



ALU-Ö

Analyse der Flüsse des lizenzierten Aluminiums in Österreich

Analyse der Flüsse des lizenzierten Aluminiums in Österreich

(Projekt ALU-Ö)

Endbericht

(Vers. 1.6b)

Hans Daxbeck, Adolf Merl, Eva Ritter, Paul H. Brunner

Im Auftrag der ARGEV Verpackungsverwertungs-Ges.m.b.H.

Wien, im, April 2000

Projektleitung:

Hans Daxbeck

Projektsachbearbeitung:

Hans Daxbeck, Adolf Merl, Eva Ritter, Paul H. Brunner

Grafische Gestaltung und Layout:

Inge Hengl

Impressum:

Technische Universität Wien
Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft
Abteilung Abfallwirtschaft
A-1040 Wien, Karlsplatz 13/226.4
Tel.: +43 1 58 801 226 41 (Skr.)
Fax.: +43 1 504 22 34
E-Mail: aws@awsunix.tuwien.ac.at
www: <http://awsnt.tuwien.ac.at>



Kurzfassung

Die ARGEV hat seit Inkrafttreten der Verpackungsverordnung im Jahre 1993 die Verantwortung für Sammlung, Sortierung und Konditionierung aller Verpackungen aus Metall und Materialverbunden von der ARA übernommen.

Der Aluminiemeinsatz von Verpackungsaluminium liegt in Österreich bei etwa jährlich 14.000 - 17.000 t. Die lizenzierte Menge an Aluminiumverpackungen wird von der verantwortlichen Branchenrecyclinggesellschaft, der ARGEV, mit 10.350 t pro Jahr angegeben. Im Gegensatz dazu betrug die Menge an verwerteten Aluminiumverpackungen 1997 etwa 2.300 t. Die Fragestellung die sich aus dieser Situation heraus ergibt ist, wohin gelangt die Differenz von 8.000 - 9.000 t Aluminium pro Jahr?

Das Ziel dieses Projektes ist es, den Aluminium-Haushalt des lizenzierten Aluminiums in Österreich zu erfassen, um den Verbleib von 8.000 - 9.000 t an lizenzierten aber nicht verwerteten Aluminiumverpackungen feststellen zu können.

Ausgangspunkt der Studie ist eine kurze Analyse des gesamten Aluminiumhaushalt Österreichs, wobei dieser in seine zentralen Bereiche untergliedert wird. Dazu gehören die Aluminiumproduktion und -verarbeitung, der Konsum von Aluminiumprodukten sowie die Sammlung von Aluminium und der Anteil des Aluminiums in den Abfällen. In einem weiteren Schritt wird der Anteil des lizenzierten Aluminiums aus dem gesamten Aluminiumhaushalt herausgelöst. Unter dem lizenzierten Aluminium wird jener Anteil verstanden, der mittels Lizenzverträgen zwischen der ARA und den jeweiligen Inverkehrsetzern von Aluminiumverpackungen geregelt ist.

Die Bilanzierung des Prozesses „Aluminiumkonsum“ ist ein zentraler Bestandteil dieser Studie. Es wird die Menge der konsumierten aluminiumhaltigen Verpackungen dem Output an aluminiumhaltigen Abfall gegenübergestellt, wobei jene Fracht, die über das ARA Sammelsystem fließt, berücksichtigt wird. Die Aluminiumfracht in den Produkten wird mittels Literaturdaten und einer Befragung der Produzenten und Getränkeabfüller erfasst. Die Aluminiumfracht im Restmüll wird auf zwei Arten ermittelt: Einerseits erfolgt eine Hochrechnung der Aluminiumfracht im Restmüll aufgrund mehrerer regionaler Restmüllanalysen und andererseits aufgrund einer Analyse der Outputgüter aus der Müllverbrennung.

Die wichtigsten **Ergebnisse** der Studie sind:

In Österreich gelangen jährlich 16.000 t Al über Verpackungen in den Konsum. Von den 10.200 t Al an lizenzierten Verpackungen werden 2.300 t Al im ARA-System erfasst und die restlichen 8.000 t Al gehen über die kommunale Müllsammlung in den Restmüll. Der gesamte Aluminiumfluss in den Restmüll beträgt 16.000 t Al. Er besteht zu 8.000 t Al aus lizenzierten Verpackungen und weiteren 8.000 t Al, die sich aus Aluminiumhaushaltsfolien und Gütern aus Aluminium sowie einem unbedeutenden Anteil von Aluminium in Getränkeverbundkartons zusammensetzen.



Aus den Resultaten können folgende **Schlussfolgerungen** gezogen werden:

- Die gesuchte Menge an lizenziertem aber nicht verwerteten Aluminium (8.000 t) findet sich mit hoher Wahrscheinlichkeit im Restmüll.
- Das Aluminiumpotential an lizenzierten Verpackungen im Restmüll (8.000 t) besteht zu 66 % aus Aluminiumdosen (5.300 t), die restliche Menge setzt sich aus sonstigen Verpackungen zusammen.
- Das Potential an lizenzpflichtigen aber nicht lizenzierten Aluminiumverpackungen wird zwischen 750 und 1.750 t/a abgeschätzt.
- Die Qualität der zur Verfügung gestellten Daten über den Aluminiumverpackungskonsum in Österreich ist sehr unterschiedlich. Um diese Qualität auf ein entsprechendes Niveau zu heben, ist der Einsatz von Methoden der Marktforschung wünschenswert und notwendig.
- Aufgrund der vorliegenden Informationen ist es unwahrscheinlich, dass lizenziertes Aluminium in größeren Mengen außerhalb des ARA-Systems gesammelt wird.
- Die Ergebnisse dieser Studie sind in Szenarien einzubauen, um die optimalen Steuerungsmöglichkeiten hinsichtlich einer höheren Erfassungsquote zu identifizieren.
- Es sind die Gründe zu identifizieren, die dazu führen, dass eine große Menge an lizenziertem Aluminium in Restmüll landet.
- Da der gesamte Aluminiumeinsatz in Österreich“ den Haushalt des lizenzierten Aluminiums wesentlich übersteigt, sind eine Analyse und ein Konzept zur Bewirtschaftung des gesamten Aluminiumhaushaltes Österreichs notwendig.



Inhaltsverzeichnis

1	EINFÜHRUNG	1
2	ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNGEN.....	3
3	DER ALUMINIUMHAUSHALT ÖSTERREICHS	5
3.1	Einleitung.....	5
3.2	Aluminiumproduktion	6
3.2.1	Aluminiumrecycling.....	6
3.3	Aluminiumeinsatz.....	8
3.3.1	Aluminiumeinsatz in Österreich	8
3.3.2	Verbrauch des lizenzierten Aluminiums	9
3.3.3	Vergleich des Verbrauchs des lizenzierten Aluminiums mit dem gesamten Aluminiumeinsatz	11
3.4	Aluminiumsammlung	12
3.4.1	Die gesetzlichen Rahmenbedingungen der Aluminiumsammlung.....	12
3.4.2	Das ARA-Sammelsystem.....	14
3.4.3	Die Sammlung außerhalb des ARA-Systems ("free-riders")	19
3.4.4	Sortierung.....	19
4	METHODISCHES VORGEHEN UND DATENERFASSUNG.....	21
4.1	Die verwendeten Methoden.....	21
4.1.1	Die Stoffflussanalyse	21
4.1.2	Bestimmung der Aluminiumfracht in den Konsumgütern	21
4.1.3	Bestimmung der Aluminiumfracht im Restmüll.....	22
4.1.3.1	Hochrechnung aufgrund regionaler Restmüllanalysen.....	22
4.1.3.2	Hochrechnung aufgrund der Analyse der Outputgüter der Müllverbrennung.....	25
4.2	Systemanalyse.....	27
4.2.1	System "Aluminiumhaushalt Österreich"	28
4.2.1.1	Systemgrenzen	29
4.2.1.2	Prozesse.....	29
4.2.1.3	Güterflüsse.....	29
4.2.2	System "Lizenziertes Aluminium"	30
4.2.2.1	Systemgrenzen	31
4.2.2.2	Prozesse.....	32
4.2.2.3	Güterflüsse.....	33



4.2.2.4	Stofffluss Aluminium.....	33
4.3	Prozessbeschreibung und Datenerfassung.....	37
4.3.1	Prozess Aluminiumverarbeitung und –handel.....	37
4.3.1.1	Beschreibung des Prozesses.....	37
4.3.1.2	Grenzen des Prozesses	38
4.3.1.3	Daten für den “Aluminiumhaushalt Österreich”	38
4.3.1.4	Daten für den Haushalt des “Lizenzierten Aluminiums”	39
4.3.2	Prozess Aluminiumkonsum.....	42
4.3.2.1	Beschreibung des Prozesses.....	42
4.3.2.2	Grenzen des Prozesses	42
4.3.2.3	Daten für den “Aluminiumhaushalt Österreich”	42
4.3.2.4	Daten für den Haushalt des “Lizenzierten Aluminiums“	44
4.3.3	Prozess Müllsammlung.....	46
4.3.3.1	Beschreibung des Prozesses.....	46
4.3.3.2	Grenzen des Prozesses	46
4.3.3.3	Daten für den „Aluminiumhaushalt Österreich”	47
4.3.3.4	Daten für den Haushalt des “Lizenzierten Aluminiums“	48
4.3.3.5	Bestimmung der Al-Fracht im Restmüll aufgrund von Restmüllanalysen.....	52
4.3.4	Prozess Müllverbrennung (MVA).....	54
4.3.4.1	Beschreibung des Prozesses.....	54
4.3.4.2	Grenzen des Prozesses	54
4.3.4.3	Daten für den Haushalt des “Lizenzierten Aluminiums“	55
4.3.4.4	Bestimmung der Al-Fracht im Restmüll aufgrund von Analysen der Outputgüter der MVA	56
4.3.4.5	Vergleich der Wiener Restmüllanalysen 1997/98 mit den Analysewerten der MVA Wien-Spittelau.....	58
4.3.4.6	Vergleich der Oberösterreichischen Restmüllanalyse 1990/91 (sowie BAWP 1992 und BAWP 1995) mit den Analysewerten der MVA Wels	60
4.3.5	Prozess ARA-Sammelsystem (AS).....	60
4.3.5.1	Beschreibung des Prozesses.....	60
4.3.5.2	Grenzen des Prozesses	60
4.3.5.3	Daten für den “Aluminiumhaushalt Österreich”	61
4.3.5.4	Daten für den Haushalt des “Lizenzierten Aluminiums“	61
4.3.6	Prozess Sammlung außerhalb des ARA-Systems (SaA).....	62
4.3.6.1	Beschreibung des Prozesses.....	62
4.3.6.2	Grenzen des Prozesses	62
4.3.6.3	Daten für den “Aluminiumhaushalt Österreich”	63
4.3.6.4	Daten für den Haushalt des “Lizenzierten Aluminiums“	63



4.3.7	Prozess Verwertung von Sekundäraluminium.....	64
4.3.7.1	Beschreibung des Prozesses.....	64
4.3.7.2	Grenzen des Prozesses	64
4.3.7.3	Daten für den “Aluminiumhaushalt Österreich”	64
4.3.7.4	Daten für den Haushalt des “Lizenzierten Aluminiums“	65
4.3.8	Subsystem „ARA Sammellogistik SELECT+“	66
4.3.8.1	Umladestelle.....	66
4.3.8.2	Sortierung.....	66
4.3.8.3	Shredder in Österreich	67
4.3.8.4	Paketierung	67
4.4	Vorgehensweise bei der Ermittlung der Bandbreiten.....	67
5	RESULTATE	69
5.1	Aluminiumhaushalt Österreich - Güterflüsse	69
5.2	Die Flüsse der „Lizenzierten Aluminiumverpackungen“	71
5.2.1	Güterflüsse.....	71
5.2.2	Aluminiumflüsse	73
5.2.3	Bandbreiten bei der Bilanzierung des Prozesses „Aluminiumkonsum“	75
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	79
7	ZUSAMMENFASSUNG	81
8	LITERATURVERZEICHNIS.....	89
9	ANHANG.....	A-1
9.1	Probe:.....	A-2
9.2	Probenahme:	A-2
9.3	Aufbereitung:.....	A-2
9.4	Aufschluss:	A-3
9.4.1	Königswasseraufschluss.....	A-3
9.4.2	Mikrowellen-Gesamtaufschluss.....	A-3
9.4.3	Säurebehandlung der Siebreste.....	A-4
9.5	Messung:.....	A-4
9.6	Ergebnisse:.....	A-5
9.6.1	Messwerte.....	A-5
9.6.2	Qualitätssicherung	A-8



9.6.2.1	<i>Referenzproben</i>	A-8
9.6.3	<i>Statistik</i>	A-11





1 Einführung

Die ARGEV hat seit Inkrafttreten der Verpackungsverordnung im Jahre 1993 die Verantwortung für Sammlung, Sortierung und Konditionierung aller Verpackungen aus Kunststoff, Metall, Holz, textilen Faserstoffen, Keramik und Materialverbunden von der ARA übernommen.

In der Verpackungsverordnung 1996 wurden die Voraussetzungen und Kriterien für die Sammel- und Verwertungssysteme neu festgelegt. Gleichzeitig wurde ein neues Zielkonzept sowohl für die Unternehmer als auch für die Betreiber von Sammel- und Verwertungssystemen wirksam, wobei für jeden Packstoff in einem formellen Genehmigungsverfahren die Mindestfassungquoten und die Mindestquoten für die stoffliche Verwertung festgelegt werden.

Über die Metallverpackungssammlung werden Fe-Metalle und Aluminium erfasst. Dieses Sammelsystem umfasst etwa 50.000 Sammelstellen, ist österreichweit flächendeckend aufgebaut und wird von der ARGEV als Branchenrecycling-Gesellschaft geplant und gesteuert.

Der Aluminiumverbrauch von Verpackungsaluminium liegt in Österreich bei etwa jährlich 14.000 - 17.000 t. Die lizenzierte Menge an Aluminiumverpackungen wird von der ARGEV mit 10.350 t pro Jahr angegeben. Im Gegensatz dazu betrug die Menge an verwerteten Aluminiumverpackungen 1997 etwa 2.300 t. Die Fragestellung die sich aus dieser Situation heraus ergibt ist, wohin gelangt die Differenz von 8.000 - 9.000 t Aluminium pro Jahr?





2 Zielsetzung und Fragestellungen

Das Ziel dieses Projektes ist es, den Aluminium-Haushalt des lizenzierten Aluminiums in Österreich zu erfassen, um den Verbleib von 8.000 - 9.000 t an lizenzierten aber nicht verwerteten Aluminiumverpackungen feststellen zu können. Eine Analyse der Aluminiumflüsse des lizenzierten Aluminiums in Österreich bildet die Grundlage, um Szenarien zur Optimierung des gegenwärtigen Sammelsystems entwickeln zu können.

Um die folgenden Fragestellungen bezüglich des lizenzierten Aluminiumflusses zu beantworten, ist es nicht ausreichend, ausschließlich die lizenzierten Aluminiumverpackungen zu identifizieren und zu verfolgen. Es sind in einem ersten Schritt alle Aluminiumflüsse sowohl über die separate Sammlung als auch über die Restmüllsammlung in die Betrachtung mit einzubeziehen. Ohne dieses Vorgehen ist es nicht möglich, aus den Mengen des im ARA-System und im Restmüllsammelsystem erfassten Aluminiums, Aussagen über fehlende lizenzierte Aluminiumverpackungen zu treffen.

Zur Erreichung des Projektziels ist daher die Beantwortung folgender Fragestellungen notwendig:

1. Welche aluminiumhaltigen Güter müssen zusätzlich zu den lizenzierten Aluminiumverpackungen, dem Aluminium im Restmüll und den gesammelten lizenzierten Aluminiumverpackungen berücksichtigt werden? Durch welche Sammelsysteme und Behandlungsverfahren fließen diese Mengen?
2. Über welche Wege (ARA-Sammelsystem und nicht ARA-Sammelsystem, inkl. Restmüll) fließen die jeweiligen Mengen an lizenzierten Aluminiumverpackungen? Lässt sich aus der Aluminiumfracht im Restmüll und zusätzlichen Informationen über den Markt, eine Aussage über die Fracht an lizenziertem Aluminium im Restmüll treffen?
3. Mit welchen Unsicherheiten sind die unter Punkt 2 erhobenen Daten behaftet? Welche Aussagen treffen mit hoher Wahrscheinlichkeit zu und welche müssen mittels weiterer Analysen verifiziert werden?





3 Der Aluminiumhaushalt Österreichs

3.1 Einleitung

Mit einem Gehalt von 8 % in der Erdkruste ist Aluminium nach Sauerstoff und Silizium das dritthäufigste Element. Für einige Organismen ist Aluminium ein essentielles Element, für Fische und Pflanzen ist es allerdings in Bereichen mit geringem pH-Wert toxisch. Unter einem pH-Wert von <5,5 erhöht sich die Mobilität von Aluminium. Freie Al-Ionen aus leicht löslichen Al-Verbindungen (Al-Chlorid, Al-Nitrat) üben auf den menschlichen Organismus eine toxische Wirkung aus. So sind beispielsweise die Grenzwerte beim Trinkwasser im Bereich zwischen 0,05-0,2 mg/l (US EPA) angesiedelt [Reimann, C. & Caritat, P., 1998].

Als Werkstoff ist Aluminium aufgrund seiner positiven Eigenschaften (geringes spezifisches Gewicht, Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Verformbarkeit, Ästhetik u.a.m.) in den verschiedensten Einsatzbereichen sehr gefragt.

Das Kapitel 3 gibt einen Überblick über den gesamten Aluminiumhaushalt Österreichs, wobei dieser in seine zentralen Bereiche untergliedert wird. Dazu gehören die Aluminiumproduktion und -verarbeitung, der Konsum und das Lager von Aluminiumprodukten sowie die Sammlung von Aluminium und der Anteil des Aluminiums in den Abfällen. In einem weiteren Schritt wird der Anteil des lizenzierten Aluminiums aus der Betrachtung herausgelöst. Unter dem lizenzierten Aluminium wird jener Anteil verstanden, der mittels Lizenzverträgen zwischen der ARA und den jeweiligen Inverkehrsetzern von Aluminiumverpackungen geregelt ist. Weiters werden jene Sammel- und Entsorgungspfade identifiziert, welche außerhalb des ARA-Systems verlaufen. In der nachfolgenden Tabelle wird der gesamte Aluminiemeinsatz Österreichs dargestellt [Fachverband der Metallindustrie Österreichs, 1999] und [The Aluminium Association, 1999].

Tabelle 3-1: Aluminiemeinsatz Österreichs (1987 und 1992 bis 1998)

Jahr	1987	1992 ¹	1993	1994	1995	1996	1997	1998
+ Primäraluminiumproduktion	93,4	32,9	-----	-----	-----	-----	-----	-----
+ Importe von Barren	61,3	166,2	144,6	266,0	159,6	195,5	243,1	253,2
+ Importe von Hüttenprodukten	63,6	79,1	71,3	93,3	107,4	98,7	119,8	129,0
+ Rückgewinnung v. Sekundäraluminium	27,2	44,4	43,3	52,5	93,5	97,6	118,8	128,4
- Exporte von Barren	33,7	30,3	16,8	25,5	74,7	75,4	67,3	87,3
- Exporte von Hüttenprodukten	116,9	107,7	87,4	103,8	132,6	144,0	182,0	194,0
= scheinbarer Aluminiemeinsatz	94,9	184,6	155,0	282,5	153,2	172,3	232,4	229,3
+ Lagerveränderung ²	-12,5	-----	-----	110,0	-59,4	-50,6	-----	-----
= Aluminiemeinsatz	107,4	184,6	155,0	172,5	212,6	222,9	232,4	229,3
Mittlere Einwohnerzahl [Millionen]	7,6	7,9	7,9	8,0	8,0	8,0	8,1	8,1
= Pro-Kopfverbrauch [kg] ³	12,5	23,4	19,6	35,3	19,2	21,5	28,7	28,4
= Pro-Kopfverbrauch [kg] ⁴	14,1	23,4	19,6	21,6	26,6	27,9	28,7	28,4

¹ Die Produktion von Primäraluminium wurde im Laufe des Jahres 1992 in Österreich eingestellt.

² 1994 erfolgte eine Vorrathaltung wegen des bevorstehenden EU-Beitritts und dadurch anfallender Zollbelastungen.

³ Ohne Berücksichtigung der Vorrathaltung

⁴ Mit Berücksichtigung der Vorrathaltung



3.2 Aluminiumproduktion

In diesem Kapitel wird die Aluminiumproduktion aus Primärrohstoffen kurz dargestellt.

Die industrielle Produktion von Primäraluminium wurde im Laufe des Jahres 1992 in Österreich eingestellt (1992 Übergangsjahr mit reduzierter Produktion – 1993 keine Produktion mehr). Als Rohstoff für die industrielle Produktion dient das Mineral Bauxit, dessen Aluminiumanteil etwa 50 % beträgt. In Österreich wird Bauxit seit den frühen sechziger Jahren nicht mehr abgebaut. Stattdessen wurde bis 1992 das aus Bauxit gewonnene Aluminiumoxid (Tonerde) importiert, woraus mittels Elektrolyse Hüttenrohaluminium gewonnen wurde. Die seither importierten Mengen an Tonerde werden für medizinische Verwendungen eingesetzt.

Die Erzeugung von Rohaluminium aus Tonerde erfolgt mittels eines energieintensiven Elektrolyseverfahrens. Dabei kann es zu Emissionen von CO₂ und CO sowie zu nennenswerten Emissionen von gasförmigen Fluorverbindungen und SO₂ kommen.

Das Primäraluminium wird anschließend legiert oder unlegiert zu Walzbarren (Bleche, Bänder oder Folien), Drahtbarren (Aluminiumdrähte) oder Pressbolzen (Profile oder Rohre) gegossen [Aluminium-Zentrale e.V., 1991]. Diese sogenannten Knetlegierungen haben als Hauptlegierungselemente Magnesium, Mangan und Silizium sowie seltener Kupfer oder Zink. Der Gesamtanteil der Legierungselemente und der tolerierten metallischen Beimengungen liegt im Durchschnitt zwischen 2 und 2,5 % [DIN, 1983].

Nur ein sehr geringer Teil des primär gewonnenen Aluminiums wird zu Gusslegierungen aufgelegt und anschließend zu Formteilen vergossen. Hierbei sind die Hauptlegierungselemente Silizium, Kupfer und Magnesium mit einem durchschnittlichen Gesamtanteil (inkl. anderer metallischer Beimengungen) von 12 %. [VDS, 1988].

Anmerkung: Bei den in den folgenden Kapiteln vorgenommenen Bilanzierungen wird der Legierungsanteil im Aluminium nicht berücksichtigt. Das bedeutet, dass immer, wenn vom Stoff Aluminium gesprochen wird, auch andere Stoffe wie die oben erwähnten enthalten sind. Es handelt sich also streng genommen um Güterbilanzen.

Bei der industriellen Produktion von Sekundäraluminium werden Abfallmaterialien (Schrott, Produktionsabfälle) und aus ausgedienten Alu-Produkten erhaltenes Umschmelzaluminium eingesetzt.

3.2.1 Aluminiumrecycling

In diesem Kapitel werden die Grundlagen und Voraussetzungen für ein Recycling von Aluminium kurz beschrieben.

Je nachdem, in welcher Transformationsstufe die Aluminiumschrotte anfallen, werden sie in Neu- und Altschrotte unterteilt.



Neuschrotte entstehen bei der Aluminiumproduktion und -verarbeitung als Produktionsrückläufe. Direkte Kreislaufschrotte verlassen das Halbzeugwerk oder die Formgießerei nicht und werden unmittelbar wieder in der Produktion eingesetzt. Verarbeitungsschrotte entstehen auf dem Weg vom Halbzeug zum Produkt und werden entweder einer Formgießerei oder einem Halbzeugwerk direkt zugeführt oder gehandelt.

Altschrotte sind Konsumrückstände. Sie fallen entweder nach einem Gebrauch in Produktionsprozessen (z.B. als Offsetdruckplatten) oder nach einem Gebrauch in privaten Haushalten (z.B. als Getränkedosen) an.

Die Herstellung von Sekundäraluminium durch das Einschmelzen sekundärer Rohstoffe benötigt im günstigsten Fall nur 5 % der Energie, die zur Herstellung der gleichen Menge Primärmaterials erforderlich wäre. Die Energieersparnis beträgt etwa 80-95 %. Aluminium ist theoretisch unbegrenzt wiedereinsetzbar und verwertbar, ohne dass seine spezifischen Eigenschaften verloren gehen. Ein limitierender Faktor bei Altschrotten ist der Durchmischungsgrad der verschiedenen Aluminiumlegierungen. Vor allem für die Erzeugung von Knetlegierungen aus Sekundäraluminium ist sortenreines Material erforderlich, da die Toleranzen für Fremdstoffe wesentlich niedriger sind als bei der Herstellung von Gusslegierungen. Da die Massenflüsse von gebrauchten Aluminiumverpackungen im Verhältnis zu anderen Flüssen gering sind, werden diese meist mit anderen Schrotten gemeinsam eingesetzt und es werden daraus vor allem Gussteile produziert. Die Gesamtmenge der verwerteten Aluminiumverpackungen betrug 1998 knapp 2.300 t. Die Verwertung erfolgt ausschließlich in zwei österreichischen Betrieben [Domenig et. al., 1998] und [ARGEV, 1999].

Auch nichtmetallische Beimengungen und Anhaftungen wie Farbanstriche, Kunststoffe und Gummiteile, Wasser, Öle, Fette und Emulsionen wirken sich einerseits nachteilig auf die Qualität der zu produzierenden Produkte aus und erhöhen andererseits die Umweltbelastung während des Recyklierungsvorganges [Pape, 1995].

Weiters üben metallische Anhaftungen und Beimengungen wie beispielsweise Eisenschrauben, Messinglager, welche beim Einschmelzvorgang in Lösung gehen und mit vernünftigem Aufwand dann nicht mehr abtrennbar sind, einen negativen Einfluss auf die zu erzielenden Legierungsqualitäten aus [Pape, 1995].

Sekundäraluminium wird unter Beigabe von Salzen zur Abtrennung nichtmetallischer Verunreinigungen und zur Verhinderung weiterer Oxidierung in ölbeheizten Drehtrommelöfen aufgeschmolzen. Der Drehtrommelofen ist Aufbereiter und Phasentrenner gleichzeitig. Bei der Erzeugung einer Tonne Sekundäraluminium fallen, abhängig vom Verunreinigungsgrad der eingesetzten Schrotte, ca. 0,5-0,6 Tonnen Salzschlacke an [Rink, 1994]. Diese muss weiterbehandelt werden, anschließend erfolgt der Wiedereinsatz. Bei Schrotten mit geringem Verunreinigungsgrad können auch Verfahren angewendet werden, welche ohne den Einsatz von Salzen auskommen (Gas- oder ölbeheizte Herdöfen, Induktionsöfen). Im Rahmen dieser Studie wird auf die unterschiedlichen Aufbereitungsverfahren und den damit verbundenen technischen Anforderungen (z.B. Abgasreinigung) nicht eingegangen.



3.3 Aluminiumeinsatz

In diesem Kapitel wird der gesamte Aluminiumeinsatz Österreichs beschrieben. Ausgehend vom gesamten Aluminiumkonsum in Österreich wird der Anteil des lizenzierten Aluminiums aus der Gesamtbetrachtung heraus genommen und näher analysiert.

3.3.1 Aluminiumeinsatz in Österreich

Der *Aluminiumeinsatz* umfasst die Verwendung von Aluminiumprodukten beim Konsumenten, also den Privathaushalten (z.B. Abtrennen von Produktverpackungen, Automobil usw.) und den Betrieben (z.B. Abtrennen von Transportverpackungen, Einbau in die betriebliche Infrastruktur usw.). Die dem Aluminiumkonsum vorgelagerten Prozesse, wie das Herstellen diverser Produkte und Verpackungen, werden als *Aluminiumverarbeitung* bezeichnet.

Laut dem Fachverband [Fachverband der Metallindustrie Österreichs, 1999] wurden 1998 in Österreich 229.300 t Aluminium verbraucht. Laut den Statistiken des Fachverbandes der Metallindustrie und des ÖSTAT [Gerhold, 1996] teilt sich der Aluminiumendverbrauch folgendermaßen auf:

Tabelle 3-2: Endverwendungskategorien von Aluminium; Quellen: [Gerhold, 1996], [Fachverband der Metallindustrie Österreichs, 1999]

Endverwendungskategorie	1998 [in %]	1998 [in t]
Transportwesen (Verkehr)	18,0	41.300
Allgemeine Technik	3,8	8.700
Elektrotechnik	8,0	18.300
Bauwesen	31,5	72.200
Kühltechnik	1,1	2.500
Verpackungen	17,5	40.100
Büroausstattungen	3,6	8.300
Pulver und Pasten	1,4	3.200
Eisen- Stahl- u. Hüttenverwendung	2,8	6.400
Anderes	12,3	28.300
Summe	100	229.300

Im Bauwesen werden hauptsächlich Profile (Fenster und Türen) und Walzwaren (Bleche, Rinnen, Folien etc.) eingesetzt, wobei die Anteile dieser beiden Nutzungskategorien annähernd gleich groß sind [Gerhold, 1996].

Im Transportwesen (Verkehr) handelt es sich hauptsächlich um Gusslegierungen in den Bereichen Fahrwerk, Motor und Getriebe sowie um Karosserieteile, Kühler, Zylinderköpfe etc. [Gerhold, 1996]. Der Aluminiumanteil ist bei Kraftfahrzeugen im Steigen begriffen, wobei die österreichische Autozulieferindustrie eine bedeutende Rolle spielt. Das in diesem Marktsegment eingesetzte Aluminium wird größtenteils exportiert.



Der Bereich Verpackungen spielt in dieser Studie die zentrale Rolle. Im Jahr 1998 wurden in Österreich lt. ÖSTAT und Fachverband zwischen 18.300 t und 40.100 t Aluminium für Verpackungen verwendet [ÖSTAT, 1996, Fachverband der Metallindustrie, 1999]. Witschel kommt auf jährlich etwa 35.000 t [Witschel, 1999]. In diesen Daten sind Doppelzählungen möglich, die in Österreich tatsächlich konsumierte Menge ist daraus nicht ableitbar. Von dieser Fracht wurden 1998 von den Inverkehrsetzern 10.368 t [ARA, 1999] als lizenzierte Verpackungen bei der ARA angemeldet. Die Nutzungsdauer dieser Verpackungen liegt zwischen wenigen Wochen und etwa 2 Jahren beispielsweise bei Konserven. Der Konsum findet hauptsächlich in den Privathaushalten statt.

In den privaten Haushalten werden eine Vielzahl der oben erwähnten Produkte in unterschiedlichen Verwendungskategorien konsumiert. Baccini [Baccini et al., 1993] ermittelte für den privaten Haushalt unter der Verwendung von vier Kategorien (ohne Bauwesen) folgenden Aluminiumeinsatz:

- 500 g/E.a werden in Form von Einrichtungsgegenständen konsumiert. Für Österreich ergibt das eine jährliche Menge von ca. 4.044 t.
- Im Papier ist Aluminium vor allem in Form des Füllstoffs Kaolin (Al-Silikat) vorhanden Daxbeck und Baccini geben einen Aluminiumeinsatz von 1,3 kg/E.a an [Daxbeck et al., 1999], [Baccini et al., 1993]. Für Österreich ergibt sich einen Verbrauch von 10.514 t/a. Im Vergleich dazu gibt Lauber [Lauber, 1993] eine durchschnittliche Aluminiumkonzentration von 1 % an. Das ergibt bei einem jährlichen Papierverbrauch von 1,6 Mio. t/a in Österreich [Daxbeck et al., 1999] eine Aluminiumfracht über das Papier von etwa 16.000 t/a.
- Durch die Verwendung von Waschmitteln werden jährlich ca. 0,5 kg/E.a Aluminium konsumiert. Das ergibt eine Gesamtmenge von ca. 4.040 t.
- In den jährlich konsumierten Elektrogeräten sind ca. 3.750 t Aluminium enthalten.

Der daraus resultierende Aluminiumeinsatz in den privaten Haushalten wird auf Basis dieser Zahlen und unter Berücksichtigung einer 50 % Wachstumsrate in Österreich von 1992 bis 1998 mit 23.000-30.000 t/a abgeschätzt.

3.3.2 Verbrauch des lizenzierten Aluminiums

Beim lizenzierten Aluminium handelt es sich um jene Aluminiumverpackungen, die in den Geltungsbereich der Verpackungsverordnung fallen. Die Inverkehrsetzer geben im Rahmen eines sogenannten Lizenzierungsverfahrens der vom Gesetzgeber anerkannten Sammel- und Verwertungsorganisation (ARA – für Aluminium ist die Branchenrecyclinggesellschaft die ARGEV) jene Mengen an Packstoffen aus Aluminium bekannt, die sie im Laufe eines Jahres auf den Markt bringen.

Ganz allgemein wird unter einer Verpackung verstanden: *”Als Verpackung wird die lösbare Umhüllung eines Gutes (Packgutes) zum Schutz vor äußeren Einflüssen, in einigen Fällen auch zum Schutz der Umwelt vor den Gütern (beispielsweise Gefahrgüter) bei Transport-, Umschlags- und Lagervorgängen verstanden. Die Verpackung bildet eine Einheit aus den Komponenten Packmittel, Packstoff und Packhilfsmittel. Aus dem Packstoff, das heißt dem*



Werkstoff von Verpackungen, wird das Packmittel hergestellt, das dazu bestimmt ist, das Packgut zu umschließen oder zusammenzuhalten. Die Packhilfsmittel ermöglichen zusammen mit dem Packmittel das Verpacken, Verschließen und die Versandvorbereitung eines Packgutes.” [GABLER, 1988]

Im Jahre 1988 wurden 10.368 t Aluminiumverpackungen lizenziert [ARA, 1999]. Eine genauere Beschreibung befindet sich im Kapitel „Aluminiumsammlung“. Im Detail handelt es sich um folgende Packstoffarten [Witschel, 1999]:

- Aluminiumfolien und Bänder: Beschichtet oder lackiert (Joghurtbecherdeckel usw.), blank (als Hülle für Schokoladen und Süßwaren usw.), kaschiert in Verbindung mit Papier, Karton oder Kunststoff (Butterpapier usw.). Die blanke Haushaltsfolie wird nicht lizenziert.
- Aluminiumleichtbehälter (Fertigmenüs, Tiefkühlindustrie)
- Getränkedosen (0,25l, 0,33l, 0,5l)
- Tuben (Senf, Mayonnaise)
- Verpackungsröhrchen
- Aluminiumdosen und –hülsen (Fischkonserven usw.)
- Aerosoldosen
- Verschlüsse, Deckel und Flaschenkapseln
- Flaschen, Kannen und Fässer
- Aluminium in Materialverbunden gemeinsam mit anderen Packstoffen (Kunststoff, Papier) als Aluminiumverbundfolie verwendet (Fruchtsäfte, Haltbarmilch usw.).

Aus Datenschutzgründen existieren nur Aufschlüsselungen nach verschiedenen Branchen und den dazugehörigen Gesamtverbrauchsmengen. Eine offizielle Untergliederung innerhalb der einzelnen Branchen in die verwendeten Packstoffarten, also den Anteil an beispielsweise Dosen, Tuben, Folien usw., ist nicht erhältlich. Außerdem erfolgt die Lizenzierung nach Lizenztarifgruppen und damit nach Packstoffen und nicht nach einzelnen Verpackungen [Janda, 1999]. In der nachfolgenden Tabelle wird die Menge an lizenziertem Aluminium für das Jahr 1998 aufgliedert nach den Einsatzbereichen dargestellt [ARA, 1999]

Tabelle 3-3: Lizenzmengen von Verpackungen aus Aluminium; 1998

Branche	Lizenzmengen Aluminium	
	Jahresmenge [in t]	Anteil [in %]
AF (alkoholfrei Erfrischungsgetränke)	3.420	32,9
Brauerei	2.554	24,6
Chemie	46	0,5
Handel Food	499	4,8
Non Food	23	0,2
Handel allgemein	29	0,3
Kaffee/Tee	264	2,5
Konserven	67	0,6
Kosmetik	409	3,9
Milch/Milchprodukte	623	6,0
Nährmittel	585	5,7
Pharma	136	1,3



Branche	Lizenzmengen Aluminium	
	Jahresmenge [in t]	Anteil [in %]
Speiseöle/Fette	130	1,3
Spirituosen	75	0,7
Süßwaren	188	1,8
Tiefkühl	212	2,0
Tiernahrung	658	6,4
Waschen und Reinigung	272	2,6
Wein/Sekt	177	1,7
Summe	10.368	100

Nach Erhebungen der ARGEV [ARGEV, 1999] haben die Getränkeverpackungen mit einem Anteil von nahezu 60 % einen sehr großen Anteil an den lizenzierten Verpackungen:

Tabelle 3-4: Zusammensetzung der lizenzierten Getränkeverpackungen

Füllgut	[t]					Veränderung zum Vorjahr [%]				
	Alu- minium	Weiß- blech	PET	PE	Verbund- karton	Alu- minium	Weiß- blech	PET	PE	Verbund- karton
Bier	2.613	2.394	0	0	0	21	-8			
Limonaden	2.697	480	9.989	222	1.561	-12	-70	31	30	-7
Fruchtsaft	129	0	263	0	5.894	-15				11
Mineral- & Soda	0	0	3.972	0	0			78		
Energydrinks	700 ¹	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.				
	6.139	2.873	14.224	222	7.455					

¹ Angabe der Firma Red Bull: jährlich werden 42 Mio. Dosen in Verkehr gesetzt, d.s. 560 t bzw. 80 % des Marktes. Daraus resultieren 700 t (= 100 % des Marktes).

Um auf die Gesamtmengen schließen zu können, ist es oft notwendig das Gebindegewicht zu kennen. In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Gebindearten zusammengefasst:

Tabelle 3-5: Gebindegewichte und Aluminiumkonzentrationen verschiedener Verpackungen.

Packmittel	Volumen [l]	Gewicht [g]	Al-Konzentration [%]
Aluminiumdose	0,25	11,9 ¹	100
Aluminiumdose	0,33	13,1 ¹ (vor 1997 16 ²); 14,17 ⁴	100
Aluminiumdose	0,5	16,8 ¹ , 18,31 ⁴	100
Kartonverbund ³	1,0	29,3	6

¹ PLM, 1999

² Waldenmair, 1997

³ Molz, Tautschnig 1993

⁴ Schmalbach-Lubeca Austria GmbH, 1999

3.3.3 Vergleich des Verbrauchs des lizenzierten Aluminiums mit dem gesamten Aluminiumeinsatz

Die Menge an lizenziertem Aluminium wird dem gesamten Aluminiumeinsatz gegenübergestellt.



Bei einer lizenzierten Aluminiumfracht von ca. 10.400 t/a und einem Gesamtverbrauch von 229.000 t/a für das Jahr 1998 haben die lizenzierten Aluminiumverpackungen einen Anteil von ca. 4,5 %.

Betrachtet man den Bereich der Verpackungen, so liegt der Anteil des lizenzierten Aluminiums zwischen 60 % und 75 % (bei einem Gesamtaufkommen von 14.000 t/a bis 17.000 t). Aus den in den Statistiken ausgewiesenen Daten können keine Aussagen über den tatsächlichen Konsum von Verpackungen getroffen werden. So laufen beispielsweise in manchen Statistiken Tanks für Treibstoffe unter dem Titel „Verpackungen“ [Persönliche Mitteilung von Herrn T. Rieder, Österreichisches Institut für Verpackungswesen, 1999].

3.4 Aluminiumsammlung

In diesem Kapitel wird das österreichische Sammelsystem für Aluminium beschrieben. Die Motivation, Aluminium zu sammeln, beruht auf zwei wesentlichen Faktoren:

- Wirtschaftlichkeit (Rentabilität): Aluminium kann als Sekundärrohstoff ökonomisch sinnvoll ohne bzw. mit wenig Qualitätsverlust in der Aluminiumproduktion eingesetzt werden.
- Gesetze: In Gesetzen und Verordnungen (Abfallwirtschaftsgesetz, Verpackungsverordnung und Verpackungs-Zielverordnung) werden Vorgaben für Mindestsammelmengen auf Basis volkswirtschaftlicher, ökologischer und gesellschaftspolitischer Überlegungen definiert.

