



DIPLOMARBEIT

Master Thesis

**Von der Abfallwirtschaft zum Ressourcenmanagement:  
Entwicklungen in der niederösterreichischen Abfallwirtschaft  
am Beispiel eines regionalen Abfallverbandes**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen  
Grades eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

**o. Univ. Prof. Dr. Paul H. Brunner**

**E 226**

**Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft  
Fachbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement**

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Rainer Hausenberger

98 26 175

Gießaufgasse 27/20, 1050 Wien

Wien, im Dezember 2009

.....

## KURZFASSUNG

Die Zunahme des Konsums infolge des Wirtschaftswachstums, der daraus resultierende Anstieg der Abfallmengen, aufwendige Beseitigung von Altlasten und zunehmendes Umweltbewusstsein haben zu einem Umdenken im Umgang mit unserem Lebensraum und den vorhandenen Ressourcen geführt.

Die Trendwende durch die Ausrichtung der Abfallwirtschaft auf eine nachhaltige Entwicklung führte zu massiven Änderungen in den rechtlichen Rahmenbedingungen und organisatorischen Prozessen in Österreich. Im Abfallwirtschaftsgesetz, AWG 1990, wurden die Ziele der Abfallwirtschaft neu definiert und verbindlich verankert. In der vorliegenden Arbeit werden am Beispiel eines regionalen Abfallverbandes die Auswirkungen der Veränderungen analysiert und bewertet.

Mit der Methode der Stoffflussanalyse (SFA) wird das komplexe Abfallwirtschaftssystem modelliert, relevante Prozesse im System abgebildet und die wesentlichen Güter- und Stoffströme anschaulich dargestellt.

Die Jahre 1991, 1997, 2004 und 2008 werden sowohl auf Güter-, als auch auf Stoffebene (Kohlenstoff, Stickstoff, Eisen und Cadmium) ausgewertet. Die Selektion der für die Berechnung der Stoffströme notwendigen Transferkoeffizienten der einzelnen Prozesse erfolgt nach vorangehender Recherche von Messwerten in der Literatur. Die spezifischen Sammelmengen pro Einwohner und Jahr von insgesamt elf getrennt erfassten Fraktionen beschreiben die Eingangsdaten des abgegrenzten Systems.

Aus den im AWG festgelegten Zielen werden sieben Bewertungskriterien („Deponievolumen“, „Recyclingrate“, „Bilanzierung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten“, „Stickstoffemissionen in die Hydrosphäre“, Eisen-Recyclingrate“, „Schadstoff-Recyclingrate“ und „Schadstoff-Ausschleusung“) abgeleitet, die zur Interpretation der Ergebnisse der SFA herangezogen werden. Durch die Modifikation der abfallwirtschaftlichen Maßnahmen und Prozessabläufe konnte über den betrachteten Zeitraum eine signifikante Verbesserung der Zielerfüllung erreicht werden. Defizite zeigen sich allerdings bei der Ausschleusung von Schadstoffen aus Kreisläufen. Des Weiteren wurden die Entsorgungstarife den Aufwendungen der Sammlung und Verwertung gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass die spezifischen Kosten in Relation zu den erfassten Sammelmengen nach Verbandsgründung zuerst sinken und sich dann auf relativ konstantem Niveau einpendeln.

Insgesamt kann der beschrittene Weg nach Auswertung der Veränderungen eines charakteristischen Abfallverbandes als zielführend bewertet werden. Zukünftiger Handlungsbedarf besteht noch bei den Themen „saubere Kreisläufe“ und „sichere letzte Senken“ für Schadstoffe.



## ABSTRACT

The increase of consumption due to economic growth, the parallel increase of waste materials, the expensive clean-up of former waste deposits and the increasing environmental awareness are the main reasons for rethinking how we can deal with the anthroposphere and the existing resources available.

The trend reversal followed by a new direction in the waste management system as a result of a sustainable development led to significant both changes in the regulatory framework and organizational process in Austria. In the first National Waste Management Act, AWG 1990, the central aims of waste management were officially declared and included in government legalisation. The influence of these changes will be analysed and evaluated in this master thesis using the example of a regional waste management organization. With the use of Methodology of Material Flow Analysis the complex waste management system will be transferred into a model, processes described and the most important flows of goods and substances explained.

The results are shown for the years 1991, 1997, 2004 and 2008 on the level of goods as well on the substantial layer for Carbon, Nitrogen, Iron and Cadmium. The selection of transfer coefficients is based on researched literature using characteristic measurements. The specific rate of waste material use per inhabitant of eleven separately listed waste charges describe the input data for the established system.

Seven evaluation criteria ("landfill volume", "rate of recycling", "balance of CO<sub>2</sub>-equivalents", "emission of nitrogen into the hydrosphere", "rate of iron-recycling", "recycling of pollutants", "discharge of pollutants") are extrapolated from the objectives in the Waste Management Act and subsequently used to interpret the results from the Material Flow Analysis.

The evaluation suggests a significant improvement over the considered period in terms of the objectives. The conclusion from these results confirms that it was possible to achieve the selected aims for the example organization by changing the measures and proceedings in the system. However there are deficiencies in discharging pollutants from circular flows. In addition to this approach the waste management tax was compared with the charges for collection and recovery of municipal solid waste. This comparison reveals an initial decrease after the organization was established followed by a more constant balance between costs and treatment charges.

The main thesis of this paper is that the current waste management system, established by AWG 1990, proved to be effective and advisable. Furthermore there exists need for action due to the topics "clean circuits" and "final sinks" for pollutants.

# INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG

ABSTRACT

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG UND ZIELE	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Ziele	3
1.3	Fragen	6
2	METHODIK UND DURCHFÜHRUNG	7
2.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	7
2.1.1	Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf EU-Ebene	8
2.1.2	Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf Bundesebene	11
2.1.2.1	Verpackungsverordnung	15
2.1.2.2	Deponieverordnung	16
2.1.2.3	Bioabfall- und Kompostverordnung	18
2.1.2.4	Bundesabfallwirtschaftsplan	18
2.1.3	Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf Landesebene	20
2.2	Methodik	23
2.2.1	Methode der Stoffflussanalyse (SFA)	23
2.2.1.1	Begriffe und Definitionen	24
2.2.1.2	STAN – Anwendungssoftware für Stoffflussanalysen	26
2.2.2	Systemdefinition, Adaptierung und Modellierung	27
2.2.2.1	Räumliche Systemgrenze	27
2.2.2.2	Zeitliche Systemgrenze	28
2.2.2.3	Systemadaptierung und Modellierung	29
2.2.3	Beschreibung der Prozesse, Auswahl von Gütern und Stoffen	30
2.2.3.1	Auswahl und Beschreibung der Prozesse	30
2.2.4	Transferkoeffizienten auf Güter- und Stoffebene	36
2.2.4.1	Thermische Behandlung (Prozess „MVA“)	36
2.2.4.2	Modellierung des Deponieverhaltens	42
2.2.4.3	Stoffliche Verwertung (Prozess „Sortierung Altstoffe“)	49
2.2.4.4	Recyclingprozess (Prozess „Stoffliche Verwertung - Recycling“)	50
2.2.4.5	Verwertung von Bioabfällen (Prozess „Kompostierung“)	50
2.2.4.6	Verwertung von Garten- und Küchenabfällen (Prozess „Eigenkompostierung“)	53

2.2.4.7	Kommunale Müllabfuhr (Prozess „Sammlung und Transport“)	55
2.2.4.8	Sperrmüllentsorgung (Prozess „Sortierung Sperrmüll“ bzw. „Sortierung und Verladung“)	55
2.2.5	Stoffkonzentrationen der einzelnen Fraktionen	56
2.2.6	Ableitung von Bewertungskriterien	61
2.3	Systembeschreibung	64
2.3.1	Organisation der Abfallwirtschaft in Niederösterreich	64
2.3.2	Systembeschreibung GvU Gänserndorf	70
2.3.2.1	Politischer Bezirk Gänserndorf	70
2.3.2.2	Abfallwirtschaftsverband des Bezirkes Gänserndorf	72
2.3.2.3	Abfallwirtschaftssystem des Bezirkes Gänserndorf	75
3	ERGEBNISSE	89
3.1	Darstellung der Güter- und Stoffflussdiagramme	89
3.1.1	Ergebnisse auf Güterebene	90
3.1.2	Ergebnisse auf stofflicher Ebene für Kohlenstoff	95
3.1.3	Ergebnisse auf stofflicher Ebene für Stickstoff	100
3.1.4	Ergebnisse auf stofflicher Ebene für Cadmium	101
3.1.5	Ergebnisse auf stofflicher Ebene für Eisen	105
3.2	Bewertungskriterien und Interpretation der Ergebnisse	106
3.2.1	Deponievolumen	106
3.2.2	Recyclingrate	107
3.2.3	Bilanzierung von CO <sub>2</sub> -Äquivalenten	108
3.2.4	Stickstoff-Emissionen in die Hydrosphäre	112
3.2.5	Eisen-Recyclingrate	113
3.2.6	Schadstoff-Recyclingrate	114
3.2.7	Schadstoff-Ausschleusung	115
3.2.8	Zusammenfassung der Ergebnisse	116
3.2.9	Kosten	117
4	ZUSAMMENFASSUNG, SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK	121
	LITERATURVERZEICHNIS	132
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	137
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	138
	TABELLENVERZEICHNIS	140
	FORMELVERZEICHNIS	141
	ANHANG	

# 1 AUFGABENSTELLUNG UND ZIELE

## 1.1 Einleitung

*„Bevor man die Welt verändert, wäre es doch wichtiger,  
sie nicht zugrunde zu richten.“*

*(Paul Claudel, französischer Dichter und Staatsmann (1868 - 1955))*

Die Befriedigung von menschlichen Bedürfnissen ist unweigerlich mit der Gewinnung und Verarbeitung von Ressourcen, Stoffen und Gütern verbunden. Die Nutzungsdauer der dadurch entstehenden Produkte ist sehr unterschiedlich und reicht von wenigen Stunden (z.B. bei Lebensmitteln) bis hin zu mehreren Jahrzehnten (z.B. bei Ingenieurbauwerken). Gemein ist ihnen aber, dass die Lebensdauer beschränkt ist.

Nach dem Ende einer beabsichtigten Nutzung schwindet das Interesse am Produkt und es wird als Abfall definiert. Oftmals sind in diesen Gütern aber wertvolle Stoffe und Ressourcen gebunden, die erneut als Rohstoffe eingesetzt werden können. Der behutsame Umgang mit diesen Ressourcen ist somit ein wesentlicher Bestandteil einer Strategie für nachhaltige Entwicklung.

Die Produktion von Abfall und die damit zusammenhängenden Fragen der Vermeidung, Verwertung und Entsorgung stellt ein zentrales Problem der industriellen Wohlstandsgesellschaft dar. Dies zeigt sich nicht nur anhand der zunehmenden Knappheit von Rohstoffreserven, sondern auch bei schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt, die durch die Abfallwirtschaft entstehen können.

In den 60er und 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts, zu Zeiten des industriellen Aufschwungs, wurde dieser Thematik keinerlei Bedeutung zugemessen. Die Folgewirkungen daraus beschäftigen uns aber teilweise noch heute, zum Beispiel bei der Altlastensanierung wilder Deponien.

Ein Bewusstsein für eine nachhaltige Entwicklung in der Abfallwirtschaft entstand auf breiterer Basis erst in den 1980er Jahren. Erste Abfallwirtschaftsgesetze wurden von den Ländern verabschiedet, in denen eine Neuorientierung in abfallwirtschaftlichen Belangen zu erkennen ist. Das erste bundesweit gültige Abfallwirtschaftsgesetz wurde

1990 beschlossen, das zur Grundlage für weit reichende Veränderungen in der österreichischen Abfallwirtschaft werden sollte.

Mit der Festlegung der Ziele und Grundsätze im AWG 1990 und in den daraufhin entstandenen verbindlichen Rechtsnormen wurden Rahmenbedingungen definiert und eine Basis geschaffen, Abfallströme im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung zu lenken. Nachhaltige Entwicklung beinhaltet die Schonung natürlichen Ressourcen, also einen sparsamen Umgang mit Rohstoffen und eine Reduktion von Emissionen zur Gewährleistung der Tragfähigkeit unserer Umwelt.

Knapp 20 Jahre nach dem Inkrafttreten des ersten Bundesabfallwirtschaftsgesetzes stellt sich die Frage, inwieweit die Auswirkungen in der Praxis erkennbar und quantifizierbar sind. Demzufolge sollen in dieser Arbeit die aus den Rechtsvorschriften resultierenden Veränderungen analysiert und die Umsetzung der Ziele am Beispiel eines regionalen Abfallverbandes bewertet werden.

Die Hauptmotivation für diese Vorgehensweise liegt in der Fragestellung, wie sich abfallwirtschaftliche Maßnahmen, die auf höchster politischer Ebene getroffen werden, im regionalen Bereich auswirken bzw. wie lange es dauert, bis Änderungen wirksam werden.

Außerdem sollen auf diesem Wege Erkenntnisse gewonnen werden, welchen Beitrag die Abfallwirtschaft in diesem Zusammenhang für eine nachhaltige Entwicklung in Österreich bereits geleistet hat und auch zukünftig leisten kann.

## 1.2 Ziele

Das **Hauptziel** definiert die Aufgabenstellung dieser Arbeit:

Bewertung von Veränderungen in der niederösterreichischen Abfallwirtschaft anhand der Analyse von Güter- und Stoffströmen eines regionalen Abfallwirtschaftsverbandes

Mittels der Methode der Stoffflussanalyse sollen die relevanten Prozesse abgebildet, sowie die wichtigste Güter- und Stoffströme im System dargestellt werden. Aus den Zielen und Grundsätzen der Abfallwirtschaft sind Bewertungskriterien abzuleiten, mit denen die Entwicklung analysiert werden kann.

Daraus können folgende **Unterziele** abgeleitet werden:

Skizzierung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene

Gesetze, Richtlinien und Verordnungen legen richtungweisend die Rahmenbedingungen der Abfallwirtschaft vor. Die Entscheidungskompetenz liegt auf mehreren Ebenen und beeinflusst dabei jeweils alle darunter liegenden Bereiche. Aus der Fülle der rechtlichen Vorschriften sind die für die Zielerreichung dieser Arbeit relevanten Bereiche herauszuheben.

Entwicklung einer möglichst übersichtlichen Abbildung bzw. Modellierung des zu untersuchenden Abfallwirtschaftssystems

Um eine Güter- und Stoffflussanalyse durchführen zu können, ist das ausgewählte System räumlich und zeitlich abzugrenzen. Zusätzlich sind bestimmte Adaptierungen und Vereinfachungen zu treffen, um eine klare Darstellung im Sinne der Aufgabenstellung zu ermöglichen.

Auswahl und Beschreibung von relevanten Prozessen, Gütern und Stoffen für eine möglichst anschauliche Betrachtungsweise

Eine möglichst präzise Auswahl ist für eine spätere Bewertung von hoher Wichtigkeit. Es sollen weder bedeutende Parameter übersehen werden noch alle Einflüsse bis ins kleinste Detail dargestellt werden, da sonst die Übersichtlichkeit verloren ginge. Eine

genaue Kenntnis der Prozessabläufe ist für die Berechnung mit Hilfe von Transferkoeffizienten unerlässlich.

#### Recherche und Festlegung von Transferkoeffizienten für die ausgewählten Prozesse

Die Güter- und Stoffströme werden in den Prozessen gemäß den Transferkoeffizienten auf weitere Prozesse aufgeteilt. Die Qualität und Genauigkeit der Daten wirkt sich wesentlich auf das Ergebnis der Stoffflussanalyse aus.

#### Erhebung von Güterflüssen und relevanten Stoffströmen, sowie deren Auftreten und Zusammensetzung

Diese Größen stellen die Eingangsparameter der Stoffflussanalyse dar. Für die Interpretation der Ergebnisse ist es wichtig, dass nicht nur die Güterflüsse bilanziert werden, sondern auch die stoffliche Ebene betrachtet wird. Die Umrechnung von Güterebene auf Stoffebene erfolgt über die Stoffkonzentrationen der einzelnen Fraktionen.

#### Ableitung von Bewertungskriterien zur Analyse der Veränderungen im betrachteten Zeitraum

Die Stoffflussanalyse ist eine wichtige Methode zur Darstellung von Vorgängen in komplexen Systemen. Sie ist jedoch kein Bewertungsinstrument. Für die Beurteilung der Veränderungen müssen daher quantifizierbare Bewertungskriterien aus den Zielen und Grundsätzen der Abfallwirtschaft abgeleitet werden.

#### Systembeschreibung und Darstellung der Abläufe im Sammel-, Verwertungs- und Entsorgungssystem des ausgewählten Abfallverbandes

Eine genaue Kenntnis der Systemparameter und- strukturen ist nicht nur für die Abbildung und Modellierung notwendig, sondern auch für die Interpretationen der Ergebnisse bzw. das Erkennen von Verbesserungspotentialen.

#### Darstellung der Güter- und Stoffflüsse mittels der Methode der Stoffflussanalyse und Auswertung unter Zuhilfenahme der Bewertungskriterien

Mit Hilfe der Software STAN sind die Ergebnisse der Bilanzierung auf Güterebene sowie für die ausgewählten Stoffe darzustellen. Die Auswertung erfolgt für die bei der Systemabgrenzung ausgewählten Jahre.

Möglichst transparente Darstellung des monetären Aufwandes für die Modifikationen im betrachteten System

Dafür sollen die Jahresabschlüsse des ausgewählten Verbandes herangezogen werden und wenn möglich, die Kosten den getroffenen Maßnahmen zugeordnet werden. Jeder Haushalt bezahlt mit den Müllgebühren für die Entsorgung und Verwertung seiner Abfälle. Ist es möglich, über diese Abgaben Rückschlüsse auf die Entsorgungskosten zu ziehen?

