korngrößenabhängigkeit des GV (7. Sortierung)



Korngrößenabhängigkeit des GV (8. Sortierung)