Nach Domenig [Domenig et. al., 1998] wurden 1996 bei einem Gesamtaufkommen von 185.000 t/a insgesamt 126.000 t/a an Metallen getrennt gesammelt. Davon wurden ca. 36.000 t/a Metallverpackungen innerhalb des ARA-Systems im Rahmen der flächen-deckenden Sammlung erfasst, davon waren wiederum ca. 28.000 t/a Verpackungen, die restlichen 8.000 t sind Fehlwürfe. Von den 28.000 t/a Metallverpackungen stammen ca. 34.300 t/a aus der Haushaltssammlung und ca. 1.700 t/a aus Gewerbe und Industrie. Einer stofflichen Verwertung werden 25.900 t/a Fe-Metallverpackungen und 2.350 t/a an Aluminiumverpackungen stofflich verwertet [ARGEV, 1999]. Diese verwerteten Aluminiumverpackungen kommen ausschließlich aus dem Bereich der Haushaltssammlung [Janda, 1999].

3.4.1 Die gesetzlichen Rahmenbedingungen der Aluminiumsammlung

Die gesetzliche Grundlage bilden die zwei im Herbst 1992 vom BMU erlassenen Verordnungen. Die Verpackungsverordnung berücksichtigt Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen und bestimmten Warenresten (VerpVO). Die Verpackungszielverordnung legt die Ziele zur Vermeidung und Verwertung von Abfällen und Getränkeverpackungen und sonstigen Verpackungen (VerpZielVO) fest. Novellierungen dieser Verordnungen datieren aus den Jahren 1995 und 1996.



Die VerpVO verpflichtet alle Verbraucher zur Rückgabe der gebrauchten Verpackungen und die Inverkehrsetzer (Hersteller und Vertreiber) zur unendgeltlichen Rücknahme und in weiterer Folge entsprechend dem Stand der Technik stofflich und/oder thermisch wiederzuverwenden beziehungsweise zu verwerten oder an den Vorlieferanten zurück zu geben. Diese Rücknahme- und Verwertungspflichten können gemäß der VerpVO auf ein anerkanntes flächendeckendes Sammel- und Verwertungssystem als sogenannten Dritten übertragen werden [Zeinler, 1998].

Die österreichische Wirtschaft gründete daher auf Basis des AWG, der VerpZielVO und der in der VerpVO vorgesehenen Übertragungsmöglichkeit der Verpflichtungen 1993 das Altstoff Recycling Austria-System als anerkanntes flächendeckendes Sammel- und Verwertungssystem. In Form einer Lizenzpartnerschaft zwischen der Wirtschaft und der Altstoff Recycling Austria AG sollen die gesetzlichen Auflagen sinnvoll erfüllt werden [Zeinler, 1998].

Die ca. 10.000 Lizenznehmer aus Gewerbe und Industrie geben eine Lizenzierungserklärung (Formular "Erklärung über die Abgabe von gebrauchten Verpackungen") bei der Altstoff Recycling Austria AG ab. Diese wiederum schließt mit den sogenannten Branchenrecyclinggesellschaften (BRG) Entsorgungsverträge ab. Die BRGs organisieren die Sammlung und Verwertung der einzelnen Packstoffe. Damit sind die Betriebe berechtigt an den Übernahmestellen gebrauchte Verpackungen abzugeben.

Die ARA-AG hat in einer Kooperationsvereinbarung mit der Duales System Deutschland Gesellschaft für Abfallvermeidung und Sekundärrohstoffgewinnung mbH das Nutzungsrecht der Marke "Der Grüne Punkt" – jedoch ohne Schriftzug – erworben. Der Punkt kennzeichnet die Teilnahme am ARA-System und steht für die gesetzeskonforme Sammlung und Verwertung von Verpackungen.

Unternehmen, die ihren Sitz im Ausland haben, verpackte Waren bzw. Verpackungen nach Österreich liefern und keinen österreichischen Importeur haben, können durch den Abschluss einer Zusatzvereinbarung für ausländische Lizenzpartner ebenfalls Lizenzpartner der ARA-AG werden.

In der nachfolgenden Tabelle werden die Rechte und Pflichten der ARA-System-Teilnehmer und der Nichtsystemteilnehmer, auf welche anschließend noch eingegangen wird, gegenübergestellt [Zeinler, 1998]

Tabelle 3-6: Gegenüberstellung der Systemteilnehmer und Nicht-Systemteilnehmer

SYSTEMTEILNEHMER	NICHT-SYSTEMTEILNEHMER
Übertragung der Verpflichtung für Transport- und Verkaufsverpackungen gemäß VerpVO auf einen Dritten durch Abschluss der Entpflichtungs- und Lizenzvereinbarung.	
Vorteile für ARA-Lizenzteilnehmer:	Pflichten für Nicht-Lizenzteilnehmer
Entfall der unentgeltlichen Rücknahmepflicht für Transport- und Verkaufsverpackungen.	Unentgeltlichen Rücknahme der von ihnen in Verkehr gebrachten oder verwendeten Transport- und Verkaufsverpackungen.



SYSTEMTEILNEHMER	NICHT-SYSTEMTEILNEHMER
Entfall der Verpflichtung zur Rückgabe bzw. Wiederverwendung oder Verwertung von 100 Gewichtsprozent jedes Packstoffes.	Verpflichtung, die zurückgenommenen Transport- und Verkaufsverpackungen dem Rücknahmeverpflichteten zurück zu geben oder zu 100 Gewichtsprozent wiederzuverwenden oder gemäß § 5c zu verwerten.
Entfall der Verpflichtung, Maßnahmen zu treffen und Rücklaufquoten zu erreichen.	Maßnahmen zu treffen, um die erforderlichen Rücklaufquoten zu erreichen bzw. Information der Konsumenten über Rückgabemöglichkeiten.
Entfall der Nachweispflicht für Maßnahmen und Rücklaufquoten.	Verpflichtung halbjährlich Nachweise gegenüber dem BMU für die Erreichung der Rücklaufquoten sowie für die Verordnungskonforme Verwertung zu erbringen.
Keine Entpflichtung für Umverpackungen durch Dritten zulässig, daher kann die Verpflichtung zur unentgeltlichen Rücknahme nicht auf einen Dritten übertragen werden.	Verpflichtung der Hersteller und Vertreiber, die von ihnen in Verkehr gebrachten Umverpackungen unentgeltlich zurückzunehmen sowie
Die Verwertung gemäß § 4 (2) wird jedoch im Falle einer Lizenzierung vom ARA-System wahrgenommen.	Verpflichtung zur Rückgabe und Wiederverwendung oder zur Verwertung von 100 Gewichtsprozent jedes Packstoffes.
Keine zusätzliche Verpackungsbuchhaltung für alle Handelsstufen (mit Ausnahme der Meldungen des Lizenznehmers an die ARA-AG).	Einhaltung der stofflichen Verwertungsquoten gemäß § 5c; Einrichtung einer betrieblichen Verpackungsbuchhaltung, wobei sämtliche Ein- und Ausgänge aller Verpackungsmaterialien getrennt nach den einzelnen Packstoffen nachvollziehbar aufgezeichnet werden müssen.
Recht zur Aufbringung des Punktes auf lizenzierte Verpackungsmaterialien.	Die Verwendung des Punktes ist unzulässig und strafbar.
Alle lizenzierten Verpackungsmaterialiendürfen unentgeltlich in die dafür bestimmten Sammelsysteme eingebracht werden.	Nichtlizenzierte Verpackungsmaterialien müssen den Rücknahmeverpflichteten zurück gegeben werden, sofern die Verpackungen nicht einer verordnungskonformen Verwendung oder Verwertung zugeführt werden.
Möglichkeit der Erzielung von Erlösen bei der Abgabe von sortenrein gesammelten Packstoffen durch die Anfallstelle.	Bezahlung der gesamten Entsorgungskosten (Sammlung/Verwertung) durch die Anfallstellen.
	Falls bei einem Unternehmen auch nichtlizenzierte Verpackungen anfallen, ist grundsätzlich getrennte Sammlung der Verpackungen erforderlich.
	Sanktionen gemäß § 39 AWG bei Nichteinhaltung der Pflichten gemäß der VerpVO.

3.4.2 Das ARA-Sammelsystem

Um die Anforderungen der Verpackungsverordnung hinsichtlich eines flächendeckenden Sammel- und Verwertungssystems zu erfüllen, wurde eine zweistufige Organisationsstruktur aufgebaut. Das Altstoff Recycling Austria-System setzt sich aus der ARA (Altstoffrecycling Austria AG) und acht wirtschaftlich selbständigen Unternehmen (Branchenrecycling-Gesellschaften - BRG) mit Non Profit-Charakter zusammen. Damit wird die Koordination aller Sammelsysteme unter einem Dach und die materialspezifische Kostenzuweisung ohne interne Subventionierung angestrebt. Das System soll für den Konsumenten leicht handhabbar



sein, um die jeweiligen Zielquoten zu erreichen. Weiters soll das System für alle Anfallstellen (private und gewerbliche) und alle Verpackungsarten offen sein. Zusätzlich soll das System international kompatibel sein. Daraus wurde folgendes Zielsystem entwickelt:

- Flächendeckende Sammlung und Verwertung
- Rücksichtnahme auf bestehende gebietskörperschaftliche Sammel- und Verwertungssysteme
- Ökonomische Verhältnismäßigkeit
- Ökologische Vorteilhaftigkeit

Die ca. 10.000 Lizenznehmer aus Gewerbe und Industrie geben eine Lizenzierungserklärung (Formular "Erklärung über die Abgabe von gebrauchten Verpackungen") ab. Damit sind die Betriebe berechtigt (> 1.100 l/Monat und Fraktion), an den Übernahmestellen (mehr als 100 über Österreich verteilt) gebrauchte Verpackungen abzugeben. Für größere, sortenreine Mengen werden Vergütungen bezahlt. Im Rahmen der Direktentsorgung gibt es Verträge zwischen den Branchenrecyclinggesellschaften und den Betrieben. Darin sind die Einbeziehung innerbetrieblicher Logistiksysteme oder etwa die Koppelung der Warenversorgung mit der Entsorgung geregelt. Für Kleingewerbebetriebe gibt es auch die Möglichkeit, gebrauchte Verpackungen bei Recyclinghöfen abzugeben. Eine tabellarische Zusammenfassung der einzelnen Entsorgungsschienen ist der Tabelle 3-7 zu entnehmen. Damit eine Verpackung als Aluminium lizenziert werden kann, muss im Fall von Verbundmaterialien der Massenanteil an Aluminium mindestens 80 % betragen. Bei geringeren Massenanteilen muss der Packstoff als Materialverbund lizenziert werden. Ist jedoch eine stoffliche Verwertung als Aluminium ohne Beeinträchtigung der Qualität auch bei geringeren Aluminiumkonzentrationen des Verpackungsmaterials möglich, so darf diese Verpackung auch als Monopackstoff Aluminium lizenziert werden [ARA, 1999].

Die Arbeitsgemeinschaft Verpackungsverwertung G.m.b.H (ARGEV) ist als Branchenrecyclinggesellschaft innerhalb des ARA-Systems für die Sammlung, Sortierung und Konditionierung von Verpackungen aus Kunststoff, Materialverbunden, Ferrometallen, Aluminium, Holz, textilen Faserstoffen und Keramik zuständig. Die ALUREC ist als eine weitere Branchenrecyclinggesellschaft des ARA-Systems für die Verwertung der Verpackungen aus Aluminium zuständig.

Von der ARGEV wurde das Sammelkonzept SELECT entwickelt. Das von der ARGEV gesteuerte Sammelsystem wird operativ von 57 Regionalpartnern betrieben. Dazu kommen ca. noch einmal so viele Unternehmen und Einrichtungen, welche im Subauftrag als Sammler oder als Betreiber einer der 43 Sortieranlagen tätig sind. Die 100 politischen Bezirke und Statutarstädte Österreichs bilden die einzelnen Sammelregionen. Das Aluminium kommt zu nahezu 100 % aus dem Haushaltsbereich, also dem Modul 1. Kleine Mengen können aus dem Kleingewerbebereich (Modul 2) dazu kommen [Janda, 1999].

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über das Sammelsystem SELECT [ARGEV, 1999].



Tabelle 3-7: Sammelsystem SELECT [ARGEV, 1999]

	Modul 1	Modul 2	Modul 3	Modul 4	Modul 5	Modul 6	Modul 7
	Sammlung aus Haushalten	Sammlung aus Kleingewerbe	Betriebliche Individualentsorgung	Übernahme unter Aufsicht	Problemstoffsammlung	Aussortieren aus Abfällen	Direktentsorgung
Wie wird gesammelt?	Leichtverpackungen (Gelbe Tonne, Gelber Sack) und Metallverpackungen (Blaue Tonne) über öffentliche Sammelbehälter und Sammelinseln (Bring-system) oder ab Haus mit Behälter oder Sack (Holsystem)	Direktabholung im Zuge der Haushalts-sammlung (Sammelbehälter beim Betrieb)	Anlieferung zu mehr als 100 Übernahmestellen auf Bezirksebene mit finanziellem Leistungsreiz (Bringssystem), regionale Holsysteme für sortenreine Verpackungen	Kontrollierte Übernahme sperriger und sortenreiner Verpackungen bei rund 650 Recyclinghöfen bzw. Alt-stoffsammelzentren und Mistplätzen (Bringssystem)	Sonderprogramm für entleerte, potentiell kontaminierte Verpackungen (kommunale oder private Problemstoffsammlung)	Aussortierung oder Abscheidung vor Abfallbehandlung, vertragliche Mitsammlung und Erfassung von Verpackungen über assoziierte Fremdsysteme (Magnetscheidung, Sortierung aus Gewerbemüll)	Innerbetriebliche Holsysteme für spezifikationsgemäß bereitgestellte Verpackungsabfälle (z.B. Distributionszentren des Handels)
Wer wird entsorgt?	Haushalte; Kleingewerbebetriebe mit einem haushaltsähnlichen Verpackungsaufkommen von weniger als 240 l pro Monat je Sammel-fraktion (Leichtverpackungen, Metallverpackungen)	Kleingewerbebetriebe mit einem haushaltsähnlichen Verpackungsaufkommen zwischen 240 l bis 1.100 l je Sammel-fraktion (Leichtverpackungen, Metallverpackungen)	Industrie- und Gewerbebetriebe und öffentliche Einrichtungen mit einem monatlichen Verpackungsaufkommen von mehr als 1.100 l je Sammel-fraktion (Leichtverpackungen, Metallverpackungen)	Haushalte und Kleingewerbebetriebe mit einem haushaltsähnlichen Verpackungsaufkommen	Haushalte	Aussortierung aus kommunalen und gewerblichen Abfallanlieferungen, Mitsammlung mit assoziierten Fremdsystemen	Gewerbebetriebe mit einem jährlichen Verpackungsanfall größer als 300 t an Kunststoffverpackungen (spezifikationsgemäße Bereitstellung zur Abholung)
Eigenleistungen der Anfallstelle	Trennung im Haushalt in Leichtverpackungen und Metallverpackungen	Beistellung der Sammelbehälter oder -säcke. Jährliche Anmeldung durch Lizenzierungserklärung der gewerblichen Anfallstelle	Beistellung von Sammeleinrichtungen (Behälter, Säcke, Mulden, Pressen), innerbetriebliche Vortrennung, Transport zur regionalen Übernahmestelle, Lizenzierungserklärung (Anfallstellen Service), Bestätigung der Lizenzierung durch Lieferanten	Sortenreine Trennung und Anlieferung zum Recyclinghof, Lizenzierungserklärung der gewerblichen Anfallstelle	Abgabe bei der kommunalen Problemstoffsammlung	keine	Nutzung eigener Sammellogistik, Sortierung, Konditionierung, Prüfung und vertragliche Bestätigung der Lizenzierung
Leistung von ARGEV und ARA-System für Konsumenten	Information des Konsumenten, Beistellung von Sammelbehältern und -säcken, Mitfinanzierung öffentlicher Sammelinseln, Sammlung, Sortierung und ordnungsgemäße Verwertung der Verpackungen			Übernahme sortenreiner Stoffgruppen, Konditionierung und ordnungsgemäße Verwertung der Verpackungen	Übernahme sortenreiner Stoffgruppen (Vergütung an Anlieferer) Konditionierung und ordnungsgemäße Verwertung der Verpackungen	Nach Bedarf	
Leistung von ARGEV und ARA System für Industrie und Gewerbe		Erfassung im Zuge der Haushalts-sammlung, Sortierung, Konditionierung und ordnungsgemäße Verwertung der Verpackungen	Unentgeltliche Übernahme, Sortierung bzw. Ausbezahlung von packstoffspezifischen Vergütungen bei sortenreiner Anlieferung, Konditionierung und ordnungsgemäße Verwertung der Verpackungen	Unentgeltliche Übernahme, Sortierung, Konditionierung und ordnungsgemäße Verwertung der Verpackungen	Übernahme sortenreiner Stoffgruppen (Vergütung an Anlieferer) Konditionierung und ordnungsgemäße Verwertung der Verpackungen	Nach Bedarf	Übernahme sortenreiner konditionierter Verpackungen, Ausbezahlung packstoffspezifischer Entgelte und ordnungsgemäße Verwertung der Verpackungen

Bei der flächendeckenden Haushaltssammlung durch die ARGEV werden hauptsächlich öffentliche Behälter (urbane Regionen) oder Säcke (ländliche Regionen) eingesetzt. Die Sammlung erfolgt in der Regel in getrennten Sammelschienen für metallische Verpackungen (Leitfarbe blau; Weißblech, Aluminium) und für Leichtverpackungen (Leitfarbe gelb; Kunststoffe, Keramik, Holz, Textilien und Materialverbunde). Betriebe mit geringem Verpackungsaufkommen (< 240 l/Monat und Fraktion) und Betriebe mit direkter Kleingewerbeentsorgung (240 – 1.100 l/Monat und Fraktion) werden im Rahmen der Haushaltssammlung im Zuge eines Holsystems bedient. In einigen Regionen werden Leichtverpackungen und Metalle gemischt gesammelt und anschließend sortiert. Der Grund liegt einerseits in der historischen Entwicklung der Sammlung und andererseits wird erprobt, ob durch neue Sortiertechnologien und Transportoptimierungen Kosteneinsparungen möglich sind.



Im gesamten Bundesgebiet ist die Haushaltssammlung zu 42 % (Stand 1998) im Rahmen eines Holsystems organisiert. Die Organisation des Sammelsystems wird laufend nachjustiert. Es handelt sich dabei meist um effizienzsteigernde Maßnahmen (Fehlwürfe, Materialqualität, Kosten).

1998 wurden auch 2.600 t stoffgleiche Nichtverpackungen gesammelt. Großvolumige sperrige Verpackungen können an derzeit 657 kontrollierten Übernahmestellen abgegeben werden.

Tabelle 3-8: *Sammelbehälter und Sammelsäcke 1998 [ARGEV, 1999]:*

Module 1 und 2	Leichtverpackungen		Metallverpackungen
	Sammelbehälter	Haushalte mit Sacksammlung	Sammelbehälter
Österreich 1998	198.581	780.146	47.504

Meist historisch bedingt, gibt es noch zusätzliche Sammelschienen. Im Reinhaltverband Neunkirchen (NÖ) werden in der "Grünen Tonne" alle Wertstoffe außer Restmüll und Biomüll gemeinsam erfasst und anschließend sortiert. Im Großraum südlich von Wien existiert mit geringer Bedeutung (10-20 t/a) ein "Cash for Can – System", bei dem ein Transportfahrzeug von Anfallstelle zu Anfallstelle fährt und dabei Metalldosen u.ä. einsammelt.

Materialverbundverpackungen werden gemeinsam mit Kunststoffverpackungen durch die ARGEV in den Gelben Säcken und Gelben Tonnen gesammelt. Der Verwertungsgarantiegeber ist die AVM (Arbeitsgemeinschaft Verbundmaterialien GmbH.). Getränkeverbundkartons sammelt die Öko-Box Sammelgesellschaft als Sammelpartner der ARGEV mittels direkt den Haushalten zur Verfügung gestellten Behältnissen. 1998 wurden ca. 9.264 t Getränkeverbundkartons von der Öko-Box und ca. 8.238 t von der ARGEV gesammelt [Öko-Box, 1999].

Materialverbunde bestehen aus zwei oder mehreren, schwer trennbar miteinander verbundenen Packstoffen. Im Bereich der Getränkeverpackungen handelt es sich dabei oft um Kunststoff und Aluminium. Im gewerblichen Bereich gibt es oft Transportverpackungen als Verbundverpackungen, welche sich aus den Kombinationen Kunststoff und Papier, Kunststoff und Aluminium oder auch Holzkisten mit Metallauskleidungen zusammensetzen. Materialverbund-Verpackungen werden gemeinsam mit den Kunststoffverpackungen in den Gelben Tonnen bzw. Gelben Säcken gesammelt.

Verbundstoffe werden häufig thermisch verwertet. Bei getrennt erfassten Getränkeverbundkartons wird der Kartonanteil der stofflichen Verwertung bei der Firma Mayr-Melnhof zugeführt. Das zurück bleibende PE-Alu-Gemisch wird thermisch behandelt.

An dieser Stelle soll auf die Trittbrettfahrerproblematik und die damit verbundenen Unsicherheiten bei den Mengenangaben hingewiesen werden. Da die in Verkehr gesetzten Mengen und folglich auch die Anschlussquoten der Packstoffe nur grob abgeschätzt werden können und die tatsächliche Selbstentpflichtungsmenge je Packstoff unbekannt ist, lässt sich



das Trittbrettfahrerproblem kaum quantifizieren, zumal ein gewisser Teil der lizenzierten Verpackungen nicht in das ARA-System eingebracht wird und umgekehrt. Für Metallverpackungen gibt Mitterndorfer [Mittendorfer, 1996] folgende Zahlen an: 44 % werden lizenziert, 42 % werden selbst entpflichtet, 10 % sind Schwarz- und Trittbrettfahrer und 4 % sind die Differenz der Marktmenge max/mittel. Die Werte können jedoch nicht für die Fragestellung des Aluminiums übertragen werden, da keine Selbstentpflichteter gibt. Es können drei Arten von Trittbrettfahrern angeführt werden [Zeinler, 1998]:

1. Trittbrettfahrer innerhalb des ARA-Systems: Es werden größere Verpackungsmengen inverkehrgesetzt als gemeldet. Nach Angabe der ARA ist dies von geringer Relevanz, was auch durch von der ARA in Auftrag gegebenen Prüfungen bestätigt wird. [Mittendorfer, 1996] hält dem entgegen, dass viele Lizenznehmer nur einen Teil ihrer Verpackungen bei der ARA lizenzieren und den Rest selbst entpflichten. In diesem Fall hat die ARA nur für die lizenzierten Verpackungen Informationen und Überprüfungsbefugnisse, daher kann ein Trittbrettfahrerverhalten auch bei genauer Überprüfung der Lizenznehmer kaum nachgewiesen werden.
2. Trittbrettfahrer außerhalb des ARA-Systems: Dabei kann es sich um Selbstentpflichteter, welche das ARA-System von außerhalb belasten, Benutzer des ARA-Systems, die von der VerpVO nicht erfasste Verpackungen in das System bringen sowie durch Kommunen, die z.B. durch ungenügende Entleerung der Restmüllbehälter das ARA-System belasten, handeln.
3. Entsorger in einer Doppelrolle: Entsorger die sowohl für Lizenznehmer als auch für Selbstentpflichteter Entsorgungsleistungen übernehmen und die Ununterscheidbarkeit der Verpackungen zu einer Doppelverrechnung benutzen.

Auf die hier untersuchten Massenströme und deren Verbleib haben diese drei Arten von Trittbrettfahrern folgende Auswirkungen:

- Ad 1) Mengenmäßig würde das bedeuten, dass noch mehr Aluminiumverpackungen „verloren“ gehen, als die dieser Studie zugrunde liegende Differenz von ca. 8.000 t/a.
- Ad 2) Das würde einerseits die selben Schlussfolgerungen wie unter Punkt 1 bedeuten und andererseits sind diese Trittbrettfahrer für einen großen Teil der stofffremden Fehlwürfe verantwortlich.
- Ad 3) Neben dem finanziellen Schaden könnte sich in dieser Gruppe auch eine Lücke befinden, wohin die gesuchten Verpackungen beispielsweise durch Exporte zu Verwertern oder Hüttengießereien aufgrund höherer Erlöse für das Material verschwinden. Das würde einen Teil der unter Punkt 1 erwähnten Verpackungsmaterialdifferenz erklären. Seitens der ARGEV [Janda, 1999] wird diese Variante jedoch bezweifelt, da einerseits bei den Kontrollen der Entsorger keine größeren Unregelmäßigkeiten aufgefallen sind und andererseits für die Absonderung größerer Mengen ein großer organisatorischer Aufwand notwendig wäre.



3.4.3 Die Sammlung außerhalb des ARA-Systems ("free-riders")

Die Verpackungsverordnung bietet allen Inverkehrbringern die Möglichkeit, Verpackungen außerhalb des ARA-Systems selbst zu sammeln und zu verwerten [Zeiner, 1998]. Diese müssen innerhalb eines vom Gesetzgeber vorgegebenen Rahmens dafür sorgen, dass die in Verordnungen normierten Rücklaufquoten erreicht werden. Es bestehen die Möglichkeiten der Rücknahme des Lieferanten sowie der Erfassung und Verwertung über den Kunden.

Laut Auskunft der ARGEV [Janda, 1999] hat die Sammlung außerhalb des ARA-Systems keine große Bedeutung. Dies wird auch von der ARA [Koller, 2000] bestätigt. Danach existiert in Österreich eine Selbstentpflichtung lediglich für Transportverpackungen. Es gibt jedoch keine Transportverpackungen aus Aluminium.

3.4.4 Sortierung

In Österreich existieren insgesamt ca. 98 Sortier- und Aufbereitungsanlagen. Davon sind 14 Anlagen für Metalle (Durchsatz ca. 130.000 t/a) und 43 Anlagen für Kunststoffe und Verbundstoffe (Durchsatz ca. 85.000 t/a) ausgelegt [Domenig et al., 1998].

Prinzipiell stehen folgende Verfahren zur Verfügung [Pape, 1995]:

- Handsortierung
- Shredder und angeschlossene Trennverfahren
- Scheren (Profile und Drähte, anhaftende Metalle werden abgetrennt)
- Abschmelzöfen (heute nur noch selten in Verwendung, vom Shredder zunehmend ersetzt)
- Draht und Kabelaufbereitung (Kunststoffummantelungen und Stahlseelen werden abgetrennt)
- Späneaufbereitung durch Waschanlagen (Abtrennung anhaftender Emulsionen durch Waschlagen)
- Krätzeaufbereitung durch mahlen und sieben (Aluminiumoxid- und/oder Salzanteil werden mechanisch verringert)
- Thermische Verfahren (Anhaftungen und Beimengungen werden von Aluminium bei Temperaturen von 350 – 500 °C abgeschwält)

Im betrachteten Sammel- und Sortierungssystem sind die Handsortierung und das Shreddern von größerer Bedeutung. Innerhalb des ARA-Systems wird der Inhalt aus den Blauen Tonnen im Shredder behandelt, der Inhalt der Gelben Tonnen wird nach Handsortierung ebenfalls an einen Shredder weitergeleitet oder packetiert und eingeschmolzen.

Die Aluminiumverpackungen werden aus der Metallsammelware der ARGEV (Blaue Tonne) in insgesamt fünf Shredderanlagen zu einer Stückgröße von 25 – 75 mm zerkleinert. Nach vorheriger Magnetabscheidung wird mit Hilfe von Wirbelstromabscheidern durch Separierung der elektrisch leitfähigen von den nichtleitfähigen abgetrennt. Je nach geforderter



Qualität des Shreddergutes gibt es mehrstufige Trennverfahren, auf die hier aber nicht näher eingegangen wird. Dabei kommt es zu geringen Materialverlusten.

Ca. 70 – 80 % des Sammelgutes kommt über Umladestellen zum Shredder, das im unmittelbaren Umkreis des Shredders gesammelte Material wird direkt angeliefert. Bei der Umladestelle kann außerhalb der ARA gesammeltes anderes Material dazu kommen oder auch abgeleitet werden. Diese Möglichkeit wird jedoch von der ARGEV mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen [Janda, 1999]. Die Verwertung des Aluminiums wird von der ALUREC organisiert und erfolgt bei der AMAG und der SAG.

Das im Gelben Sack gemeinsam mit Kunststoff und Materialverbunden gesammelte Aluminium wird durch händische Positivsortierung aussortiert. Das Aluminium wird entweder paketiert und eingeschmolzen oder zu einem Schredder weitergeleitet.

Laut [ARGEV,1999] gab es 1998 bei einer Gesamtsammelmenge von 158.300 t/a Verpackungsmaterial ca. 32.000 t/a an auszusortierenden Fehlwürfen, das sind ca. 20 %. Dabei handelt es sich um Nicht-Verpackungen und Müll.

Nach erfolgter Sortierung sollten in der verbliebenen Fraktion Aluminium-Verpackungen bzw. -Verpackungsteile mit mindestens 50 Gewichtsprozent Aluminiumanteil enthalten sein. Die Anforderungen an die Reinheit dieser Fraktion in Gewichtsprozent [ARGEV, 1994]:

- Mindestens 93 % entsprechend Fraktionsbeschreibung
- Maximal 6 % Störstoffe
- Maximal 1 % Eisen

Die Störstoffe sind hauptsächlich Unrat, Restinhalte, Feuchte sowie andere Altstoffe (außer Eisen). Die Lieferung an den Verwerter erfolgt entweder per LKW oder per Bahn. Erfolgt die Lieferung in Form verpresster Ballen, so ist deren maximale Größe auf 60x60x60 cm beschränkt. Die Kennzeichnung einer Lieferung sortierten Verpackungsaluminiums muss den Sortierbetrieb, eine Ansprechperson sowie das Datum der Sortierung beinhalten.

Die Sortiertätigkeiten werden laufend mittels Kontrollen überwacht. Es finden laufend Materialanalysen statt, welche auch als Nachweise gegenüber dem Gesetzgeber und für Kalkulationszwecke benötigt werden.



4 Methodisches Vorgehen und Datenerfassung

In diesem Kapitel werden der Untersuchungsrahmen der Studie und die verwendeten Methoden festgelegt sowie die Vorgangsweise bei der Datenermittlung beschrieben.

1. Auswahl und Beschreibung der Methoden zur Datenerfassung und Bewertung
2. Definition des Systems (Systemanalyse)
3. Beschreibung der untersuchten Prozesse und der benötigten Daten (Datenerfassung)

Die getroffenen Annahmen und Abschätzungen bieten eine ausreichende Genauigkeit für die Beantwortung der Fragestellungen dieser Studie. Die Gültigkeit der Annahmen und Abschätzungen für andere Fragestellungen und Rahmenbedingungen ist zu prüfen.

4.1 Die verwendeten Methoden

4.1.1 Die Stoffflussanalyse

Als Methode zur Erstellung der Bilanzen des Aluminiumhaushaltes Österreichs und des lizenzierten Aluminiums wird die Stoffflussanalyse [Baccini & Brunner, 1991] angewandt. Mit Hilfe einer Systemanalyse werden die komplexen Systeme "Aluminiumhaushalt Österreich" und "lizenziertes Aluminium" auf ein handhabbares Maß reduziert. Es werden die räumlichen und zeitlichen Systemgrenzen gezogen. Im Zuge der Systemanalyse werden in der Folge die wichtigsten Prozesse (Quellen, Transporte und Transformationen, Zwischenlager und Senken), Güter (d.h. handelbare Substanzen mit positivem oder negativem Wert wie Energieträger, Verpackungsmaterial oder Abfall) und Stoffe (d.s. Elemente oder chemische Verbindungen) definiert. Für jeden Prozess werden die Input- und Outputflüsse bestimmt und für jedes Gut wird ein Herkunfts- und Zielprozess definiert.

Der nächste Schritt ist die Erstellung einer ersten, provisorischen Bilanz. Zuerst sind die Güterflüsse zu bestimmen, daraus kann eine Güterbilanz erstellt werden. Die Stoffkonzentrationen in den Gütern sollten in der Startphase ebenfalls mit möglichst wenig Aufwand mittels einer Literaturstudie ermittelt werden. Die Multiplikation des Güterflusses mit der Stoffkonzentration ergibt dann den Stofffluss. Mit Hilfe der provisorischen Bilanz können nun die für das System sensiblen Prozesse und Güter erkannt werden. Bei dieser Sensitivitätsuntersuchung werden jene Güter-/Stoffflüsse identifiziert, bei deren Änderung das System am heftigsten reagiert.

4.1.2 Bestimmung der Aluminiumfracht in den Konsumgütern

Welche Güter wurden erfasst und wie wurden sie ermittelt.



Projekt „Metapolis“
Verpackungshersteller
Fragebogen
Literatursuche

4.1.3 Bestimmung der Aluminiumfracht im Restmüll

Ein wesentlicher Aspekt dieser Studie ist zu überprüfen, ob sich die gesuchte Menge des lizenzierten Aluminiums im Restmüll befindet. Diese Fragestellung wird auf zwei Arten untersucht. Einerseits erfolgt eine Hochrechnung der Aluminiumfracht im Restmüll aufgrund mehrerer regionaler Restmüllanalysen und andererseits aufgrund einer Analyse der Outputgüter aus der Müllverbrennung.

4.1.3.1 Hochrechnung aufgrund regionaler Restmüllanalysen

In den letzten Jahren wurden mehrere Restmüllanalysen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad hinsichtlich Anzahl der Stichproben und Klassifizierung der im Restmüll enthaltenen Güter erstellt. Bei der erforderlichen Hochrechnung dieser regionalen Analysen auf Österreich wurde wie folgend beschrieben vorgegangen:

1. Einteilung des österreichischen Bundesgebietes in "Schichten"

Ausgangspunkt für diese Einteilung war das im Rahmen der Müllanalysen 1998 durch das Technische Büro Hauer für das Land Niederösterreich entwickelte Schichtungsmodell [Technisches Büro Hauer, 1998]. Dieses Modell wurde im Rahmen dieser Studie so modifiziert, dass eine Anwendbarkeit auch auf die restlichen Bundesländer in Kombination mit weiteren regionalen Müllanalysen und Daten des Österreichischen Statistischen Zentralamtes [ÖSTAT, 1999] gegeben war. Wien stellt eine eigene Schicht dar, als Datenquelle standen die Müllanalysen 1997/98 zur Verfügung [MA 48, 1999].

Das Schichtungsmodell basiert auf einer Aufteilung der Gemeinden aufgrund soziodemografischer Daten [Technisches Büro Hauer, 1998]. Auf Grundlage dieser verschiedenen soziodemografischen Daten wurden die Gemeinden in vier Gruppen (Schichten) eingeteilt. St. Pölten wurde als eigene 5. Schicht gesondert ausgewiesen. Die berücksichtigten Parameter sind: Kennzahlen der wirtschaftlichen Struktur, der Siedlungsstruktur, der Einkommensstruktur und Konsumverhalten. Die Zuordnung der Gemeinden zu einer bestimmten Schicht erfolgt aufgrund obiger Parameter.

Um auf Basis der niederösterreichischen Werte eine Umrechnung auf die restlichen Bundesländer vornehmen zu können, wurden die Einwohnerzahlen der Gemeinden mit den entsprechenden Metallkonzentrationen als entscheidende Größe verwendet. Für die Umrechnung wurde angenommen, dass ähnlich dicht besiedelte Gemeinden in ganz Österreich ein ähnliches Restmüllaufkommen pro Einwohner aufweisen. Als weitere regulierende Größe wurden die Systemmüllmengen pro Einwohner eines jeden Bundeslandes herangezogen [Domenig et al., 1998]. Sie liegen zwischen 107 kg/E.a (Burgenland) und 284 kg/E.a (Wien). Die Übernachtungszahlen in Fremdenverkehrsregionen werden nicht



berücksichtigt, was besonders in den klassischen Tourismusgemeinden noch Verschiebungen bringen könnte. Wien stellt eine eigene Schicht dar und hebt sich auch deutlich vom restlichen Bundesgebiet ab.

Folgende Schichteinteilung und Vorgangsweise wurde nach dem Vorbild [Technisches Büro Hauer, 1998] für diese Studie gewählt:

• **Schicht 1 (S1): Gemeinden bis 5.000 Einwohner**

Nach Hauer umfasst dies die Gemeinden aus "Schicht 1" 105 kg/E.a (Durchschnittsgröße 1.600 Einwohner) und fast alle Gemeinden aus "Schicht 2" 111 kg/E.a (Durchschnittsgröße 2.900 Einwohner). Daraus errechnet sich ein Restmüllaufkommen von 108 kg/E.a, nach Anpassung auf die Gesamtsumme ergibt sich ein Wert von 110 kg/E.a, welcher auf ähnliche Gemeinden in Österreich angewendet wurde.

• **Schicht 2 (S2): Gemeinden von 5.000 bis 40.000 Einwohner**

Es handelt sich um alle niederösterreichischen Gemeinden mit mehr als 5.000 Einwohnern [ÖSTAT, 1999]. Nach Hauer sind das die Gemeinden aus "Schicht 4 ohne St. Pölten" mit einem Restmüllaufkommen von 150 kg/E.a (Durchschnittsgröße 7.600 Einwohner) und die Gemeinden aus "Schicht 3" mit einem Restmüllaufkommen von 119 kg/E.a (Durchschnittsgröße größer als 3.800 Einwohner) sowie ein kleiner Rest (5.400 Einwohner) aus "Schicht 2". Daraus wurde der Wert von 138 kg/E.a errechnet, welcher auf 139 kg/E.a angepasst wurde und auf ähnliche Gemeinden in Österreich umgelegt wurde.

• **Schicht 3 (S3): Gemeinden von 40.000 bis 300.000 Einwohner**

In Niederösterreich ist St. Pölten die einzige Gemeinde mit mehr als 40.000 Einwohnern und einem Aufkommen von 218 kg/E.a. Für alle österreichischen Gemeinden in dieser Größenordnung stellt dieser Wert den Richtwert dar.

Tabelle 4-1: Anteile der Schichten in den Bundesländern bezogen auf die Einwohnerzahl

Land	Einwohner gesamt [E]	S 1 [E]	[%]	S 2 [E]	[%]	S 3 [E]	[%]	S 4 [E]	[%]
Burgenland	279.752	250.463	89,5	29.289	10,5	-	0	-	0
Kärnten	564.431	246.443	43,7	170.330	30,2	147.658	26,1	-	0
Niederösterreich	1.534.001	902.750	59,9	582.153	37,9	49.098	3,2	-	0
Oberösterreich	1.373.470	779.732	57,0	308.020	22,4	285.718	20,6	-	0
Salzburg	513.853	252.510	49,1	116.651	22,7	144.692	28,2	-	0
Steiermark	1.204.904	732.648	60,8	232.266	19,3	239.990	19,9	-	0
Tirol	661.901	386.701	58,4	157.088	23,7	118.112	17,9	-	0
Vorarlberg	345.272	119.981	34,8	184.095	53,3	41.196	11,9	-	0
Wien	1.609.631	-	0	-	0	-	0	1.609.631	100
Österreich	8.087.215	3.671.228	45,4	1.779.892	22,0	1.026.464	12,7	1.609.631	19,9



• **Schicht 4 (S4): Gemeinden über 300.000 Einwohner (Wien)**

Für Wien wurden die Daten aus der "Altstoff- und Systemmüllanalyse 1997/98" [MA48, 1999] entnommen. Sie ergibt ein Restmüllaufkommen von 284 kg/E.a. Diese Analysen werden in einem Intervall von drei Jahren von der MA 48 durchgeführt.

Als Quelle für die Zuordnung der Gemeinden zu der jeweiligen Schicht dient das Statistische Jahrbuch der Republik Österreich 1998 [ÖSTAT, 1999] In der Tabelle 4-1 werden die Einwohneranteile in den einzelnen Schichten in den neun Bundesländern gegenübergestellt.

Bei der Übertragung der Schichten auf die restlichen Bundesländer wurde bei der Ermittlung der Restmüllmengen pro Schicht bezogen auf einen Einwohner das aus der niederösterreichischen Restmüllanalyse errechnete Verhältnis 110:139:218 (Faktoren 1:1,3:2) angewendet und über die Gesamtmengen nach Domenig korrigiert [Domenig et al., 1998]. Das Ergebnis zeigt die folgende Tabelle 4-2.