## 1.3 Fragen

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche wesentlichen Rechtsgrundlagen sind für die Zielsetzung dieser Arbeit zu beachten?
- Eignet sich die Methode der Stoffflussanalyse für die Darstellung und Bilanzierung von Güter- und Stoffflüssen regionaler Abfallwirtschaftssysteme?
- Welche wesentlichen Prozesse, Güterflüsse und Stoffe sind als repräsentativ auszuwählen? In welchen Güterflüssen sind die ausgewählten Stoffe zu finden?
- Welche Bewertungskriterien eignen sich für die Beurteilung?
- Wie verändern sich die Güter- und Stoffflüsse im System über den betrachteten Zeitraum?
- Wie sind die Veränderungen im regionalen Abfallwirtschaftssystem zu bewerten? Wie stellt sich die Entwicklung dar?
- Wie sind die Veränderungen im Sinne der Ziele des AWG zu bewerten?
- Welche Aufwendungen (organisatorisch, monetär, gesetzlich) wurden bzw. werden betrieben?
- Können die Kosten für gesetzte Maßnahmen transparent gemacht werden? Ist eine Zuordnung dieser Kosten zu den Maßnahmen möglich? Wie verhalten sich die gesetzten Maßnahmen zu den eingesetzten Kosten?
- Können Empfehlungen für die Zukunft gegeben werden?
- Wie stehen die gewonnenen Erkenntnisse des betrachteten Systems im Verhältnis zur Gesamtsituation in Niederösterreich? Können die Ergebnisse auch auf andere Regionen umgelegt werden?



---

## 2 METHODIK UND DURCHFÜHRUNG

### 2.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

## 2.1.1 Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf EU-Ebene

Erste Anzeichen zu den Anliegen des Umweltschutzes auf europäischer Ebene finden sich schon im Vertrag von Rom, der am 1. Jänner 1958 in Kraft trat.

Die Einheitliche Europäische Akte (EEA) vom 1. Juli 1987 kann als Grundlage der abfallrechtlichen Maßnahmen auf EU-Ebene gesehen werden. Es werden drei Artikel eingeführt, die es der Gemeinschaft ermöglichen, *„die Umwelt zu erhalten, zu schützen und ihre Qualität zu verbessern, zum Schutz der menschlichen Gesundheit beizutragen und eine umsichtige und rationelle Verwendung der natürlichen Ressourcen zu gewährleisten“*. (Artikel 130 r, 130 s und 130 t EG-Vertrag)

Das Subsidiaritätsprinzip bestimmt ein Eingreifen im Umweltbereich nur dann, wenn auf Gemeinschaftsebene die Ziele besser erreicht werden können als auf Ebene der einzelnen Mitgliedsstaaten.

Mit dem Beitritt zum europäischen Wirtschaftsraum (EWR) am 1. 1. 1994 und zur Europäischen Union (EU) am 1. 1. 1995 wurden die europäischen Rechtsgrundlagen auch für Österreich verpflichtend. Seit diesem Zeitpunkt sind Verordnungen und Richtlinien der EU in der nationalen Gesetzgebung umzusetzen.

Dabei sind Verordnungen der Europäischen Union sofort nach ihrem Wirksamwerden anzuwenden. Es ist kein zusätzliches nationales Gesetz notwendig. Nationale Gesetze und Verordnungen, die mit den EU-Verordnungen in Widerspruch stehen verlieren ihre Wirksamkeit.

Von der Europäischen Union erlassene Richtlinien sind grundsätzlich von den Mitgliedsstaaten innerhalb einer bestimmten Frist mittels eines Gesetzes oder einer Verordnung umzusetzen. Die Richtlinien stellen bei der Umsetzung nur einen gewissen Rahmen dar, in dem sich der Mitgliedsstaat bewegen muss.

Die Umsetzung des EU-Rechtes fällt je nach Kompetenzvorgabe, entweder in die Hände des Bundes oder der Länder.

Im sechsten Umweltaktionsprogramm der Europäischen Kommission „Umwelt 2010: Unsere Zukunft liegt in unserer Hand“ aus dem Jahr 2001 wird die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen und Bewirtschaftung von Abfällen als eine der vorrangigen Maßnahmen in Artikel 8 Abs. 1 festgesetzt:

**Ziele und vorrangige Aktionsbereiche für die nachhaltige Nutzung und Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen und des Abfalls:**

- *Nichtüberschreitung der Belastbarkeit der Umwelt durch den Verbrauch von Ressourcen und die damit verbundenen Auswirkungen sowie Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch (...);*
- *deutliche Verringerung des Gesamtabfallvolumens durch Initiativen zur Abfallvermeidung, höhere Ressourceneffizienz und Übergang zu nachhaltigeren Produktions- und Konsummustern;*
- *deutliche Verringerung der Menge an Abfällen, die beseitigt werden, sowie der Mengen gefährlicher Abfälle unter Vermeidung einer Zunahme von Emissionen in die Luft, die Gewässer und den Boden;*
- *Förderung der Wiederverwendung; für die dann noch erzeugten Abfälle gilt: Ihr Gefährlichkeitsgrad sollte reduziert werden, und sie sollten möglichst geringe Gefahren verursachen; Verwertung und insbesondere Recycling sollten Vorrang genießen; die Menge der zu beseitigenden Abfälle sollte auf ein Minimum reduziert und die Abfälle sollten sicher beseitigt werden; die zu beseitigenden Abfälle sollten so nah wie möglich am Erzeugungsort behandelt werden, sofern dies nicht zulasten der Effizienz der Abfallbehandlung geht.*

Das Programm stellt die Grundlage für die Erstellung einer thematischen Strategie zu Abfallvermeidung und –recycling dar, die im Dezember 2005 von der Europäischen Kommission beschlossen wurde. Mit der Strategie definiert die Kommission die Ziele der zukünftigen EU-Abfallpolitik.

Am 5. April 2006 wurde die Richtlinie 2006/12/EG (Abfallrahmenrichtlinie) des Europäischen Parlaments und des Rates beschlossen, welche die ursprüngliche Abfallrahmenrichtlinie aus dem Jahr 1975 (Richtlinie 75/442/EWG) ersetzt.

Wesentlicher Bestandteil ist die Verpflichtung der Mitgliedsstaaten, Maßnahmen vorrangig zur **Vermeidung** oder **Verringerung** der Erzeugung von Abfällen und deren Gefährlichkeit sowie an zweiter Stelle zur **Verwertung** von Abfällen durch Wiederverwendung, Recycling und sonstige Verwertungsverfahren zu ergreifen.

Mit der neuen EU-Richtlinie über Abfälle (Richtlinie 2008/98/EG), welche am 12. Dezember 2008 in Kraft getreten ist, wird die bisherige 3-stufige Abfallhierarchie (Vermeiden, Verwerten, Beseitigen) durch eine neue fünfgliedrige Rangfolge (Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, Sonstige (z. B. energetische) Verwertung, Beseitigung) ersetzt.

**Artikel 1** legt den *Gegenstand und Anwendungsbereich* der Richtlinie mit starkem Bezug zum Umweltschutz im Sinne einer nachhaltigen Ressourcennutzung fest:

*„Mit dieser Richtlinie werden Maßnahmen zum Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit festgelegt, indem die schädlichen Auswirkungen der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen vermieden oder verringert, die Gesamtauswirkungen der Ressourcennutzung reduziert und die Effizienz der Ressourcennutzung verbessert werden.“*

Der *Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt* wird expliziert in **Artikel 13** angeführt:

*„Die Mitgliedsstaaten treffen die erforderlichen Maßnahmen, um sicherzustellen, dass die Abfallbewirtschaftung ohne Gefährdung der menschlichen Gesundheit oder Schädigung der Umwelt erfolgt und insbesondere*

- a) ohne Gefährdung von Wasser, Luft, Boden, Tieren und Pflanzen,*
- b) ohne Verursachung von Geräusch- oder Geruchsbelästigungen und*
- c) ohne Beeinträchtigung der Landschaft oder von Orten von besonderem Interesse.“*

Die Umsetzungsfrist für die Richtlinie in nationales Recht erstreckt sich über 2 Jahre und läuft bis zum 12. Dezember 2010.

## 2.1.2 Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf Bundesebene

„Das Jahr 1945 war nicht nur ökonomisch und politisch sozusagen die Stunde Null Österreichs, sondern auch im Bereich der Abfallwirtschaft, wenn auch dieser Begriff damals noch gar nicht bekannt war.“ (Ossberger, 1997)

Wenngleich die österreichische Bevölkerung nach dem 2. Weltkrieg andere Sorgen hatte, als sich mit der Entsorgung und Wiederverwertung von Abfällen zu beschäftigen, führte die dramatische Situation in den Nachkriegsjahren aufgrund der Ressourcenknappheit zu einem nachhaltigen Umgang mit Gütern und Rohstoffen.

Dies änderte sich infolge des wachsenden Wohlstandes und des rasanten wirtschaftlichen Aufschwungs in den 60er und 70er Jahren, wodurch die Müllmenge sprunghaft anstieg. Als Reaktion wurden in den einzelnen Bundesländern Gesetze beschlossen, die jedoch vorerst einzig die Regelung einer geordneten Müllbeseitigung zum Ziel hatten. Die Definitionen und Grundsätze der einzelnen Landesgesetze unterschieden sich jedoch grundsätzlich.

Per Bundesgesetz wurde im Jänner 1971 erstmals ein Bundesministerium für Gesundheit und Umwelt eingerichtet, welches einige Jahre später einen Bericht über die „Grundlagen für ein Abfallwirtschaftsgesetz“ (Fischer & Schäfer, 1978) veröffentlichte. Doch sollte es noch zwölf Jahre dauern, bis ein einheitliches Bundesgesetz erlassen wurde.

Die Novellierung des Bundesverfassungsgesetzes im Jahr 1988 (BGBl. 1988/685), war in mehrerer Hinsicht ein bedeutender Schritt in der Geschichte der österreichischen Abfallwirtschaft. Einerseits wurde der Begriff „Abfallwirtschaft“ zum ersten Mal als eigener Terminus in der Gesetzgebung festgelegt. Zum anderen wurde die bis dahin eingeschränkte Bundeskompetenz durch Zuständigkeiten für verschiedene Abfallarten nach ihrer Herkunft und nicht nach ihren Eigenschaften neu geregelt. Das Fehlen eines eigenen Kompetenzbestandes des Bundes hatte bis dahin zur Folge, dass keine einheitliche Regelung möglich war und eine Rechtszersplitterung vorlag. Die Abfallwirtschaft konnte als so genannte „Annexmaterie“ vom Bund nur in

Zusammenhang mit Sachmaterien (z. B. Wasserrecht), die in die Kompetenzbestimmungen des Bundes fielen, geregelt werden.

Nach Art. 10 Abs. 1 Z. 12 B-VG ist seither die Abfallwirtschaft hinsichtlich gefährlicher Abfälle, in Gesetzgebung und Vollziehung Bundessache, hinsichtlich anderer Abfälle nur soweit ein Bedürfnis nach Erlassung einheitlicher Vorschriften vorhanden ist. Die gefährlichen Abfälle fallen also zur Gänze in Bundeskompetenz, während den Ländern die Gesetzgebung und Vollziehung hinsichtlich aller übrigen Abfälle obliegt, soweit nicht der Bundesgesetzgeber von seiner Bedarfskompetenz gebraucht macht.

Ein vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie (BMUJF) eingerichteter Abfallwirtschaftsbereich veröffentlichte im Sommer 1988 die so genannten „Leitlinien zur Abfallwirtschaft“, die Prinzipien und Ziele abfallwirtschaftlicher Maßnahmen beschrieben.

Am 6. Juni 1990 wurde das erste Bundesgesetz über die Vermeidung und Verwertung von Abfällen (BGBl. 325/1990) vom österreichischen Nationalrat beschlossen, welches am 1. Juli 1990 in Kraft trat.

Als elementare Grundlage für eine effiziente Güter- und Stoffwirtschaft werden in Paragraph 1, Absatz 1 die Ziele der Abfallwirtschaft wie folgt festgelegt:

*Die Abfallwirtschaft ist danach auszurichten, dass,*

- 1. schädliche, nachteilige oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkungen auf Menschen sowie auf Tiere, Pflanzen, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt so gering wie möglich gehalten werden,*
- 2. Rohstoff- und Energiereserven geschont werden,*
- 3. der Verbrauch von Deponievolumen so gering wie möglich gehalten wird,*
- 4. nur solche Stoffe als Abfälle zurück bleiben, deren Ablagerung kein Gefahrenpotential für nachfolgende Generationen darstellt.*

*(Vorsorgeprinzip)*

Als Grundsätze sind in Paragraph 1, Absatz 2 die Abfallvermeidung vor der Abfallverwertung und vor der Abfallentsorgung festgelegt. Im Zuge der EU-Novelle 1996 zum Abfallwirtschaftsgesetz (BGBl. 434/1996) wurde auch die thermische Verwertung als Maßnahme einer umfassenden Abfallwirtschaft anerkannt und der stofflichen Verwertung gleichgestellt.

Eine komplette Überarbeitung des Gesetzes führte schließlich zum Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002) (BGBl. 102/2002), welches mit 2. November 2002 in Kraft trat und unter anderem in folgenden Punkten wesentliche Neuerungen brachte:

- Aufnahme des Prinzips der Nachhaltigkeit
- Änderung des Abfallbegriffs (Anpassung an EU-Recht) und einiger Definitionen
- Festlegung von Behandlungspflichten
- Einführung des elektronischen Datenmanagements für Abfallsammler und –behandler
- Einführung einer Missbrauchsaufsicht für haushaltsnahe Sammel- und Verwertungssysteme
- Änderungen in den Bestimmungen für Behandlungsanlagen

Das Vorsorgeprinzip und die Nachhaltigkeit als wesentliche Prinzipien der Abfallwirtschaft werden nunmehr den in § 1 Abs. 1 definierten Zielen vorangestellt. In Entsprechung des Kyoto-Protokolls sind die klimarelevanten Gase so gering wie möglich zu halten. Der Begriff „Luftschadstoffe“ ist im Immissionsschutzrecht definiert.

Aufgrund der zentralen Bedeutung der überarbeiteten und ergänzten Ziele des AWG 2002 für die Ableitung der Zielkriterien dieser Arbeit wird der Gesetzestext im Folgenden zitiert:

*§ 1. (1) Die Abfallwirtschaft ist im Sinne des Vorsorgeprinzips und der Nachhaltigkeit danach auszurichten, dass*

- 1. schädliche oder nachteilige Einwirkungen auf Mensch, Tier und Pflanze, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt vermieden oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkungen so gering wie möglich gehalten werden,*

- 2. die Emissionen von Luftschadstoffen und klimarelevanten Gasen so gering wie möglich gehalten werden,*
- 3. Ressourcen (Rohstoffe, Wasser, Energie, Landschaft, Flächen, Deponievolumen) geschont werden,*
- 4. bei der stofflichen Verwertung die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe kein höheres Gefährdungspotential aufweisen als vergleichbare Primärrohstoffe oder Produkte aus Primärrohstoffen und*
- 5. nur solche Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung keine Gefährdung für nachfolgende Generationen darstellt.*

Dabei gelten die drei Grundsätze der **Abfallvermeidung**, also Abfallaufkommen und deren Schadstoffe so gering wie möglich zu halten, **Abfallverwertung**, soweit dies ökologisch zweckmäßig und technisch möglich ist, und **Abfallbeseitigung** von nicht verwertbaren Abfällen durch biologische, thermische, chemische oder physikalische Verfahren. Feste Rückstände sind möglichst reaktionsarm und ordnungsgemäß abzulagern.

Die Grundsätze beschreiben dabei den Weg, wie oben angeführte Ziele erreicht werden sollen und welche Maßnahmen daher zu erfolgen haben.

Im AWG 2002 werden auch einige Begriffsbestimmungen neu definiert, darunter auch der Abfallbegriff selbst. Grundsätzlich kann von Abfall gesprochen werden, wenn an einer beweglichen Sache durch die/den EigentümerIn entweder Entledigungsabsicht besteht (subjektiver Abfallbegriff) oder die Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich ist, um die öffentlichen Interessen nicht zu beeinträchtigen (objektiver Abfallbegriff).

Die Begriffe Altstoffe, Siedlungsabfälle, gefährliche Abfälle, Problemstoffe und Altöl sowie weitere abfallwirtschaftlich relevante Definitionen sind ebenfalls in § 2 AWG geregelt.

Bei der Neufassung des AWG 2002 wurde auch das Prinzip der Abfallvermeidung stärker verankert. Eine ökologisch sinnvolle Abfallverwertung unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit soll unter Beachtung des Kosten-Nutzen-Prinzips verstärkt umgesetzt werden. Das bereits erwähnte 6. Umweltaktionsprogramm der EU hat hier das AWG nicht unwesentlich beeinflusst.

Mit der Inanspruchnahme der Bedarfskompetenz des Bundes betreffend nicht gefährlicher Abfälle (z. B. Qualitätsstandards für die Sammlung und Behandlung von Abfällen oder Anlagenehmigungen für nicht gefährliche Abfälle) sollen Vereinfachungen des Abfallrechts bewirkt werden. So sind künftig mit Ausnahme der Detailregelung für die kommunale Abfuhr alle Bestimmungen im AWG 2002 enthalten.

Das AWG 2002 wurde durch Novellierungen in den Jahren 2004 und 2007, sowie zuletzt durch die AWG-Novelle Batterien (BGBl. 54/2008) den Anforderungen infolge geänderter abfallwirtschaftlicher Rahmenbedingungen angepasst.

Entsprechend der Festlegungen in den Abfallwirtschaftsgesetzen (inklusive seiner Novellierungen) wurde eine Reihe von Verordnungen nach den Vorgaben des AWG erlassen. Jene, die für diese Arbeit von Bedeutung sind, werden im Folgenden beschrieben.

#### 2.1.2.1 Verpackungsverordnung

Die Verordnung über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen und bestimmten Warenresten (VerpackungsVO) (BGBl. 645/1992) trat am 1. Oktober 1993 in Kraft.

Die Verordnung verpflichtet alle Hersteller und Vertreiber von Verpackungen zur unentgeltlichen Rücknahme, Sammlung und stofflichen Verwertung der von ihnen in Verkehr gebrachten oder verwendeten Verpackungen. Es besteht die Möglichkeit, dass sich Hersteller und Vertreiber hierfür Dritter, in Form von flächendeckenden Sammel- und Verwertungssystemen, bedienen.

Der Letztverbraucher wird verpflichtet die Verpackung einer zulässigen Verwendung oder Verwertung zuzuführen, allenfalls diese in dafür bestimmte Sammel- und Verwertungssysteme einzuführen oder dem Rücknahmeverpflichteten zurückzugeben.

1992 erfolgte auch eine gleichzeitige Verordnung über die Festsetzung von Zielen zur Vermeidung und Verwertung von Abfällen von Getränkeverpackungen und sonstigen Verpackungen, der Verpackungszielverordnung (BGBl. 646/1992).

Eine Novellierung dieser Verordnung wurde im Jahr 1996 beschlossen, um auch den Zielvorgaben der EU-Richtlinie zu entsprechen. Weiters wurde die Einrichtung von Sammel- und Verwertungssystemen genauer festgelegt.

Die bereits seit Ende 2004 in Diskussion stehende Verpackungsverordnungs-Novelle, die im Wesentlichen die Umsetzung der Änderung der EU-Richtlinie über Verpackungen und Verpackungsabfälle verfolgte, wurde am 26. September 2006 mit BGBl. 364/2006 verlautbart.

Die Novelle, die im Wesentlichen mit 1. Oktober 2006 in Kraft trat, führt die Verpackungsverordnung 1996 mit der Verpackungszielverordnung aus dem Jahr 1992 zusammen. Wesentliche Neuerung ist die Einführung des elektronischen Meldewesens sowie Informationspflichten über die Systemteilnahme. Auch die Verpackungskennzeichnungsvorgaben der EU wurden für Österreich übernommen.

#### 2.1.2.2 Deponieverordnung

Mit der Verordnung über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung) (BGBl 164/1996), die auf Grund der §§ 11, 14, 29 und 17 des AWG erlassen wurde, wurden folgende Bereiche genau festgelegt:

- Begriffsbestimmungen und Zuordnung der Abfälle zu den Deponietypen (Bodenaushubdeponie, Baurestmassendeponie, Reststoffdeponie, Massenabfalldeponie)
- Beurteilung der Qualität von Abfällen (Eingangskontrolle)
- Anforderungen an den Standort einer Deponie und die Deponietechnik (Abdichtung, Entwässerung, Deponiegasbehandlung)
- Genehmigung und Betrieb (einschließlich Dokumentation) einer Deponie

Die Festsetzungen dieser Verordnung galten vorerst nur für die Errichtung neuer Anlagen oder die wesentliche Änderung von Deponien, nicht aber für bestehende Deponien. Im AWG 2002 wurden in den Übergangsbestimmungen zur Anpassung der Deponien an die Deponieverordnung 1996 auch für Deponien, die vor Inkrafttreten der DeponieVO 1996 genehmigt wurden, Fristen für die Übernahme der Verordnung festgesetzt.

Demzufolge dürfen seit dem 1. Jänner 2004 - bis auf regionale Ausnahme-genehmigungen – nur noch Abfälle deponiert werden, deren Anteil an organischem Kohlenstoff (TOC) weniger als 5 Masse-% beträgt. Von diesem Verbot ausgenommen sind Abfälle aus mechanisch-biologischer Vorbehandlung, sofern der aus der Trockensubstanz bestimmte Verbrennungswert (oberer Heizwert) dieser Abfälle weniger als 6.600 kJ/kg (bei Mehrfachuntersuchung) beträgt, und die zusätzlichen Parameter für die Bestimmung der biologische Aktivität (Atmungsaktivität und Gasbildungsrate) eingehalten werden.

In der Deponieverordnung sind für jeden Deponietyp eigene Grenzwerte für Abfälle (Gesamtgehalte und Eluatwerte) und Anforderungen an das Bauwerk festgelegt.

Die einzelnen Deponietypen unterscheiden sich in den Grenzwerten der Schadstoffgehalte.

Einer Novellierung der Verordnung im Jahr 2004 folgte eine schon im Vorfeld lebhaft diskutierte neue Deponieverordnung 2008, kundgemacht am 30. Jänner 2008 (BGBl. 39/2008).

Neben der Umsetzung der Inhalte der neuen europäischen Abfallrahmenrichtlinie 2006 sowie der europäischen Deponierichtlinie (Richtlinie 1999/31/EG) wurde eine Neueinteilung der Deponieklassen (inkl. Unterklassen) vorgenommen:

1. *Bodenaushubdeponie*
2. *Inertabfalldeponie*
3. *Deponie für nicht gefährliche Abfälle:*
  - a) *Baurestmassendeponie*
  - b) *Reststoffdeponie*
  - c) *Massenabfalldeponie*
4. *Deponie für gefährliche Abfälle (nur als Untertagedeponie)*

Weiters sind das neu definierte Abfallannahmeverfahren zu nennen, dessen Anforderungen im Anhang 4 der Verordnung ausführlich behandelt sind, sowie die Aufnahme von Regelungen zur Umsetzung der Berichtspflichten im Wege des elektronischen Datenmanagements (EDM). Die Deponieverordnung 2008 trat mit 1. März 2008 in Kraft, enthält aber gestaffelte Übergangsregelungen bis längstens 1. Jänner 2013 für bestehende Deponien.

### 2.1.2.3 Bioabfall- und Kompostverordnung

Infolge des AWG 1990 wurde im Jänner 1992 erstmals eine Verordnung über die getrennte Sammlung biogener Abfälle (BGBl. 68/1992) kundgemacht, die mit 1. Juli 1994 in Kraft treten sollte. Im Juni 1994 wurde die Verordnung dahingehend abgeändert, dass ein Inkrafttreten erst ab dem 1. Jänner 1995 festgesetzt wurde.

Die Verordnung legt fest, welche biologisch abbaubaren Abfälle einer getrennten Sammlung zuzuführen sind, sofern diese nicht im unmittelbaren Bereich des Haushaltes oder der Betriebsstätte verwertet werden.

Einheitliche Qualitätsstandards für Komposte definiert die Kompostverordnung (BGBl. 292/2001), die mit 1. September 2001 in Kraft getreten ist. Die Verordnung regelt die Art und die Herkunft der Ausgangsmaterialien aus Abfällen, die Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen und die Kennzeichnung von Komposten. Die Eigenkompostierung sowie Kleinmengen bis 150 m<sup>3</sup> sind jedoch vom Anwendungsbereich der Verordnung nicht betroffen.

### 2.1.2.4 Bundesabfallwirtschaftsplan

Die Verwirklichung der Ziele und Grundsätze gemäß AWG und den dazugehörigen Verordnungen soll der Bundes-Abfallwirtschaftsplan aufzeigen. Er ist vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft mindestens alle fünf (nach AWG 1990 anfänglich alle drei) Jahre zu erstellen.

Im Juni 2006 ist der fünfte Plan seit dem Jahr 1992 veröffentlicht worden.

Im BAWP sollen durch periodische Fortschreibungen die Dynamik und Entwicklung der Abfallwirtschaft beschrieben werden. In ihm müssen gemäß § 8 Abs. 2 AWG die Bestandsaufnahme der Situation der Abfallwirtschaft und die regionale Verteilung der Anlagen zur Beseitigung von Abfällen enthalten sein.

Weiters hat er die aus § 1 AWG abgeleiteten konkreten Vorgaben

- a) zur Reduktion der Mengen und Schadstoffgehalte der Abfälle,*
- b) zur umweltgerechten und volkswirtschaftlich zweckmäßigen Verwertung von Abfällen,*
- c) zur Beseitigung der nicht vermeidbaren oder verwertbaren Abfälle,*



*d) zur Verbringung von Abfällen nach oder aus Österreich zur Verwertung oder Beseitigung und*

*e) zur Förderung der Verwertung von Abfällen, insbesondere im Hinblick auf eine Ressourcenschonung;*

sowie die geplanten Maßnahmen des Bundes zur Erreichung dieser Vorgaben und besondere Vorkehrungen für bestimmte Abfälle und deren Behandlungspflichten und Programme zu umfassen.

### 2.1.3 Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf Landesebene

Als Reaktion auf das ungebremste Deponiewachstum der 60er und 70er Jahre und wohl auch schon unter dem Eindruck einer rollenden Mülllawine wurde im Jahr 1972 vom NÖ Landtag das NÖ Müllbeseitigungsgesetz (LGBl. 8240 - O/1972) beschlossen. Es löste das niederösterreichische Hauskehrichtabfuhrgesetz vom 29. November 1951 (LGBl. 91/1952) ab, das in keinsten Weise mehr den damaligen Anforderungen entsprach.

Die Gemeinden sollten durch dieses Gesetz verpflichtet werden, den Müll von bebauten Grundstücken zu entsorgen und einen Kostenbeitrag für die Abfuhr und Beseitigung des Mülls in Form von Müllbeseitigungsgebühren einzuheben. (§§ 8 und 9 NÖ Müllbeseitigungsgesetz 1972).

Neben der Einführung einer geordneten Müllabfuhr in den Gemeinden sollten die wild wuchernden Deponiestandorte durch regionale Behandlungsanlagen ersetzt, sowie höherwertige Behandlungsverfahren eingeführt werden. Die Frage, was mit dem eingesammelten Hausmüll zu geschehen hatte, regelte der Gesetzgeber allerdings nicht.

Die Schwierigkeiten in der Umsetzung des Müllbeseitigungsgesetzes waren einer der wesentlichen Gründe zur Einrichtung der NÖ Umweltschutzanstalt im Rahmen des NÖ Umweltschutzgesetzes im Jahre 1974 (LGBl. 8050/1974).

Als Körperschaft öffentlichen Rechts wurde sie beauftragt, Maßnahmen zur Entsorgung und Verwertung von Müll und anderen Abfallstoffen zu setzen.

Im Wettlauf mit den anderen Bundesländern und noch vor Inkrafttreten eines Abfallwirtschaftsgesetzes auf Bundesebene wurde im Jahr 1987 das niederösterreichische Abfallwirtschaftsgesetz (LGBl. 8240/1987) verabschiedet.

Dieses Gesetz löste das NÖ Müllbeseitigungsgesetz, das am 31. Dezember 1987 außer Kraft gesetzt wurde, ab und wurde im Jahr 1989 infolge der Gewerberechtsnovelle (BGBl. 399/1988) novelliert.

Im Gegensatz zum Müllbeseitigungsgesetz hatte dieses Abfallwirtschaftsgesetz nicht nur die Beseitigung des Abfalls als Ziel, sondern stellt die Wiederverwertung und Verringerung des Abfalls in den Mittelpunkt.

Am 30. April 1992 beschloss der niederösterreichische Landtag das Gesetz über die Abfallwirtschaft in Niederösterreich, das NÖ AWG 1992 (LGBl. 8240/1992).

Nach den einschneidenden Kompetenzverschiebungen im Bereich der Abfallwirtschaft durch die B-VG-Novelle 1988 sollte das NÖ Abfallwirtschaftsgesetz 1992 unter Beibehaltung der Zielsetzungen an die neuen Gegebenheiten angepasst werden.

Wichtige Änderungen haben sich dabei auch durch die Erlassung des Abfallwirtschaftsgesetzes des Bundes ergeben, da der Bundesgesetzgeber mit diesem Gesetz in vielen Bereichen seine Bedarfsgesetzgebungskompetenz ausgenutzt hat und dadurch – etwa im Bereich der Abfallvermeidung – auch eine für die Länder bindende Rechtslage geschaffen hat.

Das NÖ AWG 1992 wurde in den Jahren 2000, 2001, 2003/2004 und 2004/2005 (Anpassung an das AWG 2002) novelliert bzw. den abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen angepasst.

Ziel des NÖ AWG 1992 ist es, die Abfallwirtschaft im Land Niederösterreich nach den Grundsätzen des umfassenden Umweltschutzes auszugestalten. Die Ziele und Grundsätze wurden im Wortlaut vom AWG 2002 übernommen.

Im NÖ AWG 1992 wird zwischen den folgenden Begriffen unterschieden:

**Siedlungsabfälle:** *Abfälle aus privaten Haushalten und andere Abfälle, die aufgrund ihrer Beschaffenheit oder Zusammensetzung den Abfällen aus privaten Haushalten ähnlich sind. [...]*

**Müll:** *Nicht gefährliche, vorwiegend feste Siedlungsabfälle (Restmüll, kompostierbare Abfälle und Altstoffe), die üblicherweise in privaten Haushalten oder im Rahmen von Betrieben, Anstalten und sonstigen Einrichtungen, wenn das Abfallaufkommen in Menge und Zusammensetzung mit einem privaten Haushalt vergleichbar ist, anfallen.*

**Betriebliche Abfälle:** *Nicht gefährliche Siedlungsabfälle aus landwirtschaftlichen und gewerblichen Betrieben sowie aus Anstalten und sonstigen Einrichtungen, soweit sie nicht Müll oder Sperrmüll sind.*

Neben dem Bekenntnis zur Abfallvermeidung im Sinne der Ziele und Grundsätze sind im NÖ AWG 1992 die Erfassung und Behandlung von nicht gefährlichem Siedlungsabfall bzw. die getrennte Erfassung von Müll im Pflichtbereich geregelt. Im vierten Abschnitt des Gesetzes ist die Berechnung und Einhebung der Abfallwirtschaftsgebühr und der Abfallwirtschaftsabgabe festgelegt.

Im Gesetzestext werden alle Wirkungsbereiche geregelt, die nicht ausdrücklich durch die Bundesverfassung, durch die Gesetzgebung, oder durch die Vollziehung des Bundes geregelt sind. So etwa im Bereich der nichtgefährlichen Siedlungsabfälle, deren Erfassung und Behandlung, der Regelung von Pflichtbereichen, der landesabfallrechtlichen Planungsbefugnisse, dem einschlägigen Abgabewesen, sowie hinsichtlich der Regelung über Abfallwirtschaftsverbände.

## 2.2 Methodik

### 2.2.1 Methode der Stoffflussanalyse (SFA)

Als bedeutende Methode zur Beschreibung und Analyse von komplexen Systemen in der Abfallwirtschaft hat sich die Methode der Stoffflussanalyse bewährt. Sie wurde von Baccini & Brunner (1991) ursprünglich zur Beschreibung des Stoffwechsels der Anthroposphäre (Lebensraum des Menschen) entwickelt und in vielen Fällen in der Literatur erfolgreich angewendet.

Die Stoffflussanalyse ist eine Methode zur Erfassung, Beschreibung und Interpretation von Stoffhaushaltssystemen. Sie ist die systematische Bestandsaufnahme des Weges von Stoffen (z. B. Chlor, Cadmium) und/oder von Gütern (z. B. Auto, Hausmüll). Alle Eingangs- und Ausgangsgrößen eines abgegrenzten Systems (Bilanzraum) werden unter der Berücksichtigung der Akkumulation (Lager) und der Umwandlung der Massen einander gegenübergestellt. Gemäß dem Massenerhaltungssatz geht im Rahmen eines solchen Vorganges keine Masse verloren, es ändert sich nur ihr Zustand und damit auch ihre Verfügbarkeit.

Der Vorteil der SFA liegt darin, dass ein komplexes Abfallwirtschaftssystem auf die für die Fragestellung relevanten Güter, Stoffe und Prozesse reduziert und somit auf anschauliche Weise dargestellt werden kann. Dadurch können die relevanten Güter- und Stoffflüsse erkannt und für eine weitere Beurteilung herangezogen werden.

Im Jahr 2003 wurde vom Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) ein einheitliches Vorgehen für die Anwendung der SFA in der Abfallwirtschaft im Regelblatt 514 detailliert beschrieben (ÖWAV, 2003).

Ausgangspunkt jeder SFA ist demnach die Festlegung eines geeigneten Systems mit klar definierten räumlichen und zeitlichen Grenzen. Es muss genau definiert werden, welche Prozesse innerhalb der räumlichen Systemgrenzen liegen und welche nicht. Das System kann zum Beispiel auf einen Betrieb, eine Region oder ein Bundesland begrenzt sein. Die zeitliche Systemgrenze ist abhängig von dem zur Verfügung

stehenden Datenmaterial und beträgt meist ein Jahr, kann sich aber auch über einen längeren Zeitraum erstrecken.

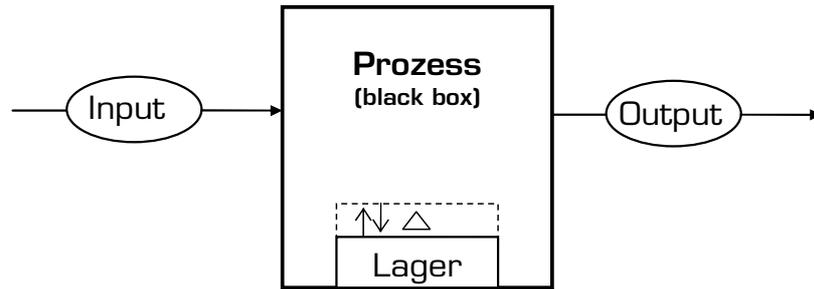
### 2.2.1.1 Begriffe und Definitionen

Um die SFA als universell einsetzbare Arbeitsmethode zu verwenden, wurden Begriffe definiert, die auch normativ festgelegt sind (ÖNORM S2096-1). Da die SFA auch für die vorliegende Arbeit die angewendete Methode darstellt, werden im Folgenden die wichtigsten Begriffe beschrieben werden:

Ein Stoff besteht aus identischen Einzelteilen und ist demzufolge ein chemisches Element (Einzelteil Atom, z. B. Kohlenstoff, Stickstoff oder Cadmium) oder eine chemische Verbindung in reiner Form (Einzelteil Molekül, z. B. CO<sub>2</sub>). Kein Stoff ist zum Beispiel Trinkwasser, da es nicht nur aus reinem Wasser (H<sub>2</sub>O) besteht, sondern darin weitere Stoffe (z. B. Magnesium) gelöst sind. Ein Stoff ist somit eine eindeutig definierte Substanz, für die ein chemisches Zeichen oder eine chemische Formel angegeben werden kann.