Tabelle 4-2: Restmüllmengen der einzelnen Bundesländer in den Schichten S1 bis S4 in kg/E.a

Land	Restmüll gesamt [t/a] ¹	S1 [kg/E.a]	S2 [kg/E.a]	S3 [kg/E.a]	S4 [kg/E.a]	Durchschnitt [kg/E.a]
Burgenland	29.800	103	136,6	-	-	107
Kärnten	86.400	115	150	220	-	153
Niederösterreich ²	191.000	110	139,1	218	-	125
Oberösterreich	164.100	93	121	190	-	119
Salzburg	73.500	105	136	215	-	143
Steiermark	134.000	88	114	179,4	-	111
Tirol	386.701	136	176	230	-	162
Vorarlberg	38.000	87	113	164	-	110
Wien	457.111	-	-	-	284	284
Österreich	1.281.311	103,5	134	200,3	284	158

¹ Domenig et al., 1998

² Werte auf Basis Technisches Büro Hauer errechnet

Der Aluminiumgehalt und der Anteil des Verpackungsaluminiums wurden anhand der regional verfügbaren Restmüllanalysen hochgerechnet. In der folgenden Tabelle 4-3 werden die den einzelnen Regionen und damit die Schichten je Bundesland aufgelistet.

Tabelle 4-3: Verwendete Restmüllanalysen für die verschiedenen Schichten der einzelnen Bundesländer

Land	Schicht 1 ⁷	Schicht 2 ⁸	Schicht 3 ⁹	Schicht 4 ¹⁰
Burgenland ¹	NÖ Landesregierung Müllanalysen 1998	NÖ Landesregierung Müllanalysen 1998	-	-
Kärnten ²	Müllanalysen Land Salzburg 1996	Müllanalysen Land Salzburg 1996	Müllanalysen Land Salzburg 1996	-
Niederösterreich ¹	NÖ Landesregierung Müllanalysen 1998	NÖ Landesregierung Müllanalysen 1998	NÖ Landesregierung Müllanalysen 1998	-
Oberösterreich ³	OÖ Systemmüllanalyse 90/91	OÖ Systemmüllanalyse 90/91	OÖ Systemmüllanalyse 90/91	-
Salzburg ²	Müllanalysen Land Salzburg 1996 – Zell/See Tamsweg, Hallein/St.Johann	Müllanalysen Land Salzburg 1996 –, Hallein, Salzburg Umgebung	Müllanalysen Land Salzburg 1996 – Salzburg Stadt	-



Land	Schicht 1 ⁷	Schicht 2 ⁸	Schicht 3 ⁹	Schicht 4 ¹⁰
Steiermark ⁴	Restmüllanalysen 93/94 Steiermark	Restmüllanalysen 93/94 Steiermark	Restmüllanalysen 93/94 Steiermark	-
Tirol ²	Müllanalysen Land Salzburg 1996	Müllanalysen Land Salzburg 1996	Müllanalysen Land Salzburg	-
Vorarlberg ⁵	Abfallanalysen Vorarlberg 1995	Abfallanalysen Vorarlberg 1995	Abfallanalysen Vorarlberg 1995	-
Wien ⁶	-	-	-	Altstoff- und Systemmüllanalyse Wien 1997/98

¹ Technisches Büro Hauer, 1998

² Innovative Umwelttechnik, 1996

³ Oberösterreichische Systemmüllanalysen 1990/91, BAWP 1992 und 1995

⁴ Restmüllanalysen Steiermark, 1993/94

⁵ Abfallanalysen Vorarlberg, 1995

⁶ Magistratsabteilung 48, 1998

⁷ Vorbild für die Aluminiumkonzentration (Bandbreite) Schicht 1: Zell/See Tamsweg² und Hallein/St.Johann²

⁸ Vorbild für die Aluminiumkonzentration (Bandbreite): Schicht 2 Hallein/St.Johann² und Salzburg Umgebung²

⁹ Vorbild für die Aluminiumkonzentrationen (Bandbreite): Schicht 3: Salzburg Stadt²

¹⁰ Vorbild für die Aluminiumkonzentrationen (Bandbreite): Schicht 4: Altstoff- und Systemmüllanalyse 1997/98⁶

Die Ergebnisse samt den dazugehörigen Sensitivitätsanalysen werden mit den entsprechenden Bandbreiten im Kapitel 5 dargestellt.

4.1.3.2 Hochrechnung aufgrund der Analyse der Outputgüter der Müllverbrennung

Eine weitere Methode, die Aluminiumfracht im Restmüll zu bestimmen, ist die Analyse der Outputgüter aus den Müllverbrennungsanlagen Spittelau und Wels. Damit kann die Aluminiumfracht für zwei österreichische Regionen ermittelt und auf Österreich hochgerechnet werden. Besonders für die "Schicht 4" (Wien) können die Resultate aus den zwei Verfahren zur Ermittlung der Aluminiumfracht im Restmüll gut miteinander verglichen und auf deren Richtigkeit überprüft werden. Nachfolgend ist die Methodik der Probenahme und der Analyse der Proben kurz beschrieben, der Laborbericht befindet sich im Anhang.

Probenahme:

Folgende Proben wurden untersucht:

Tabelle 4-4: Verwendete Proben der Müllverbrennungsanlagen Spittelau und Wels

Anzahl	Gut	Anlage	Probenahmezeitraum
7	Schlacke	Wels	16.07.-17-07.1996
7	Elektrofilterasche	Wels	16.07.-17-07.1996
7	Kesselasche	Wels	16.07.-17-07.1996
29	Schlacke	Wien-Spittelau	1993
8	Elektrofilterasche	Wien-Spittelau	1993

Die Probenahme wurde im Zuge von anderen am Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft durchgeführten Projekten von Mitgliedern des Institutes selbst durchgeführt. Die Probenahmestellen waren bei den einzelnen Gütern wie folgt:



Tabelle 4-5: Probenahmestellen der Müllverbrennungsanlagen Spittelau und Wels

Gut	Probenahmestelle
Schlacke / Wels	unterhalb des Schlackeaustrages
Elektrofilterasche / Wels	zwischen Kessel und Aschesilo
Kesselasche / Wels	Notentaschungssystem unterhalb des Sendegefäßes
Schlacke / Wien-Spittelau	nach dem Magnetabscheider
Asche (Σ Elektrofilter- u. Kesselasche) / Wien-Spittelau	beim Sendegefäß (pneumatische Ascheförderung)

Probenaufbereitung:

Tabelle 4-6: Probenaufbereitung

Anlage	Gut	Aufbereitung		
		Vorbehandlung	Grobzerkleinerung	Feinzerkleinerung
Wien-Spittelau	Schlacke	Siebung <6,3mm (es fiel kein Siebüberlauf an) und Trocknung bei 45°C	händisches Aussortieren von Metallteilen (als Rückstellmuster vorhanden) und anschließende Zerkleinerung mit dem Backenbrecher (3mm)	Feinaufmahlung in der Scheibenschwingmühle (Achat) und Absiebung <0,5mm; Siebreste als Rückstellmuster vorhanden
	Asche (Elektrofilter- u. Kesselasche)	keine	keine	Feinaufmahlung in der Scheibenschwingmühle (Achat) und Absiebung <0,5mm
Wels	Schlacke	luftdicht verschlossen - <10mm mit Walze zerkleinert; Trocknung bei 105°C	händisches Aussortieren von Metallteilen (als Rückstellmuster vorhanden) und anschließende Zerkleinerung mit dem Backenbrecher (3mm)	Feinaufmahlung in der Scheibenschwingmühle (Achat) und Absiebung <0,5mm; Siebreste als Rückstellmuster vorhanden
	Kesselasche	Trocknung bei 45°C	keine	Feinaufmahlung in der Scheibenschwingmühle (Achat) und Absiebung <0,5mm; Siebreste als Rückstellmuster vorhanden
	Elektrofilterasche	keine	keine	Feinaufmahlung in der Scheibenschwingmühle (Achat) und Absiebung <0,5mm

Aufschluss:

Als Aufschlussmethodik wurde der Königswasseraufschluss nach ÖNORM M6290 gewählt. Zur Qualitätssicherung wurden zwei Standards mit aufgeschlossen; für die Schlacke „Basic slag BCS 382/1“ und für die Asche „Incineration ash BCR 176“ des Bureau of Analysed Samples, Ltd. (Great Britain).

Messung:

Die Messung erfolgte mit einer ICP JY 24 von Jobin Yvon nach DIN 38 406. Zur Qualitätssicherung wurden folgende Maßnahmen getroffen. In einem ersten Arbeitsgang wurden je



Gut einige Aufschlüsse zufällig ausgewählt und in einem halbquantitativen Messvorgang gegen eine Eichkurve (ohne Beachtung der Kationen- und Anionenmatrix) die Matrixelemente der Proben bestimmt. Auf Grund dieser Informationen wurde für die obengenannten, unterschiedlichen Güter jeweils eine Matrixlösungen kreiert, die sowohl säuremäßig als auch Kationen bezogen den tatsächlich Verhältnissen in den Aufschlusslösungen sehr nahe kommt. Für jedes Gut wurde auf Grund der halbquantitativen Messungen Eichreihen, bestehend aus jeweils 4 Standards mittels Standardtitrisole der Firma Merck gefertigt, wobei dabei geachtet wurde, dass die Messwerte der Proben innerhalb dieser Eichreihe liegen sollten, diese aber einen möglichst kleinen Messbereich abdecken sollte. Zusätzlich wurden noch 2 Sicherungsmaßnahmen getroffen. Erstens wurde jeweils nach einer Eichung bzw. nach vier Proben ein Eichstandard als Kontrollprobe mitgemessen und zweitens wurde stets nach 15 Messungen eine Rekalibrierung der Eichkurve durchgeführt. Von den mitgemessenen Kontrollproben wurden immer eine den nächstgelegenen zwei bzw. vier Probemessungen zugeordnet und als Korrekturfaktor in die Rechnung miteinbezogen.

Diese Methodik war allerdings nicht für die Analyse der Siebreste geeignet. Zur Bestimmung des gelösten Aluminiums in diesen Proben wurde wegen der hohen Anteile an anderen Metallen die Additionsmethodik gewählt. Eine weitere Maßnahme zur Qualitätssicherung wurde gesetzt, indem einige der Aufschlusslösungen sowohl mittels Standardeichkurve, als auch mittels Standardadditionsmethodik gemessen wurden.

Qualitätssicherung:

Die Untersuchungsergebnisse an den beiden Referenzproben „Basic slag - BCS 382/1“ und Incineration ash - BCR 176“ dienen zur Qualitätssicherung. Aus Gründen der Qualitätssicherung wurden diese beiden Substanzen sowohl unterschiedlichen Aufschlussmethoden als auch unterschiedlichen Messmethoden unterworfen.

Statistik

Um die Messwerte zu interpretieren, wurden statistische Berechnungen bezüglich Vergleichs der Mittelwerte bzw. Standardabweichungen angestellt und deren Unterschiede auf Signifikanz getestet. Getestet wurden sowohl der Unterschied zwischen den beiden verwendeten Aufschlussmethoden als auch die Differenz in den Ergebnissen aus den beiden Messmethoden (Messung gegen matrixangepasste Standardeichkurve bzw. Standard-Additionsmethodik).

4.2 Systemanalyse

In diesem Kapitel werden die Systemgrenzen, Prozesse und Güterflüsse definiert und es erfolgt eine Begründung für die Auswahl.

Aufgrund der Zielsetzung der Studie wird das Hauptaugenmerk auf folgende Bestandteile des österreichischen Aluminiumhaushaltes gerichtet:

- **Aluminiumverbraucher:** Wer sind die maßgeblichen Konsumenten, die das Verpackungsaluminium in die verschiedenen Sammel- und Entsorgungsschienen bringen?



- **Aluminiumsammlung:** Es werden sowohl unterschiedliche Sammelsysteme und die dazugehörigen Behandlungsverfahren des Sammelgutes als auch alternative Verwertungsmöglichkeiten von Aluminium betrachtet.
- **Aluminium im Systemmüll:** Welcher Anteil des lizenzierten Aluminiums wird über diese Entsorgungsschiene dem Aluminiumkreislauf entzogen?

Es wird ein System modelliert, welches die Verbraucher des lizenzierten Aluminiums, die möglichen Sammel- und Entsorgungsschienen sowie die verschiedenen Behandlungsmethoden vor der Wiederverwertung beziehungsweise Deponierung der untersuchten Verpackungen beinhaltet. Um Aussagen über den Verbleib des lizenzierten Aluminiums treffen zu können, müssen zusätzliche Güter wie nichtlizenzierte Verpackungen sowie diverse weitere Güter, welche dieselben Sammel- und Entsorgungswege wie das lizenzierte Aluminium durchwandern, in die Betrachtungen aufgenommen werden. Zur Identifizierung dieser zusätzlich zu betrachtenden Güter wird parallel dazu ein weiteres System generiert. Daher wurden folgende zwei Systeme definiert und untersucht:

- System "Aluminiumhaushalt Österreich 1998"
- System "Lizenziertes Aluminium in Österreich". Dieses System ist ein Subsystem des "Aluminiumhaushaltes Österreich".

4.2.1 System "Aluminiumhaushalt Österreich"

Um einen Überblick über das Gesamtsystem zu bekommen, werden in einem ersten Schritt alle Aluminiumflüsse Österreichs erfasst. Dieser Schritt ist notwendig, um aus den Mengen des im ARA-System und im Restmüllsammelsystem erfassten Aluminiums Aussagen über fehlende lizenzierte Aluminiumverpackungen treffen zu können.

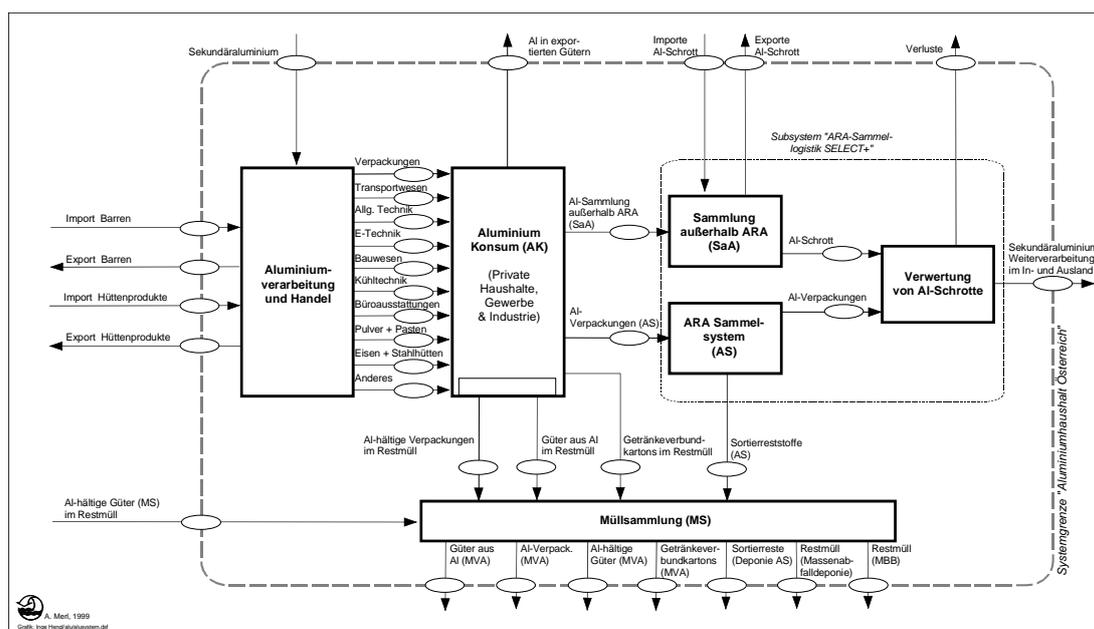


Abbildung 4-1: Systemanalyse des Aluminiumhaushaltes Österreichs



Mit dem System “Aluminiumhaushalt Österreich” sollen jene aluminiumhaltigen Güterflüsse identifiziert werden, welche zusätzlich zu den lizenzierten Aluminiumverpackungen, dem Aluminium im Restmüll und dem sonstigen gesammelten Aluminium berücksichtigt werden müssen.

4.2.1.1 Systemgrenzen

Die räumliche Systemgrenze ist mit der politischen Grenze der Republik Österreich identisch. Als zeitliche Systemgrenze wird ein Jahr festgelegt, das Bilanzjahr ist 1998.

4.2.1.2 Prozesse

Folgende Prozesse werden für das System “Aluminiumhaushalt Österreich” ausgewählt:

Tabelle 4-7: Prozesse im System “Aluminiumhaushalt Österreich”

Prozess	Beschreibung
Aluminiumverarbeitung und -handel	Aluminiumverarbeitung und Konfektionierung, Handel innerhalb Österreichs und Außenhandel mit Aluminium
Aluminiumkonsum (Privater Haushalt Industrie und Gewerbe)	Verbrauch von Aluminiumprodukten durch den privaten Haushalt: z.B. Abtrennen von Verpackungen, Verwendung von aluminiumhaltigen Geräten (z.B. Elektrogeräte). Verwendung von Aluminiumprodukten durch Industrie und Gewerbe: z.B. Abtrennen von Transportverpackungen, Einbau in der betrieblichen Infrastruktur, Produktion aluminiumhaltiger Güter (z.B. Autozulieferindustrie)
Subsystem „ARA-Sammellogistik SELECT +“	
ARA-Sammelsystem (AS)	Flächendeckendes Sammelsystem “SELECT” in Österreich - 7 Module, Umladestelle, Sortierung, Paketierung, Shredder
Sammlung außerhalb des ARA-Systems (SaA)	”Private” Sammelorganisationen, Schrotthändler usw., Umladestelle, Sortierung, Paketierung, Shredder
Verwertung von Aluminiumschrott	Verwerter der Sammelgüter aus den Sammelprozessen (AMAG, SAG, Hütte Klein Reichenbach)
Müllsammlung (MS)	Sammlung und Transport von Abfällen von Anfallstellen zur Behandlung

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden im Subsystem „ARA-Sammellogistik SELECT +“ die in der Tabelle 4-7 angeführten Prozesse zusammengefasst. Bei der kommunalen Abfallbehandlung wird nur der Prozess Müllsammlung betrachtet, die nachfolgenden Prozesse sind außerhalb des analysierten Systems.

4.2.1.3 Güterflüsse

Im System “Aluminiumhaushalt Österreich” werden ausschließlich Güterflüsse untersucht.



Eine detaillierte Darstellung der Prozesse und Güter befindet sich im Kapitel "Methodisches Vorgehen und Datenerfassung".

4.2.2 System "Lizenziertes Aluminium"

In einem zweiten Schritt wird das durch das System "Lizenziertes Aluminium" fließende Aluminium aus dem Gesamtsystem „Aluminiumhaushalt Österreich“ herausgelöst. Das Hauptaugenmerk der Studie liegt beim lizenzierten Aluminium. In diesem System sollen die Wege des lizenzierten Aluminiums in Österreich nachvollzogen und die Lücken identifiziert und soweit wie möglich geschlossen werden. Es wird eine Güter- und eine Stoffbilanz erstellt.

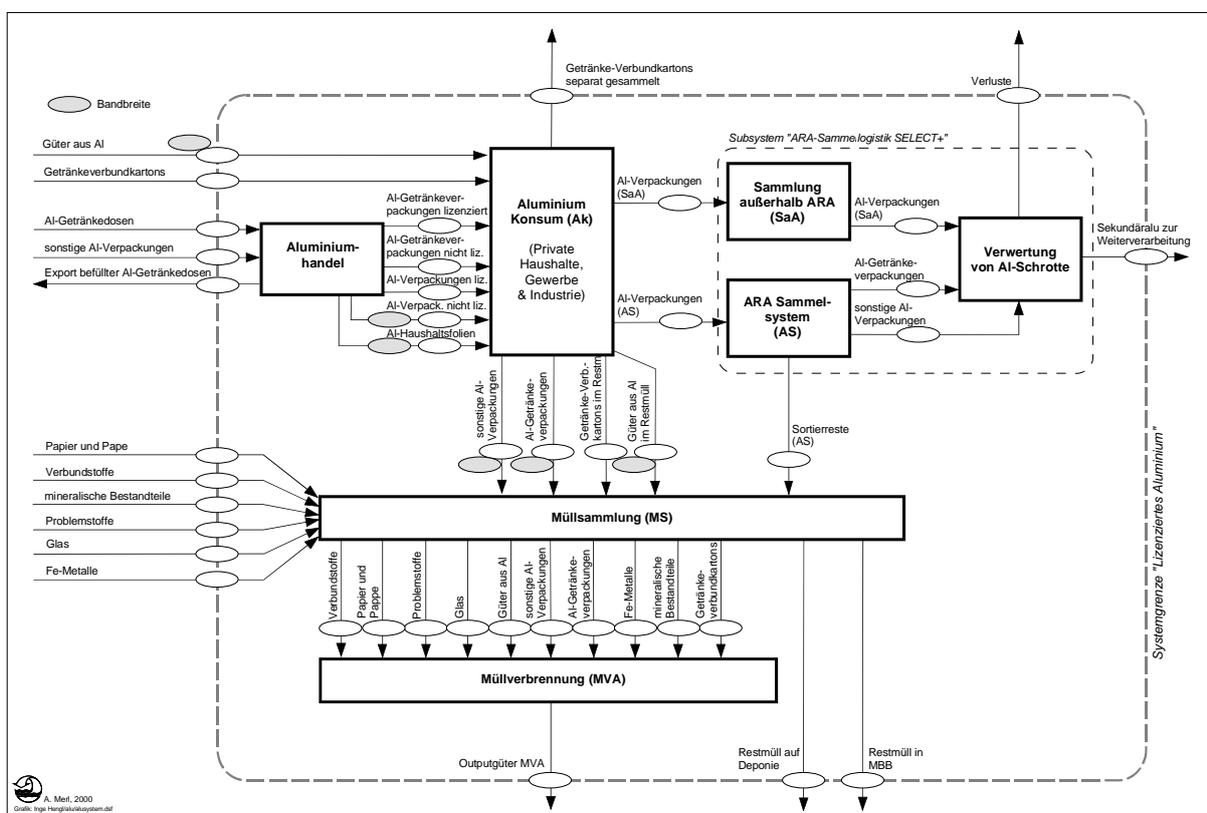


Abbildung 4-2: Systemanalyse des „Lizenzierten Aluminiums“

Im System „Lizenziertes Aluminium“ wird das Subsystem „ARA Sammellogistik SELECT+“ gesondert hervorgehoben. Es behandelt im wesentlichen die Module des ARA Sammel-systems und den Weg den die gesammelten Aluminiumverpackungen bis zu ihrer Wiederverwertung nehmen. SELECT+ weist darauf hin, dass dieses Subsystem um die Sammlung außerhalb der ARA erweitert wurde.

Der Prozess Müllverbrennung, der eigentlich außerhalb des festgelegten Untersuchungsrahmens liegt, wird im System „Lizenziertes Aluminium“ betrachtet. Es werden die Outputgüter des Prozesses Müllverbrennung (Schlacke, Filterstaub) auf ihren Al-Gehalt analysiert und mit den Konzentrationen des Restmülls im Prozess Müllsammlung verglichen.

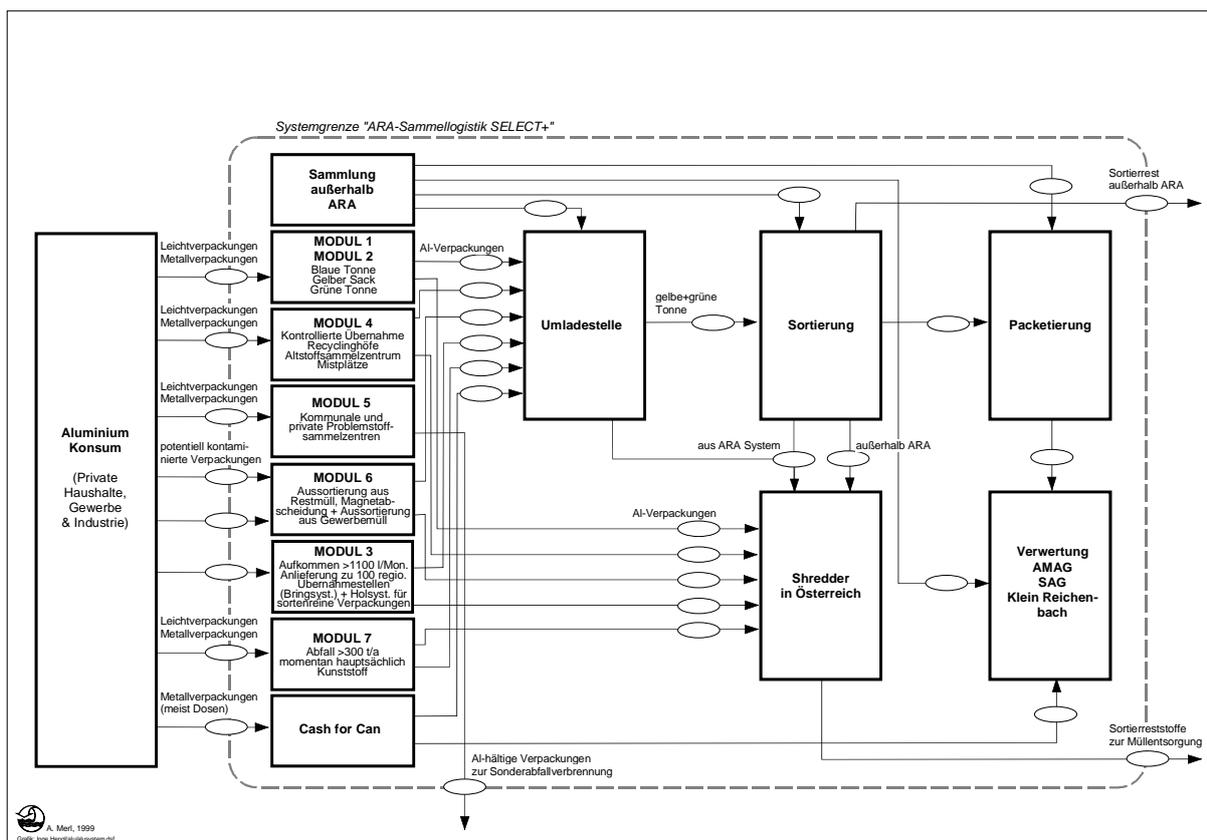


Abbildung 4-3: Verpackungssammelsystem „ARA Sammellogistik SELECT+“

4.2.2.1 Systemgrenzen

Die räumlichen und zeitlichen Systemgrenzen entsprechen jenen des Systems „Aluminiumhaushalt Österreich“.

Das System umfasst:

- Jene Teile der Aluminiumverarbeitung und des -handels des Systems „Aluminiumhaushalt Österreich“, welche für den Verbleib des lizenzierten Aluminiums von Bedeutung sind.
- Den Konsum lizenzierten und anderen Verpackungsaluminiums sowie jene aluminiumhaltigen Güter, welche dieselben Sammel- und Entsorgungsschienen durchlaufen.
- Die Aluminiumsammlung innerhalb und außerhalb des ARA-Systems und die Pfade des Sammelgutes bis zur Verwertung im In- und Ausland, wobei die Systemgrenze an der österreichischen Grenze gezogen wird.
- Die gesamte Behandlung von Aluminium in den kommunalen Abfällen.

Die Produktion von Primäraluminium im Ausland für den Einsatz in Österreich wird im System nicht behandelt.



4.2.2.2 Prozesse

Folgende Prozesse werden für das System "Lizenziertes Aluminium" ausgewählt:

Tabelle 4-8: Prozesse im System "Lizenziertes Aluminium"

Prozess	Beschreibung
Aluminiumverarbeitung und -handel	Aluminiumverarbeitung und Konfektionierung für Verpackungen, Handel innerhalb Österreichs und Außenhandel mit Verpackungsaluminium und aluminiumhaltigen Gütern, welche dieselben Entsorgungsschienen durchlaufen.
Aluminiumkonsum (Privater Haushalt, Industrie und Gewerbe)	Verwendung von lizenzierten Verpackungen und solchen Aluminiumprodukten durch den Konsumenten, welche dieselben Entsorgungswege wie das lizenzierte Aluminium durchwandern: z.B. Abtrennen von Verpackungen, Verwendung von aluminiumhaltigen Produkten, welche wie lizenziertes Aluminium entsorgt/verwertet werden. Verwendung von Aluminiumprodukten durch Industrie und Gewerbe: z.B. Abtrennen von Transportverpackungen.
Subsystem „ARA-Sammellogistik SELECT +“	
ARA-Sammelsystem (AS)	Flächendeckendes Sammelsystem "SELECT" der ARGEV in Österreich unter Berücksichtigung der 7 Sammelmodule sowie teilweiser Sortierung
Sammlung außerhalb des ARA-Systems (SaA)	Altstoff- und Schrotthandel. Kein Vertragsverhältnis mit ARA.
Umladestellen	Sammelfahrzeuge bringen von den Sammelstellen das Sammelgut zu Umladestellen, von wo eine Weiterlieferung zu den Shreddern erfolgt. Hier kann eine Durchmischung von "lizenziertem" und "nichtlizenziertem" Aluminium erfolgen, es ist ein Zielprozess von AS und SaA.
Sortierung	Händische Positivsortierung von Aluminium, Zielprozess von AS und SaA.
Shredder	Nach Magnetabscheidung von Fe-Metallen wird das restliche Sammelgut geschreddert und anschließend die Aluminiumfraktion abgetrennt, Zielprozess von AS und SaA.
Paketierung	Hauptsächlich aus der Sortierung stammendes Sammelgut wird vor dem Wiedereinschmelzen zu Würfeln gepresst.
Verwertung von Aluminiumschrott	Verwerter des gesammelten Aluminiumschrottes aus den Sammelprozessen (AMAG, SAG, Hütte Klein Reichenbach)
Müllsammlung (MS)	Sammlung des Restmülls an den Anfallstellen (Sammeltonne) und Transport zur Behandlung
Müllverbrennung (MVA) ¹	Rostfeuerung mit Entstickungsanlage und nasser Rauchwäsche, Analysen der Outputgüter der MVA's Spittelau (Wien) und Wels (Oberösterreich)

¹ Die Müllverbrennung liegt außerhalb des betrachteten Systems. Die Müllverbrennung ist ein Zielprozess des Prozesses Müllsammlung. Mittels der Analysen der Outputgüter der Müllverbrennung soll die Richtigkeit der Analyse der Güter der Güter der Müllsammlung verifiziert werden.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden in Tabelle 4-8 die Prozesse ARA-Sammelsystem (AS), Sammlung außerhalb des ARA-Systems (SaA), Sortierung, Shredder, Paketierung und Verwertung des gesammelten Aluminiumschrottes im Subsystem "ARA-Sammellogistik SELECT+" zusammengefasst.

Im System "Lizenziertes Aluminium" werden der Güter- und der Stofffluss untersucht. Eine ausführliche Darstellung der Prozesse und Güter befindet sich im Kapitel "Methodisches Vorgehen und Datenerfassung".



4.2.2.3 Güterflüsse

Die wichtigsten Import- und Exportgüter sind:

Tabelle 4-9: Import- und Exportgüter des Systems "Lizenziertes Aluminium"

Importgüter	Exportgüter
Al-Verpackungen in Österreich produziert	Leere Al-Exportverpackungen
Leere Al-Importverpackungen	Verbundstoffe, Verbundkarton separat gesammelt
Verbundstoffe, Verbundkarton Verpackungen	Verbundstoffe Nichtverpackungen stofflich verwertet
Verbundstoffe, Nichtverpackungen	FE- Verpackungen und FE-NVP separat gesammelt
Aluminium und Nichteisenmetalle, Sonstige Nichtverpackungen	Separat gesammelte Gebrauchsgüter Haushalt: Elektro- und Elektronikschrott
FE- Verpackungen und FE-NVP (Privater Haushalt)	Papierverpackungen und grafische Papiere (Druckerzeugnisse) separat gesammelt
Gebrauchsgüter Haushalt: Elektro- und Elektronikschrott	Sekundäraluminium zur Wiederverwertung
Papierverpackungen und grafische Papiere (Druckerzeugnisse), Karton, Pappe NVP	Verluste bei der Verwertung von gesammeltem Aluminiumschrott.
Importüberhang aus Importen und Exporten gefüllter Verpackungen.	Restmüll in die Deponie und in die MBB sowie Schlacke aus der MVA in die Deponie.

4.2.2.4 Stofffluss Aluminium

Um die Frage nach dem Verbleib des lizenzierten Aluminiums zu beantworten ist es notwendig, neben dem Fluss aluminiumhaltiger Güter auch die darin enthaltene Aluminiumfracht zu bestimmen. Der Stofffluss spielt für die Hochrechnung der Aluminiumfracht im Restmüll über die Analyse der Outputprodukte der MVA eine entscheidende Rolle (siehe auch Kapitel 4.1.3.2).

Tabelle 4-10: Zusammensetzung verschiedener Legierungen

Art der Legierung	Enthaltene Elemente mit Bandbreitenangabe [M-%]	Max. Anteil Σ [M-%] ²
Knetlegierung	Si (0,01-1,4), Fe (0,008-1,0), Cu (0-6,0), Mn (0-1,5), Mg (0-5,6), Cr (0-0,35), Zn (0,01-6,1), Ti (0-0,2) und Zr, V, Pb, Bi, Ni, Sn (0- sowie andere Beimengungen: (0,02-0,25)	Ca. 0,4-12,8
Gusslegierung	Si (0,03-13,5), Mn (0,001-0,6), Mg (0,001-5,5), Cu (0,01-5,2), Ti (0,001-0,3), Be ¹ sowie zulässige Beimengungen Fe, Zn, Ni, Pb, Sn (0,01-2) und sonstige (0,03-0,15)	Ca. 2,7-17,0

¹ nach Vereinbarung.

² die hier angegebene Obergrenze hängt von der jeweiligen angenommenen Menge an zulässigen Beimengungen ab.

Der Bedarf an aluminiumhaltigen Gütern wird durch Guss- und Knetlegierungen gedeckt. Laut Pape [Pape, 1995] setzen sich die gesammelten Aluminiumreststoffe zu $\frac{2}{3}$ aus Knetlegierungen und zu $\frac{1}{3}$ aus Gusslegierungen zusammen. Bei den aus den Reststoffen gewonnenen Legierungen sind aufgrund mangelnder Sortenreinheit des Sammelgutes die Verhältnisse umgekehrt.



Neben Reinaluminium (Al 99,5) wird Aluminium mit verschiedensten Elementen legiert. Hauptsächlich handelt es sich um die in der Tabelle 4-10 angegebenen Elemente [DIN 1725, 1983] und [DIN 1725, 1986].

4.2.2.4.1 Die Ermittlung der Al-Stoffkonzentrationen

Bei der Ermittlung der Al-Stoffkonzentrationen wurden Werte aus der Literatur, hauptsächlich aus dem Projekt Metapolis [Baccini et al., 1993], verwendet. Für jene in den Müllanalysen angeführten Fraktionen, die sich, wie beispielsweise Verbundstoffe, aus verschiedenen Einzelmaterialien zusammensetzen, wurden die Konzentrationen entsprechend der Massenanteile der einzelnen Komponenten errechnet. Konkret war das bei den folgenden Fraktionen der Fall:

- **Verbundstoffe:** Verbundkartonverpackungen für Getränke und Milchprodukte: Die Aluminiumkonzentration bei aluminiumhaltigen Getränkekartons beträgt 5 - 7 % [Österreichisches Verpackungsinstitut für Lebensmittel und Getränke, 1999], im Mittel 6 %. Plinke [Plinke et al., 1995] gibt für das Jahr 1993 einen Marktanteil von 37 % von aluminiumbeschichteten Getränkeverbundkartons an. Es wird angenommen, dass dieser Anteil auch 1998 gleich geblieben ist. Dazu kommt der Kartonanteil mit ca. 75 % und einer Al-Konzentration von ca. 1 % [Lauber, 1993]. Daraus errechnet sich eine Aluminiumkonzentration von knapp 3 %. Diese Konzentration wurde auch für sonstige Verpackungen und Verbundstoffe Nichtverpackungen wie beispielsweise Elektro- und Elektronikschrott übernommen. Die vorgenommenen Stichproben haben gezeigt, dass der dadurch in Kauf genommene Fehler gering ist.
- **Verunreinigte Getränkeverpackungen:** Der Grad der Verunreinigung wurde nicht bestimmt.
- **Der Al-Gehalt der Restfeinfraktion** wurde nicht bestimmt. Diese massenmäßig relativ unbedeutende Fraktion (1,18 %) wurde gleichmäßig auf alle anderen Fraktionen (Tabelle 4-12) aufgeteilt.
- **Für die Berechnung der Al-Konzentration des Restmülls** unter Berücksichtigung des Feuchtigkeitsgehaltes wurden die fein untergliederten Untergruppen auf Hauptgruppen (Tabelle 4-12) aufgeteilt. Für die Aufteilung der Restfraktionen und der Verbundstoffe entsprechend ihrer Zusammensetzung der Einzelkomponenten wurden die Daten von Baumeler [Baumeler et. al., 1998] übernommen. Die Aluminiumkonzentrationen wurden nach Massenanteilen gewichtet eingerechnet.

Tabelle 4-11 zeigt die Aluminiumkonzentrationen der im Restmüll enthaltenen Güter in der Feingliederung, Tabelle 4-12 zeigt die zusammengefassten Gütergruppen.

Tabelle 4-11: Al-Konzentrationen der im Restmüll enthaltenen Güter, Feingliederung

Teilfraktionen	Beschreibung	Al-konz. [g/100 g] ¹⁾
Papier	Druckerzeugnisse	1,2
Papier	VP	1,0 ²⁾
Papier	Hygiene	1,0 ²⁾



Teilfraktionen	Beschreibung	Al-konz. [g/100 g] ¹⁾
Papier	sonstige	1,0 ²⁾
Karton	VP	1,0 ²⁾
Wellpappe	VP	1,0 ²⁾
Karton, Pappe	NVP	1,0 ²⁾
Verbundstoffe	Verbundkarton VP, Getränke., Milchprod.	2,97 ³⁾
Verbundstoffe	Verbundkarton VP, sonstige Produkte	2,97 ³⁾
Verbundstoffe	NVP	2,97 ³⁾
Spezialfraktion	Windeln	0,866
Weißglas	VP, Getränke, Milchprodukte	0,05
Weißglas	VP, sonstige Produkte	0,05
Weißglas	Flachglas	0,05
Weißglas	Sonstiges Nutzglas	0,05
Buntglas	Milch-, Getränke-VP	0,05
Buntglas	sonst. VP	0,05
Buntglas	sonstige Flachglas	0,05
Buntglas	sonst. s. Nutzglas	0,05
KST-Körper		0
KST-Folien		0
Sonstige Kunststoffe		0
Metalle	Alu+NE - Getränkedosen	95 ⁴⁾
Metalle	Alu+NE - Getränkedosen verunreinigt	n.b. ⁵⁾
Metalle	Alu+NE-VP sonstige	95 ⁴⁾
Metalle	Alu+NE-VP verunreinigt	n.b. ⁵⁾
Metalle	Alu+NE NVP, sonstige	95 ⁴⁾
Metalle	FE-Getränkeverpackungen	2 ⁴⁾
Metalle	FE-sonstige VP	2 ⁴⁾
Metalle	FE-sonstige, NVP	2 ⁴⁾
Holz	VP	0,013 ⁶⁾
Holz	VP verunreinigt	0,013 ⁶⁾
Holz	bearb. NVP unbehandelt	0,013 ⁶⁾
Holz	bearb. NVP behandelt	0,013 ⁶⁾
Leder		0
Gummi	Reifen	0
Gummi	sonstiges	0
Textilien	verwertbar	0
Textilien	Nicht verwertbar	0
Mineralische Bestandteile	Baustellenabfälle, Schutt, Asche, Tierstreu	1,15 ⁷⁾
Biomaterial	Baum Strauchschnitt	0,0005
Biomaterial	Sonstiger Gartenabfall	0,0005
Biomaterial	Küche: Gemüse, Obst	0,0005



Teilfraktionen	Beschreibung	Al-konz. [g/100 g] ¹⁾
Biomaterial	Küche: Fleisch, Fisch, Knochen	0,0005
Biomaterial	Laub	0,0005
Problemstoffe		1,5 ⁸⁾
Elektro-/Elektronikschrott		4,11 ⁸⁾
Restfeinfraktion	8-20 mm	1,5 ⁸⁾
Restfeinfraktion	< 8mm	1,5 ⁸⁾

¹⁾ Baccini et.al. 1993. Wenn nicht anders angegeben, stammen die Al-Konzentrationen aus dieser Quelle.