Ein Gut ist eine handelbare Substanz, die aus einem oder mehreren Stoffen zusammengesetzt ist. Der ökonomische Wert von Gütern kann sowohl positiv (Trinkwasser, Kompost) als auch negativ (Restmüll, Abwasser) sein. Es gibt aber auch Güter, die keinen monetären Wert aufweisen und sich somit wertmäßig neutral verhalten (Luft, Niederschlag).

Ein Prozess beschreibt die biologische, chemische oder physikalische Umwandlung, den Transport oder die Lagerung von Gütern und Stoffen. Die genauen Vorgänge innerhalb des eigentlichen Prozesses werden in der Regel nicht genauer betrachtet, d. h. der Prozess als Black Box definiert. Ist es notwendig die Prozessvorgänge genauer darzustellen, so können Subprozesse gebildet werden.



**Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Prozesses gem. ÖWAV (2003)**

Ein System ist eine räumlich und zeitlich abgegrenzte Einheit, die eine bestimmte Menge an Prozesse und Flüssen (auf Güter- und Stoffebene) und deren Beziehung zueinander darstellt. In einem System ist jeder Fluss durch je einen zugehörigen Herkunfts- und Zielprozess eindeutig identifiziert.

Systemgrenzen definieren die zeitliche und räumliche Abgrenzung des zu untersuchenden Systems. Als zeitliche Grenze wird oft ein Jahr gewählt, als räumliche Grenze kann z. B. eine politische, geographische oder betriebliche Grenze verwendet werden. Materialflüsse in ein System hinein werden als Importe, solche aus dem System hinaus als Exporte bezeichnet.

Als Fluss wird die pro Zeiteinheit zwischen zwei Prozessen bewegte Masse an Gütern bzw. Stoffen mit der Einheit Masse pro Zeit bezeichnet. Häufig wird statt „Fluss“ auch der Begriff „Fracht“ verwendet. Güter- oder Stoffflüsse in einen Prozess hinein werden Input, solche aus Prozessen hinaus Output genannt. Der diesen Flüssen zugehörige Prozess versteht sich dann als Herkunfts- bzw. Zielprozess.

Als Flux bezeichnet man den Massenfluss pro Querschnitt mit der Einheit Masse pro Zeit und Querschnitt, wobei der Querschnitt als Fläche, aber auch als andere Einheit (Einwohner, Region, Betrieb etc.) angegeben werden kann.

Ein Lager wird definiert als Bestand von Gütern bzw. Stoffen innerhalb eines Prozesses. Der Lagerbestand verändert sich aufgrund von Güter- bzw. Stoffflüssen in das bzw. aus dem Lager.

Mittels einer Stoffflussanalyse (SFA) werden in einem zeitlich und räumlich exakt abgegrenzten System alle auftretenden Import-, Export-, Input- und Outputflüsse von Gütern und Stoffen quantifiziert und die Prozesse innerhalb dieses Systems bilanziert. Für diese Bilanzierung gilt der Massenerhaltungssatz, d. h., Massen gehen nicht verloren, sondern ändern nur ihren Zustand. Das untersuchte System kann ein Einzelprozess oder eine Verknüpfung vieler Prozesse einschließlich der Unterprozesse sein.

Die Güterflussanalyse (GFA) entspricht der Definition der Stoffflussanalyse, es werden jedoch ausschließlich Güter untersucht.

### 2.2.1.2 STAN – Anwendungssoftware für Stoffflussanalysen

**STAN** - kurz für **ST**offfluss**AN**alyse - ist eine kostenlose Software (Freeware), die es ermöglicht, Güter- und Stoffflussanalysen gemäß ÖNORM S 2096 (Stoffflussanalyse - Anwendung in der Abfallwirtschaft) unter der Berücksichtigung von Datenunsicherheiten durchzuführen.

Aus vorgefertigten Bausteinen (Prozesse, Flüsse, Systemgrenze) wird ein Modell eines Systems aufgebaut, wobei auch die Konstruktion von Subsystemen möglich ist. Für das Modell können auf mehreren Ebenen (Gut, Stoff, Energie) und für mehrere Perioden Daten (Flusswerte, Lagerbestände, Konzentrationen, Transferkoeffizienten) inklusive Unsicherheit und Einheit eingegeben werden. Die Ergebnisse werden übersichtlich in Form von Sankey-Diagrammen dargestellt. (Cencic & Rechberger, 2006)

Der Vorteil dieser benutzerfreundlichen Software liegt darin, dass sie sowohl für die Erstellung einfacher Güterflusssysteme (z. B. für ein betriebliches Abfallwirtschaftskonzept) als auch für die Erstellung komplexer Güter- und Stoffflusssysteme inklusive statistischer Analysen (z. B. im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen) verwendet werden kann. Die vom Lebensministerium, den Bundesländern Österreichs und der voestalpine Stahl GmbH finanzierte Software wurde unter der Leitung von DI Oliver Cencic am Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der TU Wien in Zusammenarbeit mit inka-software entwickelt und ist unter [www.iwa.tuwien.ac.at](http://www.iwa.tuwien.ac.at) erhältlich.

## 2.2.2 Systemdefinition, Adaptierung und Modellierung

Mit Hilfe der Systemdefinition wird ein Ersatzbild der Wirklichkeit erstellt, in dem von realen, komplexen Gegebenheiten mit einer Vielzahl von Prozessen und Verknüpfungen (Güter- und Stoffflüssen) ein vereinfachtes, überschaubares und handhabbares Modell erstellt wird. Im Modell wird die Realität auf die wesentlichen Bestandteile reduziert. Das Modell muss so aufgebaut sein, dass die Aufgabenstellung gelöst werden kann. (ÖWAV, 2003)

Dafür ist es nicht notwendig, alle Flüsse und Prozesse zu erfassen. Es gilt vielmehr, die zentralen Flüsse und Prozesse zu identifizieren. Weiters werden die räumliche und zeitliche Systemgrenze festgelegt.

### 2.2.2.1 Räumliche Systemgrenze

Betrachtungsgebiet für die gegenständliche Arbeit sind alle Mitgliedsgemeinden des „**Gemeindeverbandes für Aufgaben des Umweltschutzes im Bezirk Gänserndorf**“ (GVU Gänserndorf). Dies entspricht nicht allen Gemeinden des politischen Bezirkes Gänserndorf, da aus unterschiedlichen Gründen bis dato nicht alle Kommunen dem regionalen Abfallwirtschaftsverband beigetreten sind. Eine genaue Auflistung der Verbandsgemeinden ist in Kap. 2.3.2.2. (Systemanalyse GVU Gänserndorf) zu finden.

Der Grund für die Festlegung dieser Grenze liegt einerseits darin, dass die für diese Untersuchung notwendigen abfallwirtschaftlichen Kenndaten und Sammelmengen in einheitlicher und vergleichbarer Weise für alle Mitgliedsgemeinden vorliegen und somit die Unsicherheiten bei der Datenerhebung reduziert werden kann. Zum anderen können die für die Fragestellung relevanten Ergebnisse klarer den operativen Tätigkeiten des regionalen Verbandes zugeordnet werden.

Sofern es die Modellierung des Systems erforderlich macht, werden auch Prozesse berücksichtigt, die nicht innerhalb der Grenzen des Betrachtungsgebiets liegen. Beispiel dafür ist der Prozess der Müllverbrennung, der erst seit der Betriebsaufnahme der MVA Zistersdorf im Jahr 2009 im Bezirk Gänserndorf liegt. Zuvor wurden die Güter in die MVA Zwettendorf/Dürnrohr exportiert.

#### 2.2.2.2 Zeitliche Systemgrenze

Als untere zeitliche Systemgrenze wird ein Jahr festgelegt. Für die Bewertung der kurz-, mittel- und langfristigen Emissionen aus den Deponien ist dieser Zeitraum jedoch zu kurz. Aus diesem Grund wird für die Prozesse, die ein Deponierungsverhalten simulieren, die zeitliche Systemgrenze mit 100 Jahren festgelegt.

Im Sinne des Hauptzieles dieser Arbeit soll die Güter- und Stoffbilanz zu charakteristischen Zeitpunkten dargestellt werden. Es wurden vier relevante Jahre ausgewählt, für die auch die notwendige Datenbasis vorhanden ist:

Für das Jahr 1991 liegen die ersten statistischen Erhebungen der Abfallmengen auf Verbandsebene vor. Der Abfallwirtschaftsverband steht noch vor seiner Gründung, d.h. die Kompetenzen der Abfallbewirtschaftung liegen bei den jeweiligen Gemeinden.

Im Jahr 1997 ist der GVV Gänserndorf bereits operativ tätig und besteht aus insgesamt 37 Mitgliedsgemeinden. Die ersten Maßnahmen des Verbandes (Einführung getrennter Sammelsysteme, Konzentration der Verwaltung, verstärkte Öffentlichkeitsarbeit) werden umgesetzt.

Das Jahr 2004 brachte eine grundlegende Änderung der Rahmenbedingungen in der österreichischen Abfallwirtschaft. Mit Inkrafttreten der Deponieverordnung (1996) durften ab 1. Jänner 2004 nur noch Abfälle abgelagert werden, deren Anteil an organischem Kohlenstoff (TOC) weniger als 5 Masse - % beträgt. In Niederösterreich wurde von der Ausnahmemöglichkeit gem. §76 (7) AWG 2002 (Verschiebung des Ablagerungsverbotes von 01.01.2004 auf 31.12.2008) nicht Gebrauch gemacht. Daher gelangte ab diesem Zeitpunkt kein unbehandelter Rest- und Sperrmüll auf die Deponie. Das Inkrafttreten der Verordnung bewirkte auch beim Verwertungssystem des GVV Gänserndorf einige strukturelle Veränderungen.

Das Jahr 2008 wurde entsprechend der Verfügbarkeit der aktuellsten Auswertung abfallwirtschaftlicher Daten im Untersuchungsgebiet ausgewählt.

### 2.2.2.3 Systemadaptierung und Modellierung

Als Systeminput werden Abfälle aus Haushalten und hausmüllähnlicher Abfall definiert. Abfälle aus "Haushalten und ähnlichen Einrichtungen" setzen sich aus den Fraktionen Restmüll, Sperrmüll, Altstoffe (u. a. Papier, Glas, Metall, Kunststoff, Textilien), biogene Abfälle und Problemstoffe zusammen und entsprechen im Wesentlichen dem Begriff „Siedlungsabfälle“ gem. § 2 Abs. 4 Z 2 AWG 2002.

Die Abfälle stammen somit aus Haushalten, Verwaltungseinrichtungen, Kindergärten, Schulen, Krankenhäusern, aus dem Kleingewerbe, aus der Landwirtschaft und von sonstigen Anfallstellen, sofern diese an die kommunale Müllabfuhr angeschlossen sind.

Dies stellt sicherlich eine Vereinfachung des realen Systems dar, jedoch würde die Berücksichtigung des gesamten Abfallspektrums aller Abfallarten über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen. Für die Beantwortung der Fragestellung stellt diese Abgrenzung jedoch keine Einschränkung dar, sondern soll im Gegenteil die Anschaulichkeit der Ergebnisse verdeutlichen.

Hinsichtlich der Datenlage trägt diese Definition zu einer Verbesserung der Qualität bei, da für diese Abfallarten seitens des Verbandes genaue Aufzeichnungen geführt werden. Die Angaben des GvU Gänserndorf wurden mit den Angaben in den niederösterreichischen Abfallwirtschaftsberichten verglichen und auf ihre Vollständigkeit und Richtigkeit überprüft.

Für die Beschreibung der Prozesse, im speziellen für die Ermittlung der Transferkoeffizienten, wird in der Literaturrecherche auf Referenzanlagen, die demselben Stand der Technik entsprechen, zurückgegriffen. Dies wird damit begründet, dass entsprechende Daten teilweise nicht vorhanden waren, bzw. die Daten in der Literatur einer höheren Genauigkeit und Zuverlässigkeit entsprachen.

## 2.2.3 Beschreibung der Prozesse, Auswahl von Gütern und Stoffen

Mit Hilfe von Güter- und Stoffflüssen werden Importe und Exporte über die Systemgrenzen bzw. Verbindungen innerhalb des Systems zwischen den Prozessen dargestellt. Um eine anschauliche Darstellung im Sinne der Zielerreichung zu erhalten, liegt auf der präzisen Auswahl besondere Bedeutung. Im Folgenden sollen die ausgewählten Prozesse, Güter und Stoffe genauer dargestellt und definiert werden.

### 2.2.3.1 Auswahl und Beschreibung der Prozesse

Im Folgenden werden zuerst jene Prozesse beschrieben, die in allen betrachteten Zeiträumen vorkommen und dann in chronologischer Reihenfolge alle weiteren Prozesse:

Haushalte und Einrichtungen mit haushaltsähnlichen Abfällen: liefern den Systemimport. Die Grundlage der Daten sind die erfassten Sammelmengen im Systemgebiet, ausgewertet nach den spezifischen Sammelmengen pro Einwohner und Jahr. Aufgrund der geografischen Lage des Untersuchungsgebiets ist der Anteil der Zweitwohnsitzer nicht unbedeutend (siehe auch Systemanalyse). Da sich jedoch der Großteil der Angaben im Datenmaterial auf Bewohner mit Hauptwohnsitz bezieht, gilt diese Beschränkung auch für die Importmengen.

Der Prozess befindet sich im Modell außerhalb der Systemgrenzen und wird in der grafischen Auswertung der Güter- und Stoffströme nicht bildlich dargestellt.

Sammlung und Transport: beschreibt das Abfallsammel- und Logistiksystem des Untersuchungsgebietes. Darin finden sich unterschiedliche Sammelsysteme (Hol- bzw. Bringsystem), die auf den Prozess jedoch keinen Einfluss haben. Es wird davon ausgegangen, dass die Güter bzw. Stoffe in diesem Prozess mengenmäßig konstant bleiben und auch ihre Eigenschaften nicht verändern.

Sortierung Altstoffe: Fremd- und Störstoffe werden von den getrennt erfassten Altstofffraktionen vor der stofflichen Verwertung aussortiert. Dies geschieht teilweise in separaten Anlagen oder direkt bei den Verwertungsbetrieben. Teilweise liegen diese

Sortieranlagen auch außerhalb der Systemgrenzen. Für eine einheitliche Betrachtung werden aber alle Sortierungsprozesse hier berücksichtigt.

Kompostierung: erfolgt auf mehreren kleineren Kompostierungsanlagen im Untersuchungsgebiet, die entweder von Gemeinden oder privaten Firmen betrieben werden. Da für diese Anlagen keine genauen Güter- und Stoffbilanzen vorliegen, wird als Referenzanlage die Kompostierungsanlage in Wien Lobau ausgewählt bzw. allgemeine Studien zur Bilanzierung der Güter- und Stoffströme beim Kompostierungsprozess herangezogen.

Eigenkompostierung: beschreibt die Kompostierung von biogenen Abfällen am eigenen Grundstück. Da keine genauen Angaben vorliegen, kann der Anteil der Haushalte mit Eigenkompostierung und somit der Systemimport von „Garten- und Küchenabfällen“ nur geschätzt werden. Diese Abschätzung wird aufgrund der großen Unsicherheit der Datenlage mit hohen Bandbreiten angegeben.

In den niederösterreichischen Abfallwirtschaftsberichten wird die theoretisch mögliche Menge des Eigenkompostierungspotentials berechnet. Dabei wird davon ausgegangen, dass alle Haushalte, die nicht an die Biomüllsammlung angeschlossen sind, die biogenen Abfälle selbst kompostieren. Dies sollte zwar seit Inkrafttreten der KompostVO im Jahr 1995 der Fall sein, scheint aber in der Realität nicht von allen Haushalten eingehalten zu werden.

Um eine genaue Abschätzung der Menge biogener Abfälle, die über den Prozess „Eigenkompostierung“ in das System kommen, durchführen zu können, müsste neben dem Anschlussgrad an die Biomüllsammlung auch das Vorhandensein einer Möglichkeit zur Eigenkompostierung in den Haushalten ohne Biotonne durchgeführt bzw. auch der Anteil biogenen Materials im Restmüll erhoben werden.

Stoffliche Verwertung – Recycling: soll die unterschiedlichen Verwertungsverfahren darstellen, unabhängig von der Art der Altstoffe. Die Übernahme der Altstoffe zur stofflichen Verwertung ist vertraglich zwischen dem GVV Gänserndorf und den Verwertungsgesellschaften geregelt. Zu einem großen Teil liegen die Standorte nicht im Bezirk Gänserndorf, werden jedoch auch in diesem Prozess berücksichtigt.

Vereinfacht wird davon ausgegangen, dass bei der stofflichen Verwertung die gesamte Inputmasse einschließlich ihrer Inhaltsstoffe in das Recyclingprodukt transferiert wird.

Restmüldeponie: Ablagerung von unbehandeltem „Hausmüll“ (Rest- bzw. Sperrmüll).

Der Begriff existiert nach der heutigen Rechtslage nicht mehr, da eine Ablagerung von unbehandelten Abfällen gem. Deponieverordnung (BGBl. Nr. 1996/164) untersagt ist. Für die Darstellung des Prozesses vor Inkrafttreten der Deponieordnung wird dieser Begriff jedoch sinngemäß verwendet. Da die chemischen Reaktionen in den Deponien längerfristige Auswirkungen verursachen, wird der Betrachtungszeitraum für diesen Prozess auf 100 Jahre ausgeweitet.

Sortierung Sperrmüll: Bevor der gesammelte Sperrmüll weitertransportiert wird, wird bei der Umladung die metallische Fraktion aussortiert. Dieser Prozess ist nur Systembestandteil in den Betrachtungszeiträumen 1991 und 1997.

Sortierung und Verladung: ersetzt den Prozess „Sortierung Sperrmüll“ in den Jahren 2004 bzw. 2008. Zusätzlich wird auch die Verladung von Rest- und Sperrmüll in die Container zum Weitertransport in die MVA in diesen Prozess integriert. Die Verladung erfolgt im untersuchten Gebiet auf dem Gelände der NUA Abfallwirtschaft GmbH in Hohenruppersdorf.

MVA (kurz für Müllverbrennungsanlage): beschreibt das Verfahren der thermischen Behandlung bzw. Verwertung von Rest- und Sperrmüll. Eine genauere Prozessbeschreibung und die Auswahl einer geeigneten Referenzanlage sind in Kap. 2.2.4.1 beschrieben.

Reststoffdeponie: Schlacke und Asche aus dem Prozess MVA werden entsprechend dem Stand der Technik aufbereitet und in diesem Prozess endgelagert. Die Simulation einer Lagerbildung bzw. -veränderung ist Teil dieses Prozesses und wird für einen Zeitraum von 100 Jahren betrachtet.

Untertagedeponie (UTD): Der im Prozess MVA gebildete Filterkuchen wird ebenfalls aufbereitet und in eine Untertagedeponie exportiert. Eine derartige Anlage ist etwa die Untertagedeponie Heilbronn in Deutschland, wo von der UEV - Umwelt, Entsorgung und Verwertung GmbH durch die ehemalige Salzgewinnung entstandene Hohlräume zur Deponierung verwendet werden. In Österreich gibt es derzeit keine UTD. Der Betrachtungszeitraum wird ebenfalls mit 100 Jahren festgelegt.

### 2. 2. 3. 2. Auswahl der Güter

Es wurden folgende 10 Sammelfraktionen als Inputgüter in das System ausgewählt:

Restmüll	Alttextilien
Sperrmüll	Altmetalle
Altpapier	Verpackungsmetalle
Altglas	Leichtfraktion (Kunststoffe)
Altholz	Biomüll

Zusätzlich soll auch die Eigenkompostierung im System berücksichtigt werden. Dafür dient der Systeminput „Garten- und Küchenabfälle“.

Für die Güterströme innerhalb des Systems werden die Bezeichnungen falls erforderlich entsprechend abgeändert.

Als Systemexporte treten flüssige und gasförmige Emissionen, Sekundärroh- und wertstoffe auf. Die Deponiekörper verbleiben im System und bewirken eine Lageränderung.

Um die Vergleichbarkeit der Güter- und Stoffbilanzen der ausgewählten Jahre zu ermöglichen, werden die Güterströme nicht in absoluten Mengen angegeben, sondern in Kilogramm pro Einwohner und Jahr [kg/(EW\*a)].

### 2. 2. 3. 3. Auswahl und Beschreibung der Stoffe

Mit der Auswahl der Stoffe wird die Systemdefinition abgeschlossen. Die gewählten Stoffe sollen beispielhaft im Sinne der Fragestellung als Indikatoren für die Bewertung des beschriebenen Systems stehen.

Für diese Arbeit wurden die Elemente Kohlenstoff (Energieträger/Schadstoff), Stickstoff (Nährstoff/Schadstoff) sowie die Metalle Eisen (Wertstoff) und Cadmium (Schadstoff) ausgewählt.

Im Folgenden werden deren Eigenschaften beschrieben und die Auswahl begründet:

Kohlenstoff [C] als organischer Kohlenstoff ist Hauptträger der chemischen Energie und Hauptkomponente in biogenen Gütern. Er ist sowohl ein lebenswichtiger Stoff als Energieträger (Umwandlung durch Mikroorganismen), als auch in unterschiedlichen Verbindungen ein umweltbelastender Schadstoff.

Kohlenstoff ist ein essentielles Element der Biosphäre und in allen Lebewesen – nach Sauerstoff – dem Gewicht nach das bedeutendste Element. Alles lebende Gewebe ist aus (organischen) Kohlenstoffverbindungen aufgebaut.

Als Indikatorstoff für die Umweltbelastung gilt Kohlenstoff als „Sauerstoffentzieher“ in Gewässern (z. B. Belastung durch Sickerwasser von Deponien) und Träger von toxischen Substanzen. Zudem ist das Element wesentlicher Bestandteil der Treibhausgase (vor allem  $\text{CH}_4$  und  $\text{CO}_2$ )

Stickstoff [N] kommt in der Natur atomar kaum vor, da er sich durch eine exotherme Reaktion zu molekularem Stickstoff  $\text{N}_2$  verbindet.

Molekularer Stickstoff ist mit ca. 78 % der Hauptbestandteil der Luft und ist für alle Lebewesen ein essentielles Element.

Bei Verbrennungen entstehen jedoch Stickoxide ( $\text{NO}_x$ , vor allem Stickstoffdioxid  $\text{NO}_2$ , aber auch Stickstoffmonoxid  $\text{NO}$  und andere  $\text{NO}_x$ -Verbindungen).

Die umweltbelastenden Auswirkungen von Stickstoffverbindungen zeigen sich in der Katalysatorwirkung bei der Bildung von troposphärischem Ozon, der Versauerung von Gewässern und Böden durch  $\text{NO}_x$  und als Förderer der Eutrophierung von Ökosystemen.

Eisen [Fe] ist ein für Pflanzen, Tiere und Menschen essentielles Element und kommt als Metall in Gebrauchsgütern häufig vor.

In der Erdkruste ist Eisen als vierthäufigstes Element in der Natur allgegenwärtig, hauptsächlich in oxidischen Verbindungen.

Eisen ist ein wichtiges Spurenelement und damit essentiell für die Ernährung von Tieren und Menschen. Auch für Pflanzen ist Eisen ein wichtiger Mikronährstoff. Bei starkem Überschuss kann es zu toxischen Wirkungen kommen.

Cadmium [Cd] ist ein geochemisch mobiles und leicht flüchtiges Spurenelement.

Es ist bereits in geringen Konzentrationen giftig und wirkt auf Lebewesen stark toxisch.

Eingeatmeter cadmiumhaltiger Staub führt zu Schäden an Lunge, Leber und Niere. Bestimmte Cadmiumverbindungen gelten als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend.

In der Erdkruste zählt Cadmium zu den seltenen Metallen, jedoch ist es heute als Additiv in vielen Konsumgütern enthalten. Es fällt hauptsächlich als Nebenprodukt bei der Herstellung von Zink, Blei und Kupfer an.

## 2.2.4 Transferkoeffizienten auf Güter- und Stoffebene

In diesem Kapitel werden die Transferkoeffizienten zu den zuvor definierten Prozessen bestimmt. Dies geschieht einerseits durch eine genaue Studie vorhandener Messergebnisse in der Literatur und, wo keine Werte vorliegen, durch eigene Abschätzungen.

Nach Baccini & Brunner (1991) ist der Transferkoeffizient  $k_{x,j}$  definiert als

$$k_{x,j} = \frac{\text{Output}_{x_j}}{\sum_i \text{Output}_{x_i}}$$

**Formel 1: Definition Transferkoeffizient**

Der Transferkoeffizient (TK)  $k_{x,j}$  bezeichnet die Fraktion des gesamten in den Prozess eingeführten Stoffes  $x$ , die in das Gut  $j$  transportiert werden.

Die Summe der Transferkoeffizienten aller Outputgüter muss immer 1 ergeben, wobei davon ausgegangen wird, dass auch allfällige Transfers ins Lager bei der Summenbildung als „Output“ berücksichtigt werden.

Abweichend von einer vollständigen Güterbilanz, in der auch Hilfsgüter (Verbrennungsluft, Wasser, etc.) berücksichtigt werden, wird in dieser Arbeit nur die Aufteilung des Inputs auf die Outputgüter betrachtet. Gleiches gilt auf stofflicher Ebene.

### 2.2.4.1 Thermische Behandlung (Prozess „MVA“)

Die Datenlage für den Prozess „Müllverbrennung“ kann aufgrund der hohen Anzahl von Verfahrensstudien und Messungen an in Betrieb befindlichen Anlagen als sehr genau und detailliert beschrieben werden.

In der Literatur finden sich eine Vielzahl von Güter- und Stoffbilanzen für diesen Prozess (u. a. Morf et al. (2005), Löschau (2006), Schachermayer et al. (1995),

Spaun et al. (1994)), die größtenteils aus unterschiedlichen Messmethoden abgeleitet wurden.

Die meisten dieser Angaben beziehen sich auf die MVA Spittelau in Wien, die seit dem Jahr 1971 in Betrieb ist. Die Anlage wird in zwei Linien betrieben und besteht aus einer Rostfeuerung mit anschließender Entstaubung, nasser Rauchgasreinigung, katalytischer Stickoxidminderung, Abwasseraufbereitung und Aschennachbehandlung. Eine detaillierte Prozessbeschreibung ist zum Beispiel bei Schachermayer et al. (1995) zu finden.

Die Anlage MVA Dürnrrohr, betrieben von der AVN Abfallverwertung Niederösterreich GmbH, befindet sich seit dem Jahr 2004 im Regelbetrieb und wird in zwei Linien betrieben. Derzeit verwertet die Anlage etwa 300.000 t Abfall pro Jahr. Dieser kommt zum Großteil von den niederösterreichischen Abfallwirtschaftsverbänden. Ein weiterer Ausbau der Anlage durch die Ergänzung einer dritten Linie soll im Jahr 2010 abgeschlossen sein.

Das Anlagenkonzept besteht aus einer Kesselanlage mit integrierter Rostfeuerung und anschließender dreistufiger trockener, nasser und katalytischer Rauchgasreinigungsanlage, sowie einer Behandlungsanlage für feste Rückstände und einer Abwasseraufbereitungsanlage.

Da für die MVA Dürnrrohr derzeit noch keine Güter- und Stoffbilanzen vorliegen, werden in dieser Arbeit die TK aus den Untersuchungen der MVA Spittelau verwendet. Die Wiener Anlagen, MVA Spittelau und MVA Flötzersteig, auf die sich die oben genannten Quellen beziehen, entsprechen im Wesentlichen dem technischen Standard der MVA Dürnrrohr.

Es sei drauf hingewiesen, dass die TK in Prozessen wie der MVA nicht konstant sind, sondern aufgrund von geänderten Rahmenbedingungen (z. B. Temperatur, Zusammensetzung Materialinput, Luftverteilung, etc.) gewissen Schwankungen unterworfen sind. Die angegebenen TK beziehen sich auf Mittelwerte längerer Messperioden und sind als Richtwerte anzusehen.

### 2.2.4.1.1 Transferkoeffizienten auf Güterebene

Die Transferkoeffizienten lassen sich aus den In- und Outputgütern in den Prozess MVA berechnen. Neben der Müllmenge gelangen auch Wasser, Luft und Chemikalien in den Prozess. Da bei der Berechnung der TK jedoch nur die Verteilung des Restmülls auf die Outputgüter von Interesse ist, bleiben die Inputgüter Wasser und Luft unberücksichtigt. Um die Ergebnisbilanz nicht zu verfälschen, müssen die beigefügten Chemikalien von den Outputgütern, vor allem in der Schlacke, wieder abgezogen werden.

Die Outputgüter einer MVA sind Abwasser, Schlacke, Filterasche, Gips, Filterkuchen und Reingas. Die Menge an Reingas ergibt sich aus der Differenz der Summe der restlichen Outputgüter zur Inputmenge an Müll. Der Gips scheint als Outputgut nicht mehr separat auf, da er der Schlacke beigemischt wird.

Die folgende Tabelle stellt einen Überblick berechneter TK für den Prozess „Müllverbrennung“ aus unterschiedlichen Quellen dar:

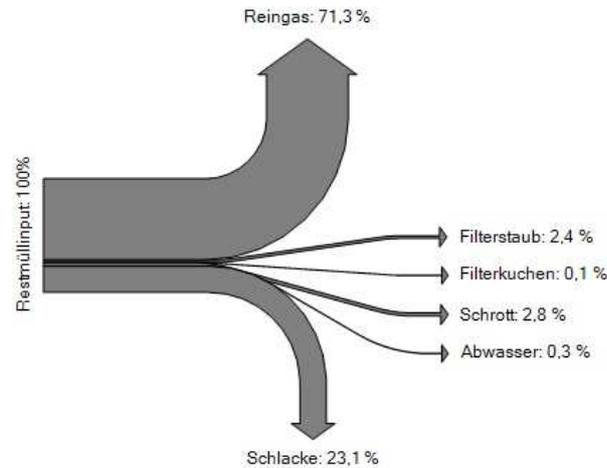
**Tabelle 1: Transferkoeffizienten für den Prozess "MVA" - Güterebene**

	Schachermayer et al. (1995) <sup>*)</sup>	Löschau (2006)	Löschau (2006)	Spaun et al. (1994)
	MVA Spittelau	MVA Spittelau	MVA Flötzersteig	k. A.
gereinigtes Abgas	0,713	0,721	0,718	0,73
Schlacke	0,231	0,255	0,262	0,24
Filterstaub	0,024	0,023	0,019	0,022
Filterkuchen	0,001	0,001	0,001	0,002
Eisenschrott	0,028	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
Abwasser	0,003	< 0,000	< 0,000	- <sup>1)</sup>

<sup>\*)</sup> für diese Arbeit verwendet

<sup>1)</sup> nicht angegeben

Die Transferkoeffizienten unterscheiden sich nur unwesentlich. Für diese Arbeit werden die Angaben nach Schachermayer et al. (1995) verwendet:



**Abbildung 2: Prozess „MVA“ - Transferkoeffizienten auf Güterebene**

#### 2.2.4.1.2 Transferkoeffizienten Kohlenstoff

Für diesen Stoff liegen ebenfalls gut dokumentierte Ergebnisse vor, die in folgender Tabelle dargestellt werden:

**Tabelle 2: Transferkoeffizienten für den Prozess "MVA" - Kohlenstoff**

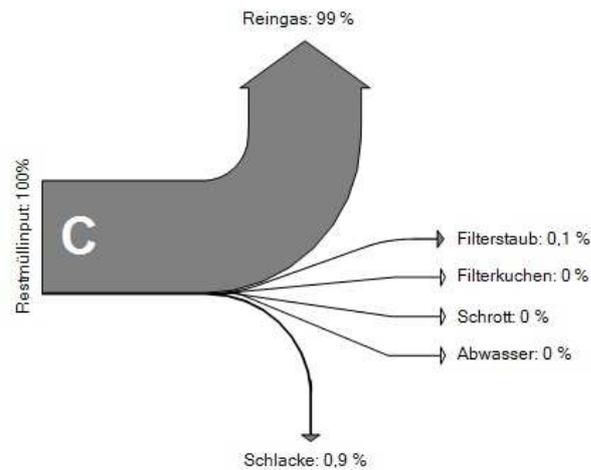
	Morf et al. (2005) <sup>1)</sup>	Löschau (2006)	Löschau (2006)	Schachermayer et al. (1995)	Spaun et al. (1994)
	MVA Spittelau	MVA Spittelau	MVA Flötzersteig	MVA Spittelau	k. A.
gereinigtes Abgas	0,99	0,986	0,986	0,98	0,986
Schlacke	0,009	0,013	0,013	0,015	0,012
Filterstaub	0,001	0,001	0,001	< 0,01	0,0013
Filterkuchen	< 0,001	0,0001	< 0,000	< 0,01	0,0002
Eisenschrott	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>
Abwasser	< 0,001	< 0,000	< 0,000	< 0,01	< 0,0001

\*) für diese Arbeit verwendet

1) nicht angegeben

Im Prozess „MVA“ entweicht der Kohlenstoff hauptsächlich als CO<sub>2</sub> über das gereinigte Abgas. Die angegebenen Werte unterscheiden sich kaum.

Für die SFA werden die Transferkoeffizienten nach Morf et al. (2005) verwendet:

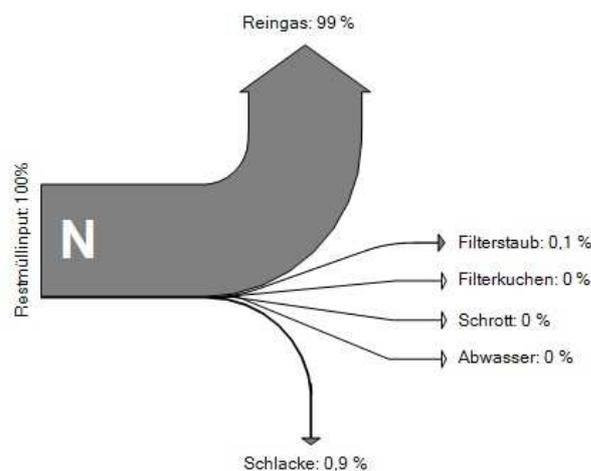


**Abbildung 3: Prozess „MVA“ - Transferkoeffizienten für Kohlenstoff**

#### 2.2.4.1.3 Transferkoeffizienten Stickstoff

Für Stickstoff finden sich in der Literatur keine Angaben einer Stoffbilanz bzw. Transferkoeffizienten für diesen Prozess. Spaun et al. (1994) treffen die Annahme, dass sich Stickstoff bei der Verbrennung wie Kohlenstoff verhält. Auch Fehringer et al. (1997) wählen diese Vorgehensweise.

Es ergeben sich dadurch dieselben Transferkoeffizienten wie beim Kohlenstoff:



**Abbildung 4: Prozess „MVA“ - Transferkoeffizienten für Stickstoff**

#### 2.2.4.1.4 Transferkoeffizienten Eisen

Für den Stoff Eisen sind folgende Transferkoeffizienten in der Literatur beschrieben:

**Tabelle 3: Transferkoeffizienten für den Prozess "MVA" - Eisen**

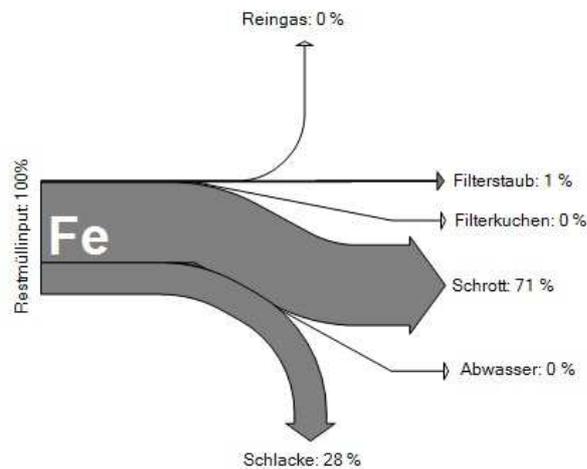
	Morf et al. (2005) <sup>*)</sup>	Löschau (2006)	Löschau (2006)	Schachermayer et al. (1995)	Spaun et al. (1994)
	MVA Spittelau	MVA Spittelau	MVA Flötzersteig	MVA Spittelau	k. A.
gereinigtes Abgas	< 0,000001	0	0	< 0,01	0
Schlacke	0,28	0,2016	0,2117	0,18	0,99 <sup>1)</sup>
Filterstaub	0,008	0,0076	0,0076	< 0,01	0,009
Filterkuchen	< 0,001	0,0003	0,0004	< 0,01	0,0004
Eisenschrott	0,71	0,7905	0,7804	0,8	- <sup>1)</sup>
Abwasser	< 0,00001	0,000	0,000	< 0,01	0

<sup>\*)</sup> für diese Arbeit verwendet

<sup>1)</sup> gemeinsamer Wert für Schlacke und Schrott

Der Stoff Eisen findet sich vor allem in der Schlacke und im Eisenschrott wieder. Spaun et al. (1994) geben einen gemeinsamen TK für Schlacke und Eisenschrott an. Bei Löschau (2006) sind die TK für Eisenschrott etwas höher.