²⁾ Lauber, 1993

³⁾ Ökobox, 1999; Lauber, 1993; Plinke et al., 1995; eigene Berechnungen.

⁴⁾ CalRecovery, 1993.

⁵⁾ Keine exakte Angabe über Verschmutzungsgrad, aufgrund der geringen Menge ist der dadurch entstehende Fehler gering.

⁶⁾ Patt et al., 1998

⁷⁾ Schachermayer et al., (1997) Der Hauptversuch dieser Studie ergab für mineralische Baurestmassen eine Al-Konzentration von 8-15 g/kg. Es wird der Mittelwert von 11,5 g/kg Aluminium in den mineralischen Reststoffen übernommen.

⁸⁾ Für Problemstoffe und die Restfeinfraktionen wurde die Al-Konzentration nicht eigens bestimmt, es wurde der Durchschnittswert, der sich aus der Errechnung der Al-Konzentration der bekannten Güter ergibt, eingesetzt.

Tabelle 4-12 zeigt die durchschnittlichen Aluminiumkonzentrationen der im Restmüll enthaltenen Hauptgütergruppen. Die Konzentrationen ergeben sich aus der Berechnung der gewichteten Anteile der verschiedenen Anteile der Gütergruppen.

Tabelle 4-12: Al-Konzentrationen der im Restmüll enthaltenen Güter nach der Zusammenfassung in Gütergruppen und der Aufteilung der Verbundstoffe und der Restfeinfraktion gemäß deren Materialzusammensetzung.

Teilfraktionen	Beschreibung	Al-konz. [g/100 g]
Papier, Karton, Pappe	Druckerzeugnisse, Hygiene, VP und NVP	1,06
Verbundstoffe	VP und NVP, Windeln, Elektro- Elektronik	
Glas	Weiß-u.Buntglas, VP, Flachg., s. Nutzglas	0,05
Kunststoffe	KST-Körper, Folien, Gummi, sonstige	0
Metall	FE-u.NE-Metalle, VP und NVP	33,41
Holz	VP u. NVP, behandelt und unbehandelt	0
Textilien	Textilien und Leder	0
Biogene Abfälle	Baum-Strauchschnitt, Garten, Küche	0,0005
Problemstoffe		1,5
Mineralische Bestandteile	Baustellenabfälle, Schutt, Asche, Tierstreu	1,15
Restfeinfraktion	Siebreste, nicht zuordenbar	



4.3 Prozessbeschreibung und Datenerfassung

In diesem Abschnitt werden die Prozesse, welche innerhalb der Systemgrenzen der zwei betrachteten Systeme "Aluminiumhaushalt Österreich" und "lizenziertes Aluminium" liegen, beschrieben und deren Daten für das Bilanzjahr 1998 erfasst. Es werden Datenquellen angegeben, Abschätzungen und getroffene Annahmen werden explizit erwähnt.

Die getroffenen Annahmen und Abschätzungen bieten eine ausreichende Genauigkeit für die Beantwortung der Fragestellung dieser Studie. In den Kapiteln 4.4 und 5.2.3 wird der Frage der Bandbreiten und damit verbundener Ungenauigkeiten diskutiert. Die Gültigkeit der Annahmen und Abschätzungen für andere Fragestellungen und Rahmenbedingungen ist zu prüfen.

Da sich die zwei Systeme stark überlappen, erfolgt die Beschreibung und Datenerfassung der einzelnen Prozesse jeweils gemeinsam und ist folgend gegliedert.

- System "Aluminiumhaushalt Österreich"
 - Grenzen des Prozesses
 - Beschreibung des Prozesses
 - Gütererfassung: Masse [t]

- System "Lizenziertes Aluminium"
 - Grenzen des Prozesses
 - Beschreibung des Prozesses
 - Gütererfassung: Masse [t]
 - Stofffassung: Konzentration des Stoffes Aluminium ohne Berücksichtigung der Legierungselemente [%]. Die Quellen bezüglich der Aluminiumkonzentrationen sind im Kapitel Stofffluss Aluminium in den Tabellen Tabelle 4-11 und Tabelle 4-12 angeführt und werden im Kapitel Datenerfassung nicht mehr zitiert.

4.3.1 Prozess Aluminiumverarbeitung und –handel

4.3.1.1 Beschreibung des Prozesses

Der Prozess beschreibt im System „Aluminiumhaushalt Österreich“ den Außenhandel mit Barren- und Hüttenprodukten sowie Halb- und Fertigprodukten aus Aluminium und deren Weiterverarbeitung sowie die Verteilfunktion an die Verbraucher dieser Produkte im Prozess „Aluminiumkonsum“.

Im System „Lizenziertes Aluminium“ beschreibt der Prozess Importe und Exporte leerer und gefüllter Verpackungen aus Aluminium sowie die Verteilfunktion an die Konsumenten lizenzierter und nicht lizenzierter Verpackungen in Österreich.



4.3.1.2 Grenzen des Prozesses

Die Herkunftsprozesse sind im System „Aluminiumhaushalt Österreich“ die außerhalb der Systemgrenzen liegenden Prozesse der Aluminiumerzeugung aus Primär- und Sekundäraluminium im Ausland sowie der Prozess Verwertung von Aluminiumschrott in Österreich.

Der Prozess im System „Aluminiumhaushalt Österreich“ umfasst:

- Die Weiterverarbeitung von importierten Barren und Hüttenprodukten (Halbzeugwerke, Formgießereien) sowie deren Handel innerhalb Österreichs und den Export.
- Die Verteilung des Aluminiums an die verschiedenen Verbraucher.
- Den Handel mit von den Aluminiumverwertern produziertem Sekundäraluminium.

Im System „Lizenziertes Aluminium“ umfasst der Prozess nur mehr die Bereiche Verpackung. Die Herkunftsprozesse sind die außerhalb der Systemgrenzen liegenden Prozesse Produktion von Aluminiumverpackungen in Österreich und im Ausland.

Der Prozess umfasst folgende Bereiche:

- Handel, Import und Export von leeren Verpackungen aus Aluminium
- Handel, Import und Export von gefüllten Verpackungen aus Aluminium
- Den Handel von gefüllten Verpackungen innerhalb der Grenzen Österreichs.

Es wird die umgesetzte Gütermenge von Verpackungen aus Aluminium betrachtet. Nicht berücksichtigt werden Hilfs- und Betriebsmittel (z.B. Energieträger), sonstige Abfälle, Transporte und Kosten.

4.3.1.3 Daten für den “Aluminiumhaushalt Österreich”

Die folgende Tabelle zeigt die Input- und Outputgüter des Prozesses Aluminiumverarbeitung und –handel.

Tabelle 4-13: *Input- und Outputgüter des Prozesses Aluminiumverarbeitung und Handel im System „Aluminiumhaushalt Österreich“*

Inputgüter	t/a	Outputgüter	t/a
Importe von Barren	253.300	Exporte von Barren	87.300
Importe von Hüttenprodukten	129.200	Exporte von Hüttenprodukten	194.000
Sekundäraluminium: Verbrauch in Österreich	128.400	Al für Verpackungen	40.100
		Al für Transportwesen	41.300
		Al für Allgemeine Technik	8.700
		Al für E-Technik	18.300
		Al für Bauwesen	72.200
		Al für Kühltechnik	2.500
		Al für Büroausstattungen	8.300
		Al für Pulver und Pasten	3.200
		Al für Eisen- und Stahlhütten	6.400
		Al für Andere Verwendungen	28.300



Inputgüter:

- Importe von Barren (253.300 t/a) und Hüttenprodukten (129.200 t/a) 1998: Der Herkunftsprozess ist die Produktion von Primäraluminium sowie dessen Weiterverarbeitung im Ausland. [Fachverband der Metallindustrie Österreichs, 1999].
- Sekundäraluminium: 1998 wurden in Österreich 128.400 t Sekundäraluminium eingesetzt. Die Herkunftsprozesse sind die Verwertung von Aluminiumschrott in Österreich und im Ausland [Fachverband der Metallindustrie Österreichs, 1999]. In Österreich sind die Produzenten von Sekundäraluminium die Firmen AMAG Ranshofen, die Salzburger Aluminium AG (SAG) und die Aluminiumschmelze Klein Reichenbach, welche auch große Mengen an Sekundäraluminium exportieren. Knapp die Hälfte des in Österreich benötigten Sekundäraluminiums kommen aus diesen drei Betrieben, der Rest wird aus dem Ausland importiert.

Outputgüter:

- Verpackungen 1998: Laut Gerhold [Gerhold, 1996] werden ca. 17 % (40.100 t/a) des Aluminiums zu Verpackungen verarbeitet. Die in Österreich produzierten Verpackungen werden jedoch teilweise leer und teilweise gefüllt wieder exportiert. Dieser Anteil wird in der Statistik dem österreichischen Verbrauch zugeordnet, obwohl der Endkonsument im Ausland ist.
- Exporte von Barren (87.300 t/a) und Hüttenprodukten (194.300 t/a) 1998: Nach erfolgter Bearbeitung oder Veredelung im Prozess Aluminiumverarbeitung und Handel werden die vorher importierten Barren und Hüttenprodukte wieder als solche exportiert [Fachverband der Metallindustrie Österreichs, 1999].
- Der österreichische Aluminiumkonsum betrug 1998 laut [Fachverband der Metallindustrie Österreichs, 1999] 229.300 t. In dieser Zahl sind auch die oben erwähnten 40.100 t des für Verpackungen verwendeten Aluminiums enthalten. Die übrigen Verwendungskategorien und deren Größenordnung ist aus der Tabelle 4-13 ersichtlich. Die aus dieser Menge Aluminium in Österreich produzierten Güter werden ebenfalls laut Statistik dem österreichischen Verbrauch zugeordnet, obwohl der Endverbrauch im Ausland stattfindet. Ein Beispiel dafür sind die Produkte der Autozulieferindustrie, wo der Exportanteil groß ist.

4.3.1.4 Daten für den Haushalt des „Lizenzierten Aluminiums“

Für den Haushalt „Lizenziertes Aluminium“ wird aus der Gütermenge des „Aluminiumhaushalts Österreich“ der Bereich der Verpackungen heraus genommen.

Inputgüter:

- Nach Angabe von Schmalbach-Lubeca [Gutschka, 1999] wurden in Österreich 1998 die in Tabelle 4-15 angegebenen Mengen an Getränkedosen aus Aluminium abgefüllt sowie Aluminiumdeckel auf Stahldosen angebracht. Die mittlere Al-Konzentration beträgt bei Getränkedosen 98,5 % [Gutschka und Thoma, 2000]. In Österreich wurden 1998 knapp 11.594 t an Aluminiumdosen und an Deckeln (Aluminium- und Stahldosen) von den abfüllenden Betrieben verbraucht. Der Herkunftsprozess ist die Produktion von Aluminiumdosen im In- und Ausland.



Tabelle 4-14: *Input- und Outputgüter, Al-Konzentration und Al-Fracht des Prozesses Aluminiumverarbeitung und Handel im System „Lizenziertes Aluminium“*

Inputgüter	Gut [t/a]	Al-Konz. [%]	Al-Fracht [t/a]
Al-Getränkeverpackungen (Dosen inkl. Deckel) zur Abfüllung	11.600	98,5 ¹	11.426
Aluminiumverpackungen für den Verbrauch in Österreich (exkl. Dosen)	9.100 ³	98,5 ²	8.964
Outputgüter			
Export befüllter Getränkedosen	4.704	98,5 ¹	4.633
Lizenzierte Al-Getränkeverpackungen für den Verbrauch in Österreich	6.139	98,5 ¹	6.047
Nichtlizenzierte Al-Getränkeverpackungen in Österreich verbraucht	750	98,5 ¹	739
Lizenzierte Al-Verpackungen für den Verbrauch in Österreich	4.260	98,5 ²	4.200
Nichtlizenzierte Al-Verpackungen für den Verbrauch in Österreich	500	98,5 ²	490
Haushaltsfolien, nicht lizenziert	4.340 ⁴	98,5 ²	4.270

¹Schmalbach-Lubeca

²Die Al-Konzentration wird für Nichtgetränkeverpackungen ebenfalls mit 98,5 % angenommen.

³Die Bandbreite liegt zwischen 7.300 und 9.100 t/a.

⁴Die Bandbreite liegt zwischen 3.000 und 4.350 t/a.

Tabelle 4-15: *In Österreich abgefüllte Getränkedosen aus Aluminium und aus Stahlblech mit Aluminiumdeckel 1998. Bei den Stahlblechdosen ist nur das Gewicht des Deckels angegeben.*

Dosen [cl]	Material	Kategorie	[Mio. Stück/a]	Gewicht [g/Stk.] (Stahl [g/Deckel])	Dosen/Deckel [t/a]
25	Al	Powerdrink	318	11,9	3.784
33	Al	Softdrink	250	14,17	3.543
33	Al	Bier	52	14,17	737
50	Al	Softdrink	54	18,31	989
50	Al	Bier	122	18,31	2.234
25	St	Softdrink	12	2,7	32
33	St	Softdrink	16	2,84	45
33	St	Bier	20	2,84	57
50	St	Softdrink	8	2,84	23
50	St	Bier	53	2,84	150
Summe					11.594

- Die Menge der für den Verbrauch in Österreich bestimmten Aluminiumverpackungen wurde aufgrund folgender Überlegungen abgeschätzt: Da die Daten bei Getränkedosen relativ gut bekannt sind, wird auf Grund der Anteile der Getränkedosen bei den lizenzierten Verpackungen, bei den gesammelten Verpackungen und den Anteilen im Restmüll auf die Mengen der Nichtgetränkeverpackungen (VP) aus Aluminium geschlossen. 1998 wurden 4.260 t VP aus Aluminium lizenziert. Unterstellt man dieser Art der Verpackungen ebenfalls einen Lizenzierungsgrad von 90 %, so ergibt sich daraus eine Menge von ca. 4.700 t zuzüglich der nicht lizenzpflichtigen Haushaltsfolien aus Aluminium. Diese Haushaltsfolien werden bei den Restmüllanalysen teilweise als Aluminiumverpackungen gezählt. Bei den Restmüllanalysen liegt das Verhältnis VP zu GVP zwischen 53 % : 47 % und 57 % : 43 %. Zieht man einen direkten Rückschluss auf



den Input in den Prozess Aluminiumkonsum bedeutet das eine Menge von 7.720 – 9.080 t an Nichtgetränkeverpackungen. Diese bestehend aus ca. 4.300 t lizenzierten Verpackungen, knapp 500 t nichtlizenzierten Verpackungen (Trittbrettfahrer) und etwa 3.000 t - 4.350 t an nicht lizenzpflichtigen Haushaltsfolien. Da die Erfassungsrate bei der Verpackungssammlung bei Dosen wesentlich höher ist als jene von Nichtgetränkeverpackungen ist anzunehmen, dass die so ermittelten Mengen von Nichtgetränkeverpackungen über dem tatsächlichen Wert liegen. Schließlich wird als dritte Schätzgröße das Verhältnis der Zusammensetzung des Sammelgutes im Rahmen der ARA-Sammlung verwendet. Das Verhältnis Getränkedosen zu anderen Verpackungen liegt dort bei 65 % : 35 %. Das würde eine Menge von ca. 3.700 t an sonstigen Verpackungen bedeuten. Als weiterer Anhaltspunkt wird der von Baccini [Baccini et al., 1993] ermittelte Wert verwendet. Demnach liegt der Verbrauch von Verpackungsaluminium bei 1 kg/E.a. Der Aluminiemeinsatz ist seither in Österreich um ca. 50 % gewachsen. Wenn dieser Verbrauch auch für Verpackungen gilt, so ergibt das etwa 1,5 kg/E.a, also etwas mehr als 12.000 t/a. Der tatsächliche Wert dürfte allerdings darüber liegen. Für diese Studie wird daher eine Bandbreite von 7.300 bis 9.100 t angenommen, in der Tabelle 4-14 wird der obere Grenzwert verwendet.

Outputgüter:

- In Österreich abgefüllte Getränkeverpackungen aus Aluminium für den Verbrauch in Österreich 1998 gemäß Tabelle 4-16 (inkl. Deckel): 6.890 t nach Stückangaben von PLM [PLM, 1999] und den Dosengewichten laut Schmalbach-Lubeca [Gutschka, 1999]. Nach Angabe der ARGEV [ARGEV, 1999] wurden 1998 6.139 t Al-Dosen lizenziert, daraus ergeben sich ca. 750 t an Al-Dosen, welche 1998 ohne Lizenzierung in Österreich konsumiert wurden. Das ergibt bei Getränkedosen einen Lizenzierungsgrad von ca. 90 %.

Tabelle 4-16: In Österreich abgefüllte Getränkedosen aus Aluminium und Dosendeckeln (Al- u. Stahldosen) für den Verbrauch in Österreich; 1998

Dosen [cl]	Material	Kategorie	[Mio. Stück/a]	Gewicht [g/Stk] (Stahl [g/Deckel])	Dosen/Deckel [t/a]
25	Al	Powerdrink	60	11,9	714
33	Al	Bier, Softdrink	230	14,17	3.259
50	Al	Bier, Softdrink	150	18,31	2.747
Deckel Stahldosen	Al	Bier, Softdrink ¹	60	2,84	170
Summe					6.890

¹ Annahme: Wie bei den Al-Dosen werden auch bei den Stahldosen ca. 55 % der in Österreich befüllten Dosen auch in Österreich konsumiert.

- Export von in Österreich abgefüllten Getränkedosen 1998: ca. 4.704 t nach Angaben von Schmalbach-Lubeca [Gutschka, 1999] und PLM [PLM, 1999].
- Lizenzierte Al-Verpackungen exklusive den Getränkeverpackungen 1998: 4.260 t [ARGEV, 1999]. Unter der Annahme, dass der Lizenzierungsgrad jenem der Getränkeverpackungen entspricht (90 %), ergibt sich eine jährliche Menge von ca. 500 t an nicht lizenzierten, jedoch lizenzpflichtigen, Aluminiumverpackungen.
- Al-Haushaltsfolien 1998: Die Bandbreite liegt zwischen 3.000 und 4.350 t/a. Diese Annahme beruht auf einer Rückrechnung der in dieser Studie verwendeten Müllanalysen.



4.3.2 Prozess Aluminiumkonsum

4.3.2.1 Beschreibung des Prozesses

Der Prozess beschreibt den Konsum von aluminiumhaltigen und aus Aluminium bestehenden Produkten im privaten Haushalt sowie in Industrie und Gewerbe. Unter Aluminiumkonsum wird die Verwendung von Aluminiumprodukten vom Endverbraucher verstanden. Die konsumierten Güter verweilen über einen bestimmten Zeitraum im Prozess (Lagerbildung) und werden anschließend entsorgt oder stofflich verwertet. Die Verweildauer ist vom Verwendungszweck abhängig. Bei Verpackungen kann das weniger als ein Tag sein, bei Baustoffen kann die Verweildauer bis zu einem Jahrhundert oder auch noch mehr betragen.

4.3.2.2 Grenzen des Prozesses

Die Herkunftsprozesse sind die Aluminiumverarbeitung und der –Handel sowie Importe von außerhalb der Systemgrenze liegender Prozesse.

Das System „Aluminiumhaushalt Österreich“ umfasst:

- Die Verwendung kurzlebiger Aluminiumprodukte wie beispielsweise Verpackungen.
- Die Verwendung aluminiumhaltiger Geräte und Fahrzeuge (Auto, elektronische Geräte, diverse Haushaltsgeräte usw.).
- Die Verwendung aluminiumhaltiger Gebrauchs- und Einrichtungsgegenstände.
- Den Einbau von Aluminium in die Infrastruktur (Wohn-, Büro- und Industriebau, Infrastruktur, öffentlicher Verkehr usw.).

Es wird der Gesamtumsatz von Aluminiumprodukten bei den Endverbrauchern und deren Entsorgungs- und Verwertungsschienen analysiert.

Das System „Lizenziertes Aluminium“ umfasst:

- Den Verbrauch lizenzierter Verpackungen.
- Den Verbrauch nichtlizenzierter Verpackungen.
- Alle Al-hältigen Güter welche wie Verpackungen entsorgt oder verwertet werden. Dazu zählen vor allem Güter mit einem hohen Al-Anteil wie beispielsweise Papier, Verbundstoffe, mineralische Bestandteile usw.

Für beide Systeme sind die Zielprozesse die Müllsammlung beziehungsweise das Subsystem „ARA-Sammellogistik SELECT+“. Im System „Lizenziertes Aluminium“ kommen noch die Güter des außerhalb des betrachteten Systems liegenden Prozesses der stofflichen Verwertung für Aluminium wie beispielsweise Papier hinzu.

4.3.2.3 Daten für den “Aluminiumhaushalt Österreich”

Die folgende Tabelle zeigt die Input- und Outputgüter des Prozesses Aluminiumkonsum.



Tabelle 4-17: Input- und Outputgüter des Prozesses Aluminiumkonsum im System „Aluminiumhaushalt Österreich“

Inputgüter	t/a	Outputgüter	t/a
Al für Verpackungen	40.100	Al-Verpackungen (AS)	2.750
Al für das Transportwesen	41.300	Al-Verpackungen in den Restmüll	12.400
Al für allgemeine Technik	8.700	Sammlung außerhalb ARA (SaA)	91.000
Al für E-Technik	18.300	Aluminium in exportierten Gütern	65.000
Al für Bauwesen	72.200	Güter aus Aluminium im Restmüll	4.000
Al für Kühltechnik	2.500	Getränkeverbundkartons im Restmüll	5.800
Al für Büroausstattungen	8.300		
Al für Pulver und Pasten	3.200		
Al für Eisen- und Stahlhütten	6.400		
Al für andere Verwendungen	28.300		

Inputgüter:

- Alle Inputgüter aus dem Herkunftsprozess „Aluminiumverarbeitung und Handel“ werden im Kapitel 4.3.1.3 beschrieben. Die Mengen der einzelnen Untergruppen sind aus Tabelle 4-17 ersichtlich. Der gesamte Input 1998 beträgt 229.300 t/a [Fachverband der Metallindustrie, 1999]. In den nächsten zwei Unterpunkten werden die in der Tabelle 4-17 angeführten Verwendungskategorien auf die Bereiche „privater Haushalt“ und „Industrie und Gewerbe“ aufgeteilt:
- Inputgüter in den privaten Haushalt 1998: 71.000 t: Nach Baccini [Baccini et al., 1993] beträgt der Gesamtinput etwas weniger als 7 kg/E.a, was einer Aluminiumfracht von ca. 57.000 t/a entspricht. Diese Daten entsprechen dem Stand 1992. Seither stieg der gesamte Aluminiumeinsatz in Österreich um ca. 25 % [Fachverband der Metallindustrie, 1999]. Wenn in den privaten Haushalten der Verbrauch proportional im selben Verhältnis zunahm, so kann als erste Abschätzung für 1998 ein Verbrauch von ca. 71.000 t/a angenommen werden. Für die privaten Haushalte ergeben sich auf Basis der Ergebnisse von Baccini [Baccini et al., 1993] folgende Zahlen: Der Gesamtinput beträgt etwas weniger als 71.000 t, davon sind ca. 52 % (36.920 t/a) Verbrauchsgüter. Das sind beispielsweise metallisches Aluminium in den Verpackungen mit ca. 1,5 kg/E.a (12.150 t/a), Aluminiumsulfat im Papier ca. 1 kg/E.a, das sind ca. 8.100 t/a) und das Aluminium in den Reinigungsmitteln (ca. 0,5 kg/E.a (4.000 t/a). In Form von Gebrauchsgütern konsumieren die privaten Haushalte 42 % (29.820 t/a), davon ist der Anteil des PKW's ca. 30 % (8.950 t/a).
- Inputgüter in Industrie und Gewerbe 1998: 158.000 t: Die restlichen 158.000 t/a wurden daher in den Sektoren Industrie, Gewerbe und Infrastruktur (Öffentliche Einrichtungen, Transport etc.) eingesetzt.

Lagerzuwachs:

- Das Al-Lager wächst durch die vermehrte Verwendung von Aluminium, vor allem in den Bereichen Bau- und Transportwesen. Eine Abschätzung des Lagers wurde nicht durchgeführt. Das Al-Lager im privaten Haushalt wurde von Baccini abgeschätzt und beträgt unter Berücksichtigung des Wachstums seit 1993 rund 40 kg/E und wächst jährlich um etwa 1 kg/E.a, das sind jährlich etwa 8.000 t (=3 % Wachstum) [Baccini et al., 1993]. Dazu kommen noch die Lagerzuwächse aus den Bereichen Bauwesen (Schätzwert ca. 30.000 t/a)



und dem Bereich Transportwesen (Schätzwert ca. 10.000 t/a) sowie Möbel, Geräte usw. (Schätzwert ca. 2.000 t/a). Verpackungen haben in der Regel sehr kurze Durchlaufzeiten und spielen für die Lagerbildung keine Rolle. Damit ergibt sich ein grob abgeschätzter Lagerzuwachs von 50.000 t/a (d.s. 6,3 kg/E.a). Für die vorliegende Fragestellung ist eine exaktere Abschätzung des Aluminiumlagers nicht erforderlich.

Outputgüter:

- Primärfähiger Al-Schrott 1998 in den Zielprozess Sammlung außerhalb der ARA (SaA): Knapp über 91.000 t/a an Al-Schrott wurden nach Marktabschätzungen der AMAG Ranshofen und der Hütte Klein Reichenbach in Österreich gesammelt [Sams, 2000], [Flankl, 2000].
- AL-Verpackungen (AS) in das ARA-Sammelsystem: 1998 wurden von der ARGEV insgesamt ca. 2.750 t an Aluminiumverpackungen gesammelt. In dieser Menge sind ca. 20 % an stofffremden Fehlwürfen enthalten [ARGEV, 1999].
- Güter aus Aluminium und Al-Verpackungen in den Restmüll 1998: Der gewichtete Mittelwert aus verschiedenen regionalen Restmüllanalysen (siehe Tabelle 4-3) beträgt ca. 22.000 t (Bandbreite 16.000 t – 24.000 t). Dieser gewichtete Mittelwert setzt sich aus ca. 5.400 t Getränkeverpackungen (Dosen), ca. 7.000 t sonstige Aluminiumverpackungen, ca. 3.900 t an Aluminium-Nichtverpackungen und ca. 5.800 t Getränkeverbundkartons [Öko-Box, 1999] zusammen.
- 1998 wurden ca. 65.000 t an Aluminium, in Österreich in Güter eingebaut, die für den Export bestimmten waren. Die Statistik ordnet diese Aluminiummenge jedoch dem österreichischen Verbrauch zu, obwohl die Güter im Ausland konsumiert werden. Die Menge ergibt sich aus der Bilanzierung des Prozesses. Den Hauptanteil der angesprochenen Güter macht die Auto-Zulieferindustrie aus.

4.3.2.4 Daten für den Haushalt des „Lizenzierten Aluminiums“

Die folgende Tabelle zeigt die Input- und Outputgüter für das System „Lizenziertes Aluminium“. Die in der Tabelle 4-18 angegebenen Gütergruppen haben dieselben Entsorgungswege wie das Verpackungsaluminium und müssen deshalb in die Analyse mit einbezogen werden. Es wird der Saldo zwischen gesamt in den privaten Haushalt eingebrachter Gütermenge und separat erfasster Abfallmenge angegeben. Das entspricht der Menge im Restmüll.

Tabelle 4-18: Input- und Outputgüter, Al-Konzentration und Al-Fracht des Prozesses Aluminiumkonsum im System „Lizenziertes Aluminium“

Inputgüter	Gut [t/a]	Al-Konz. [g/100 g]	Al-Fracht [t/a]
Lizenzierte Al-Getränkeverpackungen für den Verbrauch in Österreich	6.139 ¹	98,5	6.047
Nichtlizenzierte Al-Getränkeverpackungen in Österreich verbraucht	750 ¹	98,5	739
Lizenzierte Al-Verpackungen für den Verbrauch in Österreich	4.260 ¹	98,5	4.200
Nichtlizenzierte Al-Verpackungen für den Verbrauch in Österreich	500 ¹	98,5	490
Haushaltsfolien, nicht lizenziert	4.340 ¹	98,5	4.270
Getränkeverbundkartons	23.300	2,97	690



Outputgüter	Gut [t/a]	Al-Konz. [g/100 g]	Al-Fracht [t/a]
Gebrauchsgüter aus Aluminium NVP, über Restmüll entsorgt	4.000	95	3.800
Getränke-Verbundkartons separat erfasst	17.500	2,97	520
Getränke-Verbundkartons im Restmüll	5.800	2,97	170
Al-Getränkeverpackungen in das ARA-Sammelsystem (AS)	1.550	98,5	1525
Sonstige Al-Verpackungen (AS)	800	98,5	790
Fehlwürfe in das ARA-System	400	1,5	6
Al-Verpackungen (SaA)	~0	-	-
Al-Getränkeverpackungen im Restmüll	5.400 ²	98,5	5.300
Sonstige Verpackungen aus Aluminium im Restmüll	7.000 ³	98,5	6.900
Gebrauchsgüter aus Aluminium NVP, über Restmüll entsorgt	4.000 ⁴	95	3.800

¹ Beschreibung siehe Outputgüter Aluminiumhandel, Tabelle 4-14

² Bandbreite 3.800 t bis 5.600 t

³ Bandbreite 4.300 t bis 8.300 t

⁴ Bandbreite 2.000 t bis 4.000 t, in Wien sind in dieser Kategorie auch die Haushaltsfolien enthalten.

Inputgüter:

- Alle Verpackungen aus dem Herkunftsprozess „Aluminiumhandel“, das sind lizenzierte und nicht lizenzierte Aluminiumverpackungen (Getränke und andere VP) und Haushaltsfolien, wurden bereits als Outputgüter im Kapitel 4.3.1.4 und in Tabelle 4-14 beschrieben.
- Getränkeverbundkartons: 1998 wurden ca. 23.300 t/a in Österreich konsumiert [Öko-Box, 1999], die Aluminiumkonzentration für aluminiumbeschichtete Getränkekartons beträgt 5 - 7 % [Österreichisches Verpackungsinstitut für Lebensmittel und Getränke, 1999], im Mittel 6 %. Plinke [Plinke et al., 1995] gibt für das Jahr 1993 einen Marktanteil von 37 % von aluminiumbeschichteten Getränkeverbundkartons an. Das bedeutet, unter Berücksichtigung des Aluminiumgehaltes im Karton eine mittlere Aluminiumkonzentration von 2,97 %, was einer Aluminiumfracht von ca. 690 t/a entspricht.
- Al-Getränkeverpackungen (Dosen) 5.400 t (Bandbreite 3.800 t – 9.400 t) und sonstige Verpackungen aus Aluminium 7.000 t (Bandbreite 4.300 t - 10.600 t) im Restmüll 1998, wobei die gewichteten Mittelwerte angegeben sind: Die Mengen wurden anhand verschiedener Restmüllanalysen ermittelt. Eine genaue Beschreibung der Daten befindet sich im Prozess Müllsammlung, Inputgüter.
- Gebrauchsgüter aus Aluminium im Restmüll 1998: Die unterschiedlichen Restmüllanalysen listen verschiedene Produkte und Teile von Produkten auf, die über den Restmüll entsorgt werden. Die Datenquellen sind die in dieser Studie verwendeten Restmüllanalysen, daher wird hier der an der Outputseite ermittelte Wert eingesetzt. Es handelt sich dabei um eine vielfältige Produktpalette von Gütern mit einem hohen Aluminiumanteil wie beispielsweise Haushaltsaluminiumfolien (sofern diese nicht als Verpackung gezählt wurden), Kabel, Gitter, Besteck, Küchengeräte, Tiefkühlbehälter usw.. Die Menge betrug 1998 ca. 4.000 t (Bandbreite 2.050 t bis 6.880 t), die Aluminiumkonzentration beträgt ca. 95 % [CalRecovery, 1993].
-

Lagerzuwachs:

- Die betrachteten Gütergruppen haben für die Bildung des Aluminiumlagers keine relevante Bedeutung.



Outputgüter:

- 1998 wurden 17.500 t Getränkeverbundkartons über das ARA-System (Gelbe Tonne) und das System der Ökobox erfasst [Öko-Box, 1999]. Die restlichen 5.800 t gehen in den Zielprozess Restmüllsammmlung. Die Aluminiumkonzentration beträgt knapp 3 %.
- Al-Verpackungen und Fehlwürfe in das ARA-Sammelsystem (AS) 1998: 2.713 t. Diese Menge setzt sich aus 1.550 t Getränkedosen, 800 t sonstige Aluminiumverpackungen und 400 t stofffremden Fehlwürfen zusammen [ARGEV, 1999]. Laut Auskünften des Altmetallhandels werden Al-Verpackungen soweit diese gesammelt werden über das ARA-System abgerechnet. Demnach ist der Fluss von Al-Verpackungen in den Prozess „Sammlung außerhalb der ARA (SaA)“ gleich Null.
- Gebrauchsgüter aus Aluminium im Restmüll 1998: Datenbeschreibung siehe Inputgüter.

4.3.3 Prozess Müllsammmlung

4.3.3.1 Beschreibung des Prozesses

Der Restmüll aus den privaten Haushalten wird von der kommunalen Müllabfuhr bzw. von privaten Unternehmen im Auftrag der Kommunen abgeholt. Haushaltsähnliche Abfälle aus Gewerbe, Industrie, Landwirtschaft und öffentlichen Einrichtungen werden wie jene aus den Privathaushalten entsorgt, teilweise findet auch eine Selbstanlieferung zu den Abfallbehandlungsanlagen statt.

4.3.3.2 Grenzen des Prozesses

Die Herkunftsprozesse sind der Aluminiumkonsum und die Sortieranlagen innerhalb des Subsystems „ARA-Sammellogistik SELECT+“. Die Müllsammmlung umfasst die Sammlung und den Transport von Aluminium im Restmüll aus Haushalten sowie aus haushaltsähnlichen Anfallstellen aus Industrie und Gewerbe sowie von Sortierreststoffen aus dem Subsystem „ARA-Sammellogistik SELECT+“ zu den Abfallbehandlungsstellen.

Es wird die Gütermenge und die Zusammensetzung von Aluminiumprodukten im Restmüll betrachtet. Nicht berücksichtigt werden Hilfs- und Betriebsmittel (Energieträger), Transporte und Transportfahrzeuge, Infrastruktur und sonstige Abfälle.

Die außerhalb des betrachteten Systems liegenden Zielprozesse sind die Restmüllbehandlungsstellen. Die Aufteilung erfolgt gemäß den Transferkoeffizienten für Restmüll (aus Haushalten) nach [Domenig, et al., 1998]:

- 15,0 % in die mechanisch-biologische Behandlungsanlage
- 51,6 % in die Massenabfalldeponie
- 33,4 % in die Hausmüllverbrennungsanlage.

Für beide Systeme gelten dieselben Prozessgrenzen. Die untersuchten Güterflüsse sind in beiden Systemen identisch. Im System „Aluminiumhaushalt Österreich“ erfolgt eine



Beschreibung der zusammengefassten Daten, im System „Lizenziertes Aluminium“ werden die Güter und deren Ermittlung detailliert beschrieben.

4.3.3.3 Daten für den „Aluminiumhaushalt Österreich“

Die folgende Tabelle gibt die Input- und Outputgüter für den Prozess Müllsammlung unter Berücksichtigung der Transferkoeffizienten für die verschiedenen Entsorgungsoptionen in Österreich [Domenig et al., 1998] an:

Tabelle 4-19: Input- und Outputgüter des Prozesses Müllsammlung im System „Aluminiumhaushalt Österreich“

Inputgüter	t/a	Outputgüter	t/a
Güter aus Aluminium im Restmüll	4.000	Güter aus Aluminium in die MVA	1.330
Al-Verpackungen im Restmüll	12.400	Al-Verpackungen in die MVA	4.170
Al-hältige Güter im Restmüll	506.000	Güter mit Al-Anteil in die MVA	169.000
Sortierreste (AS)	400	Getränkeverbundkartons in die MVA	1.900
Sortierreste (SaA)	n.b.	Sortierreste (AS) in die Deponie	400
Getränkeverbundkartons in den Restmüll	5.800	Restmüll in Massenabfalldeponie	273.000
		Restmüll in MBB	79.000

Inputgüter:

- Aus dem privaten Haushalt gelangten 1998 ca. 4.000 t an Gütern verschiedenster Art in den Restmüll. Die angegebene Menge errechnet sich aus den in dieser Studie verwendeten Restmüllanalysen, die Bandbreite erstreckt sich von 2.000 t – 4.000 t.
- 1998 befanden sich etwa 12.400 t (Bandbreite 8.100 t – 13.900 t) an Verpackungen aus Aluminium im Restmüll. Die angegebene Menge ergibt sich aus den in dieser Studie verwendeten Restmüllanalysen.
- Güter aus dem privaten Haushalt, die einen relevanten Al-Gehalt aufweisen: 1998; Papier (175.000 t/a), Metalle mit einem Al-Anteil (42.000 t/a), Verbundstoffe (172.000 t/a), mineralische Bestandteile (49.000 t/a), Problemstoffe (11.600 t/a), und Glas (56.800 t/a). In Summe ergibt das eine Gütermenge von ca. 506.000 t/a [Domenig et al., 1998].
- Die Menge der Sortierreste aus dem ARA-Sammelsystem (AS) betrug 1998 ca. 400 t [ARGEV, 1999], diese Menge wurde deponiert. Die Sortierreste aus dem Sammelsystem außerhalb der ARA (SaA) wurden nicht bestimmt.
- 1998 flossen ca. 5.800 t an Getränkeverbundkartons in die Restmüllsammlung [Ökobox, 1999].
- Da 1998 keine Aluminiumverpackungen über den Prozess „Sammlung außerhalb des ARA-Systems (SaA)“ liefen, wird dieser Güterfluss nicht mehr weiter verfolgt.

Outputgüter:

- 1998 gingen folgende Gütermengen aus der Restmüllsammlung in die MVA: ca. 1.330 t an Gütern aus Aluminium, ca. 4.170 t Aluminiumverpackungen, 169.000 t an Gütern mit relevanter Aluminiumkonzentration (58.450 t Papier, 14.000 t Metalle mit Aluminium-



anteil, 57.500 t Verbundstoffe, 16.400 t mineralische Bestandteile, 19.000 t Glas und 3.900 t Problemstoffe) und ca. 1.900 t an Getränkeverbundkartons.

- 1998 wurden aus dem ARA-Sammelsystem (AS) ca. 400 t an stofffremden Fehlwürfen aussortiert und in einer Massenanfalldeponie deponiert.
- 1998 wurden ca. 273.000 t an Aluminiumverpackungen, Gütern aus Aluminium und Gütern mit relevanter Aluminiumkonzentration in Massenanfalldeponien deponiert.
- 1998 wurden ca. 79.000 t an Aluminiumverpackungen, Gütern aus Aluminium und Gütern mit relevanter Aluminiumkonzentration in mechanisch biologischen Restmüllbehandlungsanlagen behandelt und die verbleibenden Reststoffe anschließend deponiert.