In dieser Arbeit werden die Angaben von Morf et al. (2005) verwendet:



**Abbildung 5: Prozess „MVA“ - Transferkoeffizienten für Eisen**

#### 2.2.4.1.5 Transferkoeffizienten Cadmium

Folgende Angaben sind für den Stoff Cadmium beschrieben:

**Tabelle 4: Transferkoeffizienten für den Prozess "MVA" – Cadmium**

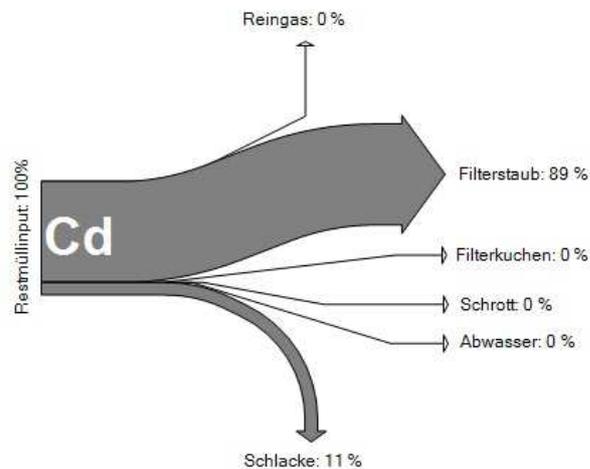
	Morf et al. (2005) *)	Löschau (2006)	Löschau (2006)	Schachermayer et al. (1995)	Spaun et al. (1994)
	MVA Spittelau	MVA Spittelau	MVA Flötzersteig	MVA Spittelau	k. A.
gereinigtes Abgas	< 0,001	0,0013	0,0037	< 0,01	0,0001
Schlacke	0,11	0,1432	0,1368	0,08	0,071
Filterstaub	0,89	0,8496	0,8433	0,90	0,92
Filterkuchen	< 0,001	0,0038	0,0148	< 0,01	0,01
Eisenschrott	- 1)	0,0019	0,0011	- 1)	- 1)
Abwasser	< 0,0001	< 0,000	< 0,000	< 0,01	0,00005

\*) für diese Arbeit verwendet

1) nicht angegeben

Die hoch technisierte Rauchgasreinigung in den beschriebenen Anlagen spiegelt sich in den Ergebnissen wieder. Ein Großteil des Cadmiums geht in den Filterstaub.

Wieder werden die Angaben von Morf et al. (2005) für die Festlegung der Transferkoeffizienten von Cadmium bei der Verbrennung verwendet:



**Abbildung 6: Prozess „MVA“ - Transferkoeffizienten für Cadmium**

#### 2.2.4.2 Modellierung des Deponieverhaltens

Die Abschätzung der Transferkoeffizienten für die Modellierung des Deponieverhaltens ist aufgrund des langfristigen und un stetigen Verhaltens des Deponiekörpers nur schwierig zu treffen.

Das kurz- und mittelfristige Verhalten von bestehenden Deponien kann mittels experimentellen Messungen bzw. mit Hilfe von statistischen Daten abgebildet werden. Die spezifischen Bedingungen im Deponiekörper können durch Modelle jedoch nur sehr ungenügend simuliert werden, was die Aussagekraft der Ergebnisse einschränkt. Statistische Daten werden in der Regel nicht systematisch und über genügend lange Zeiträume erhoben und sind somit zumeist nicht repräsentativ und übertragbar.

Noch schwieriger ist das langfristige Deponieverhalten zu beschreiben. Hier werden mathematische Modelle eingesetzt, die aber aufgrund der Heterogenität des Deponiekörpers nur recht unbefriedigende Ergebnisse liefern.

So wird das zukünftige Verhalten einer Deponie zumeist nur aufgrund von Literaturdaten und Annahmen abgeschätzt.

Für die Deponietypen Restmülldeponie, Reststoffdeponie und Untertagedeponie findet man bei Spaun et al. (1994), Fehring et al. (1997) und Brunner et al. (2001) Angaben über das Verhalten von Gütern und Stoffen.

Die Ergebnisse stammen größtenteils aus Berechnungen zu modellhaft abgebildeten Deponietypen, die unter gewissen Vereinfachungen und Annahmen ermittelt wurden.

#### *2.2.4.2.1 Deponierung von Rest- und Sperrmüll (Prozess „Restmülldeponie“)*

Der Begriff „Restmülldeponie“ definiert eine Deponie zur Ablagerung von unbehandelten Abfällen. Die Emissionen sind auf Deponiegas und Sickerwasser verteilt.

Spaun et al. (1994) beschreiben das Verhalten von unbehandelten Abfällen. Unter Annahme einer definierten Niederschlags- bzw. Verdunstungsmenge werden Werte für die Stoffkonzentrationen im Sickerwasser angegeben und für Abgase in die Atmosphäre abgeschätzt:

**Tabelle 5: Stoffkonzentrationen im Sickerwasser und im Deponiegas nach Spaun et al. (1994)**

	Deponiegas	Sickerwasser	Deponiegas	Sickerwasser
	nach 1 Jahr		nach 10 Jahren	
	[mg/kg/a]		[mg/kg/a]	
Kohlenstoff (C)	8.000 - 12.000	17 - 90	500 - 1.000	28 - 65
Stickstoff (N)	0,025 - 0,05	30 - 170	0,025 - 0,05	90 - 180
Eisen (Fe)	0	0,12 - 1,1	0	0,065 - 0,19
	[µg/kg/a]		[µg/kg/a]	
Cadmium (Cd)	0	0,0011 - 0,07	0	0,0011 - 0,065

Diese Konzentrationen geben einen ersten Anhaltspunkt über die Emissionen einer Restmülldeponie in den ersten zehn Jahren. Der jährliche Stoffaustrag pro Kilogramm Restmüllinput und somit die jährlichen Transferkoeffizienten können berechnet werden.

Da für die Fragestellung dieser Arbeit aber ein längerfristiges Verhalten der Deponien – vor allem in Sinne der Nachhaltigkeit - von Interesse ist, reichen diese Angaben nicht aus.

Belevi & Baccini (1989) unterteilen die Prozesse in einer Restmülldeponie in zwei unterschiedliche Phasen, eine intensive Reaktorphase und eine Ausklangphase. Die Reaktorphase beschreibt den Zeitraum vom Einbau über eine Dauer von 10 bis 20 Jahren. Die TK für diese Phase werden aufgrund von Untersuchungen ermittelt. Das langfristige Verhalten der Ausklangphase kann nur anhand von Modellsimulationen abgeschätzt werden. Fehring et al. (1997) bauen auf diese Vorgehensweise auf und berechnen die TK ebenfalls die beiden unterschiedlichen Phasen.

**Tabelle 6: Transferkoeffizienten für den Prozess "Restmülldeponie" nach Fehring et al. (1997)**

		Ende der Reaktorphase	Ausklangphase	Total für beide Phasen
		ca. 15 Jahre nach Deponieabschluss	90 Jahre nach Ende der Reaktorphase	ca. 100 Jahre nach Deponieabschluss
<b>Deponiegas</b>	Güterebene	0,100	0	0,100
	Kohlenstoff (C)	0,230	0	0,230
	Stickstoff (N)	0,000	0	0,000
	Cadmium (Cd)	0,000	0	0,000
<b>Sickerwasser</b>	Güterebene	0,005	0,045	0,045
	Kohlenstoff (C)	0,003	0,002	0,005
	Stickstoff (N)	0,060	0,006	0,066
	Cadmium (Cd)	< 0,0001	0,0000	< 0,0001
<b>Deponiegut (Lager)</b>	Güterebene	0,900	0,960	0,855
	Kohlenstoff (C)	0,770	< 1,000	0,765
	Stickstoff (N)	0,940	0,990	0,930
	Cadmium (Cd)	< 1,000	< 1,000	< 1,000

In der Studie von Brunner et al. (2001) werden Emissionen aus charakteristischen Modelldenonien berechnet, die Stoffverteilungen über noch längere Zeiträume angeben. Für den Modelltyp „Restmülldeponie“ wurden folgende TK errechnet:

**Tabelle 7: Transferkoeffizienten für den Prozess "Restmülldeponie" nach Brunner et al. (2001)**

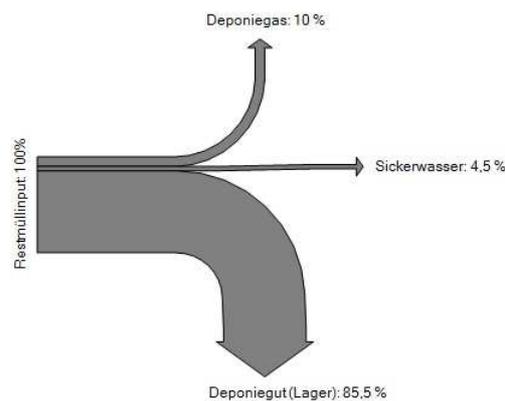
		nach 100 Jahren	nach 1.000 Jahren	nach 10.000 Jahren
<b>Deponiegas</b>	Kohlenstoff (C)	0,460	0,700	0,920
	Stickstoff (N)	0,005	0,006	0,006
	Cadmium (Cd)	0,000	0,000	0,000
<b>Sickerwasser<sup>*)</sup></b>	Kohlenstoff (C)	0,003	0,009	0,028
	Stickstoff (N)	0,375	0,945	0,945
	Cadmium (Cd)	0,000	0,020	0,420
<b>Deponiegut (Lager)</b>	Kohlenstoff (C)	0,540	0,290	0,050
	Stickstoff (N)	0,620	0,050	0,050
	Cadmium (Cd)	< 1,000	0,980	0,580

<sup>\*)</sup> Zusammenfassung von Permeat, Konzentrat und Sickerwasser im Boden- bzw. Grundwasserpfad

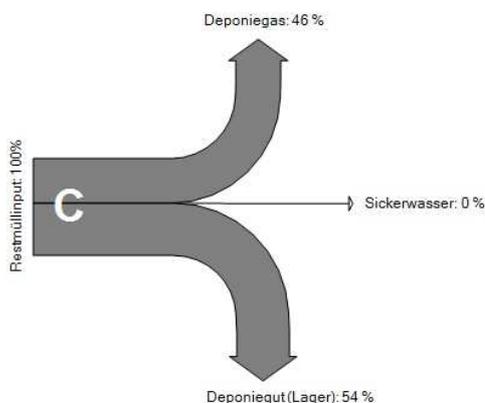
Vergleicht man die beiden Studien für den Zeitpunkt 100 Jahre nach Deponieabschluss so erkennt man, dass bei Kohlenstoff und Stickstoff die Stoffausträge ins Deponiegas und Sickerwasser nach den Berechnungen von Brunner et al. (2001) höher liegen. Aufgrund der präziseren Simulation mit Hilfe von Modelldeponien werden für diese beiden Stoffe die Transferkoeffizienten nach dieser Studie verwendet. Auf Güterebene wurden bei dieser Quelle jedoch keine Untersuchungen durchgeführt. Die Werte werden demnach von Fehringer et al. (1997) übernommen. Beim Stoff Cadmium stimmen die Angaben überein.

Für den Stoff Eisen wurden bei diesen beiden Quelle keine Berechnungen durchgeführt. Es wird jedoch angenommen, dass der gesamte Stoffinput im Deponiekörper verbleibt.

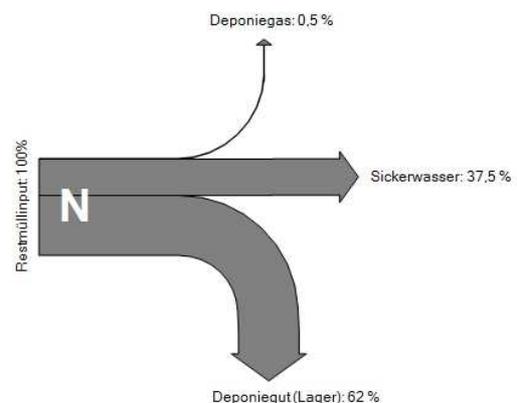
Die grafische Darstellung zeigt die ausgewählten TK:



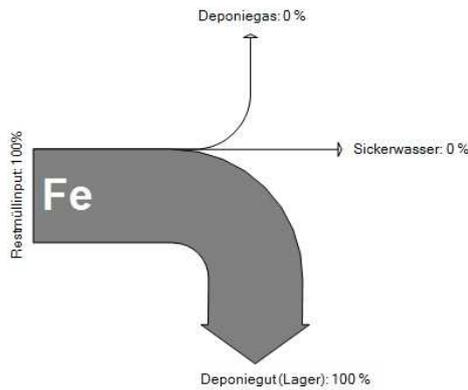
**Abbildung 7: Prozess „Restmülldeponie“ - Transferkoeffizienten auf Güterebene**



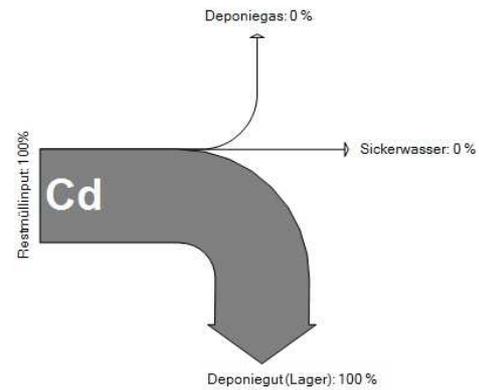
**Abbildung 8: Prozess „Restmülldeponie“ - Transferkoeffizienten für Kohlenstoff**



**Abbildung 9: Prozess „Restmülldeponie“ - Transferkoeffizienten für Stickstoff**



**Abbildung 10: Prozess „Restmülldeponie“  
- Transferkoeffizienten für Eisen**



**Abbildung 11: Prozess „Restmülldeponie“  
- Transferkoeffizienten für Cadmium**

#### 2.2.4.2.2 Deponierung von Reststoffen der MVA (Prozess „Reststoffdeponie“)

Den Input für diesen Deponietyp bilden die Reststoffe der MVA, Schlacke und Asche. Charakteristisch ist, dass der Gasoutput praktisch Null und auch der Sickerwasseraustrag sehr gering ist.

Die Berechnungen von Fehring et al. (1997) für diesen Deponietyp beziehen sich auf statistische Daten über das Verhalten von Schlackendeponien. Die TK für den Deponiekörper werden als Differenz zwischen dem Input und dem totalen Austrag berechnet:

**Tabelle 8: Transferkoeffizienten für den Prozess „Reststoffdeponie“ in der Studie von Fehring et al. (1997), angenommen nach [EKESA - Schlussbericht, 1992]**

	Transferkoeffizient Deponiegas	Transferkoeffizient Sickerwasser	Transferkoeffizient Deponiekörper
Güterebene	0,000	0,000	< 1,000
Kohlenstoff (C)	0,000	< 0,003	0,997
Stickstoff (N)	0,000	0,000	< 1,000
Cadmium (C)	0,000	0,000	< 1,000

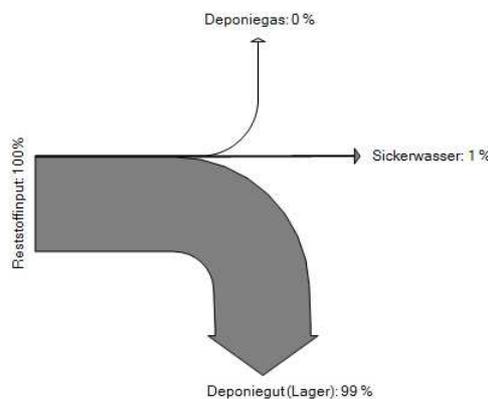
Für die längerfristigen Auswirkungen werden von Brunner et al. (2001) die Transferkoeffizienten für eine modellierte MVA-Schlacke-Deponie angegeben:

**Tabelle 9: Transferkoeffizienten für den Prozess "MVA-Schlacke-Deponie" nach Brunner et al. (2001)**

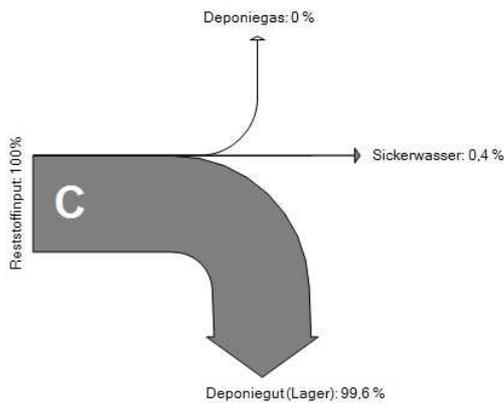
		nach 100 Jahren	nach 1.000 Jahren	nach 10.000 Jahren
<b>Deponiegas</b>	Kohlenstoff (C)	0,000	0,000	0,000
	Stickstoff (N)	0,000	0,000	0,000
	Cadmium (Cd)	0,000	0,000	0,000
<b>Sickerwasser<sup>*)</sup></b>	Kohlenstoff (C)	0,004	0,014	0,020
	Stickstoff (N)	0,146	0,686	0,966
	Cadmium (Cd)	0,000	0,020	0,340
<b>Deponiegut (Lager)</b>	Kohlenstoff (C)	0,996	0,986	0,980
	Stickstoff (N)	0,854	0,314	0,034
	Cadmium (Cd)	< 1,000	0,980	0,660

<sup>\*)</sup> Zusammenfassung von Permeat, Konzentrat und Sickerwasser im Boden- bzw. Grundwasserpfad

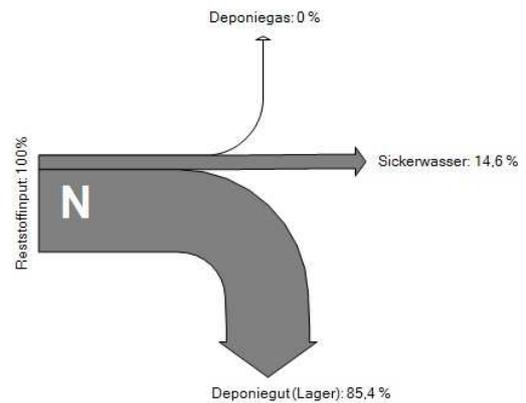
Um wiederum die längerfristigen Auswirkungen zu berücksichtigen, werden für die Stoffe Kohlenstoff, Stickstoff und Cadmium die TK nach Tabelle 9 nach 100 Jahren herangezogen. Die TK auf Güterebene sowie für den Stoff Eisen werden für diesen Zeitraum abgeschätzt.



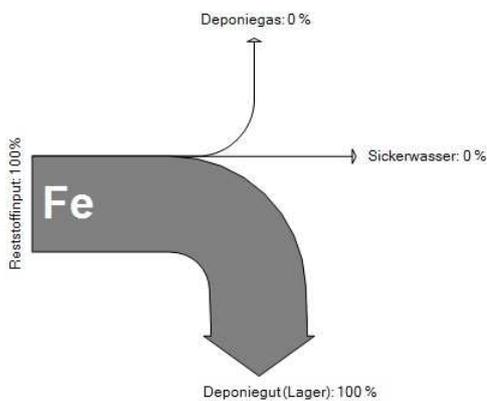
**Abbildung 12: Prozess „Reststoffdeponie“ - Transferkoeffizienten auf Güterebene**



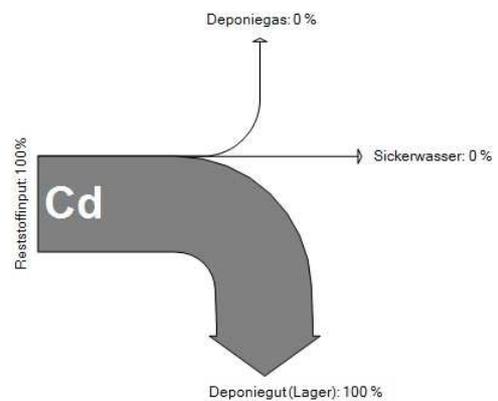
**Abbildung 13: Prozess „Reststoffdeponie“  
- Transferkoeffizienten für Kohlenstoff**



**Abbildung 15: Prozess „Reststoffdeponie“  
- Transferkoeffizienten für Stickstoff**



**Abbildung 14: Prozess „Reststoffdeponie“  
- Transferkoeffizienten für Eisen**



**Abbildung 16: Prozess „Reststoffdeponie“  
- Transferkoeffizienten für Cadmium**

#### 2.2.4.2.3 Deponierung von Reststoffen der MVA (Prozess „Untertagedeponie“)

Für die Untertagedeponie wird angenommen, dass unter Voraussetzung eines sorgfältigen Einbaus keine flüssigen oder gasförmigen Emissionen nach außen treten.

Folglich sind alle TK auf Güter- und Stoffebene für Deponiegas und Sickerwasser gleich Null, die Transferkoeffizienten für den Verbleib im Deponiekörper gleich Eins.

#### 2.2.4.3 Stoffliche Verwertung (Prozess „Sortierung Altstoffe“)

Die Bestimmung der genauen Größe der Transferkoeffizienten bei der stofflichen Verwertung ist aufgrund der Vielzahl von Einflussparametern nur schwer möglich.

Fehring et al. (1997) nehmen als Vereinfachung an, dass sowohl auf Güter- als auch auf Stoffebene 99% der Abfälle in den Recyclingprozess gelangen und 1% als Reststoffe anfallen. Für einige Recyclingprozesse ist diese Annahme jedoch schwer zu verifizieren.

Da es sich bei diesem Prozess ausschließlich um die Aussortierung von Störstoffen handelt, wird dieser Anteil näherungsweise abgeschätzt. Es wird aber keinesfalls ein Anspruch auf die Richtigkeit der Angaben erhoben, da es sich um Schätzungen handelt, die den Prozess näherungsweise abbilden sollen.

Für die Fraktionen Holz, Papier, Glas, Kunststoffe, Metalle und Textilien werden folgende Transferkoeffizienten für die Güter- und Stoffebene angenommen:

**Tabelle 10: Transferkoeffizienten für den Prozess "Sortierung Altstoffe"**

	Holz <sup>2)</sup>	Papier <sup>1)</sup>	Glas <sup>1)</sup>	Kunststoffe <sup>1)</sup> (Leichfraktion)	Metalle <sup>1)</sup>	Textilien <sup>2)</sup>
Sekundärrohstoff	0,95	0,90	0,97	0,75	0,80	0,90
Sortierabfall	0,05	0,10	0,03	0,25	0,20	0,10

1) in Anlehnung an Angst et al., (2001)

2) Annahme

#### 2.2.4.4 Recyclingprozess (Prozess „Stoffliche Verwertung - Recycling“)

Es wird vereinfacht angenommen, dass alle Altstoffe nach der Aussortierung von Störstoffen zu 100% dem Recyclingprozess zugeführt werden. Es gelangt also die gesamte Abfallmasse einschließlich ihrer Inhaltsstoffe in das Recyclingprodukt.

Eine Ausnahme stellt die Herstellung von Recyclingprodukten aus Altpapier dar, wo immer ein gewisser Materialverlust zu verzeichnen ist. Ungefähr 5 bis 15 % der eingesetzten Altpapiermenge verbleiben in Spuckstoffen, Deinkingschlämmen oder Rückständen aus der Abwassereinigung.

#### 2.2.4.5 Verwertung von Bioabfällen (Prozess „Kompostierung“)

Die Verwertung von Bioabfällen erfolgt im Untersuchungsgebiet in mehreren kleinen Anlagen privater oder öffentlicher Betreiber, für die keine Güter- und Stoffbilanzen zur Verfügung stehen.

Zur Modellierung des Prozesses „Kompostierung“ wird daher auf die Angaben von Löschau (2006) zurückgegriffen. Die Werte in dieser Dissertation beziehen sich auf die Kompostierungsanlagen der Stadt Wien.

Es werden zunächst die biogenen Abfälle aufbereitet (Störstoffabscheidung mit integrierter Metallabscheidung) und dann in der Kompostierungsanlage (KA) Lobau im 22. Wiener Gemeindebezirk weiter verwertet.

Die Transferkoeffizienten für den Prozess „Kompostierung“ sind aus den Analysen des Komposts und der Emissionen der realen Kompostierungsanlage berechnet. In den angeführten Werten ist bereits der Aufbereitungsprozess berücksichtigt.

**Tabelle 11: Transferkoeffizienten für den Prozess "Kompostierung" nach Löschau (2006)**

	TK Güterebene	TK Kohlenstoff	TK Stickstoff	TK Eisen	TK Cadmium
Abgas	0,575	0,497	k. A.	k. A.	0
Kompost	0,389	0,455	k. A.	k. A.	0,493
Störstoffe	0,030	0,045	k. A.	k. A.	0,489
Eisenschrott	0,003	0,000	k. A.	k. A.	0,018
Abwasser	0,003	0,003	k. A.	k. A.	< 0,000

Bezüglich der Stoffe Stickstoff und Eisen sind keine Transferkoeffizienten angegeben. Für Stickstoff werden die TK einem Bericht von Fellner et al. (2009) entnommen. Die Werte basieren auf Elkind et al. (2007) und geben an, dass 70 – 90 % des gesamten Stickstoffs im Kompost verbleiben und 10 – 30 % über das Abgas entweichen.

Beim Eisen wird angenommen, dass sich der Stoff aufgrund der integrierten Magnetabscheidung zu 85% im Eisenschrott befindet, 10% in den Störstoffen (in gebundener Form) vorliegt und der Rest in den Kompost gelangt.

Zur Übersicht werden die Transferkoeffizienten des Prozesses „Kompostierung“ grafisch dargestellt:

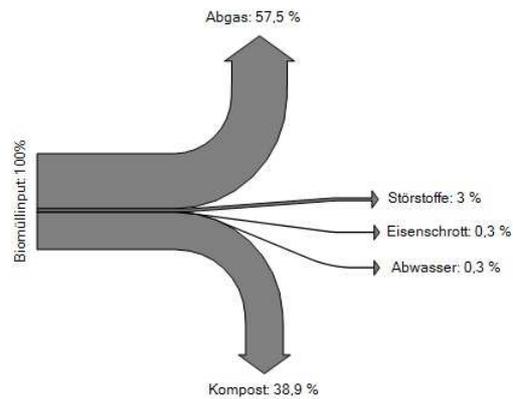


Abbildung 17: Prozess „Kompostierung“ - Transferkoeffizienten auf Güterebeane

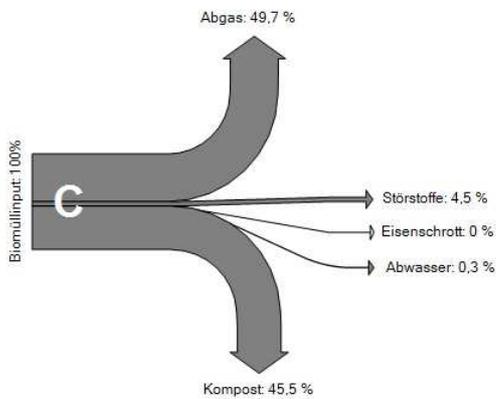


Abbildung 18: Prozess „Kompostierung“ - Transferkoeffizienten für Kohlenstoff

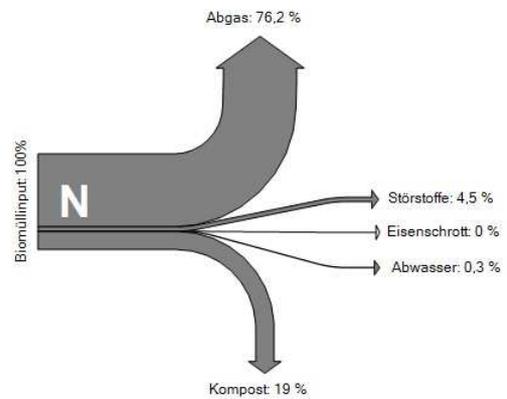


Abbildung 20; Prozess „Kompostierung“ - Transferkoeffizienten für Stickstoff

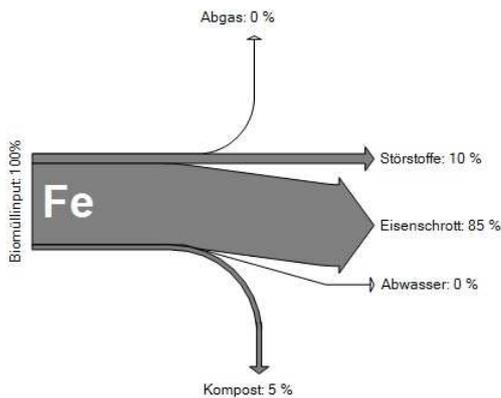


Abbildung 19: Prozess „Kompostierung“ - Transferkoeffizienten für Eisen

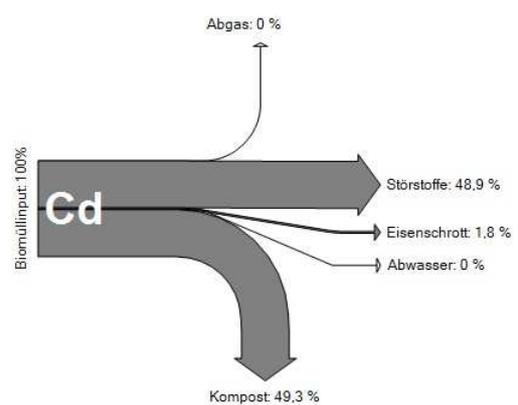


Abbildung 21: Prozess „Kompostierung“ - Transferkoeffizienten für Cadmium

## 2.2.4.6 Verwertung von Garten- und Küchenabfällen (Prozess „Eigenkompostierung“)

Bei der Eigenkompostierung werden die biogenen Küchen- und Gartenabfälle nicht aufbereitet, d.h. die Outputgüter Störstoffe und Eisenschrott fallen nicht an. Es ist jedoch auch anzunehmen, dass der Störstoffanteil bei der Eigenkompostierung deutlich geringer ist als bei gesammelten Bioabfällen.

Obwohl sich der Prozess der Eigenkompostierung von der Verrottung in der Kompostierungsanlage unterscheidet, werden vereinfachend die Ausgangsdaten für den Prozess „Kompostierung“ verwendet. Die Transferkoeffizienten werden grafisch wie folgt dargestellt:

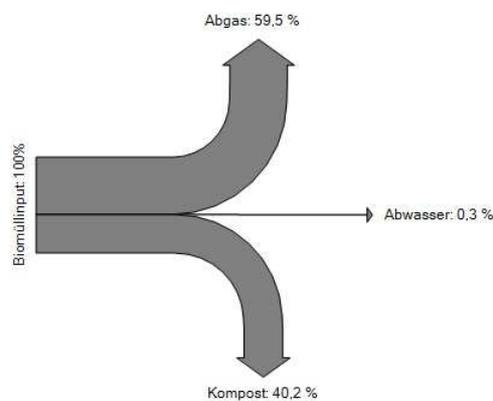


Abbildung 22: Prozess „Eigenkompostierung“ - Transferkoeffizienten auf Güterebene

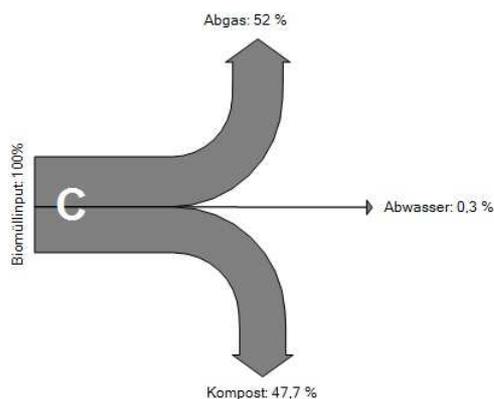


Abbildung 23: Prozess „Eigenkompostierung“ - Transferkoeffizienten für Kohlenstoff

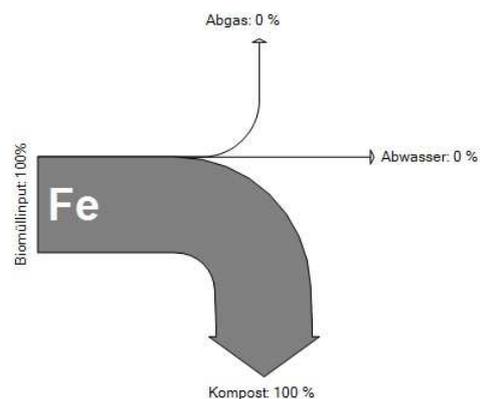
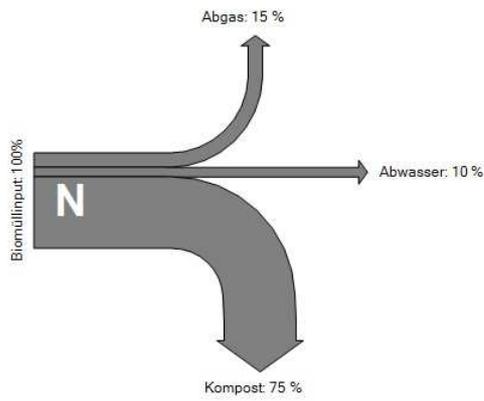
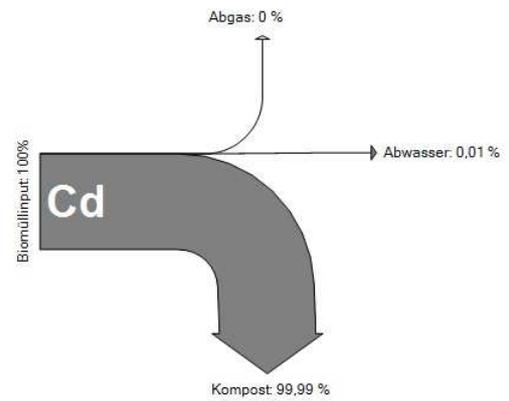


Abbildung 24: Prozess „Eigenkompostierung“ - Transferkoeffizienten für Eisen



**Abbildung 25: Prozess  
„Eigenkompostierung“ -  
Transferkoeffizienten für Stickstoff**



**Abbildung 26: Prozess  
„Eigenkompostierung“ -  
Transferkoeffizienten für Cadmium**

#### 2.2.4.7 Kommunale Müllabfuhr (Prozess „Sammlung und Transport“)

Dieser Prozess hat eine reine Verteilfunktion auf die nachfolgenden Prozesse. Die Transferkoeffizienten sind daher entweder Eins oder Null.

Vereinfacht wird angenommen, dass alle Frachten durch die Sammlung und den Transport gleich bleiben, Eventuelle geringfügige Differenzen (z. B. Behälterrückstände etc.) bleiben unberücksichtigt.

#### 2.2.4.8 Sperrmüllentsorgung (Prozess „Sortierung Sperrmüll“ bzw. „Sortierung und Verladung“)

Für den Sortierungsprozess wird angenommen, dass ca. 15% Altmetalle vor dem Weitertransport des Sperrmülls bei der Umladung aussortiert werden. Diese Annahme erfolgt nach den Angaben des GVU Gänserndorf sowohl auf Güter-, als auch auf Stoffebene. Bei der Verladung des Rest- und Sperrmülls für den Containertransport in die Müllverbrennungsanlage (ab 2004) wird davon ausgegangen, dass es zu keinen Änderungen in den Mengen bzw. der stofflichen Zusammensetzung kommt.