4.3.3.4 Daten für den Haushalt des "Lizenzierten Aluminiums"

Tabelle 4-20: Input- und Outputgüter, Al-Konzentration und Al-Fracht des Prozesses Müllsammmlung im System „Lizenziertes Aluminium“

Inputgüter	Gut [t/a]	Al-Konz. [g/100 g]	Al-Fracht [t/a]
Al-Getränkeverpackungen im Restmüll	5.400 ¹	98,5	5.300
Sonstige Verpackungen aus Aluminium im Restmüll	7.000 ²	98,5	6.900
Gebrauchsgüter aus Aluminium NVP, über Restmüll entsorgt	4.000 ³	95	3.800
Getränkeverbundkartons in den Restmüll	5.800	2,97	170
Fe-Metalle (VP und NVP) im den Restmüll	42.000	2	840
Mineralische Bestandteile (Baumaterialien), im Restmüll	49.000	1,15	560
Problemstoffe im Restmüll	11.600	1,5	170
Papier, Pappe und Karton im Restmüll	175.000	1,06	1.850
Glas (Weiß- und Buntglas) im Restmüll	56.800	0,05	30
Verbundstoffe im Restmüll ohne Getränkeverbundkartons	172.000	2,30	3.950
Sortierreste aus dem ARA-Sammelsystem in den Restmüll (SA)	400	1,5	6
Outputgüter			
Al- Getränkeverpackungen in die MVA	1.800	98,5	1.780
Sonstige Verpackungen aus Aluminium in die MVA	2.340	98,5	2.300
Güter aus Aluminium NVP, in die MVA	1.335	95	1.270
Getränkeverbundkartons in die MVA	1.940	2,97	60
Fe-Metalle (VP und NVP) in die MVA	14.030	2	280
Mineralische Bestandteile (Baumaterialien), in die MVA	16.370	1,15	190
Problemstoffe in die MVA	3.875	1,5	60
Papier, Pappe und Karton in die MVA	58.450	1,06	620
Glas (Weiß- und Buntglas) in die MVA	18.970	0,05	10
Verbundstoffe im Restmüll ohne Getränkeverbundkartons in MVA	57.500	2,3	1.320
Sortierreste aus dem ARA-Sammelsystem auf die Deponie	400	1,5	6
Al-Verpackungen (Getränke und sonstige) auf Deponie	6.400	98,5	6.300
Al-Verpackungen (Getränke und sonstige) in MBB	1.860	98,5	1.830
Güter aus Aluminium NVP auf die Deponie	2060	95	1.960
Güter aus Aluminium NVP in MBB	600	95	570
Getränkeverbundkartons auf Deponie	3.000	2,97	90
Getränkeverbundkartons in MBB	870	2,97	25
Fe-Metalle (VP und NVP) auf Deponie	21.670	2	430
Fe-Metalle (VP und NVP) in MBB	6.300	2	125



Inputgüter	Gut [t/a]	Al-Konz. [g/100 g]	Al-Fracht [t/a]
Mineralische Bestandteile (Baumaterialien) auf Deponie	25.300	1,15	290
Mineralische Bestandteile (Baumaterialien) in MBB	7.350	1,15	85
Problemstoffe auf Deponie	6.000	1,5	90
Problemstoffe in MBB	1.740	1,5	25
Papier, Pappe und Karton auf Deponie	90.300	1,06	960
Papier, Pappe und Karton in MBB	26.250	1,06	280
Verbundstoffe im Restmüll ohne Getränkeverbundkartons Deponie	88.800	2,30	2.040
Verbundstoffe im Restmüll ohne Getränkeverbundkartons MBB	25.800	2,30	600
Glas (Weiß- und Buntglas) auf Deponie	29.300	0,05	15
Glas (Weiß- und Buntglas) in MBB	8.500	0,05	5

)¹ Bandbreite 3.800 t bis 5.600 t

)² Bandbreite 4.300 t bis 8.300 t

)³ Bandbreite 2.000 t bis 4.000 t

Inputgüter:

- Al-Getränkeverpackungen 1998: Die Restmüllanalysen ergeben eine Bandbreite von ca. 3.800 t/a bis ca. 9.400 t/a. Der gewichtete Mittelwert ergibt ca. 5.400 t/a. Die Bandbreite kann an dieser Stelle an der oberen Grenze eingengt werden: In Österreich werden ca. 6.900 t/a konsumiert, ca. 1.500 t/a werden vom ARA-System erfasst. Dazu könnte noch ein geringer Überschuss bei Kofferraumimporten, der aber nicht größer als ca. 500 t/a (das entspricht einer Menge von ca. 27 Mio. Stück 0,5 l Dosen oder 35 Mio. Stück 0,33 l Dosen) sein dürfte. Es gibt dazu allerdings keine Untersuchungen, seitens ARA und ARGEV wird vermutet, dass kein bedeutender Überschuss in diesem Segment existiert. Die Bandbreite kann somit auf ca. 6.000 t/a eingeschränkt werden.
- Sonstige Al-Verpackungen in den Restmüll 1998: Die Restmüllanalysen ergeben eine Bandbreite von ca. 4.300 t/a bis ca. 10.600 t/a. Der gewichtete Mittelwert ergibt ca. 7.000 t/a.
- Güter aus Aluminium in den Restmüll 1998: die Restmüllanalysen ergeben eine Bandbreite von ca. 2.000 t/a bis ca. 6.900 t/a. Der gewichtete Mittelwert ergibt ca. 3.900 t/a. Es handelt sich dabei um eine vielfältige Produktpalette von Gütern mit einem hohen Aluminiumanteil wie beispielsweise Haushaltsaluminiumfolien, Kabel, Gitter, Besteck, Küchengeräte, Tiefkühlbehälter usw.. Haushaltsaluminiumfolien sind nicht lizenzpflichtig. Sie sind bei den Wiener Müllanalysen [MA 48, 1999] explizit als Nichtverpackung gezählt worden. Der Wiener Müll macht etwas mehr als $\frac{1}{3}$ des österreichischen Restmülls aus. Aus den anderen zur Verfügung stehenden Müllanalysen ist eine so detaillierte Güterzuordnung nicht möglich. Es ist daher anzunehmen, dass Haushaltsaluminiumfolien in den anderen Müllanalysen auch als „Aluminiumverpackung“ gezählt worden ist.
- Getränkeverbundkartons 1998 in den Restmüll: 5.800 t/a [Ökobox, 1999]. Die Al-Konzentration beträgt knapp 3 %.
- 1998 betrug die Gesamtmenge an Problemstoffen aus privaten Haushalten im Restmüll 11.600 t [Domenig et al., 1998], die Aluminiumkonzentration wurde mit 1,5 % abgeschätzt.



- 1998 belief sich die aus privaten Haushalten eingebrachte Papiermenge in den Restmüll 175.000 t [Domenig et al., 1998]. Die Aluminiumkonzentration beträgt im Durchschnitt 1,06 %.
- 1998 betrug die aus dem privaten Haushalt eingebrachte Glasmenge in den Restmüll 57.000 t [Domenig et al., 1998]. Die Aluminiumkonzentration beträgt ca. 0,05%.
- 1998 betrug die aus den privaten Haushalten eingebrachte Fe-Metallmenge in den Restmüll ca. 42.000 t [Domenig et al., 1998]. Die Aluminiumkonzentration wird mit 2 % abgeschätzt.
- 1998 betrug die aus den privaten Haushalten eingebrachte Menge an Verbundstoffen im Restmüll ca. 172.000 t, wobei die Getränkeverbundkartons in dieser Zahl nicht enthalten sind. Die Aluminiumkonzentration wurde unter Berücksichtigung des Al-Anteiles bei den Metallen und dem Al-Gehalt des Papiers mit 2,3 % abgeschätzt (Zusammensetzung: 70 % Papier, 20 % Kunststoff, 5 % Metalle und 5 % Holz).
- Die Sortierreste aus dem ARA-Sammelsystem in den Restmüll 1998 (SA): Das sind stofffremde Fehlwürfe, welche bei der ARA-Sammlung anfallen. Die Fehlwürfe werden von der ARGEV mit ca. 400 t/a angegeben [ARGEV, 1999].

Outputgüter:

- Die Summe der Outputgüter entspricht der Summe der Inputgüter. Die angegebenen Massen entsprechen den gewichteten Mittelwerten. Schwankungen bei den Getränkeverpackungen, den sonstigen Verpackungen sowie den Gütern aus Aluminium sind im Bereich der angegebenen Bandbreiten möglich. Die Bandbreiten werden im Kapitel Resultate mit Hilfe der Analyse der Outputgüter sowie mittels Quervergleichen und daraus folgenden Schlüssen eingengt.
- Die im Prozess Müllsammlung gesammelten Güter werden nach den von [Domenig et al., 1998] ermittelten Transferkoeffizienten auf die Entsorgungsprozesse Müllverbrennung (33,4 %), Massenabfalldeponie (51,6 %) und Mechanisch biologische Behandlung (15 %) gleichmäßig aufgeteilt.

Die Erfassung der Güterdaten der Fe-Metalle und Ne-Metalle erfolgt nach der im Kapitel 4.1.3.1 beschriebenen Methode anhand von verfügbaren Restmüllanalysen (Tabelle 4-3). In den folgenden Tabellen werden die Datengrundlagen angegeben.



Tabelle 4-21: Restmüllmengen 1998 mit Metallgehalt [%] bezogen auf den Restmüll und den minimalen und maximalen Aluminiumkonzentrationen bezogen auf die Metallfracht (Fe-Metalle und Ne-Metalle) aufgeteilt nach Getränkeverpackungen (G-VP), sonstigen Verpackungen (VP) und Nichtverpackungen (NVP). NVP werden in dieser Studie als „Güter aus Aluminium bezeichnet.

Bundesland	Schicht	R-Müll. [kg / EW.a]	Ein- wohner	Metalle [M-%] Mittel	Metalle [M-%] Min	Metalle [M-%] Max	Al-K G-VP [%] min	Al-K. G-VP [%] max	Al-K. G-VP [%] mittel	Al-K. VP [%] min	Al-K. VP [%] max	Al-K. VP [%] mittel	Al-K. NVP [%] min	Al-K. NVP [%] max	Al-K. NVP [%] mittel
Burgenland	1	103	250.463	3,94	3,40	4,40	4,70	19,40	8,85	12,90	30,20	21,21	6,50	16,10	10,02
Burgenland	2	136,6	29.289	2,83	2,70	3,40	3,8	13,70	8,57	10,5	19,5	14,73	2,1	21,6	8,72
Kärnten	1	115	246.443	3,72	2,80	4,60	4,70	19,40	8,85	12,90	30,20	21,21	6,50	16,10	10,02
Kärnten	2	150	170.330	4,58	3,30	5,10	3,80	13,70	5,57	10,50	19,50	14,73	2,10	21,60	8,72
Kärnten	3	220	147.658	4,37	3,90	5,22	6,1	20,00	11,94	7,5	17,5	12,60	2,6	8,4	7,83
NÖ	1	110	902.750	3,94	3,40	4,40	4,70	19,40	8,85	12,90	30,20	21,21	6,50	16,10	10,02
NÖ	2	139,1	582.153	2,83	2,70	3,40	3,80	13,70	5,57	10,50	19,50	14,73	2,10	21,60	8,72
NÖ	3	218	49.098	2,90	2,90	2,90	6,10	20,00	11,94	7,50	17,50	12,60	2,60	8,40	7,83
OÖ	1	93	779.732	3,97	3,00	5,00	4,70	19,40	8,85	12,90	30,20	21,21	6,50	16,10	10,02
OÖ	2	121	308.020	4,00	3,00	5,00	3,80	13,70	5,57	10,50	19,50	14,73	2,10	21,60	8,72
OÖ	3	190	285.718	4,00	3,00	5,00	6,10	20,00	11,94	7,50	17,50	12,60	2,60	8,40	7,83
Salzburg	1	105	252.510	3,72	2,80	4,60	4,70	19,40	8,85	12,90	30,20	21,21	6,50	16,10	10,02
Salzburg	2	136	116.651	4,58	3,30	5,10	3,80	13,70	5,57	10,50	19,50	14,73	2,10	21,60	8,72
Salzburg	3	215	144.692	4,37	3,90	5,22	6,10	20,00	11,94	7,50	17,50	12,60	2,60	8,40	8,72
Steiermark	1	88	732.648	3,72	2,80	4,60	4,70	19,40	8,85	12,90	30,20	21,21	6,50	16,10	10,02
Steiermark	2	114	232.266	4,58	3,30	5,10	3,80	13,70	5,57	10,50	19,50	14,73	2,10	21,60	8,72
Steiermark	3	179,4	239.990	4,37	3,90	5,22	6,10	20,00	11,94	7,50	17,50	12,60	2,60	8,40	8,72
Tirol	1	136	386.701	3,72	2,80	4,60	4,70	19,40	8,85	12,90	30,20	21,21	6,50	16,10	10,02
Tirol	2	176	157.088	4,58	3,30	5,10	3,80	13,70	5,57	10,50	19,50	14,73	2,10	21,60	8,72
Tirol	3	230	118.112	4,37	3,90	5,22	6,10	20,00	11,94	7,50	17,50	12,60	2,60	8,40	8,72
Vorarlberg	1	87	119.981	3,67	3,01	3,95	4,70	19,40	8,85	12,90	30,20	21,21	6,50	16,10	10,02
Vorarlberg	2	113	184.095	3,67	3,01	3,95	3,80	13,70	5,57	10,50	19,50	14,73	2,10	21,60	8,72
Vorarlberg	3	164	41.196	3,67	3,01	3,95	6,10	20,00	11,94	7,50	17,50	12,60	2,60	8,40	8,72
Wien	4	284	1.609.631	2,98	2,98	2,98	18,80	18,80	18,80	11,10	11,10	11,10	7,00	7,00	7,00

Aus den Ergebnisse der Tabelle 4-21 ergeben sich die minimalen und maximalen Metallfrachten im Restmüll. Der Mittelwert ist auf Basis der verfügbaren Restmüllanalysen nach der Probenanzahl und den jeweils analysierten Menge [Masse] gewichtet.

Die in der Tabelle 4-22 angegebenen Daten haben ausschließlich die Müllanalysen als Grundlage.



Tabelle 4-22: Metallfrachten im gesammelten Restmüll [t/a]. Minimal möglicher Wert, maximal möglicher Wert und gewichteter Mittelwert.

Bundesland	Schicht	Summe Metalle	Summe Metalle	Summe Metalle	Al-Fracht	Al-Fracht	Al-Fracht	Al-Fracht	Al-Fracht	Al-Fracht	Al-Fracht	Al-Fracht	Al-Fracht
		[t/a] Mittel	[t/a] Min	[t/a] Max	G-VP [t/a] Min	G-VP [t/a] Max	G-VP [t/a] Mittel	VP [t/a] Min	VP [t/a] Max	VP [t/a] Mittel	NVP [t/a] Min	NVP [t/a] Max	NVP [t/a] Mittel
Burgenland	1	1.016	877	1.135	41	220	90	113	343	216	57	183	102
Burgenland	2	113	108	136	4	19	10	11	27	17	2	29	10
Kärnten	1	1.053	794	1.304	37	253	93	102	394	223	52	210	106
Kärnten	2	1.171	843	1.303	32	179	65	89	254	173	18	281	102
Kärnten	3	1.421	1.267	1.696	77	339	170	95	297	179	33	142	111
NÖ	1	3.911	3.376	4.369	159	848	346	436	1.320	830	219	703	392
NÖ	2	2.292	2.186	2.753	83	377	128	230	537	338	46	595	200
NÖ	3	310	310	310	19	62	37	23	54	39	8	26	24
OÖ	1	2.879	2.175	3.626	102	703	255	281	1.095	611	141	584	288
OÖ	2	1.491	1.118	1.864	42	255	83	117	363	220	23	403	130
OÖ	3	2.171	1.629	2.714	99	543	259	122	475	274	42	228	170
Salzburg	1	986	742	1.220	35	237	87	96	368	209	48	196	99
Salzburg	2	727	524	809	20	111	40	55	158	107	11	175	63
Salzburg	3	1.359	1.213	1.624	74	325	162	91	284	171	32	136	119
Steiermark	1	2.398	1.805	2.966	85	575	212	233	896	509	117	477	240
Steiermark	2	1.213	874	1.350	33	185	68	92	263	179	18	292	106
Steiermark	3	1.881	1.679	2.247	102	449	225	126	393	237	44	189	164
Tirol	1	1.956	1.473	2.419	69	469	173	190	731	415	96	389	196
Tirol	2	1.266	912	1.410	35	193	71	96	275	187	19	305	110
Tirol	3	1.187	1.059	1.418	65	284	142	79	248	150	28	119	104
Vorarlberg	1	383	314	412	15	80	34	41	125	81	20	66	38
Vorarlberg	2	763	626	822	24	113	43	66	160	112	13	177	67
Vorarlberg	3	248	203	267	12	53	30	15	47	31	5	22	22
Wien	4	13.623	13.623	13.623	2.561	2.561	2.561	1.512	1.512	1.512	954	954	954
Österreich	1	14.584	11.557	17.451	543	3.385	1.291	1.491	5.270	3.093	751	2.810	1.461
Österreich	2	9.037	7.192	10.447	273	1.431	507	755	2.037	1.331	151	2.257	788
Österreich	3	8.579	7.361	10.277	449	2.055	1.024	552	1.798	1.081	191	863	713
Österreich	4	13.623	13.623	13.623	2.561	2.561	2.561	1.512	1.512	1.512	954	954	954
Österreich	Summe	45.822	39.732	51.797	3.827	9.433	5.383	4.310	10.618	7.017	2.047	6.883	3.916

4.3.3.5 Bestimmung der Al-Fracht im Restmüll aufgrund von Restmüllanalysen

Grundlage für die Bestimmung der Al-Fracht sind die existierenden Restmüllanalysen und die Aluminiumkonzentrationen der einzelnen Restmüllklassen. Die Aluminiumkonzentrationen stammen aus der Literatur und aus der in dieser Studie durchgeführten Befragung. Durch Hochrechnung auf das gesamte österreichische Bundesgebiet ergeben sich nachfolgende Frachten an Verpackungsaluminium in den Restmüll. Die Bandbreiten werden vorerst im vollen Ausmaß angeführt, die Einengung der Bandbreiten erfolgt in einem späteren Kapitel.

Verpackungen und Nichtverpackungen im Restmüll – Minimale Fracht, maximale Fracht und gewichteter Mittelwert:

Die Minimalwerte der Fracht an Metallen und der anteilige Inhalt an Verpackungsmetallen und den Aluminium-Nichtverpackungen im Restmüll ergeben sich wie in der folgenden Tabelle dargestellt:



Tabelle 4-23: Metalle und Nichteisenmetallanteil im Restmüll: Minimum

Österreich	Summe Metalle [t/a] Minimum	Summe Al-Fracht [t/a] Minimum	Al-Fracht G-VP [t/a] Minimum	Al-Fracht VP [t/a] Minimum	Al-Fracht NVP [t/a] Minimum
Schicht 1	11.500	2.800	540	1.490	750
Schicht 2	7.200	1.200	270	760	150
Schicht 3	7.400	1.200	450	550	190
Schicht 4	13.600	5.000	2.560	1.510	960
Gesamt	39.700	10.200	3.820	4.310	2.050

Die Maximalwerte der Fracht an Metallen und der anteilige Inhalt an Verpackungsmetallen und den Aluminium-Nichtverpackungen im Restmüll ergeben sich wie in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 4-24: Metalle und Nichteisenmetallanteil im Restmüll: Maximum

Österreich	Summe Metalle [t/a] Maximum	Summe Al-Fracht [t/a] Maximum	Al-Fracht G-VP [t/a] Maximum	Al-Fracht VP [t/a] Maximum	Al-Fracht NVP [t/a] Maximum
Schicht 1	17.500	11.500	3.400	5.300	2.800
Schicht 2	10.400	5.700	1.400	2.000	2.300
Schicht 3	10.300	4.700	2.000	1.800	900
Schicht 4	13.600	5.000	2.600	1.500	900
Gesamt	51.800	26.900	9.400	10.600	6.900

Die gewichteten Mittelwerte der Fracht an Metallen und der anteilige Inhalt an Verpackungsmetallen und den Aluminium-Nichtverpackungen im Restmüll ergeben sich wie in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 4-25: Metalle und Nichteisenmetallanteil im Restmüll: Gewichteter Mittelwert

Österreich	Summe Metalle [t/a] Mittlere Fracht	Summe Al-Fracht [t/a] Mittlere Fracht	Al-Fracht G-VP [t/a] Mittlere Fracht	Al-Fracht VP [t/a] Mittlere Fracht	Al-Fracht NVP [t/a] Mittlere Fracht
Schicht 1	14.600	5.900	1.300	3.100	1.460
Schicht 2	9.000	2.600	500	1.300	790
Schicht 3	8.600	2.800	1.000	1.100	700
Schicht 4	13.600	5.000	2.600	1.500	960
Gesamt	45.800	16.300	5.400	7.000	3.910

Tabelle 4-26: Berechnete Al-Fracht im Restmüll aufgrund der Hochrechnung regionaler Restmüllanalysen; in %

Österreich	Gesamtfracht [t/a]	Anteil G-VP [%]	Anteil VP [%]	Anteil NVP [%]
Minimal	10.200	37,6	42,3	20,1
Maximal	26.900	35,0	39,4	25,6
Mittelwert	16.300	33,0	43,0	24,0

G-VP: Getränkeverpackungen; VP: sonstige Verpackungen; NVP: Nichtverpackungen

In den Zahlen der Tabelle 4-26 ist die Aluminiumfracht, welche durch die aluminiumhaltigen Güter verursacht wird, noch nicht enthalten. Daher wurde einerseits die Aluminiumfracht im



Restmüll mittels der Analyse der Outputgüter der MVA errechnet und andererseits ergänzend zu den Restmüllanalysen die Aluminiumkonzentration der restlichen Güter ermittelt.

Die Aluminiumfracht aufgrund der Restmüllanalysen beträgt daher für Österreich:

Tabelle 4-27: Ergebnis der Restmüllanalysen

Güter im Restmüll	Gut [t/a]	Al-Konz. [g/100 g]	Al-Fracht [t/a]
Al-Getränkeverpackungen	5.400 ¹	98,5	5.300
Sonstige Verpackungen aus Aluminium	7.000 ²	98,5	6.900
Güter aus Aluminium NVP	4.000 ³	95	3.800
Getränkeverbundkartons	5.800	2,97	170
Fe-Metalle (VP und NVP)	42.000	2	840
Mineralische Bestandteile	49.000	1,15	560
Problemstoffe	11.600	1,5	170
Papier, Pappe und Karton im Restmüll	175.000	1,06	1.850
Glas (Weiß- und Buntglas) im Restmüll	56.800	0,05	30
Verbundstoffe ohne Getränkeverbundkartons	172.000	2,30	3.950
Sortierreste aus dem ARA-Sammelsystem (SA)	400	1,5	6
Summe	529.000	4,46	23.576
Summe Restmüll 1998	1.281.311	1,84	23.576

¹Gewichteter Mittelwert, Bandbreite 3.850 t/a bis 5.400 t/a

²Gewichteter Mittelwert, Bandbreite 4.300 t/a bis 8.300 t/a

4.3.4 Prozess Müllverbrennung (MVA)

Anhand der Analyse der Outputgüter aus der Müllverbrennung wird der Al-Gehalt im Restmüll ermittelt. Anschließend folgt eine Beschreibung dieses Prozesses. Der Prozess MVA wird nur im System „Lizenziertes Aluminium“ betrachtet.

4.3.4.1 Beschreibung des Prozesses

Die Hausmüllverbrennung wird in einer nach dem heutigen Stand der Technik, mit Rostfeuerung, anschließender Entstaubung, nasser Rauchgaswäsche, katalytischer Stickoxidminderung, Abwasseraufbereitung und Aschenachbehandlung, laufenden Anlage betrieben. Es werden die Müllverbrennungsanlagen Wien Spittelau (ohne Aschenachbehandlung) und Wels (zusätzliche Filterung mit Aktivkohle) betrachtet.

4.3.4.2 Grenzen des Prozesses

Der Prozess beschreibt die thermische Verwertung von Aluminium im kommunalen Restmüll in den Hausmüllverbrennungsanlagen Wien-Spittelau und Wels.

Die Outputgüter der Anlagen in Wien Spittelau und in Wels werden bezüglich des Aluminiumgehaltes analysiert. Mittels der Transferkoeffizienten erfolgt dann eine Rückrechnung auf den Aluminiumgehalt der Inputgüter. Die daraus erhaltenen Daten werden mit



jenen der „klassischen“ Restmüllanalysen verglichen. Bei der Restmüllanalyse der MA 48 [MA 48, 1999] handelt es sich um jenen Müll, der in der MVA Spittelau verbrannt wird.

Nicht berücksichtigt werden: Hilfs- und Betriebsmittel, sonstige Abfälle und Abluft, Transporte, Kosten.

Die Herkunftsprozesse sind die kommunale Restmüllsammmlung in Wien und in Wels, die Zielprozesse der Outputgüter liegen außerhalb des betrachteten Systems. Der Prozess Müllverbrennung wird nur im System „Lizenziertes Aluminium“ betrachtet.

4.3.4.3 Daten für den Haushalt des „Lizenzierten Aluminiums“

Tabelle 4-28 listet die Inputgüter samt den dazugehörigen Al-Konzentrationen für die MVA Wien Spittelau und Wels auf. Die Datengrundlagen für die Erfassung des Aluminiumgehaltes sind in den Tabellen im Anschluss an die Outputgüter dargestellt.

Tabelle 4-28: Inputgüter, Al-Konzentration und Al-Fracht des Prozesses Müllverbrennung im System „Lizenziertes Aluminium“.

Inputgüter	Gut [t/a]	Al-Konz. [g/100 g]	Al-Fracht [t/a]
Al- Getränkeverpackungen in die MVA	1.800	98,5	1.780
Sonstige Verpackungen aus Aluminium in die MVA	2.340	98,5	2.300
Gebrauchsgüter aus Aluminium NVP, in die MVA	1.335	95	1.270
Getränkeverbundkartons in die MVA	1.940	2,97	60
Fe-Metalle (VP und NVP) in die MVA	14.030	2	280
Mineralische Bestandteile (Baumaterialien), in die MVA	16.370	1,15	190
Problemstoffe in die MVA	3.875	1,5	60
Papier, Pappe und Karton in die MVA	58.450	1,06	620
Verbundstoffe im Restmüll ohne Getränkeverbundkartons in MVA	57.500	2,3	1.320
Glas (Weiß- und Buntglas) in die MVA	18.970	0,05	10
Summe Inputgüter	176.610	4,46	7.880
Outputgüter¹			
Outputgüter (Schlacke, Filterstaub, Reingas)	176.610	4,46	7.880

¹Die Ergebnisse der Analyse der Outputgüter aus der Müllverbrennung sind im Anschluss an die Beschreibung der Outputgüter zusammenfassend dargestellt, Details können aus dem im Anhang befindlichen Laborbericht entnommen werden.

Inputgüter

- Die Inputgüter in Tabelle 4-28 entsprechen den in den Prozess „Müllverbrennung“ gehenden Outputgütern des Prozesses „Restmüllsammmlung“, aufgelistet in Tabelle 4-20.

Outputgüter

- Da die Summe der Outputgüter gleich der Summe der Inputgüter sein muss, wird der Wert der Inputgüter für die Summe der Outputgüter eingesetzt. Die Analysenwerte der Laboranalysen dienen zur Verifizierung der Werte aus den Restmüllanalysen und als Hilfe für die Einschränkung der Bandbreiten.



- Aufgrund der Analyse der Outputgüter wurde der Aluminiumgehalt der Inputgüter in die MVA Wels errechnet (Tabelle 4-30): Dieser beträgt 11,2 g/kg Al +/- 17 %, die Bandbreite liegt also zwischen 9,3 g/kg Al und 13 g/kg Al. Hochgerechnet auf den gesamten Restmüll (1.291.000 t) in Österreich ergibt sich eine Bandbreite von 12.000 t – 16.900 t Aluminium im Restmüll.
- Aufgrund der Analyse der Outputgüter wurde der Aluminiumgehalt der Inputgüter in die MVA Spittelau errechnet (Tabelle 4-32): Dieser beträgt 15,6 g/kg Al +/- 18 %, die Bandbreite liegt also zwischen 12,8 g/kg Al und 18,4 g/kg Al. Hochgerechnet auf den gesamten Restmüll (1.291.000 t) in Österreich ergibt sich eine Bandbreite von 16.500 t – 23.750 t Aluminium im Restmüll.

4.3.4.4 Bestimmung der Al-Fracht im Restmüll aufgrund von Analysen der Outputgüter der MVA

Analysewerte der Outputgüter der Verbrennungsanlagen Wien und Wels:

Die folgenden Tabellen enthalten die Analysenwerte der Outputgüter der beiden Verbrennungsanlagen in Wien und Wels.

Messwerte:

Die in den folgenden Tabellen angeführten Analyseergebnisse betreffen die Schlacken und Aschen der MVA Wels und der MVA Wien-Spittelau.

Tabelle 4-29: Ergebnis der Analyse der Outputgüter der MVA.

Wels									
Probe Schlacke	Gesamtprobe		Probe gemahlen			Säureaufschlüsse		Al-Gehalt	
	Masse g/kgTS	Al-sortiert %Al	Masse g/kgTS	Siebrest g/kgTS	Al-sortiert %Al	Siebrest ¹⁾ %Al	Mahlgut ²⁾ %Al	in Summe %Al	
GS1-1A	4449,6	0,5	481,4	16,4	1,3	0,08	3,19	5,14	
GS1-3A	4733,2	0,4	623,8	30,8	0,4	0,41	3,56	4,75	
GS1-4A	4967,2	0,3	625,4	25,8	0,4	0,19	3,20	4,12	
GS1-5A	3819,7	0,3	458,2	16,1	0,2	0,56	2,85	3,91	
GS1-6A	5743,5	0,4	689,8	28,1	0,7	0,31	3,02	4,38	
GS1-7A	4002,4	0,1	482,7	11,5	0,2	0,10	2,99	3,38	
						Mittelwert	%	4,28	
						stabw	%	0,63	
						rsd	%	14,6	
¹⁾ HCl/HNO ₃ -Aufschluss des Siebrestes mit Ausnahme des händisch aussortierten Aluminiums ²⁾ Königswasseraufschluss des <0,5mm Feinanteiles der gemahlene Teilprobe - rsd: relative Standardabweichung - stabw: Standardabweichung									



Tabelle 4-30: Ergebnis der Analyse der Outputgüter der MVA Wels und Rückrechnung auf den Aluminiumgehalt der Inputgüter.

Güter	pro h	pro h	bez. auf Müll	bez. auf Output	Königswasser		Flusssäure
	kg FS	kg TS	%	%	g Al/kg	kg Al/Gut	
Restmüll	8.900		100,0	345	11,2 ¹	100	keine signifikante Erhöhung feststellbar
Schlacke	2.390	2.048	26,9	92,6	43	88	
Schrott	95		1,1	3,7			
EF-Asche	97	97	1,1	3,7	30	3	
Kesselasche	193	193	2,2	7,5	48	9	

¹ Die Berechnung der Fehlersumme ergibt eine mögliche Abweichung von +/- 17 %.

Tabelle 4-31: Ergebnis der Analyse der Outputgüter der MVA Wien-Spittelau.

Wien-Spittelau								
Probe Schlacke	Gesamtprobe		Probe gemahlen			Säureaufschlüsse		Al-Gehalt in Summe
	Masse g/kgTS	Al-sortiert %Al	Masse g/kgTS	Siebrest g/kgTS	Al-sortiert %Al	Siebrest ¹⁾ %Al	Mahlgut ²⁾ %Al	
S2	1542,4	1,9	667,8	15,3	0,73	0,55	3,53	6,70
S5	2052,0	0,4	907,3	29,0	1,50	0,59	3,52	6,02
S6	1754,4	1,0	757,6	6,3	0,00	0,30	3,98	5,32
S7	1068,7	0,1	509,6	3,4	0,00	0,24	4,31	4,70
S8	975,5	0,5	1008,3	13,5	0,40	0,34	4,66	5,88
S10	2111,7	0,7	919,3	4,2	0,00	0,17	4,02	4,89
S12	2731,4	0,8	1114,8	6,9	0,00	0,23	4,15	5,15
S13	1395,2	0,0	852,9	17,0	0,36	0,59	3,46	4,40
S15	2031,0	0,7	934,4	27,4	0,43	0,89	3,35	5,38
S17	2285,9	1,6	1027,7	20,5	0,47	0,55	3,36	5,97
S25	3350,8	0,3	340,0	6,2	0,46	0,49	2,99	4,25
S30	1609,1	1,1	350,0	3,7	0,00	0,38	3,21	4,65
S33	2254,2	0,2	1079,7	22,8	0,90	0,43	3,44	4,92
						Mittelwert	%	5,25
						stabw	%	0,72
						rsd	%	13,8

¹⁾ HCl/HNO₃-Aufschluss des Siebrestes mit Ausnahme des händisch aussortierten Aluminiums
²⁾ Königswasseraufschluss des <0,5mm Feinanteiles der gemahlten Teilprobe
 - rsd: relative Standardabweichung
 - stabw: Standardabweichung

Tabelle 4-32: Ergebnis der Analyse der Outputgüter der MVA Spittelau und Rückrechnung auf den Aluminiumgehalt der Inputgüter.

Gut	pro Std.	±	pro 48 Std.	bez. auf Müll	bez. auf Output	Königswasser		Flusssäure		Erhöhung
	kg	kg	kg TS	%	%	g Al/kg	kg Al/Gut	g Al/kg	kg Al/Gut	
Restmüll	33.000	1.000		100,0	338,8	12,5	19.838	15,6 ¹	24.859	20,20
Schlacke	10.100	35	339.216	24,0	81,4	52	17.808	66	22.514	
Schrott	1.070	20		3,2	11,0					
Asche	750	4	35.750	2,2	7,6	57	2030	66	2.345	

¹ Zum Vergleich wird der aus dem Flusssäureaufschluss ermittelte Wert verwendet, da in diesem Wert im Gegensatz zum Königswasseraufschluss Aluminiumsilikate ebenfalls mit berücksichtigt sind. Die Berechnung der Fehlersumme ergibt eine mögliche Abweichung von +/- 18 %.



Aus den Al-Konzentrationen in der Tabelle 4-33 kann die Aluminiumfracht im Restmüll mit den damit verbundenen Bandbreiten abgeschätzt werden. Die Werte werden aufgrund der Systemmüllmenge von 1998 errechnet: 1.281.311 t.

Tabelle 4-33: Berechnete Al-Fracht im Restmüll aufgrund der Analyse der Outputgüter der MVA Wien-Spittelau und Wels; Bandbreite in Tonnen

Analyse	Al-Konz. Minimum [g/kg]	Al-Konz. Mittel [g/kg]	Al-Konz. Maximum [g/kg]	Al-Fracht Minimum [t/a]	Al-Fracht Mittel [t/a]	Al-Fracht Maximum [t/a]
Wels	9,3	11,2	13,1	11.916	14.350	16.785
Mittel	11,05	13,4	15,75	14.158	17.170	20.178
Spittelau	12,8	15,6	18,4	16.400	20.000	23.570

Der geringere Wert in Wels lässt darauf schließen, dass im oberösterreichischen Restmüll weniger mineralische Bestandteile enthalten sind. Im Wiener Restmüll können diese jedoch massenmäßig 10 % ausmachen. Mineralische Bestandteile (Al-Silikate) lassen sich nur mit Flusssäure aufschließen, was zu einer Erhöhung der Al-Konzentration führt.

4.3.4.5 Vergleich der Wiener Restmüllanalysen 1997/98 mit den Analysewerten der MVA Wien-Spittelau

Tabelle 4-34: Berechnete Al-Fracht im Restmüll aufgrund der Hochrechnung regionaler Restmüllanalysen; Bandbreite in Tonnen

Teilfraktionen	[kg/E.a]	[t]	Al-Konz. [g/100 g]	Al-Fracht [t]
Papier Druckerz.	14,15	23.101,18	1,2	277,21
Papier VP	3,5	5.714,07	1,0	57,14
Papier Hygiene	8,35	13.632,14	1,0	136,32
Papier sonstige	9,27	15.134,13	1,0	151,34
Karton	4,72	7.705,83	1,0	77,06
Wellpappe VP	3,42	5.583,46	1,0	55,83
Karton, Pappe	0,99	1.616,27	1,0	16,16
Verbundstoffe	4,16	6.791,58	2,97	201,71
Verbundstoffe	3,17	5.175,32	2,97	153,71
Verbundstoffe NVP	4,34	7.085,45	2,97	210,44
Spezialfraktion Windeln	9,57	15.623,91	0,866	135,30
Weißglas VP,	3,37	5.501,84	0,05	2,75
Weißglas VP	3,59	5.861,01	0,05	2,93
Weißglas Flachglas	0,43	702,01	0,05	0,35
Weißglas Sonstiges	1,46	2.383,58	0,05	1,19
Buntglas Milch-, VP	3,84	6.269,15	0,05	3,13
Buntglas sonst. VP	0,56	914,25	0,05	0,46
Buntglas sonst. Flachgl.	0,1	163,26	0,05	0,08



Teilfraktionen	[kg/E.a]	[t]	Al-Konz. [g/100 g]	Al-Fracht [t]
Buntglas sonst. Nutzgl.	0,26	424,47	0,05	0,21
KST-Körper	8,47	13.828,05	0	0,00
KST-Folien	10,49	17.125,89	0	0,00
Sonstige Kunststoffe	4,92	8.032,35	0	0,00
Alu+NE-Getr.dosen	1,48	2.416,24	95	2295,42
Alu+NE-GVP verunr.	0,09	146,93	1,5	2,20
Alu+NE-VP sonstige	0,46	750,99	95	713,44
Alu+NE-VP verunr.	0,46	750,99	1,5	11,26
Alu+NE NVP	0,6	979,56	95	930,58
FE-Getränke VP.	0,28	457,13	2	9,14
FE-sonst. VP	2,25	3.673,33	2	73,47
FE-sonst., NVP	2,74	4.473,30	2	89,47
Holz VP	0,76	1.240,77	0	0,00
Holz VP verunr.	0,11	179,59	0	0,00
Holz NVP unbehandelt	3,05	4.979,41	0	0,00
Holz NVP behandelt	5,43	8.864,97	0	0,00
Leder	1,77	2.889,69	0	0,00
Gummi Reifen	0,07	114,28	0	0,00
Gummi	0,78	1.273,42	0	0,00
Textilien	2,39	3.901,89	0	0,00
Textilien	6,05	9.877,18	0	0,00
Mineralische Bestandt.	33,94	55.410,17	1,15	637,22
Biomaterial	3,66	5.975,29	0,0005	0,03
Biomaterial	5,66	9.240,47	0,0005	0,05
Biomaterial	81,77	133.497,05	0,0005	0,67
Biomaterial	9,39	15.330,04	0,0005	0,08
Biomaterial	4,7	7.673,18	0,0005	0,04
Problemstoffe	3,26	5.322,25	1,5	79,83
Elektro-/Elektronikschrott	2,4	3.918,22	4,11	161,04
Restfeinfraktion	0,95	1.550,96	1,5	23,26
Restfeinfraktion	2,37	3.869,24	1,5	58,04
Summe 1 (Minimal)	280	457.125,76	1,44	6.568,56
Alu+NE-GVP verunr.	0,09	146,93	90	132,24
Alu+NE-VP verunr.	0,46	750,99	90	675,89
Summe 2 (Maximal)	280	457.125,76	1,61	7.363,63

)¹ Verunreinigte Verpackungen : minimal angenommene Konzentration

)² Verunreinigte Verpackungen: maximal angenommene Konzentration

Das Ergebnis der Restmüllanalyse wurde mit den aus der Literatur erhaltenen Aluminiumkonzentrationen der enthaltenen Güter kombiniert und liegt sehr Nahe bei den Analysewerten der Outputgüter aus der Müllverbrennung. Die Schwankungsbreite ergibt sich aus den verunreinigten Verpackungen: da der Grad der Verunreinigung nicht bestimmt wurde, wurde eine Bandbreite von extremer Verunreinigung (Al-Konzentration nur 1,5 %) bis zu einer geringen Verunreinigung (Al-Konzentration 90 %) angenommen. Daraus ergibt sich



eine Bandbreite von 14,4 – 16,1 g Al/kg Restmüll. Dazu kommt noch eine gewisse Fehlertoleranz, welche von der Genauigkeit der Restmüllanalyse abhängt und daher an dieser Stelle nicht näher beziffert werden kann. Für Wien kann aber angenommen werden, dass die Aluminiumkonzentration im Restmüll im Bereich zwischen 12,8 und 18,4 g/kg Restmüll liegt, wobei die Restmüllanalyse sehr nahe am Mittelwert der Outputanalyse liegt und im angegebenen Schwankungsbereich ein Fehler von 15,25 g Al/kg Restmüll +/- 20 % liegt. Hochgerechnet auf Österreich (bezogen auf die Restmüllmenge) ergibt das eine Menge von 6.400 t Aluminiumgetränkeverpackungen im Restmüll (über dem Schnitt) und knapp 3.000 t an sonstigen Al-Verpackungen, wobei Haushaltsfolien ausdrücklich nicht in dieser Menge enthalten sind.

4.3.4.6 Vergleich der Oberösterreichischen Restmüllanalyse 1990/91 (sowie BAWP 1992 und BAWP 1995) mit den Analysewerten der MVA Wels

Aus Oberösterreich stehen nicht so detaillierte und aktuelle Zahlen wie für Wien zur Verfügung.

Eine direkter Vergleich mit den Ergebnissen einer Restmüllanalyse ist mangels detaillierter Daten aus Restmüllanalysen nicht möglich, die Ergebnisse der Analysen der Outputgüter der MVA Wels ergeben jedoch eine ähnliche Größenordnung wie in Wien.

4.3.5 Prozess ARA-Sammelsystem (AS)

4.3.5.1 Beschreibung des Prozesses

Eine Beschreibung des ARA-Systems und der dazugehörigen Systemelemente ist bereits im Kapitel 3.4 (Aluminiumsammlung) erfolgt. Daher werden in diesem Kapitel nur noch die notwendigen Ergänzungen vorgenommen. Es handelt sich um die flächendeckende Sammlung von lizenziertem Verpackungsaluminium in Österreich. Die für die Sammlung verantwortliche Branchenrecyclinggesellschaft ist die ARGEV. Für die folgende Verwertung ist die Branchenrecyclinggesellschaft ALUREC zuständig.

4.3.5.2 Grenzen des Prozesses

Der Herkunftsprozess ist der Aluminiumkonsum, wobei die gesammelten Verpackungen hauptsächlich aus dem Bereich der privaten Haushalte und aus dem Kleingewerbe kommen. Der Prozess beinhaltet das von der ARGEV entwickelte System SELECT. Dieses besteht aus sieben Modulen (Siehe Kapitel 0), wobei jeder Modul spezielle logistische Anforderungen bezüglich der Anfallart und der Anfallmengen erfüllt.

Verpackungsaluminium fällt fast ausschließlich in den Modulen 1 und 2 an: Blaue Tonne (Metalle), Gelbe Tonne (Verbundstoffe und Kunststoffe) und Grüne Tonne (gemischte Wertstoffe). In den Modulen 3, 4, 6 und 7 fällt kein Verpackungsaluminium in nennenswerten Mengen an. Die dort gesammelten Güter können allerdings einen Aluminiumgehalt



aufweisen. Ebenfalls in diesem Prozess integriert ist das lokal im Südwesten Wiens angesiedelte Cash for Can – System, dessen Sammelmengen aber eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Zielprozesse sind die Prozesse „Sortierung“, „Umladestellen“ und „Shredder in Österreich“ innerhalb des Subsystems „Sammellogistik SELECT +“. Es werden nur die Sammelmengen bilanziert, Transporte, Hilfs- und Betriebsstoffe und notwendige Infrastruktur finden keine Berücksichtigung.

Dieser Prozess hat in beiden Systemen die selben Prozessgrenzen.

4.3.5.3 Daten für den “Aluminiumhaushalt Österreich”

Tabelle 4-35: Input- und Outputgüter des Prozesses ARA-Sammelsystem im System „Aluminiumhaushalt Österreich“ .

Inputgüter	t/a	Outputgüter	t/a
Gesammelte Aluminiumverpackungen samt stofffremden Fehlwürfen	2.750	Aluminiumverpackungen	2.350
		Sortierreste in die Restmüllsammlung	400

Inputgüter:

- Der Gesamtinput an Sammelgut betrug 1998 2.750 t [ARGEV, 1999].

Outputgüter:

- Der Output an gesammelten Verpackungen und Aluminiumgütern betrug 1998 2.350 t [ARGEV, 1999]. Zielprozess ist die Aluminiumverwertung.
- Der Sortierrest, also stofffremde Fehlwürfe, betrug 1998 400 t [ARGEV, 1999]. Zielprozess ist die Restmüllsammlung.

4.3.5.4 Daten für den Haushalt des “Lizenzierten Aluminiums“

Tabelle 4-36: Inputgüter, Al-Konzentration und Al-Fracht des Prozesses ARA-Sammelsystem (AS) im System „Lizenziertes Aluminium“ .

Inputgüter	Gut [t/a]	Al-Konz. [g/100 g]	Al-Fracht [t/a]
Sammelgut aus der Aluminiumsammlung - Getränkedosen	1.515	98,5	1.490
Cash for Can (Al-Getränkeverpackungen – Dosen)	34	98,5	33
Sonstige Aluminiumverpackungen	798	98,5	785
Stofffremde Fehlwürfe	400	1,5 ¹	6



Outputgüter			
Al-Getränkverpackungen (Dosen)	1.515	98,5	1490
Cash for Can (Al-Getränkeverpackungen – Dosen)	34	98,5	33
Sonstige Al-Verpackungen	798	98,5	785
Stofffremde Fehlwürfe	400	1,5	6

¹Die Aluminiumkonzentration wird der durchschnittlichen Al-Konzentration im Restmüll gleich gesetzt.

Inputgüter

- Beim Sammelgut aus der Aluminiumsammlung ist der Herkunftsprozess der Aluminiumkonsum, wobei die gesammelten Aluminiumverpackungen fast ausschließlich aus den privaten Haushalten kommen. 1998 betrug diese Sammelmenge 2713 t [ARGEV, 1999]. Die Zusammensetzung ist in Tabelle 4-36 angegeben.
- Cash for Can: Sortenreine Sammlung von Al-Getränkedosen, 34 t/a.

Outputgüter

- Nach der Sortierung innerhalb des betrachteten Prozesses gehen 1.515 t Al-Getränkedosen, 34 t an Getränkedosen aus dem Cash for Can Modul und 798 t sonstiger Al-Verpackungen zum Zielprozess Verwertung von Aluminiumschrott [ARGEV, 1999].
- Die 400 t aussortierten Fehlwürfe gehen zum Zielprozess Müllsammlung [ARGEV, 1999] und werden anschließend deponiert.

4.3.6 Prozess Sammlung außerhalb des ARA-Systems (SaA)

4.3.6.1 Beschreibung des Prozesses

Der Prozess umfasst die Sammlung von Sekundäraluminium (Altschrotte und Neuschrotte) außerhalb des ARA-Sammelsystems in Österreich. Es wird die Sammlung durch die Altstoffsammler (Altschrotte) sowie die Sammlung der Aluminiumrückstände bei Produktionsvorgängen in Industrie und Gewerbe (Neuschrotte) betrachtet. Transporte, Hilfs- und Betriebsstoffe, Abluft usw. werden nicht berücksichtigt.

4.3.6.2 Grenzen des Prozesses

Der Herkunftsprozess ist der Aluminiumkonsum in Industrie und Gewerbe sowie im privaten Haushalt. In diesem Prozess werden auch die Importe von Sekundäraluminium erfasst.

Die Zielprozesse sind einerseits direkt die Aluminiumverwertung. Dabei handelt es sich um Neuschrotte und um alle gesammelten Altschrotte, die ohne Sortierung direkt den Verwertern zugeführt werden. Andererseits sind es die vorgelagerten Prozesse „Sortierung“, „Umladestellen“ und „Shredder in Österreich“ innerhalb des Subsystems „Sammellogistik SELECT +“. Im System „Lizenziertes Aluminium“ werden nur noch jene Aluminiumschrotte betrachtet, die über die der Aluminiumverwertung vorgelagerten Prozesse laufen. Das sind automatisch jene Aluminiumgüter, die den Verpackungen ähnlich sind. Die Systemgrenzen sind bei beiden Systemen gleich.



4.3.6.3 Daten für den “Aluminiumhaushalt Österreich”

Tabelle 4-37: Input- und Outputgüter des Prozesses Sammlung außerhalb der ARA (SaA) im System „Aluminiumhaushalt Österreich“ und Al-Konzentrationen der Güter.

Inputgüter	t/a	Outputgüter	t/a
Al-Sammlung in Österreich	91.000	Al-Schrotte zur Verwertung in Österreich	160.000
Importe von Aluminiumschrott	99.000	Exportiert Al-Schrott	30.000

Inputgüter

- Nach Markteinschätzungen der AMAG [Sams, 2000] und der Hütte Klein Reichenbach [Flankl, 2000] wurden in Österreich 1998 ca. 94.000 t an Aluminiumschrott gesammelt, davon etwas mehr als 91.000 t außerhalb des ARA-Systems.
- 99.000 t an Aluminiumschrott wurden nach Markteinschätzungen der AMAG und der Hütte Klein Reichenbach importiert [Sams, 2000], [Flankl, 2000].

Outputgüter

- Knapp über 160.000 t an Sekundäraluminium wurden von der Sammlung außerhalb der ARA (SaA) zur Verwertung von Sekundäraluminium in Österreich gebracht [Sams, 2000], [Flankl, 2000].
- 30.000 t des 1998 in Österreich gesammelten Sekundäraluminiums wurden exportiert [Sams, 2000], [Flankl, 2000].

4.3.6.4 Daten für den Haushalt des “Lizenzierten Aluminiums“

Zum Haushalt „Lizenziertes Aluminium in Österreich“ trägt die Sammlung außerhalb des ARA-Systems (SaA) nach Anfragen beim Altstoffhandel praktisch nichts mehr bei, es fällt keine nennenswerte Menge an Verpackungsaluminium an.

Tabelle 4-38: Input- und Outputgüter des Prozesses Sammlung außerhalb der ARA (SaA) im System „Lizenziertes Aluminium“ und Al-Konzentrationen der Güter.

Inputgüter	Gut [t/a]	Al-Konz. [g/100 g]	Al-Fracht [t/a]
Al-Sammlung von Verpackungsaluminium in Österreich	~0	-	-
Importe von Sekundäraluminium (Verpackungen)	~0	-	-
Outputgüter			
Al-Schrotte zur Verwertung in Österreich (Verpackungen)	~0	-	-
Exportierte Al-Schrotte (Verpackungen)	~0	-	-

Inputgüter

- Eine von der GUA bei den österreichischen Shredderbetrieben durchgeführte Fragebogenaktion kam bezüglich Aluminiumverpackungen zum Ergebnis, dass kein Verpackungs-



aluminium über den Schrotthandel zu den Shredderbetrieben in Österreich geliefert wird [Musial-Mencik, 2000].

Outputgüter

- Wie Inputgüter: Null.

4.3.7 Prozess Verwertung von Sekundäraluminium

4.3.7.1 Beschreibung des Prozesses

Der Prozess umfasst die Verwertung von Aluminiumschrott für den in Österreich. Der Export von Aluminiumschrott wird im Prozess Sammlung außerhalb ARA (SaA) berücksichtigt.

In Österreich sind das die Firmen Amag-Metall GesmbH in Ranshofen (Oberösterreich), die SAG-Alurecycling GesmbH in Lend (Salzburg) und die Hütte Klein Reichenbach (Niederösterreich).

Hilfs- und Betriebsstoffe, Energieverbrauch, Abluft, feste und flüssige Abfallprodukte, Transporte usw. werden nicht berücksichtigt.

4.3.7.2 Grenzen des Prozesses

Die Herkunftsprozesse sind die Sammlung außerhalb der ARA (SaA) und das ARA-Sammelsystem (AS) sowie die diesen zwei Prozessen nachgelagerten Prozesse Umladestellen, Sortierung und Paketierung. Die Zielprozesse sind die Aluminiumverarbeitung und der Aluminiumhandel im In- und Ausland sowie die außerhalb des betrachteten Systems liegenden Entsorgungs- und Wiederaufbereitungsprozesse. Die Systemgrenzen sind bei beiden betrachteten Systemen gleich.

4.3.7.3 Daten für den “Aluminiumhaushalt Österreich”

Tabelle 4-39: Input- und Outputgüter des Prozesses Sammlung außerhalb der ARA (SaA) im System „Aluminiumhaushalt Österreich“ und Al-Konzentrationen der Güter.

Inputgüter	t/a	Outputgüter	t/a
Al-Sammlung außerhalb der ARA (SaA) (Al-Schrott über Schrotthandel)	160.000	Sekundäraluminium: Weiterverarbeitung in Österreich und im Ausland.	130.000
Al-Sammlung innerhalb der ARA (Verpackungen)	2.350	Verluste und Abfälle bei der Gewinnung von Sekundäraluminium	33.000

Inputgüter

- In Österreich betrug 1998 der Bedarf an Sekundäraluminium 163.000 t, davon kommen etwas mehr als 160.000 t von der Sammlung außerhalb der ARA (SaA) und ca. 2.350 t aus



dem ARA-Sammelsystem [Sams, 2000], [Flankl, 2000] und [ALUREC, 1999]. Die Verwerter von Aluminiumschrott sind die Firmen Amag-Metall GesmbH Ranshofen mit einem Einsatz von 120.000 t/a [Sams, 2000], das entspricht einer Nettomenge von 90.000 t/a; die Salzburger SAG-Alurecycling GesmbH mit einem Sekundäraluminiumeinsatz von etwas mehr als 30.000 t/a und einem daraus folgenden Output von ca. 29.000 t/a [Krenn, 1999] sowie die Aluminiumschmelze Klein Reichenbach mit einem Input von ca. 9.000 t/a [Flankl, 2000]. Die Inputflüsse von Aluminiumschrott in die Aluminiumverwertung liegen über den Outputflüssen. Der Grund ist, dass bei den Inputflüssen diverse Anhaftungen, sonstige Verunreinigungen und Feuchtigkeit mitgezählt sind, die während des Einschmelzvorganges entzogen werden, und in den Umschmelzverlusten. Die Höhe des Verlustes liegt zwischen ca. 10-13 % der Inputmasse [SAG, 1999] und bis zu 25 % [Sams, 2000].

Outputgüter

- In Österreich wurden 1998 von den Verwertern in Österreich knapp 130.000 t Sekundäraluminium produziert [Flankl, 2000], [Sams, 2000] und [Krenn, 2000]. Die Hauptabnehmer sind die Gießereien in der Automobilindustrie im In- und Ausland.
- Die Verluste bei der Gewinnung von Sekundäraluminium während des Einschmelzens des Aluminiumschrottes betragen 1998 ca. 33.000 t [Flankl, 2000], [Sams, 2000] und [Krenn, 2000]. In diesen Verlusten sind die Verschmutzungen und andere stofffremde Beimengungen sowie die Umschmelzverluste enthalten. Die Wiederaufbereitung der Abfallprodukte (Salzschlacke) erfolgt zum größten Teil im Ausland (Deutschland, Norwegen).

4.3.7.4 Daten für den Haushalt des “Lizenzierten Aluminiums“

Tabelle 4-40: Input- und Outputgüter des Prozesses Verwertung von Sekundäraluminium im System „Lizenziertes Aluminium“ und Al-Konzentrationen der Güter.

Inputgüter	Gut [t/a]	Al-Konz. [g/100 g]	Al-Fracht [t/a]
Getränkeverpackungen aus dem ARA-System (SA)	1.550	98,55	1.520
Verpackungsaluminium, Fehlwürfe aus Al aus dem ARA-System (SA)	800	98,5	788
Verpackungsaluminium aus der Sammlung außerhalb der ARA (SaA)	~0	-	-
Outputgüter			
Sekundäraluminium zur Verwertung in Österreich	2.000	100	2.000
Verluste und Abfälle bei der Gewinnung von Sekundäraluminium	350	50	175

Inputgüter

- Aus dem ARA-Sammelsystem gelangten 1998 ca. 1.800 t an Getränkeverpackungen aus Aluminium über das ARA-Sammelsystem in die Sortieranlagen. Bei einer Aluminium-Sortiertiefe von 86 % gingen daher ca. 1.550 t an Al-Getränkeverpackungen zu den Aluminiumverwertern [ARGEV, 1999], [ALUREC, 1999].
- An sonstigem Aluminiumschrott (Verpackungen und stoffgleiche Fehlwürfe) aus dem ARA-Sammelsystem flossen 1998 ca. 950 t in die Sortieranlagen. Bei einer Aluminium-



sortiertiefe von ca. 85 % gelangten damit ca. 800 t an Aluminiumschrott zu den Verwertern [ARGEV, 1999], [ALUREC, 1999].

Outputgüter

- Nach Angaben der [ALUREC, 1999] hat 1998 $\frac{1}{3}$ des Aluminiumschrottes aus dem ARA-System die Amag (durchschnittlich ca. 25 % Umschmelzverluste) und $\frac{2}{3}$ die SAG (durchschnittlich ca. 10-13 % Umschmelzverluste) übernommen. Bei Berücksichtigung dieser Zahlen der beiden Verwerter bezogen auf die jeweils übernommenen Mengen ergibt sich eine 1998 gewonnene Menge von Sekundäraluminium von ca. 2.000 t.
- Aus der Bilanzierung des Prozesses ergibt sich die Menge der Abfälle und Verluste von ca. 350 t für das Jahr 1998. Diese Menge gelangt in die Entsorgungs- und Aufbereitungsprozesse außerhalb des betrachteten Systems.

4.3.8 Subsystem „ARA Sammellogistik SELECT+“

Im Subsystem „ARA Sammellogistik SELECT+“ sind die Prozesse „ARA-Sammelsystem (AS)“ und „Sammlung außerhalb des ARA-Systems (SaA)“ sowie die nachgeschalteten Prozesse „Umladestelle“, „Sortierung“, „Paketierung“, „Shredder in Österreich“ und „Verwertung“ enthalten. Dieses Subsystem inkludiert somit den gesamten Bereich der Sammlung von Sekundäraluminium, die dazu notwendige Infrastruktur für Behandlung und Transport sowie die Verwertung. Die Prozesse „ARA-Sammelsystem (AS)“ (Kapitel 4.3.5), „Sammlung außerhalb der ARA (SaA)“ (Kapitel 4.3.6) und „Verwertung“ (Kapitel 4.3.7) wurden bereits in den genannten Kapiteln beschrieben.

Die weiteren Prozesse des Subsystems, die oft sowohl in einem Vertragsverhältnis mit der ARA als auch die außerhalb der ARA agierenden Schrotthändler bedienen, werden nachfolgend kurz beschrieben. Mengemäßig sind diese Prozesse bereits in den Prozessen „Sammlung außerhalb der ARA (SaA)“ und „ARA-Sammlung (AS)“ erfasst:

4.3.8.1 Umladestelle

Die Umladestellen sind zentrale Sammelpunkte, wo die Sammler innerhalb des ARA-Sammelsystems (AS) und jene außerhalb des ARA-Sammelsystems (SaA) die Altschrotte abliefern. Nach kurzer Zwischenlagerung wird das Sekundäraluminium verladen und zu den Shreddern in Österreich transportiert. In diesem Prozess findet eine Mischung der Aluminiumschrotte statt.

4.3.8.2 Sortierung

Aus dem ARA-Sammelsystem gelangt hauptsächlich das Sammelgut aus der Gelben Tonne zu den Sortieranlagen. Nach erfolgter Sortierung wird das Material entweder zu einem Shredder transportiert oder paketierte und direkt zu einem der Aluminiumschrottverwerter gebracht. Die Sortierreststoffe werden deponiert.



4.3.8.3 Shredder in Österreich

Die Shredder werden zum größten Teil von den Umladestellen aus mit Sekundäraluminium versorgt (80 %). Die restlichen 20 % stammen direkt von den Sammelstellen und von Direktzulieferungen.

4.3.8.4 Paketierung

Nach erfolgter Sortierung wird das Sekundäraluminium paketiert und an die Verwerter geliefert.

4.4 Vorgehensweise bei der Ermittlung der Bandbreiten

Für die Bestimmung der Bandbreiten wurde wie folgt vorgegangen:

Input:

Getränkeverpackungen: Aufgrund der Befragung steht eine vollständige Marktabschätzung zur Verfügung. Für diesen Wert wurde daher keine Bandbreite angenommen.

Sonstige Al-Verpackungen lizenziert: Dieses Gut wurde aufgrund der Befragung und von Rückschlüssen aus Informationen über lizenzierte Verpackungen von der ARA, Literaturdaten und einer Verknüpfung mit Outputdaten (ARA Sammlung und diverse Restmüllanalysen) ermittelt. Die Ermittlung der Bandbreite ergibt sich aus der kleinsten abgesicherten Zahl und dem höchstmöglichen Wert aufgrund der Befragung der Produzenten und aufgrund von Literaturdaten. Die Bandbreite wird zusätzlich über die Outputflüsse überprüft.

Haushaltsfolien: Es werden dieselben Grundlagen verwendet, wie für die sonstigen Al-Verpackungen.

Güter aus Aluminium: Grundlagen sind Literaturdaten und Restmüllanalysen. Die Bandbreite ergibt sich aus den Minimal- und Maximalwerten.

Output:

Getränkeverpackungen: Die Bandbreite ergibt sich aufgrund der Minimal- und Maximalwerte der Restmüllanalysen. Zusätzlich wird die Bandbreite über die Bilanzierung des Prozesses mittels der gesicherten Flüsse überprüft und eingengt. Der gewichtete Mittelwert berücksichtigt den Umfang und die Genauigkeit der Probenahme der Restmüllanalyse. Restmüllanalysen mit größerer Stichprobe werden stärker gewichtet.

Sonstige Al-Verpackungen lizenziert: Grundlagen waren dieselben wie bei den Getränkeverpackungen. Zusätzlich wurden die Haushaltsfolien aufgrund von Informationen aus Restmüllanalysen auf Aluminiumverpackungen und Güter im Restmüll aufgeteilt.

Haushaltsfolien: Die Haushaltsfolien wurden auf Güter aus Aluminium und sonstige Verpackungen aufgeteilt. Die Bandbreite wurde aus Literaturdaten und aus den Ergebnissen der Restmüllanalysen bestimmt.



Die Einengung der Bandbreiten erfolgt einerseits durch logische Verknüpfungen mit den Inputflüssen und der Summe der Outputflüsse der einzelnen Gütergruppen und andererseits durch die Maximal- und Minimalwerte aus den Analysen der Outputgüter der Müllverbrennung.



5 Resultate

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Studie zusammengefasst. Ausgehend von einer groben Analyse des Aluminiumhaushaltes Österreichs wird der Haushalt des lizenzierten Aluminiums erfasst. Die Darstellung des gesamten Aluminiumhaushaltes Österreichs dient dazu, ihn mit dem Haushalt des lizenzierten Aluminiums in Beziehung zu setzen und die Lücken im Haushalt des lizenzierten Aluminiums zu identifizieren und zu schließen.

Die Aluminiumfracht im Restmüll spielt für die Zielerreichung eine entscheidende Rolle. Sie wird auf zweifache Weise ermittelt. Einerseits als Hochrechnung von regionalen Restmüllanalysen und andererseits als Hochrechnung aufgrund von Restmüllanalysen in den Müllverbrennungsanlagen Wien-Spittelau und Wels.

5.1 Aluminiumhaushalt Österreich - Güterflüsse

In Österreich werden insgesamt etwa 510.000 t Aluminium eingesetzt, wobei knapp 50 % in Form von Barren und Hüttenprodukten importiert werden (Stand: 1998). Der Sekundäraluminium Einsatz und der Export betragen jeweils 25 %. Etwa 45 % des in Österreich gehandelten oder verarbeiteten Aluminiums werden auch in Österreich konsumiert. Das bedeutet, dass statistisch gesehen jeder Österreicher jährlich über 28 kg Aluminium konsumiert.

In den österreichischen Konsum gelangen jährlich etwa 230.000 t Aluminium. Im gleichen Zeitraum fallen etwa 110.000 t an Altaluminium an, wovon etwa 85 % recycelt und etwa 15 % entsorgt werden. Über 72.000 t/a werden im Bauwesen eingesetzt. Weitere bedeutende Sektoren sind das Transportwesen (41.300 t/a), die Elektrotechnik (18.300 t/a). Der Verpackungsbereich weist einen Aluminiumumsatz von 40.000 t/a auf und hat somit einen Anteil von knapp 18 % am gesamten Aluminium Einsatz. Davon werden zwischen 14.000 t/a und 17.000 t/a (d.s. 6 % bis 8 % des insgesamt in Österreich verbrauchten Aluminiums) in Österreich konsumiert, der Rest verlässt Österreich als leere oder gefüllte Verpackung unmittelbar nach der Verarbeitung. Insgesamt werden in Österreich 65.000 t/a an Aluminium in Gütern eingebaut, die für den Export bestimmt sind. Somit befindet sich der Großteil (etwa 80 - 90 %) des in Österreich konsumierten Aluminiums in langlebigen Konsumgütern. Der Lagerzuwachs im Prozess „Aluminiumkonsum“ beträgt etwa 50.000 t, die Höhe des Aluminiumlagers wurde nicht untersucht.

Aus dem privaten Haushalt gelangen ca. 500.000 t/a an aluminiumhaltigen Gütern in den Restmüll. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Papier (175.000 t/a), Verbundstoffe (172.000 t/a), Glas (57.000 t/a), mineralische Bestandteile (49.000 t/a), Fe-Metalle (42.000 t/a) und Problemstoffe (11.000 t/a).

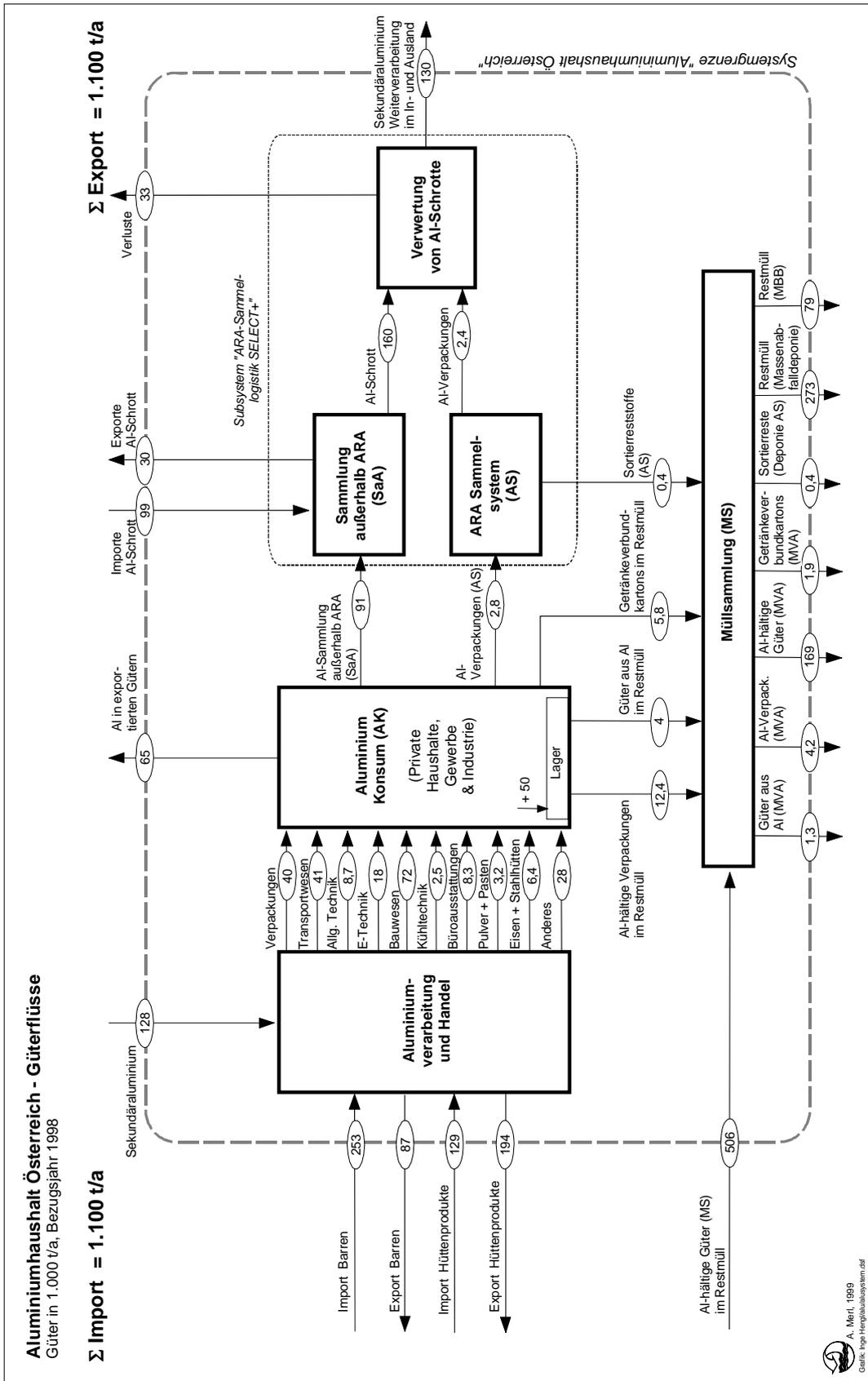


Abbildung 5-1: Aluminiumhaushalt Österreich - Güterflüsse; Stand: 1998



Der Einsatz von Sekundäraluminium spielt mit einer Menge von 128.000 t/a eine bedeutende Rolle. Damit werden über 55 % des jährlichen österreichischen Aluminiumbedarfes gedeckt. Im ARA Sammelsystem werden pro Jahr ca. 2.300 t Aluminiumverpackungen verwertet. Außerhalb der ARA werden ca. 91.000 t/a an Aluminium gesammelt, davon werden ca. 30.000 t/a Aluminiumschrott exportiert, knapp 100.000 t/a wurden 1998 importiert. Insgesamt wurden 1998 in Österreich mehr als 160.000 t an Aluminiumschrott zu Sekundäraluminium verarbeitet, der Anteil der Verpackungen beträgt weniger als 1,5 % der jährlichen Sammelmenge.

5.2 Die Flüsse der „Lizenzierten Aluminiumverpackungen“

5.2.1 Güterflüsse

Insgesamt werden in Österreich etwa 40.000 t/a aluminiumhaltige Verpackungen, d.s. Al-Verpackungen mit einer durchschnittlichen Al-Konzentration von 98,5 % und Getränkeverbundkartons mit einer durchschnittlichen Al-Konzentration von knapp 3 %, konsumiert. Die Menge an im Inland erzeugten leeren Verpackungen, sowie die Mengen an exportierten gefüllten und leeren Verpackungen konnten nicht ermittelt werden (Ausnahme: Getränkedosen). Pro Österreicher werden somit jährlich etwa 5 kg an aluminiumhaltigen Verpackungen konsumiert, wovon mehr als 50 % aluminiumhaltige Materialverbunde sind.

Von den 40.000 t/a in Österreich konsumierten aluminiumhaltige Verpackungen sind ca. 23.300 t/a Materialverbunde, ca. 10.400 t/a lizenzierte Verpackung und knapp 4.300 t/a nicht lizenzpflichtige Haushaltsfolien. Der Anteil an nicht lizenzierten aber lizenzpflichtigen Verpackungen wird mit ca. 1.250 t/a abgeschätzt. Daraus ergibt sich ein Verbrauch von ca. 12.000 t/a an lizenzpflichtigen Verpackungen (d.s. 1,5 kg/E.a) und etwas mehr als 4.000 t/a an nicht lizenzpflichtigen Verpackungen (Haushaltsfolien) (d.s. 0,5 kg/E.a). Insgesamt ergibt sich somit ein Verbrauch von 2 kg/E.a an lizenzpflichtigen und nicht lizenzpflichtigen Verpackungen.

Vom jährlichen Konsum werden etwa 50 % der Verpackungen separat gesammelt. Dabei handelt es sich zu einem hohen Anteil (17.500 t) um Getränkeverbundkartons. Die restliche Menge (2.750 t) stellen die separat gesammelten Al-Verpackungen dar.

Eine Analyse der lizenzpflichtigen Al-Verpackungen zeigt, dass vom Potential (=Summe aus den lizenzierten und den lizenzpflichtigen aber nicht lizenzierten Verpackungen), d.s. über 12.000 t/a, weniger als $\frac{1}{5}$ verwertet werden, über 10.000 t gelangen in den Abfall.

Aluminiumverpackungen werden am ARA Sammelsystem nicht in wesentlichen Mengen vorbeigeschleust. Eine Befragung des Altstoffhandels und der Shredderbetriebe brachte als Ergebnis, dass Verpackungen ausschließlich über die ARGEV-Vertragspartner gesammelt werden.



Die Menge der aluminiumhaltigen Güter (d.s. Güter deren Aluminiumgehalt nicht eindeutig erkennbar ist) im Restmüll wie Papier, Verbundstoffe, mineralische Bestandteile usw. macht 0,5 Mio. t aus. Die Verpackungen aus Aluminium (d.s. Güter mit einem deutlich erkennbaren Aluminiumgehalt) sowie die Güter aus Aluminium im Restmüll hingegen nur 0,022 Mio. t, d.s. etwas mehr als 4 %.

Insgesamt werden 2.750 t Aluminiumverpackungen im ARA-Sammelsystem erfasst, wovon schlussendlich etwa 80 % verwertet werden, die restlichen 20 % stellen stofffremde Fehlwürfe dar und müssen entsorgt werden.

5.2.2 Aluminiumflüsse

In diesem Kapitel werden die Güterflüsse aus dem Kapitel 5.2 in Aluminiumflüssen umgerechnet, dargestellt.

Insgesamt werden in Österreich etwa 16.000 t Al/a aluminiumhaltige Verpackungen, d.s. Al-Verpackungen mit einer durchschnittlichen Al-Konzentration von 98,5 % und Getränkeverbundkartons mit einer durchschnittlichen Al-Konzentration von knapp 3 %, konsumiert. Die Menge an im Inland erzeugten leeren Verpackungen, sowie die Mengen an exportierten gefüllten und leeren Verpackungen konnten, mit Ausnahme der Getränkedosen, nicht ermittelt werden. Pro Österreicher werden somit jährlich etwa 2 kg Al an aluminiumhaltigen Verpackungen konsumiert, wovon 96 % aluminiumhaltige Materialverbunde sind.

Von den 16.000 t Al/a in Österreich konsumierten aluminiumhaltige Verpackungen setzt sich die Al-Fracht aus ca. 0,69 t Al/a Materialverbunden, ca. 10.300 t Al/a lizenzierten Verpackungen und knapp 4.300 t Al/a nicht lizenzpflichtige Haushaltsfolien zusammen. Der Anteil an nicht lizenzierten aber lizenzpflichtigen Verpackungen wird mit ca. 1.230 t Al/a abgeschätzt. Daraus ergibt sich ein Al-Verbrauch von ca. 11.500 t Al/a in den lizenzpflichtigen Verpackungen (d.s. 1,4 kg Al/E.a) und etwas mehr als 4.000 t Al/a in den nicht lizenzpflichtigen Verpackungen (Haushaltsfolien) (d.s. 0,5 kg Al/E.a). Insgesamt ergibt sich somit ein Verbrauch von etwa 2 kg Al/E.a an lizenzpflichtigen und nicht lizenzpflichtigen Verpackungen.

Vergleicht man die Al-Fracht im jährlichen Konsum, werden 17 % des Aluminiums in den Verpackungen separat gesammelt. Dabei handelt es sich zu einem hohen Anteil (2.330 t Al) um Aluminium in den separat gesammelten Al-Verpackungen. Die restliche Menge (0,5 t Al) stellen Getränkeverbundkartons dar.

Eine Analyse der lizenzpflichtigen Al-Verpackungen zeigt, dass vom Potential (=Summe aus den lizenzierten und den lizenzpflichtigen aber nicht lizenzierten Verpackungen), d.s. über 11.500 t Al/a, weniger als $\frac{1}{4}$ verwertet werden, über 8.700 t Al gelangen in den Restmüll.

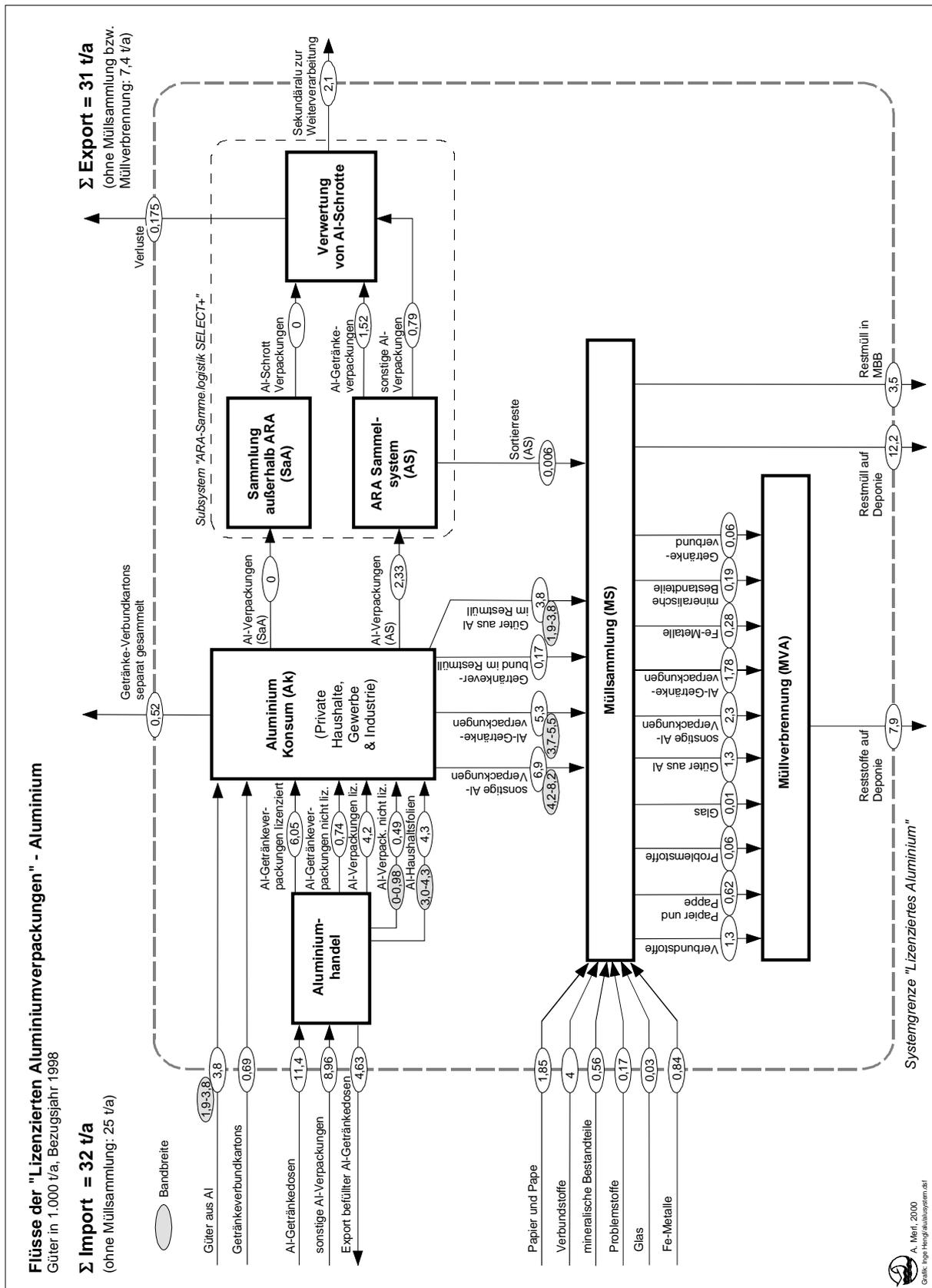


Abbildung 5-3: Flüsse der „Lizenzierten Aluminiumverpackungen“ - Aluminium; Stand: 1998



Aluminiumverpackungen werden am ARA Sammelsystem nicht in wesentlichen Mengen vorbeigeschleust. Eine Befragung des Altstoffhandels und der Shredderbetriebe brachte als Ergebnis, dass Verpackungen ausschließlich über die ARGEV-Vertragspartner gesammelt werden.

Die Al-Fracht in den aluminiumhaltigen Gütern (d.s. Güter deren Aluminiumgehalt nicht eindeutig erkennbar ist) im Restmüll wie Papier, Verbundstoffe, mineralische Bestandteile usw. beträgt 7.500 t Al. Vergleicht man die Al-Fracht in Verpackungen aus Aluminium (d.s. Güter mit einem deutlich erkennbaren Aluminiumgehalt) sowie die Güter aus Aluminium im Restmüll mit dem gesamten Aluminiumgehalt des Restmülls (23.600 t Al), tragen Verpackungen aus Aluminium 52 %, Güter aus Aluminium 16 % und aluminiumhaltige Güter 32 % bei. Die Getränkeverbundkartons haben einen Anteil von weniger als 1 % der Gesamtfracht. Das bedeutet auch, dass nur 4 % der Güter $\frac{2}{3}$ der Aluminiumfracht im Restmüll bewirken.

Insgesamt werden 2.330 t Al Aluminiumverpackungen im ARA-Sammelsystem erfasst, wovon schlussendlich praktisch 100 % verwertet werden, die Al-Fracht über die stofffremden Fehlwürfe ist unbedeutend.

5.2.3 Bandbreiten bei der Bilanzierung des Prozesses „Aluminiumkonsum“

Der „Aluminiumkonsum“ ist der zentrale Prozess in dieser Studie. Für diesen Prozess wurde neben den gewichteten Mittelwerten, wo dies notwendig und auch möglich war, auch die entsprechenden Bandbreiten angegeben. Die folgende Tabelle gibt die möglichen Bandbreiten sowie die für die Abbildungen ausgewählten Werte an:

Tabelle 5-1: Input- und Outputgüter des Prozesses Aluminiumkonsum im System „Lizenziertes Aluminium“; Bandbreiten der Güter- und Al-Flüsse.

Inputgüter	Güterflüsse			Al-Konzentration [%]	Al-Frachten		
	Min. [t/a]	Max. [t/a]	Mittel [t/a]		Al Min [t/a]	Al Max [t/a]	Al Mittel [t/a]
Lizenzierte Al-Getränkeverpackungen 1)	n.b.	n.b.	6.140	98,5	-	-	6.047
Nichtlizenzierte Al-Getränkeverpackungen 1)	n.b.	n.b.	750	98,5	-	-	739
Lizenzierte sonstige Al-Verpackungen 2)	n.b.	n.b.	4.260	98,5	-	-	4.200
Nichtlizenzierte Al-Verpackungen 2)	0	1.000	500	98,5	0	980	490
Haushaltsfolien, nicht lizenziert 3)	3.000	4.340	4.340	98,5	2.955	4.270	4.270
G-Verbundkartons	n.b.	n.b.	23.300	2,97	-	-	690
Güter aus Aluminium 4)	2.000	4.000	4.000	95	1.900	3.800	3.800



Outputgüter							
G-Verbundkartons separat	n.b.	n.b.	17.500	2,97	-	-	520
G-Verbundkartons (MS)	n.b.	n.b.	5.800	2,97	-	-	170
Al-Getränkeverpackungen (AS) 1)	n.b.	n.b.	1.550	98,5	-	-	1525
Sonstige Al-Verpackungen (AS) 2)	n.b.	n.b.	800	98,5	-	-	790
Fehlwürfe (AS)	n.b.	n.b.	400	1,5	-	-	6
Al-Verpackungen (SaA) 2)	n.b.	n.b.	~0	-	-	-	-
Al-Getränkeverpackungen 1)	3.800	5.600	5.400	98,5	3.740	5.515	5.300
Sonstige Verpackungen 2), 3)	4.300	8.300	7.000	98,5	4.235	8.175	6.900
Güter aus Aluminium 4)	2.000	4.000	4.000	95	1.900	3.800	3.800

1) Al-Getränkeverpackungen lizenziert und nicht lizenziert:

In Österreich wurden 1998 laut ARGEV ca. 6.140 t lizenziert, die 750 t nicht lizenzierte Getränkedosen ergeben sich aus Marktschätzungen der Firmen PLM und Schmalbach-Lubeca. Unter dem Hinweis der beiden Firmen auf eine relativ genaue Marktkenntnis ergibt sich insgesamt ein Einsatz von 6.900 t/a an lizenzierten und nicht lizenzierten Getränkedosen. Davon werden 1.550 t im ARA-System gesammelt, somit verbleibt eine theoretische Menge von 5.350 t, die als Outputfluss in den Restmüll gelangt. Dazu können noch Kofferraumimporte kommen, die jedoch nach Auskunft der ARA unbedeutend sind. Daher wird die Annahme getroffen, dass 250 t Getränkedosen über Kofferraumimporte in den Al-Konsum gelangen. Damit ergibt sich eine Obergrenze für den Fluss an lizenzierten Al-Getränkeverpackungen in den Restmüll von 5.600 t. Die Restmüllanalysen ergeben ein Bandbreite von 3.800 t bis 9.400 t im Restmüll, der gewichtete Mittelwert liegt bei 5.400 t. Daraus ergibt sich eine offene Bandbreite für Al-Getränkeverpackungen im Restmüll von 3.800 t bis max. 5.600 t.

Daraus kann gefolgert werden, dass von den 6.900 t in Österreich auf den Markt gebrachten Al-Getränkeverpackungen sich 3.800 t im Restmüll befinden, weitere 1.550 t werden gesammelt und stofflich über das ARA-System verwertet. Die Menge der nicht mit Sicherheit zuordenbaren Getränkeverpackungen liegt bei 1.550 t. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse der Befragung ist nicht anzunehmen, dass diese Fracht am ARA-Sammelsystem vorbeigeschleust wird. Es wird daher die Annahme getroffen, dass diese Menge in den Restmüll gelangt. Diese Annahme wird durch den gewichteten Mittelwert von 5.400 t Getränkeverpackungen im Restmüll bestärkt.

2) Sonstige lizenzpflichtige Verpackungen:

In Österreich wurden 1998 laut ARGEV 4.300 t Verpackungen lizenziert. Weiters wurde die Annahme getroffen, dass ca. 500 t (Bandbreite 0 – 1.000 t) lizenzpflichtige Verpackungen nicht lizenziert werden. Die getroffene Annahme beruht darauf, dass der Lizenzierungsgrad der Verpackungen jenem der Getränkeverpackungen entspricht bzw. darunter liegt (siehe auch Kapitel 4.3.1.4), d.h. er wird mit mindestens 80 % angenommen. Daraus ergibt sich die lizenzierte Menge an Verpackungen von 4.260 t plus maximal 1.000 t nicht lizenzierte aber lizenzpflichtige Al-Verpackungen.



Von der Gesamtmenge der sonstigen lizenzpflichtigen Verpackungen werden ca. 800 t im ARA-System gesammelt, d.h. es können also von 4.000 t bis 4.500 t lizenzpflichtige Verpackungen in den Restmüll gelangen. Dazu kommen weitere 3.000 – 4.300 t an Haushaltsfolien. Damit ergibt ein maximales Potential von 8.300 t an Verpackungen im Restmüll. Die Restmüllanalysen ergeben eine Bandbreite von 4.310 – 10.620 t. Aus den vorangegangenen Überlegungen wird somit eine Bandbreite von 4.300 t bis 8.300 t angenommen.

3) Haushaltsfolien:

Es wird die Annahme getroffen, dass bei den verfügbaren Restmüllanalysen $\frac{1}{3}$ der Haushaltsfolien bei den Gütern aus Al (ca. 1.400 t) und $\frac{2}{3}$ bei Verpackungen (ca. 2.800 t) zugeordnet werden (siehe auch Kapitel 4.3.3.4). Somit ergibt sich in der Kategorie „Sonstige Verpackungen“ ein gewichteter Mittelwert von 7.000 t aus der Hochrechnung der verfügbaren Restmüllanalysen. In dieser Kategorie sind die sonstigen lizenzpflichtigen Verpackungen und $\frac{2}{3}$ der Haushaltsfolien zusammengefasst. Dieser Mittelwert liegt ebenfalls innerhalb der Bandbreite von 4.300 t bis 8.300 t für die sonstigen lizenzpflichtigen Verpackungen und bestätigt die für die sonstigen lizenzpflichtigen Verpackungen getroffenen Annahmen.

Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass 4.000 t lizenzpflichtiger Verpackungen nicht verwertet werden. Davon können 1.500 t dem Restmüll zugeordnet werden. Weitere 2.500 t gelangen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit im Restmüll (siehe auch Kapitel 4.3.6.4).

4) Güter aus Aluminium:

Zwischen den Flüssen „Güter aus Aluminium“ und „Aluminiumhaushaltsfolien“ besteht eine enge Querverbindung, da in verschiedenen Restmüllanalysen Aluminiumverpackungen sowohl als Verpackung, als auch als „Gut aus Aluminium“ erfasst wurden. Bei der Wiener Restmüllanalyse 1997/98 werden Haushaltsfolien aus Aluminium beispielsweise als Nichtverpackung gezählt, und es zeigt sich auch, dass der Fluss an Aluminiumverpackungen im Verhältnis zu Gütern aus Aluminium im Restmüll im Vergleich zu anderen Restmüllanalysen klein ist. Bei den Gütern aus Al ergibt sich aus den verschiedenen Restmüllanalysen eine Bandbreite von ca. 2.000 t – 6.000 t, der gewichtete Mittelwert von knapp 4.000 t erscheint plausibel und wird durch die Bilanzierung des gesamten Prozesses auch bestätigt.





6 Schlussfolgerungen

Im Rahmen dieser Studie konnte eine Analyse des Aluminiumhaushaltes und des Haushaltes des lizenzierten Aluminiums erfolgreich durchgeführt werden. Die Höhe des lizenzierten aber nicht verwerteten Aluminiums beläuft sich auf 8.000 t/a, dessen Verbleib konnte mit hoher Wahrscheinlichkeit im Restmüll identifiziert werden. Es konnten alle Fragen beantwortet werden, und damit wurde auch das Projektziel erreicht.

- **Die gesuchte Menge an lizenziertem aber nicht verwerteten Aluminium (8.000 t) findet sich mit hoher Wahrscheinlichkeit im Restmüll.**

Die Auswertungen der Ergebnisse der Restmüllanalysen zeigen, dass die Al-Fracht im Restmüll zu einem wesentlichen Teil aus Aluminiumverpackungen besteht. Mit der Auswertung der Analyse der Outputgüter der Müllverbrennung Wien konnten die Al-Frachten aus den Restmüllanalysen und die Bandbreiten bestätigt werden.

- **Das Aluminiumpotential an lizenzierten Verpackungen im Restmüll (8.000 t) besteht zu 66 % aus Aluminiumdosen (5.300 t), die restliche Menge setzt sich aus sonstigen Verpackungen zusammen.**

Die Daten über den Markt an Aluminiumdosen sind gut abgesichert, diejenigen über die sonstigen Verpackung sind weniger gut abgesichert. Maßnahmen zur Erhöhung der Sammelleistung sollten primär im Bereich der Aluminiumdosen gesetzt werden.

- **Das Potential an lizenzpflichtigen aber nicht lizenzierten Aluminiumverpackungen wird zwischen 750 und 1.750 t/a abgeschätzt.**

Die Befragung der Hersteller von Aluminiumdosen ergab eine offene Menge an lizenzpflichtigen Aluminiumdosen in Österreich von 750 t. Diese Fehlmenge ist gut abgesichert. Zusätzlich wird ein Potential in sonstigen Verpackungen mit bis zu 1.000 t abgeschätzt. Diese Schätzung beruht auf Quervergleichen mit anderen aluminiumhaltigen Verpackungen und ist daher weniger gut abgesichert.

- **Die Qualität der zur Verfügung gestellten Daten über den Aluminiumverpackungskonsum in Österreich ist sehr unterschiedlich. Um diese Qualität auf ein entsprechendes Niveau zu heben, ist der Einsatz von Methoden der Marktforschung wünschenswert und notwendig.**

Die vom ÖSTAT zur Verfügung gestellten Daten bezüglich des Verbrauchs von Aluminiumverpackungen in Österreich waren für die Beantwortung der Fragestellungen ungenügend. Die Angaben von Getränkeverpackungsherstellern waren gut, Hersteller von sonstigen Verpackungen lieferten unvollständige Angaben, die Getränkeabfüller stellten keine Daten zur Verfügung.

- **Aufgrund der vorliegenden Informationen ist es unwahrscheinlich, dass lizenziertes Aluminium in größeren Mengen außerhalb des ARA-Systems gesammelt wird.**



Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass über die Aluminiumsammlung außerhalb des ARA-Systems (v.a. über den Schrotthandel) fast die 10fache Menge an Aluminium fließt und daher Aluminiumfrachten aus dem ARA-System nicht ins Gewicht fallen bzw. nicht leicht erkennbar sind.

Aufgrund der Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie ergeben sich folgende **Handlungsempfehlungen:**

- **Die Ergebnisse dieser Studie sind in Szenarien einzubauen, um die optimalen Steuerungsmöglichkeiten hinsichtlich einer höheren Erfassungsquote zu identifizieren.**

Zu diesem Zweck ist es vorteilhaft, nicht nur die Zusammensetzung der Fraktion, sondern auch die inverkehrsetzenden Branchen zu kennen. Zusätzlich sind die einzelnen Verpackungsarten hinsichtlich ihrer Menge, Verteilung innerhalb der Branchen, Art der Verwendung und äußeren Gestaltung zu analysieren. Gleichzeitig sind die jeweiligen Verpackungen bezüglich ihrer Eignung bzw. Nichteignung für ein Recycling zu überprüfen. Diese Ergebnisse haben einen direkten Einfluss auf die Produktgestaltung.

- **Es sind die Gründe zu identifizieren, die dazu führen, dass eine große Menge an lizenziertem Aluminium in Restmüll landet.**

Es ist, gemeinsam mit der Marktforschung, den Produzenten und Abfüllern der Aluminiumverpackungen, zu untersuchen, warum dieser hohe Anteil des lizenzierten Aluminiums in den Restmüll gelangt.

- **Da der gesamte Aluminiumeinsatz in Österreich“ den Haushalt des lizenzierten Aluminiums wesentlich übersteigt, sind eine Analyse und ein Konzept zur Bewirtschaftung des gesamten Aluminiumhaushaltes Österreichs notwendig.**



7 Zusammenfassung

In der Verpackungsverordnung 1996 wurden die Voraussetzungen und Kriterien für die Sammel- und Verwertungssysteme neu festgelegt. Die VerpVO verpflichtet alle Verbraucher zur Rückgabe der gebrauchten Verpackungen und die Inverkehrsetzer (Hersteller und Vertrieber) zur unendgeltlichen Rücknahme und in weiterer Folge entsprechend dem Stand der Technik stofflich und/oder thermisch wiederzuverwenden beziehungsweise zu verwerten oder an den Vorlieferanten zurück zu geben. Gleichzeitig wurde ein neues Zielkonzept sowohl für die Unternehmer als auch für die Betreiber von Sammel- und Verwertungssystemen wirksam, wobei für jeden Packstoff in einem formellen Genehmigungsverfahren die Mindesterfassungsquoten und die Mindestquoten für die stoffliche Verwertung festgelegt werden.

Der Aluminiemeinsatz von Verpackungsaluminium liegt in Österreich bei etwa jährlich 14.000 - 17.000 t. Die lizenzierte Menge an Aluminiumverpackungen wird von der ARGEV mit 10.350 t pro Jahr angegeben. Im Gegensatz dazu betrug die Menge an verwerteten Aluminiumverpackungen 1997 etwa 2.300 t. Die Fragestellung die sich aus dieser Situation heraus ergibt ist, wohin gelangt die Differenz von 8.000 - 9.000 t Aluminium pro Jahr?

Zielsetzung

Das Ziel dieses Projektes ist es, den Aluminium-Haushalt des lizenzierten Aluminiums in Österreich zu erfassen, um den Verbleib von 8.000 - 9.000 t an lizenzierten aber nicht verwerteten Aluminiumverpackungen feststellen zu können. Eine Analyse der Aluminiumflüsse des lizenzierten Aluminiums in Österreich bildet die Grundlage, um Szenarien zur Optimierung des gegenwärtigen Sammelsystems entwickeln zu können.

Methodisches Vorgehen

Ausgangspunkt der Studie ist eine kurze Analyse des gesamten Aluminiumhaushalt Österreichs, wobei dieser in seine zentralen Bereiche untergliedert wird. Dazu gehören die Aluminiumproduktion und -verarbeitung, der Konsum von Aluminiumprodukten sowie die Sammlung von Aluminium und der Anteil des Aluminiums in den Abfällen. In einem weiteren Schritt wird der Anteil des lizenzierten Aluminiums aus dem gesamten Aluminiumhaushalt herausgelöst. Unter dem lizenzierten Aluminium wird jener Anteil verstanden, der mittels Lizenzverträgen zwischen der ARA und den jeweiligen Inverkehrsetzern von Aluminiumverpackungen geregelt ist. Weiters wird untersucht, ob eventuell Sammel- und Entsorgungspfade am ARA-Systems vorbeilaufen.

Der Haushalt „Lizenziertes Aluminium“ Österreich umfasst die Prozesse Aluminiumhandel, Aluminiumkonsum, Müllsammlung, Müllverbrennung und das Subsystem „ARA-Sammellogistik SELECT+“ mit den Prozessen Sammlung außerhalb ARA, ARA Sammelsystem und Verwertung von Al-Schrotte. Die Bilanzierung des Prozesses Aluminiumkonsum ist ein zentraler Bestandteil dieser Studie. Es wird der Input an aluminiumhaltigen Verpackungen im



Prozess Aluminiumkonsum den Output an aluminiumhaltigen Abfall gegenübergestellt, wobei jene Fracht, die über das ARA Sammelsystem fließt, berücksichtigt wird. Die Aluminiumfracht im Restmüll wird auf zwei Arten ermittelt: Einerseits erfolgt eine Hochrechnung der Aluminiumfracht im Restmüll aufgrund mehrerer regionaler Restmüllanalysen und andererseits aufgrund einer Analyse der Outputgüter aus der Müllverbrennung. In diesem System sollen die Wege des lizenzierten Aluminiums in Österreich nachvollzogen und die Lücken identifiziert und soweit wie möglich geschlossen werden. Es wird eine Güter- und eine Aluminiumbilanz erstellt.

Zur Bestimmung der Al-Fracht in den aluminiumhaltigen Verpackungen wird zuerst die Menge an konsumierten Verpackungen ermittelt und in weiterer Folge eine Unterscheidung zwischen den lizenz- und den nicht lizenzpflichtigen Verpackungen getroffen. Zusätzlich werden die aluminiumhaltigen Güter erfasst, da nur bei einer gesamthaften Erfassung des aluminiumhaltigen Inputs eine Gegenüberstellung zu den Abfällen möglich ist. Um die in den Konsum gelangende Menge an aluminiumhaltigen Gütern abschätzen zu können, wurde mittels eines Fragebogens eine Befragung der österreichischen Produzenten und Getränkeabfüller durchgeführt.

Im nächsten Schritt wurde die Al-Fracht im Restmüll bestimmt. Es stehen mehrere Restmüllanalysen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad hinsichtlich Anzahl der Stichproben und Klassifizierung der im Restmüll enthaltenen Güter zur Verfügung. Grundlage für die Einteilung ist ein für das Land Niederösterreich entwickeltes Schichtungsmodell. Dieses Modell basiert auf einer Aufteilung der Gemeinden aufgrund soziodemografischer Daten und wurde im Rahmen dieser Studie so modifiziert, dass eine Anwendbarkeit auch auf die restlichen Bundesländer in Kombination mit weiteren regionalen Müllanalysen und Daten des Österreichischen Statistischen Zentralamtes möglich wurde. Wien stellt eine eigene Schicht dar. Um auf Basis der niederösterreichischen Werte eine Umrechnung auf die restlichen Bundesländer vornehmen zu können, wurden die Einwohnerzahlen der Gemeinden mit den entsprechenden Metallkonzentrationen als entscheidende Größe verwendet. Für die Umrechnung wurde angenommen, dass ähnlich dicht besiedelte Gemeinden in ganz Österreich ein ähnliches Restmüllaufkommen pro Einwohner aufweisen. Als weitere Einflussgröße wurden die Systemmüllmengen pro Einwohner eines jeden Bundeslandes herangezogen. Der Aluminiumgehalt und der Anteil des Verpackungsaluminiums wurden anhand der regional verfügbaren Restmüllanalysen hochgerechnet.

Die Aluminiumfracht im Restmüll wurde zusätzlich, durch Analyse der Outputgüter aus den Müllverbrennungsanlagen Spittelau und Wels, auf eine zweite Art bestimmt. Damit kann die Aluminiumfracht für zwei österreichische Regionen ermittelt und auf Österreich hochgerechnet werden. Besonders für Wien können die Resultate aus den zwei Verfahren zur Ermittlung der Aluminiumfracht im Restmüll gut miteinander verglichen und auf deren Richtigkeit überprüft werden.

Die Daten aus der flächendeckenden Sammlung von lizenziertem Verpackungsaluminium in Österreich stammen von der verantwortlichen Branchenrecyclinggesellschaft, der ARGEV. Die erfassten Mengen an gesammelten, lizenzierten Verpackungen stammen aus der Blauen Tonne (Metalle), der Gelben Tonne (Verbundstoffe und Kunststoffe) und der Grünen Tonne (gemischte Wertstoffe).



Bei der Ermittlung der Al-Stoffkonzentrationen wurden Literaturwerte, hauptsächlich aus dem Projekt Metapolis, verwendet. Für jene in den Müllanalysen angeführten Fraktionen, die sich, wie beispielsweise Verbundstoffe, aus verschiedenen Einzelmaterialelementen zusammensetzen, wurden die Konzentrationen entsprechend der Massenanteile der einzelnen Komponenten errechnet.

Resultate

Beantwortung der Frage 1.

1. Welche aluminiumhaltigen Güter müssen zusätzlich zu den lizenzierten Aluminiumverpackungen, dem Aluminium im Restmüll und den gesammelten lizenzierten Aluminiumverpackungen berücksichtigt werden? Durch welche Sammelsysteme und Behandlungsverfahren fließen diese Mengen?

Aluminiumhaushalt Österreich - Güterflüsse:

Die Analyse des gesamten Aluminiumhaushalt Österreichs zeigt, das Ende der 90er Jahre (1998) etwa 510.000 t Aluminium eingesetzt werden. Knapp 50 % davon werden in Form von Barren und Hüttenprodukten importiert. Der Sekundäraluminiumeinsatz und der Export betragen jeweils 25 %. Etwa 45 % des in Österreich gehandelten oder verarbeiteten Aluminiums werden auch in Österreich konsumiert. Das bedeutet, dass statistisch gesehen jeder Österreicher jährlich über 28 kg Aluminium konsumiert.

Im selben Zeitraum gelangen in Österreich etwa 230.000 t Aluminium über verschiedenste Produkte in den Konsum. Gleichzeitig fallen etwa 110.000 t als Altaluminium an, wovon etwa 85 % recycelt und etwa 15 % entsorgt werden.

Der Input in den Konsum wird mit über 72.000 t/a durch das Bauwesens geprägt. Weitere bedeutende Sektoren sind: das Transportwesen (41.300 t/a), die Elektrotechnik (18.300 t/a). Der Verpackungsbereich weist einen Aluminiumumsatz von 40.000 t/a auf und hat somit einen Anteil von knapp 18 % am Aluminiumkonsum. Davon werden zwischen 14.000 t/a und 17.000 t/a in Österreich konsumiert, der Rest verlässt Österreich unmittelbar nach der Verarbeitung als leere oder gefüllte Verpackung.

Der Einsatz von Sekundäraluminium spielt mit einer Menge von 128.000 t/a eine bedeutende Rolle. Damit werden über 55 % des jährlichen österreichischen Aluminiumbedarfes gedeckt. Im ARA Sammelsystem werden pro Jahr ca. 2.350 t Aluminiumverpackungen verwertet. Insgesamt wurden 1998 in Österreich mehr als 160.000 t an Aluminiumschrott zu Sekundäraluminium verarbeitet, der Anteil der Verpackungen beträgt daher weniger als 1,5 % der jährlichen Sammelmenge.



Beantwortung der Fragen 1. und 2.

- Über welche Wege (ARA-Sammelsystem und nicht ARA-Sammelsystem, inkl. Restmüll) fließen die jeweiligen Mengen an lizenzierten Aluminiumverpackungen? Lässt sich aus der Aluminiumfracht im Restmüll und zusätzlichen Informationen über den Markt, eine Aussage über die Fracht an lizenziertem Aluminium im Restmüll treffen?

Flüsse der „Lizenzierten Aluminiumverpackungen“ – Güter:

Insgesamt werden in Österreich etwa 40.000 t/a aluminiumhaltige Verpackungen, d.s. Al-Verpackungen mit einer durchschnittlichen Al-Konzentration von 98,5 % und Getränkeverbundkartons mit einer durchschnittlichen Al-Konzentration von knapp 3 %, konsumiert. Pro Österreicher werden somit jährlich etwa 5 kg an aluminiumhaltigen Verpackungen konsumiert, wovon mehr als 50 % aluminiumhaltige Materialverbunde sind.

Von den 40.000 t/a in Österreich konsumierten aluminiumhaltige Verpackungen sind ca. 23.300 t/a Materialverbunde, ca. 10.400 t/a lizenzierte Verpackung und knapp 4.300 t/a nicht lizenzpflichtige Haushaltsfolien. Der Anteil an nicht lizenzierten aber lizenzpflichtigen Verpackungen wird mit ca. 1.250 t/a abgeschätzt. Daraus ergibt sich ein Verbrauch von ca. 12.000 t/a an lizenzpflichtigen Verpackungen (d.s. 1,5 kg/E.a) und etwas mehr als 4.000 t/a an nicht lizenzpflichtigen Verpackungen (Haushaltsfolien) (d.s. 0,5 kg/E.a). Insgesamt ergibt sich somit ein Verbrauch von 2 kg/E.a an lizenzpflichtigen und nicht lizenzpflichtigen Verpackungen.

Das Potential der lizenzierten und der lizenzpflichtigen aber nicht lizenzierten Verpackungen beläuft sich auf über 12.000 t/a. Davon werden weniger als $\frac{1}{5}$ verwertet, über 10.000 t gelangen in den Restmüll. Die Menge der aluminiumhaltigen Güter (d.s. Güter deren Aluminiumgehalt nicht eindeutig erkennbar ist) im Restmüll macht 0,5 Mio. t aus. Die Verpackungen aus Aluminium (d.s. Güter mit einem deutlich erkennbaren Aluminiumgehalt) sowie die Güter aus Aluminium im Restmüll hingegen nur 0,022 Mio. t, d.s. etwas mehr als 4 %.

Insgesamt werden 2.750 t Aluminiumverpackungen im ARA-Sammelsystem erfasst, wovon schlussendlich etwa 80 % verwertet werden, die restlichen 20 % stellen stofffremde Fehlwürfe dar und müssen entsorgt werden.

Flüsse der „Lizenzierten Aluminiumverpackungen“ – Aluminium:

Insgesamt werden in Österreich etwa 16.000 t Al/a aluminiumhaltige Verpackungen, d.s. Al-Verpackungen mit einer durchschnittlichen Al-Konzentration von 98,5 % und Getränkeverbundkartons mit einer durchschnittlichen Al-Konzentration von knapp 3 %, konsumiert. Pro Österreicher werden somit jährlich etwa 2 kg Al an aluminiumhaltigen Verpackungen konsumiert, wovon 96 % aluminiumhaltige Materialverbunde sind.

Von den 16.000 t Al/a in Österreich konsumierten aluminiumhaltige Verpackungen setzt sich die Al-Fracht aus ca. 0,69 t Al/a Materialverbunden, ca. 10.300 t Al/a lizenzierten Verpackungen und knapp 4.300 t Al/a nicht lizenzpflichtige Haushaltsfolien zusammen. Der Anteil an nicht lizenzierten aber lizenzpflichtigen Verpackungen wird mit ca. 1.230 t Al/a abgeschätzt. Daraus ergibt sich ein Al-Verbrauch von ca. 11.500 t Al/a in den lizenzpflichtigen Verpa-



ckungen (d.s. 1,4 kg Al/E.a) und etwas mehr als 4.000 t Al/a in den nicht lizenzpflichtigen Verpackungen (Haushaltsfolien) (d.s. 0,5 kg Al/E.a).

Eine Analyse der lizenzpflichtigen Al-Verpackungen zeigt, dass vom Potential (=Summe aus den lizenzierten und den lizenzpflichtigen aber nicht lizenzierten Verpackungen), d.s. über 11.500 t Al/a, weniger als $\frac{1}{4}$ verwertet werden. Über 8.700 t Al gelangen in den Abfall. Die Al-Fracht in den aluminiumhaltigen Gütern (d.s. Güter deren Aluminiumgehalt nicht eindeutig erkennbar ist) im Restmüll wie Papier, Verbundstoffe, mineralische Bestandteile usw. beträgt 7.500 t Al. Vergleicht man die Al-Fracht in Verpackungen aus Aluminium (d.s. Güter mit einem deutlich erkennbaren Aluminiumgehalt) sowie die Güter aus Aluminium im Restmüll mit dem gesamten Aluminiumgehalt des Restmülls (23.600 t Al) tragen Verpackungen aus Aluminium 52 %, Güter aus Aluminium 16 % und aluminiumhaltige Güter 32 % bei. Die Getränkeverbundkartons haben einen Anteil von weniger als 1 % der Gesamtfracht. Das bedeutet auch, dass nur 4 % der Güter $\frac{2}{3}$ der Aluminiumfracht im Restmüll bewirken.

Insgesamt werden 2.330 t Al Aluminiumverpackungen im ARA-Sammelsystem erfasst, wovon schlussendlich praktisch 100 % verwertet werden, die Al-Fracht über die stofffremden Fehlwürfe ist unbedeutend.

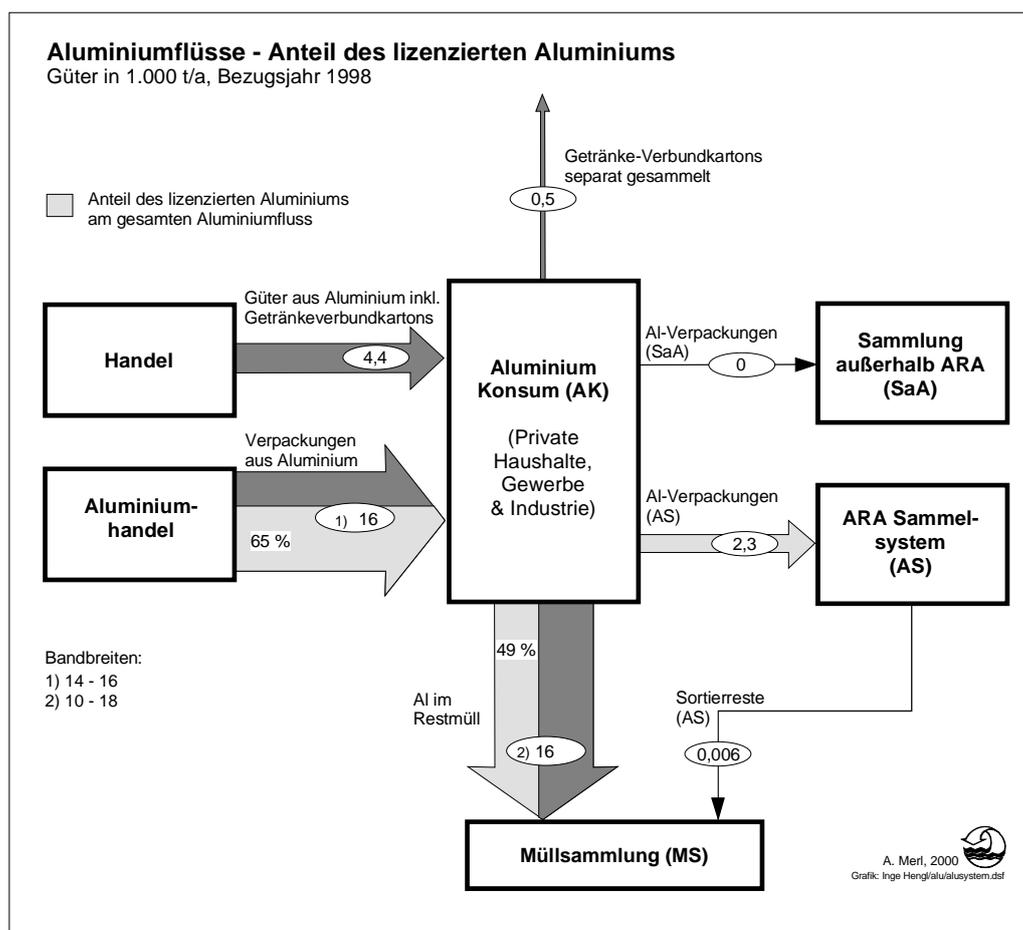


Abbildung 7-1: Gesamte Menge Aluminium (inkl. dem Anteil der Menge an lizenziertem Al), welche über das ARA-Sammelsystem und den Restmüll fließt; 1998



Beantwortung der Frage 3.

3. Mit welchen Unsicherheiten sind die unter Punkt 2 erhobenen Daten behaftet? Welche Aussagen treffen mit hoher Wahrscheinlichkeit zu und welche müssen mittels weiterer Analysen verifiziert werden?

Bandbreiten der wichtigsten Flüsse:

Für den Prozess „Aluminiumkonsum“ wurden, wo dies notwendig und möglich war, die entsprechenden Bandbreiten mit den zugehörigen gewichteten Mittelwerten angegeben:

Die Bandbreite der lizenzierten und nicht lizenzierten Verpackungen aus Aluminium für den Konsum in Österreich beträgt 14.150 t – 17.000 t (1998). Diese Menge setzt sich aus 10.400 t lizenzierten Verpackungen, 750 t – 1.750 t nichtlizenzierten aber lizenzpflichtigen Verpackungen und 3.000 t – 4.340 t Aluminiumhaushaltsfolien zusammen.

Al-Getränkeverpackungen lizenziert und nicht lizenziert:

In Österreich wurden 1998 laut ARGEV ca. 6.140 t Al-Getränkeverpackungen lizenziert, die 750 t nicht lizenzierte Getränkedosen ergeben sich aus Marktschätzungen. Es ergibt sich insgesamt ein Einsatz von 6.900 t/a an Getränkedosen. Davon werden 1.550 t im ARA-System gesammelt, somit verbleibt eine theoretische Menge von 5.350 t zuzüglich der Annahme von 250 t Kofferraumimporten, die als Outputfluss in den Restmüll gelangt. Die in dieser Studie bestimmte Bandbreite für Aluminiumgetränkedosen im Restmüll beträgt 3.800 t-5.600 t, der gewichtete Mittelwert beträgt 5.400 t. Die Menge der nicht mit Sicherheit zuordenbaren Getränkeverpackungen liegt bei 1.550 t. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse der Befragung ist anzunehmen, dass diese Fracht in den Restmüll gelangt. Diese Annahme wird durch den gewichteten Mittelwert von 5.400 t Getränkeverpackungen im Restmüll bestärkt.

Sonstige lizenzpflichtige Verpackungen und Haushaltsfolien:

In Österreich wurden 1998 laut ARGEV 4.300 t Verpackungen lizenziert. Weiters wurde die Annahme getroffen, dass ca. 500 t (Bandbreite 0 – 1.000 t) lizenzpflichtige Verpackungen nicht lizenziert werden. Daraus ergibt sich die Gesamtmenge an sonstigen Verpackungen von 4.260 t plus maximal 1.000 t Al-Verpackungen. Von der Gesamtmenge der sonstigen lizenzpflichtigen Verpackungen werden ca. 800 t im ARA-System gesammelt, d.h. es können also von 4.000 t bis 4.500 t lizenzpflichtige Verpackungen in den Restmüll gelangen.

Für die 3.000 t – 4.000 t Haushaltsfolien wird die Annahme getroffen, dass bei den verfügbaren Restmüllanalysen $\frac{1}{3}$ der Haushaltsfolien bei den Gütern aus Al (ca. 1.400 t) und $\frac{2}{3}$ bei Verpackungen (ca. 2.800 t) zugeordnet werden. Der gewichtete Mittelwert in der Kategorie „Sonstige Verpackungen im Restmüll“ wurde mit 7.000 t bestimmt. In dieser Kategorie sind die sonstigen lizenzpflichtigen Verpackungen und $\frac{2}{3}$ der Haushaltsfolien zusammengefasst, die Bandbreite beträgt 4.300 t bis 8.300 t

Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass 4.000 t lizenzpflichtiger Verpackungen nicht verwertet werden. Davon können 1.500 t dem Restmüll zugeordnet werden. Weitere 2.500 t gelangen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit im Restmüll.



Güter aus Aluminium:

Bei den Gütern aus Al wurde eine Bandbreite von ca. 2.000 t – 6.000 t bestimmt, der gewichtete Mittelwert wurde mit knapp 4.000 t errechnet.

Zusammenfassend kann die Aussage getroffen werden, dass von den 10.200 t Al an lizenzierten Verpackungen 2.300 t Al im ARA-System erfasst werden und die restlichen 8.000 t Al über die kommunale Müllsammlung in den Restmüll gehen. Der gesamte Aluminiumfluss in den Restmüll beträgt 16.000 t Al. Er besteht zu 8.000 t Al aus lizenzierten Verpackungen und weiteren 8.000 t Al, die sich aus Aluminiumhaushaltsfolien und Gütern aus Aluminium sowie einem unbedeutenden Anteil von Aluminium in Getränkeverbundkartons zusammensetzen.

Schlussfolgerungen

Im Rahmen dieser Studie konnte eine Analyse des Aluminiumhaushaltes und des Haushaltes des lizenzierten Aluminiums erfolgreich durchgeführt werden. Die Höhe des lizenzierten aber nicht verwerteten Aluminiums beläuft sich auf 8.000 t/a, dessen Verbleib konnte mit hoher Wahrscheinlichkeit im Restmüll identifiziert werden. Es konnten alle Fragen beantwortet werden, und damit wurde auch das Projektziel erreicht.

- Die gesuchte Menge an lizenziertem aber nicht verwerteten Aluminium (8.000 t) findet sich mit hoher Wahrscheinlichkeit im Restmüll.
- Das Aluminiumpotential an lizenzierten Verpackungen im Restmüll (8.000 t) besteht zu 66 % aus Aluminiumdosen (5.300 t), die restliche Menge setzt sich aus sonstigen Verpackungen zusammen.
- Das Potential an lizenzpflichtigen aber nicht lizenzierten Aluminiumverpackungen wird zwischen 750 und 1.750 t/a abgeschätzt.
- Die Qualität der zur Verfügung gestellten Daten über den Aluminiumverpackungskonsum in Österreich ist sehr unterschiedlich. Um diese Qualität auf ein entsprechendes Niveau zu heben, ist der Einsatz von Methoden der Marktforschung wünschenswert und notwendig.
- Aufgrund der vorliegenden Informationen ist es unwahrscheinlich, dass lizenziertes Aluminium in größeren Mengen außerhalb des ARA-Systems gesammelt wird.

Aufgrund der Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie ergeben sich folgende **Handlungsempfehlungen:**

- **Die Ergebnisse dieser Studie sind in Szenarien einzubauen, um die optimalen Steuerungsmöglichkeiten hinsichtlich einer höheren Erfassungsquote zu identifizieren.**

Zu diesem Zweck ist es vorteilhaft, nicht nur die Zusammensetzung der Fraktion, sondern auch die inverkehrsetzenden Branchen zu kennen. Zusätzlich sind die einzelnen Verpackungsarten hinsichtlich ihrer Menge, Verteilung innerhalb der Branchen, Art der Verwendung und äußeren Gestaltung zu analysieren. Gleichzeitig sind die jeweiligen



Verpackungen bezüglich ihrer Eignung bzw. Nichteignung für ein Recycling zu überprüfen. Diese Ergebnisse haben einen direkten Einfluss auf die Produktgestaltung.

- **Es sind die Gründe zu identifizieren, die dazu führen, dass eine große Menge an lizenziertem Aluminium in Restmüll landet.**

Es ist, gemeinsam mit der Marktforschung, den Produzenten und Abfüllern der Aluminiumverpackungen, zu untersuchen, warum dieser hohe Anteil des lizenzierten Aluminiums in den Restmüll gelangt.

- **Da der gesamte Aluminiemeinsatz in Österreich“ den Haushalt des lizenzierten Aluminiums wesentlich übersteigt, sind eine Analyse und ein Konzept zur Bewirtschaftung des gesamten Aluminiumhaushaltes Österreichs notwendig.**



8 Literaturverzeichnis

- Aluminum Association (1999): The Aluminum Association. World Statistics. Per Capita Aluminum Consumption.
- Aluminium Zentrale e.V. (1991): Informationen über den Werkstoff Aluminium. Beuerdruck. Düsseldorf.
- ALUREC (1999): "Verwerter und übernommene/verwertete Mengen 1998". Interne Erhebung.
- ARA (1998) "ARA-System - Der Report 1997" ,Wien
- ARA (1999): "Über die Branchen gebrochene Alu-Lizenzierung", Faxnachricht von mag. C. Sutrich. ARA-System. Wien.
- ARA (1999): „Merkblatt für Materialverbunde“: ARA Altstoffrecycling Austria AG. Stand: Juli 1999.
- ARGEV (1999): "Leistungsbericht 1998", Wien.
- ARGEV (1994): "Sortierung der Leichtfraktionen. Praktische Hinweise für die Sortierung von Leichtverpackungen und zur Disposition frachtbarer Mengen. ARGEV, Wien 1994.
- ARGEV (1999): Interne Erhebungen über die Getränkeverpackungen. Marktmenge 1998.
- Baccini, P. et al. (1993) "Metapolis" Güterumsatz und Stoffwechselprozesse in den Privathaushalten einer Stadt, NFP, EAWAG, Zürich
- Baccini, P.; Brunner, P. (1991) "Metabolism of the Anthroposphere" , Springer, Berlin S.100
- Baumeler, A., Brunner, P.H., Fehringer, R., Kisliakova, A., Schachermayer, E., (1998): "Reduktion von Treibhausgasen durch Optimierung in der Abfallwirtschaft (CH₄)". TU-Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft.
- BAWP (1998): "Bundes-Abfallwirtschaftsplan, Bundesabfallbericht 1998", Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt Jugend und Familie, Wien.
- CalRecovery, (1993): "Handbook of Solid Waste Properties". CalRecovery, Inc. 725C Alfred Nobel Drive. Hercules, California 94547. Governmental Advisory Associates, Inc. New York.
- Daxbeck et al. (1996) "Der anthropogene Stoffhaushalt der Stadt Wien" Projekt PILOT, TU-IWA, Wien.
- DIN 1725 Teil 1 (1983): Aluminiumlegierungen. Knetlegierungen. Deutsche Norm Februar 1983. Beuth Verlag GmbH. Berlin.
- DIN 1725 Teil 5 (1986): Aluminiumlegierungen. Gusslegierungen. Blockmetall (Masseln) Flüssigmetall Zusammensetzung. Deutsche Norm Februar 1986. Beuth Verlag GmbH. Berlin.
- Domenig, M. et al. (1998) "Nicht gefährliche Abfälle in Österreich" UBA-103, BMfUJF, Wien.



- Fachverband der Metallindustrie Österreichs (1999): Persönliche Mitteilung von Herrn Dkfm. Orange, Wien.
- Fehringer, R., Rechberger, H., Pesonen, H.-L., Brunner, P.H. (1997) "Auswirkungen unterschiedlicher Szenarien der thermischen Verwertung von Abfällen in Österreich" ASTRA, TU-IWA, Wien.
- Flankl, H.J., (2000): Antwort im Fragenkatalog zum Projekt ALU-Ö. März 2000, Hütte Klein Reichenbach. Fax.
- Gabler, T., (1988): GABLER Wirtschaftslexikon, 12. Auflage, hrsg. V. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden, S. 2400.
- Gerhold, Susanne (1996): "Statistische Nachrichten 1/96", Statistisches Zentralamt, Wien.
- Gutschka, Herta (1999): Fax Nachricht vom 28.10.1999: „Getränkedosenmengen in Österreich 1998 in Mio. Stück“. Schmalbach - Lubeca Austria GmbH.
- Gutschka, Herta; Thoma, Heinz (2000): Faxnachricht vom 24.1.2000: „Fragekatalog Aluminium“. Schmalbach - Lubeca Austria GmbH.
- Innovative Umwelttechnik GesmbH (1996): Durchführung und Aktualisierung der Müllanalysen für das Bundesland Salzburg. 1. Zwischenbericht.
- Innovative Umwelttechnik GesmbH (1996): Durchführung und Aktualisierung der Müllanalysen für das Bundesland Salzburg. 2. Zwischenbericht.
- Innovative Umwelttechnik GesmbH (1996): Durchführung und Aktualisierung der Müllanalysen für das Bundesland Salzburg. 3. Zwischenbericht.
- Janda, E. (1999): Persönliche Mitteilung, ARGEV.
- Koller, H., (2000): Persönliche Mitteilung, ARA.
- MA 48 (1999): "Altstoff- und Systemmüllanalyse 1997/98". Magistratsabteilung 48, Betriebsabteilung 4.0, Betriebsabteilung 1.2. Endbericht. Magistrat der Stadt Wien, Wien.
- Mittendorfer, R. (1996): "Das ARA-System: Ein effizienter Beitrag zur Kreislaufwirtschaft?" Schriftenreihe der Wirtschaftskammer Österreich, Heft 79. Österreichischer Wirtschaftsverlag Wien.
- Motz, G.B., Tautschnig, W., (1993): Endbericht Getränkeverpackungen 1993, PROGNOSE, BM für Jugend und Familie, Wien.
- Motz, G.B. et al. (1996): „Aufkommen, Sammlung und Verwertung von Verpackungen sowie Restmengen in Abfallbehandlungsanlagen 1994“. BMfUJF. Wien.
- Musial-Mencik, M. (2000) : persönliche Mitteilung. Schriftliche Information bezüglich des Fragebogens: „Verpackungsmengen, die über den Schrotthandel an Shredderbetriebe geliefert werden“. GUA, Wien.
- Öko-Box (1999): Homepage der Öko-Box Sammelgesellschaft m.b.H.: <http://www.oekobox.at/>



- ÖSTAT (1991 b): Bestandsstatistik der Kraftfahrzeuge in Österreich 1991 (Sonderheft). Österreichisches Statistisches Zentralamt, Abteilung 4, Außenhandels- und Verkehrsstatistik, Wien)
- ÖSTAT (1999): "Statistisches Jahrbuch für die Republik Österreich 1998". Österreichisches Statistisches Zentralamt. Wien.
- Österreichisches Verpackungsinstitut für Lebensmittel und Getränke (1999): Persönliche Mitteilung von Herrn Dr. Tacker.
- Pape, L.-P. (1995): Untersuchungen zur Optimierung des Aluminiumkreislaufs. Fachbereich 6 Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Werkstoffwissenschaften der Technischen Universität Berlin. Dissertation. Berlin.
- Patt, R. et al. (1998): „System Closure Possibilities for modern alkaline pulping processes“, Das Papier, 10A/1998/1-7.
- Plinke, E., Kämpf, K., Motz, G.B. (PROGNOS AG) (1995) „Vermeidungs- und Verwertungseffekte durch Stoffstrommanagement mittels Verpackungsverordnung“ BMfUJF, Wien
- Reimann, C.; Caritat, P. (1998): "Chemical Elements in the Environment" Springer Berlin.
- Rink, C. (1994): "Aluminium, Automobil und Recycling". Forschungsbericht. Institut für Kraftfahrwesen, Universität Hannover. Aluminium-Verlag Düsseldorf.
- Sams (2000): Antwort im Fragenkatalog zum Projekt ALU-Ö. Jänner 2000, Amag-Metall GesmbH, Ranshofen. Email.
- Schachermayer, E. et al. (1995) "Messung der Güter- und Stoffbilanz einer Müllverbrennungsanlage" MAPE, UBA, Wien.
- Schachermayer, E., Lahner, T., Brunner, P.H. (1997): Stoffflussanalyse und Vergleich zweier Aufbereitungstechniken für Baurestmassen.“, 99 UBA Monographien, Umweltbundesamt, Wien.
- Technisches Büro Hauer (1998): Müllanalysen 1998. Niederösterreichische Landesregierung. RU3
- Vereinigung Deutscher Schmelzhütten (VDS) (1988): Legierungsbestandteile und Höchstwerte für zulässige Beimengungen, Normlegierungen entsprechend DIN 1725 Teil 2, Anhang v.: Aluminium Gusslegierungen, 5. überarbeitete Auflage, Gießerei Verlag GmbH, Düsseldorf.
- Waldenmair, M., (1997): Fact-Sheets der Aluminium Initiative Austria, hrsg. V. Johann Oberauer, Salzburg.
- Weber, R. (1990): Taschenlexikon: e. allg.-verständl. Nachschlagewerk zum aktuellen Thema. – Oberbözberg: Olynthus Verlag 3. Aluminium. 1990.
- Witschel, C.E. (1999): "Das Aluminium und sein Einsatz in der Lebensmittel-Verpackungsindustrie". Diplomarbeit am Institut für Technologie und Warenwirtschaftslehre, WU-Wien. Wien.
- Zeinler, L.W. (1998) Die Altstoff Recycling Austria AG und das ARA-System. Das flächendeckende Sammel- und Verwertungssystem nach der österreichischen



Verpackungsverordnung. Schriftenreihe zum öffentlichen Recht und den politischen Wissenschaften, Univ.-Prof. Dr. Karl Korinek, Braumüller, Wien.

Zimmermann, P., Gabor, D., Huber, F., Labhardt, A., Menard, M. (1996): „Ökoinventare von Entsorgungsprozessen“, ESU-Reihe Nr. 1/96, Institut für Energietechnik Gruppe Energie-Stoffe-Umwelt, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.



9 Anhang

LABORBERICHT

Sachbearbeiterin: E. Ritter

Wien, im Februar 2000



Hinweis:

Das auszugsweise Verwenden der in diesem Bericht enthaltenen Werte ist nicht gestattet.

9.1 Probe:

Zur Untersuchung gelangten folgende Proben:

Anzahl	Gut	Anlage	Probenahmezeitraum
7	Schlacke	Wels	16.07.-17.07.1996
7	Elektrofilterasche	Wels	16.07.-17.07.1996
7	Kesselasche	Wels	16.07.-17.07.1996
29	Schlacke	Wien-Spittelau	1993
8	Elektrofilterasche	Wien-Spittelau	1993

9.2 Probenahme:

Die Probenahme erfolgte im Zuge von Projekten durch die Abteilung AWS.
Die Probenahmestellen waren bei den unterschiedlichen Gütern wie folgt:

Gut	Probenahmestelle
Schlacke / Wels	Beim Schlackeaustrag, auf dem Fördeband vor dem Schlackebunker
Elektrofilterasche / Wels	Vor dem Aschesilo
Kesselasche / Wels	Notentaschungssystem unterhalb des Sendegefäßes
Schlacke / Wien-Spittelau	nach dem Magnetabscheider
Asche (Σ Elektrofilter- u. Kesselasche) / Wien-Spittelau	beim Sendegefäß (pneumatische Ascheförderung)

9.3 Aufbereitung:

Anlage	Gut	Aufbereitung		
		Vorbehandlung	Grobzerkleinerung	Feinzerkleinerung
Wien-Spittelau	Schlacke	Siebung <35mm und Trocknung bei 45°C	händisches Aussortieren von Metallteilen (als Rückstellmuster vorhanden) und anschließende Zerkleinerung mit dem Backenbrecher (3mm)	Feinaufmahlung in der Scheibenschwingmühle (Achat) und Absiebung <0,5mm; Siebreste als Rückstellmuster vorhanden
Anlage	Gut	Aufbereitung		



		Vorbehandlung	Grobzerkleinerung	Feinzerkleinerung
	Asche (Elektrofilter- u. Kesselasche)	keine	keine	Feinaufmahlung in der Scheibenschwingmühle (Achat) und Absiebung <0,5mm
Wels	Schlacke	luftdicht verschlossen; <10mm mit Walze zerkleinert; Trocknung bei 105°C	händisches Aussortieren von Metallteilen (als Rückstellmuster vorhanden) und anschließende Zerkleinerung mit dem Backenbrecher (3mm)	Feinaufmahlung in der Scheibenschwingmühle (Achat) und Absiebung <0,5mm; Siebreste als Rückstellmuster vorhanden
Wels	Kesselasche	Trocknung bei 45°C	keine	Feinaufmahlung in der Scheibenschwingmühle (Achat) und Absiebung <0,5mm; Siebreste als Rückstellmuster vorhanden
Wels	Elektrofilterasche	keine	keine	Feinaufmahlung in der Scheibenschwingmühle (Achat) und Absiebung <0,5mm

9.4 Aufschluss:

9.4.1 Königswasseraufschluss

Als Aufschlussmethodik wurde der Königswasseraufschluss nach ÖNORM M6290 gewählt. Zur Qualitätssicherung wurden zwei Standards mit aufgeschlossen; für die Schlacke „Basic slag BCS 382/1“ und für die Asche „Incineration ash BCR 176“ des Bureau of Analysed Samples, Ltd. (Great Britain). Im Gegensatz zu anderen Inhaltsstoffen sind bei diesen beiden Standards die Aluminiumwerte wohl angegeben aber nicht zertifiziert. Pro Probe wurden jeweils 2 Einwaagen zu ca. 1g (zufällige Probenahme) mit jeweils 40ml Königswasser aufgeschlossen und der Analyse zugeführt. Jede Aufschlussserie beinhaltete 2 Aufschlüsse für der Standards; das heißt, dass auf 6 Proben-Aufschlüsse 2 Standardaufschlüsse getätigt wurden. Die Kochzeit belief sich einheitlich auf 4 Stunden pro Aufschlussserie.

9.4.2 Mikrowellen-Gesamtaufschluss

Die Aufschlüsse wurden mit dem Mikrowellengerät Mars5 der Firma CEM durchgeführt. Als Aufschlussmedium diente ein Säuregemisch von 8ml Salpetersäure, 2ml Salzsäure und 3ml Flußsäure. Die Aufschlusszeit betrug ca. 25min., wobei eine maximale Temperatur von 220°C gehalten wurde. Der entstandene Druck (gemessen im Überwachungsgefäß) betrug ca. 18bar. Zur Abpufferung der freien Flußsäure bzw. zur Lösung etwaig gebildeter Fluoridsalze wurde den Aufschlüssen jeweils 30ml gesättigter, wässriger Borsäurelösung zugefügt. An-



schließlich wurden die wieder verschlossenen Behälter nochmals auf 170°C erhitzt und für 10min. bei dieser Temperatur gehalten. Nach dem Abkühlen wurden die Proben auf 100ml aufgefüllt. Zur Überprüfung wurden mehrere Aufschlüsse von zertifizierten Standardproben getätigt; für die Schlacke „Basic slag BCS 382/1“ und für die Asche „Incineration ash BCR 176“ des Bureau of Analysed Samples, Ltd. (Great Britain). Als Einwaage wurde pro Probe jeweils ca. 0,3-0,5g (zufällige Probenahme) gewählt.

9.4.3 Säurebehandlung der Siebreste

Da die Siebreste aus den Mahlvorgängen der Schlackeaufbereitung nicht nur keine Analysenfeinheit aufwiesen, sondern auch große Inhomogenitäten, wurde jeweils der ganze Siebrest zu einer Aufschlusseinheit zusammengefasst. Die Proben wurden in der Kälte vorsichtig mit halbverdünnter Salzsäure behandelt bis die Schaumbildung nachließ. Anschließend wurde Salpetersäure zugegeben und die Proben erhitzt. Im Bedarfsfalle wurde noch konzentrierte Salzsäure zugegeben und die Proben solange am Sieden gehalten bis nur mehr silikatische Anteile ungelöst waren. Anschließend wurden die Suspensionen filtriert und das Filtrat auf 250ml aufgefüllt.

9.5 Messung:

Die Messung erfolgte mit einer ICP JY 24 von Jobin Yvon nach DIN 38 406. Zur Qualitätssicherung wurden folgende Maßnahmen getroffen. In einem ersten Arbeitsgang wurden je Gut einige Aufschlüsse zufällig ausgewählt und in einem halbquantitativen Messvorgang gegen eine Eichkurve (ohne Beachtung der Kationen- und Anionenmatrix) die Matrixelemente der Proben bestimmt. Auf Grund dieser Informationen wurde für die obengenannten, unterschiedlichen Güter jeweils eine Matrixlösung kreiert, die sowohl säuremäßig als auch auf Kationen bezogen den tatsächlich Verhältnissen in den Aufschlusslösungen sehr nahe kommt. Für jedes Gut wurde auf Grund der halbquantitativen Messungen Eichreihen, bestehend aus jeweils 4 Standards mittels Standardtitrisole der Firma Merck gefertigt, wobei darauf geachtet wurde, dass die Messwerte der Proben innerhalb dieser Eichreihe liegen sollten, diese aber einen möglichst kleinen Messbereich abdecken sollte. Zusätzlich wurden noch 2 Sicherungsmaßnahmen getroffen. Erstens wurde jeweils nach einer Eichung bzw. nach vier Proben ein Eichstandard als Kontrollprobe mitgemessen und zweitens wurde stets nach 15 Messungen eine Rekalibrierung der Eichkurve durchgeführt. Von den mitgemessenen Kontrollproben wurden immer eine den nächstgelegenen zwei bzw. vier Probemessungen zugeordnet und als Korrekturfaktor in die Rechnung einbezogen.

Diese Methodik war allerdings nicht für die Analyse der Siebreste geeignet. Zur Bestimmung des gelösten Aluminiums in diesen Proben wurde wegen der hohen Anteile an anderen Metallen die Additionsmethodik gewählt. Diese Methodik beruht auf dem Prinzip, dass die Eichung des Gerätes über eine interne Standardreihe erfolgt; d. h. pro Probe wird jeweils 1mal die Lösung ohne Zusätze und 5mal mit definierter Standardzugabe mit ansteigender Konzentration gemessen. Aus der sich ergebenden Messkurve wird eine Regressionsgerade errechnet und über Rückrechnung der ursprüngliche Metallgehalt der Probe bestimmt. Um die Bestimmung optimal zu gestalten wurden auch bei diesen Probelösungen vorab halbquantitative Aluminiumbestimmungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieses Vorversuches wurden als



Grundlage genommen den richtigen Verdünnungsfaktor zu finden, um die Additionsmethodik im linearen Bereich durchführen zu können. Die Richtigkeit dieser Maßnahme wurde über die errechnete Regressionsgerade und deren Korrelationsfaktor überprüft.

Eine weitere Maßnahme zur Qualitätssicherung wurde gesetzt, indem einige der Aufschlüssen sowohl mittels Standarddeichkurve, als auch mittels Standardadditionsmethodik gemessen wurden.

9.6 Ergebnisse:

Die folgenden Tabellen enthalten die Analysenwerte der Outputgüter und -teigüter der beiden Verbrennungsanlagen in Wien und Wels, sowie die der Referenzproben des Bureau of Analysed Samples, Ltd. (Great Britain). Weiters werden die Ergebnisse der Vergleichsanalysen auf Basis unterschiedlicher Aufschlussmethoden sowie differenter Messmethoden aufgelistet und diskutiert.

9.6.1 Messwerte

Die in den folgenden beiden Tabellenblöcken, jeweils bestehend aus zwei Einheiten, angeführten Analysenergebnisse betreffen die Schlacken und Aschen der MVA Wels bzw. nachgeordnet der MVA Wien-Spittelau. Da die Schlacke unter anderem auch Metallteile enthält, die vor bzw. nach den diversen Mahlvorgängen separiert werden müssen, fallen bei der Probenaufbereitung neben der analysenfein gemahlten Probe sowohl Sortier- als auch Siebreste an. Um einen Gesamtgehalt des zu untersuchenden Elementes in den Schlackeproben erfassen zu können müssen natürlich auch deren Sortier- und Siebreste untersucht werden. Bei den Aschenproben fielen keine derartigen Sortier- und Siebreste an.

Aus organisatorischen Überlegungen wurden je Anlage immer in der ersten Tabelle die Ergebnisse der <0,5mm aufgemahlten Probenanteile aufgelistet. Unmittelbar danach schließt jeweils eine Tabelle an, in der die Aluminiumgehalte der schon oben beschriebenen Schlacketeilproben und ein daraus errechneter Gesamtgehalt aufgelistet sind.



Wels						
Gut	Probe-Bez.	Aluminium ¹⁾			rsd %	
		Wert1 mg/kg	Wert2 mg/kg	Mittelwert mg/kg		
Schlacke	GS1-1A	32000	31900	32000	0,2	
	GS1-2A	29100	29100	29100	0,1	
	GS1-3A	36400	34700	35900	2,7	
	GS1-4A	32200	31800	32100	0,8	
	GS1-5A	28300	28600	28400	0,7	
	GS1-6A	30700	29700	30400	1,8	
	GS1-7A	30200	29500	30000	1,4	
	Mittelwert stabw rsd	mg/kg mg/kg %			31100 2500 8,0	
Elektrofilterasche	EA1	30100	29300	29800	1,5	
	EA2	29700	28900	29400	1,5	
	EA3	24800	24400	24700	1,0	
	EA4	29000	28200	28700	1,6	
	EA5	34700	34600	34700	0,2	
	EA6	31400	32600	31800	2,2	
	EA7	29400	28800	29200	1,3	
	Mittelwert stabw rsd	mg/kg mg/kg %			29800 3050 10,2	
Kesselasche	KA1	49800	50900	50200	1,3	
	KA2	48100	48500	48200	0,5	
	KA3	49800	49200	49600	0,7	
	KA4	47800	47000	47500	0,9	
	KA5	45200	45200	45200	0,0	
	KA6	46900	47100	47000	0,2	
	KA7	46400	50400	47700	4,8	
	Mittelwert stabw rsd	mg/kg mg/kg %			47900 1660 3,5	
¹⁾ Königswasseraufschluss des <0,5mm Feinanteiles der gemahlene Teilprobe - rsd: relative Standardabweichung - stabw: Standardabweichung						

Wels									
Probe Schlacke	Gesamtprobe		Probe gemahlen			Säureaufschlüsse		Al-Gehalt	
	Masse g/kgTS	Al-sortiert %Al	Masse g/kgTS	Siebrest g/kgTS	Al-sortiert %Al	Siebrest ¹⁾ %Al	Mahlgut ^{**)} %Al	in Summe %Al	
GS1-1A	4449,6	0,5	481,4	16,4	1,3	0,08	3,20	5,14	
GS1-3A	4733,2	0,4	623,8	30,8	0,4	0,41	3,59	4,78	
GS1-4A	4967,2	0,3	625,4	25,8	0,4	0,19	3,21	4,13	
GS1-5A	3819,7	0,3	458,2	16,1	0,2	0,56	2,84	3,90	
GS1-6A	5743,5	0,4	689,8	28,1	0,7	0,31	3,04	4,39	
GS1-7A	4002,4	0,1	482,7	11,5	0,2	0,10	3,00	3,39	
						Mittelwert	%	4,29	
						stabw	%	0,63	
						rsd	%	14,6	
¹⁾ HCl/HNO ₃ -Aufschluss des Siebrestes mit Ausnahme des händisch aussortierten Aluminiums ^{**)} Königswasseraufschluss des <0,5mm Feinanteiles der gemahlene Teilprobe - rsd: relative Standardabweichung - stabw: Standardabweichung									

Tabelle 9-1: Aluminiumgehalt in den Schlacke- und Ascheproben der Verbrennungsanlage Wels



Wien-Spittelau						
Gut	Probe-Bez.	Wert1 mg/kg	Wert2 mg/kg	MW mg/kg	rsd %	
Schlacke	S2	36100	34500	35600	2,6	
	S3	38000	39900	38600	2,8	
	S4	36000	36400	36100	0,7	
	S5	35700	34800	35400	1,5	
	S6	39600	40100	39700	0,7	
	S7	43300	42900	43200	0,5	
	S8	47000	46300	46700	0,9	
	S10	40600	39800	40300	1,2	
	S12	41100	41900	41400	1,0	
	S13	35100	34000	34700	1,8	
	S14	35400	37000	35900	2,5	
	S15	32800	34300	33300	2,6	
	S16	33200	31200	32500	3,6	
	S17	33900	33300	33700	1,0	
	S18	32900	33800	33200	1,5	
	S19	36500	36300	36400	0,2	
	S20	34100	33700	34000	0,7	
	S21	36200	37400	36600	1,9	
	S22	29400	27900	28900	3,0	
	S24	38700	38000	38500	1,0	
	S25	29700	30200	29900	0,9	
	S26	33800	32300	33300	2,6	
	S27	31700	29800	31100	3,6	
	S28	34300	34100	34200	0,3	
	S29	28400	27200	28000	2,4	
	S30	32300	32000	32200	0,6	
	S31	31500	33400	32100	3,4	
	S32	29600	29000	29400	1,1	
	S33	33300	35400	34000	3,6	
		Mittelwert	mg/kg		35100	
		stabw	mg/kg		4320	
		rsd	%		12,3	
	Elektrofilterasche	F2	57900	55900	57200	2,0
F5		57500	56400	57100	1,1	
F9		58300	57600	58000	0,7	
F15		55000	54900	55000	0,2	
F19		58800	57500	58400	1,3	
F21		54600	57000	55400	2,5	
F23		55500	54800	55300	0,7	
F24		59500	57600	58900	1,8	
		Mittelwert	mg/kg		56900	
		stabw	mg/kg		1520	
	rsd	%		2,7		
*) Königswasseraufschluss des <0,5mm Feinanteiles der gemahlene Teilprobe - rsd: relative Standardabweichung - stabw: Standardabweichung						

Tabelle 9-2 Aluminiumgehalt in den Schlacke- und Ascheproben der Verbrennungsanlage Wien-Spittelau (Teil 1)



Wien-Spittelau								
Probe Schlacke	Gesamtprobe		Probe gemahlen			Säureaufschlüsse		Al-Gehalt
	Masse g/kgTS	Al-sortiert %Al	Masse g/kgTS	Siebrest g/kgTS	Al-sortiert %Al	Siebrest ¹⁾ %Al	Mahlgut ^{**)} %Al	in Summe %Al
S2	1542,4	1,9	667,8	15,3	0,73	0,55	3,56	6,73
S5	2052,0	0,4	907,3	29,0	1,50	0,59	3,54	6,04
S6	1754,4	1,0	757,6	6,3	0,00	0,30	3,97	5,31
S7	1068,7	0,1	509,6	3,4	0,00	0,24	4,32	4,71
S8	975,5	0,5	1008,3	13,5	0,40	0,34	4,67	5,90
S10	2111,7	0,7	919,3	4,2	0,00	0,17	4,03	4,91
S12	2731,4	0,8	1114,8	6,9	0,00	0,23	4,14	5,14
S13	1395,2	0,0	852,9	17,0	0,36	0,59	3,47	4,42
S15	2031,0	0,7	934,4	27,4	0,43	0,89	3,59	5,62
S17	2285,9	1,6	1027,7	20,5	0,47	0,55	3,33	5,93
S25	3350,8	0,3	340,0	6,2	0,46	0,49	3,25	4,51
S30	1609,1	1,1	350,0	3,7	0,00	0,38	3,37	4,81
S33	2254,2	0,2	1079,7	22,8	0,90	0,43	3,32	4,80
						Mittelwert	%	5,29
						stabw	%	0,70
						rsd	%	13,2
¹⁾ HCl/HNO ₃ -Aufschluss des Siebrestes mit Ausnahme des händisch aussortierten Aluminiums ^{**)} Königswasseraufschluss des <0,5mm Feinanteiles der gemahlene Teilprobe - rsd: relative Standardabweichung - stabw: Standardabweichung								

Tabelle 9-3 Aluminiumgehalt in den Schlacke- und Ascheproben der Verbrennungsanlage Wien-Spittelau (Teil 2)

9.6.2 Qualitätssicherung

9.6.2.1 Referenzproben

In den folgenden beiden Tabellen werden die Untersuchungsergebnisse an den beiden Referenzproben „Basic slag - BCS 382/1“ und Incineration ash - BCR 176“ aufgelistet. Aus Gründen der Qualitätssicherung wurden diese beiden Substanzen sowohl unterschiedlichen Aufschlussmethoden als auch unterschiedlichen Messmethoden unterworfen.

Betrachtet man die Analysenwerte der Referenzasche, dann ergibt sich eine Wiederfindungsrate gegenüber dem „Sollwert“ von 60% beim Königswasser und 80% beim Flußsäureaufschluss. Da aber der Güterfluss der Asche nur etwa 10% der Summe der Outputgüter ausmacht wird das Endergebnis nur unmaßgeblich durch einen möglichen Minderbefund in dieser Größenordnung beeinflusst.

Ergänzend lässt sich sagen, dass die bei den Standards angegebenen Aluminiumwerte keine zertifizierten Werte sind. Da aber die Daten aus überprüften Labors stammen, ist deren weitgehende Richtigkeit anzunehmen.



Basic slag BCS 382/1					
Probe-Bez.	Wert1 mg/kg	Wert2 mg/kg	MW mg/kg	stabw mg/kg	rsd %
BCS 1	20900	20800	20900	60	0,3
BCS 2	20600	20900	20700	170	0,8
BCS 3	21000	20900	21000	30	0,1
BCS 4	20600	21100	20800	270	1,3
BCS 5	20900	20700	20800	110	0,5
BCS 6	21000	20900	21000	50	0,2
BCS 7	20900	20600	20800	210	1,0
BCS 8	20400	21000	20600	320	1,5
BCS 9	21300	21000	21200	160	0,8
BCS 10	21200	20800	21100	220	1,1
BCS 11	21300	20800	21100	300	1,4
BCS 12	20400	20000	20300	220	1,1
BCS 13	21000	20800	20900	80	0,4
BCS 14	19900	19300	19700	340	1,7
BCS 15	20000	19900	20000	90	0,5
BCS 16	21100	20700	21000	230	1,1
Mittelwert	mg/kg		20700		
stabw	mg/kg		420		
rsd	%		2,0		
obere Grenze	mg/kg		21200		
untere Grenze	mg/kg		19700		
Soll-Wert¹⁾	mg/kg		20100		
Flußsäureaufschluss - Mikrowelle					
Probe-Bez.		angeglichener Standard	Standard- additions- methodik		
		Aluminium mg/kg	Aluminium mg/kg		
BCS 17		18300	19300		
BCS 18		18500	19700		
BCS 19		18700	19000		
Mittelwert	mg/kg	18500	19300		
stabw	mg/kg	200	370		
rsd	%	1,1	1,9		
obere Grenze	mg/kg	18700	19700		
untere Grenze	mg/kg	18300	19000		
Soll-Wert¹⁾	mg/kg	20060	20060		
¹⁾ in Produktbeschreibung als nicht zertifizierter Wert angegeben - rsd: relative Standardabweichung - stabw: Standardabweichung					

Tabelle 9-4: Aluminiumgehalt im Schlackestandard BCS 382/1



Incineration ash BCR 176					
Probe- Bez.	Wert1 mg/kg	Wert2 mg/kg	MW mg/kg	stabw mg/kg	rsd %
BCR 1	58300	61100	59200	1610	2,7
BCR 2	61600	62100	61800	270	0,4
BCR 3	61100	62300	61500	690	1,1
BCR 4	61300	63300	62000	1140	1,8
BCR 5	61300	62000	61500	390	0,6
BCR 6	59700	62500	60600	1600	2,6
BCR 7	53800	56400	54700	1520	2,8
BCR 8	59100	61000	59700	1130	1,9
BCR 9	55000	56800	55600	1050	1,9
BCR 10	57400	60200	58300	1620	2,8
Mittelwert	mg/kg		59500		
stabw	mg/kg		2600		
rsd	%		4,4		
obere Grenze	mg/kg		62000		
untere Grenze	mg/kg		54700		
Soll-Wert¹⁾	mg/kg		101600		
Flußsäureaufschluss - Mikrowelle					
Aufschluss- Nummer		angeglichener Standard	Standard- additions- methodik		
		Aluminium mg/kg	Aluminium mg/kg		
BCR 11		81200	84500		
BCR 12		83300	-		
BCR 13		81100	88600		
BCR 14		79100	85200		
BCR 15		79400	83600		
BCR 16		81600	82500		
BCR 17		81000	85200		
Mittelwert	mg/kg	81000	84900		
stabw	mg/kg	1400	2080		
rsd	%	1,7	2,4		
obere Grenze	mg/kg	83300	88600		
untere Grenze	mg/kg	79100	82500		
Soll-Wert¹⁾	mg/kg	101600	101600		
¹⁾ in Produktbeschreibung als nicht zertifizierter Wert angegeben - rsd: relative Standardabweichung - stabw: Standardabweichung					

Tabelle 9-5: Aluminiumgehalt im Flugaschestandard BCR 176



9.6.3 Statistik

Um die oben stehenden Messwerte zu interpretieren, wurden statistische Berechnungen bezüglich Vergleichs der Mittelwerte bzw. Standardabweichungen angestellt und deren Unterschiede auf Signifikanz getestet. Getestet wurden sowohl der Unterschied zwischen den beiden verwendeten Aufschlussmethoden als auch die Differenz in den Ergebnissen aus den beiden Messmethoden (Messung gegen matrixangepasste Standarddeichkurve bzw. Standard-Additionsmethodik). Zu beachten wäre, dass beim Messwertevergleich nur die Lösungen der Flußsäureaufschlüsse verglichen wurden. Begründet wurde das mit der Tatsache, dass der Matrix der Standarddeichkurve für diese Analysen aus Sicherheitsgründen keine Flußsäure zugefügt wurde und deshalb ein optimaler Angleich an die tatsächlichen Anionenverhältnisse in den Probelösungen nicht möglich war. Verglichen wurden die Differenzen jeweils mit den Tabellenwerten der T-Verteilung (für die Mittelwerte) und der F-Verteilung (für die Standardabweichungen, wobei eine Vertrauensbasis von 95% gewählt wurde).

Auffallend war, dass die Güter der verschiedenen Anlagen bzw. die Referenzproben sich bezüglich der Wiederfindungsraten bei den verschiedenen Aufschlüssen unterschiedlich verhielten. So war bei den Schlacke- und Ascheproben der Anlage Wels zwischen Königswasser- und Flußsäureaufschluss kein signifikanter Unterschied feststellbar. Anders verhielt sich die Sache bei der Anlage Wien-Spittelau, wo sowohl in der Schlacke als auch in der Asche durch aufschließen mit Flußsäure signifikant höhere Werte gefunden werden konnten. Der statistische Vergleich der beiden Messmethoden (Messung gegen matrixangepasste Standarddeichkurve bzw. Standard-Additionsmethodik) ergab für beide Anlagen keinen signifikanten Unterschied, obwohl die durch Additionsmethodik bestimmten Werte durchwegs höher waren.

Die gleiche Vorgehensweise auf die beiden Referenzproben angewandt ergab in jedem Fall signifikante Unterschiede. Wenn man die Analysenwerte näher betrachtet fällt auf, dass beim Schlackestandard beim Flußsäureaufschluss niedrigere Werte gefunden wurden als beim Königswasseraufschluss, der Minderbefund allerdings nur bei 10% liegt.



		Messwerte		Statistik	
		Königswasser	Flußsäure	Signifikanztest	
		Mittelwert	Einzelauflauf-		
Probenbezeichnung		Aluminium	Aluminium		
		mg/kgTS	mg/kgTS		
Schlacke (Wels)	GS1-1A	31900	37500	errechneter Wert T 2,0164 F 1,9409	Tabellenwert 95% 4,303 161,4
	GS1-3A	35600	42600		
	Mittelwert mg/kg	33800	40100		
	stabw mg/kg	2580	3600		
	rsd %	7,6	9,0		
Elektrofilterasche (Wels)	EA1	29700	28900	errechneter Wert T 0,3143 F 1,3164	Tabellenwert 95% 2,179 4,284
	EA2	29300	28200		
	EA3	24600	23700		
	EA4	28600	28300		
	EA5	34700	32600		
	EA6	32000	34700		
	EA7	29100	27900		
	Mittelwert mg/kg	29700	29200		
stabw mg/kg	2870	3290			
rsd %	9,7	11,3			
Kesselasche (Wels)	KA1	50400	49100	errechneter Wert T 1,2950 F 2,3369	Tabellenwert 95% 2,179 4,284
	KA2	48300	48600		
	KA3	49500	50100		
	KA4	47400	49600		
	KA5	45200	47300		
	KA6	47000	50100		
	KA7	48400	47700		
	Mittelwert mg/kg	48000	48900		
stabw mg/kg	1570	1030			
rsd %	3,3	2,1			
Schlacke (Wien-Spittelau)	S2	35300	44900	errechneter Wert T 8,3845 F 1,7816	Tabellenwert 95% 2,447 6,390
	S18	33300	48300		
	S24	38400	52100		
	S28	34200	49000		
	Mittelwert mg/kg	35300	48600		
stabw mg/kg	1900	2530			
rsd %	5,4	5,2			
Elektrofilterasche (Wien-Spittelau)	F2	56900	65000	errechneter Wert T 5,6095 F 3,5880	Tabellenwert 95% 2,447 6,390
	F9	57900	66800		
	F15	54900	62400		
	F19	58200	69000		
	Mittelwert mg/kg	57000	65800		
stabw mg/kg	1470	2780			
rsd %	2,6	4,2			
- rsd: relative Standardabweichung - stabw: Standardabweichung					

Tabelle 9-6: Statistischer Vergleich unterschiedlicher Aufschlussmethoden an Schlacke- und Ascheproben



Probenbezeichnung		Messwerte		Statistik	
		angeglichener Standard	Standard-additions-methodik	Signifikanztest	
		Aluminium mg/kgTS	Aluminium mg/kgTS		
Elektrofilterasche (Wels)	EA1	28900	30300	errechneter Wert T 0,8863 F 1,7750	Tabellenwert 95% 2,306 6,390
	EA3	23700	24400		
	EA4	28300	31100		
	EA5	32600	36000		
	EA6	32800	36700		
	Mittelwert mg/kg	29300	31700		
	stabw mg/kg	3720	4960		
	rsd %	12,7	15,6		
Kesselasche (Wels)	KA1	49100	53400	errechneter Wert T 2,1321 F 5,6830	Tabellenwert 95% 2,306 6,390
	KA4	49600	55700		
	KA5	47300	50200		
	KA6	50100	52000		
	KA7	47700	47300		
	Mittelwert mg/kg	48800	51700		
	stabw mg/kg	1190	2840		
	rsd %	2,4	5,5		
Schlacke (Wien-Spittelau)	S2	45100	44800	errechneter Wert T 0,0476 F 1,1280	Tabellenwert 95% 2,306 6,390
	S5	61100	60600		
	S18	48300	50200		
	S24	52100	50600		
	S28	49000	50300		
	Mittelwert mg/kg	51100	51300		
	stabw mg/kg	6110	5750		
	rsd %	12,0	11,2		
Elektrofilterasche (Wien-Spittelau)	F15	62400	62000	errechneter Wert T 1,2267 F 14,6724	Tabellenwert 95% 2,776 19,0
	F19	69000	63800		
	F23	78700	66300		
	Mittelwert mg/kg	70000	64000		
	stabw mg/kg	8210	2140		
	rsd %	11,7	3,3		
- rsd: relative Standardabweichung - stabw: Standardabweichung					

Tabelle 9-7: Statistischer Vergleich unterschiedlicher Messmethoden an Schlacke- und Ascheproben



		Messwerte		Statistik	
		Königswasser	Flußsäure	Signifikanztest	
Probenbezeichnung ¹⁾		Mittelwert n=2 mg/kgTS	Einzelauflösung mg/kgTS		
Incineration Ash	BCR 1/11	59700	81200	errechneter Wert T 18,7853 F 3,2703	Tabellenwert 95% 2,179 4,284
	BCR 2/12	61800	83300		
	BCR 3/13	61700	81100		
	BCR 4/14	62300	79100		
	BCR 5/15	61700	79400		
	BCR 6/16	61100	81600		
	BCR 7/17	55100	81000		
	Mittelwert mg/kg	60500	81000		
	stabw mg/kg	2520	1400		
	rsd %	4,2	1,7		
Basic Slag	BCS 1/17	20900	18300	errechneter Wert T 18,0971 F 3,5863	Tabellenwert 95% 2,776 19,0
	BCS 2/18	20700	18500		
	BCS 3/19	21000	18700		
		Mittelwert mg/kg	20900		
	stabw mg/kg	100	200		
	rsd %	0,5	1,1		

*) die erste Zahl bezieht sich auf den Königswasseraufschluss
die zweite Zahl bezieht sich auf den Flußsäureaufschluss
- rsd: relative Standardabweichung
- stabw: Standardabweichung

Tabelle 9-8: Statistischer Vergleich unterschiedlicher Aufschlussmethoden an Referenzmaterialien

		Messwerte		Statistik	
		Flußsäureaufschlüsse		Signifikanztest	
		angeglichener Standard	Standardadditionsmethodik		
Probenbezeichnung		Aluminium Wert1 mg/kgTS	Aluminium Wert1 mg/kgTS		
Incineration Ash	BCR 11	81200	84500	errechneter Wert T 5,0505 F 3,9753	Tabellenwert 95% 2,228 5,050
	BCR 13	81100	88600		
	BCR 14	79100	85200		
	BCR 15	79400	83600		
	BCR 16	81600	82500		
	BCR 17	81000	85200		
		Mittelwert mg/kg	80600		
	stabw mg/kg	950	1900		
	rsd %	1,2	2,2		
Basic Slag	BCS 17	18300	19300	errechneter Wert T 7,1349 F 3,5567	Tabellenwert 95% 2,776 19,0
	BCS 18	18500	19700		
	BCS 19	18700	19000		
		Mittelwert mg/kg	18500		
	stabw mg/kg	200	370		
	rsd %	1,1	1,9		

*) die erste Zahl bezieht sich auf den Königswasseraufschluss
die zweite Zahl bezieht sich auf den Flußsäureaufschluss
- rsd: relative Standardabweichung
- stabw: Standardabweichung

Tabelle 9-9: Statistischer Vergleich unterschiedlicher Messmethoden an Referenzmaterialien