## 2.2.5 Stoffkonzentrationen der einzelnen Fraktionen

Um von den Frachten auf Güterebene auf die stoffliche Ebene zu gelangen, ist die Kenntnis der Stoffkonzentrationen in den ausgewählten Abfallfraktionen notwendig. Für die stoffliche Zusammensetzung von Rest- und Sperrmüll gibt es aufgrund der Analyse des Materialinputs in unterschiedliche Abfallverwertungsanlagen genaue Angaben in der Literatur.

Im Forschungsprojekt AWAST (**A**id in the Management and European Comparison of Municipal Solid **W**aste **T**reatment methods for a Global and Sustainable Approach), wurden Entscheidungsgrundlagen für die Abfallwirtschaft auf europäischer Ebene erarbeitet. Im Rahmen dieses Projektes wurden am Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der TU Wien in Kooperation mit der Ressourcen Management Agentur (RMA) kommunale Abfälle quantitativ und qualitativ charakterisiert. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind in den Berichten von Fehringer et al. (2004) dokumentiert. Die stoffliche Zusammensetzung der einzelnen Fraktionen wurden für die Stoffe Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Chlor, Fluor, Phosphor, Eisen, Aluminium, Blei, Zink, Cadmium und Quecksilber betrachtet.

Da in dieser Studie alle für diese Arbeit notwendigen Abfallfraktionen berücksichtigt wurden, werden diese Angaben für die erforderlichen Stoffkonzentrationen der Elemente Kohlenstoff, Stickstoff, Eisen und Cadmium verwendet.

In den folgenden Tabellen sind die Stoffkonzentrationen aufgelistet und mit anderen Angaben in der Literatur verglichen. Es zeigen sich bis auf wenige Ausnahmen gute Übereinstimmungen der unterschiedlichen Quellen.

Die Konzentrationen beziehen sich entweder auf die Trockensubstanz (TS) oder die Feuchtsubstanz (FS) des untersuchten Materials. Als Umrechnungsfaktor dient der Wassergehalt (WG). Um die Daten besser vergleichen zu können, wurde der Wassergehalt teilweise abgeschätzt (WG\*).

**Tabelle 12: KOHLENSTOFF - Konzentration der einzelnen Fraktionen**

Quelle	Bezeichnung	[g/kg TS]	WG [%]	[g/kg FS]
<b>RESTMÜLL</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"mixid municipal solid waste"</b>	<b>360</b>	-	<b>230</b>
Morf et al. (2005)	Restmüll, MVA Spittelau	-	31±4	190±5
Spaun et al. (1994)	Hausabfälle	360	30	250
Schachermayer et al. (1995)	reiner Hausmüll	240±60	-	170±20
Schachermayer et al. (1995)	Systemmüll	260±40	-	190±10
Brunner & Mönch (1986)	Systemmüll	-	-	270±50
<b>SPERRMÜLL</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"bulky waste"</b>	-	-	<b>150</b>
Daxbeck et al (1996)	Sperrmüll	200	30*	140
<b>PAPIER</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"paper"</b>	-	-	<b>330</b>
Fehringer et al. (1997)	Papier und Pappe, unbeschichtet	440	20*	352
Kost (2001)	Papier/Pappe	455	20*	364
<b>GLAS</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"glass"</b>	-	-	<b>3</b>
Brunner & Fellner (2007)	"glass"	0	-	-
Kost (2001)	Glas	0	-	-
<b>HOLZ</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"wood"</b>	<b>500</b>	-	<b>350</b>
Fehringer et al. (1997)	Bau- und Abbruchholz	507	25*	380
Kost (2001)	Holz	482	25*	360
<b>TEXTILIEN</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"textile"</b>	-	-	<b>440</b>
Fehringer et al. (1997)	Stoff- und Gewebereste, Altkleider	770	20*	616
Kost (2001)	Textilien	542	20*	434
<b>METALLE</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"metal"</b>	-	-	<b>40</b>
Brunner & Fellner (2007)	"metals"	35	5*	33
Fehringer et al. (1997)	Eisen- und Stahlabfälle	2	5*	2
Kost (2001)	Metalle	0	-	-
<b>LEICHTFRAKTION</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"plastic"</b>	-	-	<b>480</b>
Fellner et al. (2007)	"plastic"	700	5*	665
Gallenkemper et al. (1994)	PVC-Abfälle & Schäume auf PVC-Basis	387	5*	368
Kost (2001)	Kunststoff/Verpackung	749	5*	712
<b>BIOMÜLL</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"bio waste"</b>	-	-	<b>160</b>
Fehringer et al. (2004)	"garden and park waste"	-	-	190
Fellner et al. (2007)	"food waste and garden waste"	400	60*	160
Kost (2001)	Küchen- und Gartenabfall	502	60*	201



**Tabelle 13: STICKSTOFF - Konzentration der einzelnen Fraktionen**

Quelle	Bezeichnung	[g/kg TS]	WG [%]	[g/kg FS]
<b>RESTMÜLL</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"mixid municipal solid waste"</b>	<b>7,9</b>	<b>-</b>	<b>5,1</b>
Skutan & Brunner (2006)	Restmüll	-	-	6
Spaun et al. (1994)	Hausabfälle	10	30	7
Daxbeck et al. (1996)	Restmüll	7	30*	4,9
<b>SPERRMÜLL</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"bulky waste"</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>5,3</b>
Daxbeck et al (1996)	Sperrmüll	7	30*	4,9
<b>PAPIER</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"paper"</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1,8</b>
Fehringer et al. (1997)	Papier und Pappe, unbeschichtet	1	20*	0,8
Kost (2001)	Papier/Pappe	2	20*	1,6
<b>GLAS</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"glass"</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0,21</b>
Brunner & Fellner (2007)	"glass"	0	-	-
Kost (2001)	Glas	0	-	-
<b>HOLZ</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"wood"</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>3,5</b>
Fehringer et al. (1997)	Bau- und Abbruchholz	2,4	25*	1,8
Kost (2001)	Holz	11	25*	8,25
<b>TEXTILIEN</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"textile"</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>30</b>
Daxbeck et al (1996)	Stoff- und Gewebereste, Altkleider	1	20*	0,8
Kost (2001)	Textilien	39	20*	31,2
<b>METALLE</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"metal"</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3,3</b>
Brunner & Fellner (2007)	"metals"	0,6	5*	0,57
Fehringer et al. (1997)	Eisen- und Stahlabfälle	1	5*	0,95
Kost (2001)	Metalle	0	-	-
<b>LEICHTFRAKTION</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"plastic"</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4,2</b>
Fehringer et al. (1997)	PVC-Abfälle & Schäume auf PVC-Basis	6	5*	5,7
Kost (2001)	Kunststoff/Verpackung	8,5	5*	8,1
<b>BIOMÜLL</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"bio waste"</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>6</b>
Fehringer et al. (2004)	"garden and park waste"	-	-	5,7
Fellner et al. (2007)	"food waste and garden waste"	20	60*	8
Kost (2001)	Küchen- und Gartenabfall	25	60*	10



**Tabelle 14: EISEN - Konzentration der einzelnen Fraktionen**

Quelle	Bezeichnung	[g/kg TS]	WG [%]	[g/kg FS]
<b>RESTMÜLL</b>				
<b>Fehring et al. (2004)</b>	<b>"mixed municipal solid waste"</b>	<b>41</b>	-	<b>26</b>
Morf et al. (2005)	Restmüll, MVA Spittelau	-	31±4	28±9
Spaun et al. (1994)	Hausabfälle	60	30	40
Schachermayer et al. (1995)	reiner Hausmüll	50±13	-	35±4
Schachermayer et al. (1995)	Systemmüll	56±9	-	42±2
Skutan & Brunner (2006)	Restmüll	-	-	20
<b>SPERRMÜLL</b>				
<b>Fehring et al. (2004)</b>	<b>"bulky waste"</b>	-	-	<b>30</b>
König (2006)	Sperrmüll	50	30*	35
<b>PAPIER</b>				
<b>Fehring et al. (2004)</b>	<b>"paper"</b>	-	-	<b>1,2</b>
Lauber (1993)	Papier und Pappe, unbeschichtet	2	20*	1,6
Brunner & Fellner (2007)	"paper"	0,2	20*	0,16
<b>GLAS</b>				
<b>Fehring et al. (2004)</b>	<b>"glass"</b>	-	-	<b>4,1</b>
Brunner & Fellner (2007)	"glass"	0,1	5*	0,1
König (2006)	Weiß- bzw. Buntglas	10	5*	9,5
<b>HOLZ</b>				
<b>Fehring et al. (2004)</b>	<b>"wood"</b>	<b>0,6</b>	-	<b>0,42</b>
König (2006)	Bau- und Abbruchholz	50	25*	37,5
<b>TEXTILIEN</b>				
<b>Fehring et al. (2004)</b>	<b>"textile"</b>	-	-	<b>1,9</b>
König (2006)	Stoff- und Gewebereste, Altkleider	0,05	20*	0,04
<b>METALLE</b>				
<b>Fehring et al. (2004)</b>	<b>"metal"</b>	-	-	<b>460</b>
Skutan & Brunner (2006)	Altmetall	700	5*	665
König (2006)	Eisen- und Stahlabfälle	800	5*	760
<b>LEICHTFRAKTION</b>				
<b>Fehring et al. (2004)</b>	<b>"plastic"</b>	-	-	<b>25</b>
Stumpf (1994)	PVC-Abfälle & Schäume auf PVC-Basis	3,9	5*	3,71
Brunner & Fellner (2007)	"plastic"	0,05	5*	0,05
<b>BIOMÜLL</b>				
<b>Fehring et al. (2004)</b>	<b>"bio waste"</b>	-	-	<b>13</b>
Fehring et al. (2004)	"garden and park waste"	-	-	8
Brunner & Fellner (2007)	"food waste and garden waste"	0,1	60*	0,04
König (2006)	Biogene Abfälle	0,1	60*	0,04



**Tabelle 15: CADMIUM - Konzentration der einzelnen Fraktionen**

Quelle	Bezeichnung	[mg/kg TS]	WG [%]	[mg/kg FS]
<b>RESTMÜLL</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"mixid municipal solid waste"</b>	<b>9,4</b>	-	<b>6,1</b>
Morf et al. (2005)	Restmüll, MVA Spittelau	-	31±4	5,8±0,35
Spaun et al. (1994)	Hausabfälle	14	30	10
Schachermayer et al. (1995)	reiner Hausmüll	9±4	-	6,3±1,2
Schachermayer et al. (1995)	Systemmüll	10,8±3,2	-	8±1,1
Skutan & Brunner (2006)	Restmüll	-	-	12
<b>SPERRMÜLL</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"bulky waste"</b>	-	-	<b>8</b>
Fehringer et al. (1997)	Sperrmüll	9	30*	6,3
<b>PAPIER</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"paper"</b>	-	-	<b>2,3</b>
Rotter (2002)	Papier/Pappe	0,4	20*	0,32
Fehringer et al. (1999)	Papier und Pappe, beschichtet	0,5	20*	0,4
Fehringer et al. (1999)	Papier und Pappe, unbeschichtet	0,3	20*	0,24
<b>GLAS</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"glass"</b>	-	-	<b>1,5</b>
Rotter (2002)	Glas	0,5	5*	48
König (2006)	Weiß- bzw. Buntglas	0,1	5*	0,1
<b>HOLZ</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"wood"</b>	<b>2,2</b>	-	<b>1,5</b>
Rotter (2002)	Holz	0,9	25*	0,68
Fehringer et al. (1997)	Bau- und Abbruchholz	4,1	25*	3,1
<b>TEXTILIEN</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"textile"</b>	-	-	<b>9</b>
Rotter (2002)	Textilien	1	20*	0,8
Fehringer et al. (1997)	Stoff- und Gewebereste, Altkleider	0,1	20*	0,08
<b>METALLE</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"metal"</b>	-	-	<b>6,3</b>
Rotter (2002)	Altmetall	3,2	5*	3
Fehringer et al. (1997)	Eisen- und Stahlabfälle	0,1	5*	0,1
<b>LEICHTFRAKTION</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"plastic"</b>	-	-	<b>22</b>
Rotter (2002)	Verpackungskunststoffe	0,2-1,5	5*	0,2-1,43
Rotter (2002)	andere Kunststoffe	30-100	5*	28-95
Fehringer et al. (1997)	PVC-Abfälle & Schäume auf PVC-Basis	500	5*	475
<b>BIOMÜLL</b>				
<b>Fehringer et al. (2004)</b>	<b>"bio waste"</b>	-	-	<b>1,4</b>
Fehringer et al. (2004)	"garden and park waste"	-	-	3,8
Rotter (2002)	Biomüll	0,4	60*	0,16
König (2006)	Biogene Abfälle	0,5	60*	0,2

## 2.2.6 Ableitung von Bewertungskriterien

Die Stoffflussanalyse liefert quantitative und qualitative Informationen über ausgewählte Stoffe, die Indikatoren für die Bewertung der Systemwirkungen sein sollen. Dabei können diese Stoffe Ressourcen oder Schadstoffe darstellen.

Zur Bewertung der Veränderungen im System sollen klare Kriterien definiert werden. Im Sinne der Aufgabenstellung sind diese Kriterien von den Zielen und Grundsätzen der Abfallwirtschaft, die im Abfallwirtschaftsgesetz manifestiert sind, abhängig. Da die Definitionen im AWG zum Teil recht abstrakt formuliert sind, werden im Folgenden von den jeweiligen Zielen quantifizierbare Kriterien abgeleitet:

*„1. Schädliche oder nachteilige Einwirkungen auf Mensch, Tier und Pflanze, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt vermieden oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkungen sind so gering wie möglich (zu halten)“*

Aus diesem wichtigen Hauptziel können folgende Unterziele abgeleitet werden:

- Erhaltung der Luftqualität (dazu zählen z.B. die Reduzierung von Schäden durch regional wirkende Schadstoffe oder die Reduzierung von Schäden an der Ozonschicht)
- Erhaltung der Wasserqualität (insbesondere die Verträglichkeit von Immissionen in Oberflächengewässer oder ins Grundwasser)
- Erhaltung der Bodenqualität (insbesondere die Schadstoffanreicherung in Oberflächenböden bzw. in tieferen Bodenschichten)

AWG-Ziel	Indikatorstoffe
1. „Schutz von Menschen und Umwelt“	Stickstoff, Cadmium
Bewertungskriterium	Quantifizierungsmethode
• Stickstoffemissionen in die Hydrosphäre	Stoffbilanz (Stickstoff)

*„2. Die Emissionen von Luftschadstoffen und klimarelevanten Gasen (sind) so gering wie möglich (zu halten)“*

Die Minimierung von klimarelevanten Gasen zur Verringerung des Treibhauseffektes stellt den wichtigsten Beitrag zur Zielerreichung dar.

Neben dem dominierenden Treibhausgas Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) spielen im Bereich der Abfallwirtschaft noch Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) eine wichtige Rolle. Als Indikator wird eine dem Kohlendioxid äquivalente Wirkung als Mengenbezug verwendet. Sie wird als CO<sub>2</sub>-Äquivalent angegeben und bilanziert.

AWG-Ziel	Indikatorstoff
2. „Geringhaltung von klimarelevanten Emissionen“	Kohlenstoff
Bewertungskriterium	Quantifizierungsmethode
• Bilanzierung von CO <sub>2</sub> -Äquivalenten	Stoffbilanz (Kohlenstoff), Güterbilanz

*3. „Ressourcen (Rohstoffe, Wasser, Energie, Landschaft, Flächen, Deponievolumen) geschont (müssen) werden“*

Die Formulierung erstreckt sich über weit reichende Gebiete der Ressourcenschonung, die wie folgt gegliedert werden können:

- Schonung der Ressource Fläche (vor allem Minimierung des Flächenbedarfs für Deponien, Deponiefläche)
- Schonung stofflicher Ressourcen zur Produktgewinnung (dazu zählen einerseits die Minimierung des Ressourcenverbrauchs durch einen hohen Grad stofflicher Verwertung und andererseits die Maximierung der Schaffung neuer Ressourcen)
- Schonung materieller Ressourcen zur Energiegewinnung (insbesondere die Substitution von Primärenergieträgern durch Energieträger der Abfallwirtschaft und die Minimierung des Energieeinsatzes für die Abfallbewirtschaftung)

AWG-Ziel	Indikatorstoffe
3. „Schonung von Ressourcen“	Eisen, Stickstoff
Bewertungskriterium	Quantifizierungsmethode
• Deponievolumen	Güterbilanz
• Recyclingrate	Güterbilanz
• Eisen-Recyclingrate	Stoffbilanz (Eisen)

4. „(Dass) bei der stofflichen Verwertung die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe kein höheres Gefährdungspotential aufweisen als vergleichbare Primärrohstoffe oder Produkte aus Primärrohstoffen“

Der Schadstoffgehalt von Gütern aus Sekundärrohstoffen darf nicht über jenem von Gütern liegen, die aus Primärstoffen hergestellt werden.

AWG-Ziel	Indikatorstoff
4. „Keine Gefährdung durch stoffliche Verwertung“	Cadmium
Bewertungskriterium	Quantifizierungsmethode
• Schadstoff-Recyclingrate	Stoffbilanz (Cadmium)

5. (Dass) nur solche Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung keine Gefährdung für nachfolgende Generationen darstellt.

Dieses Vorsorgeprinzip kann wiederum in Unterziele aufgespalten werden:

- Langfristige Verträglichkeit der Stoffflüsse in die Umwelt (insbesondere Minimierung des langfristigen Reaktionspotentials und der langfristigen Schadstoffverfügbarkeit im Deponiekörper)
- Minimierung der Schadstoffmenge im Deponiekörper

AWG-Ziel	Indikatorstoff
5. „Keine Gefährdung zukünftiger Generationen“	Cadmium
Bewertungskriterium	Quantifizierungsmethode
• Schadstoff-Ausschleusung	Stoffbilanz (Cadmium)

## 2.3 Systembeschreibung

### 2.3.1 Organisation der Abfallwirtschaft in Niederösterreich

Die Vorgaben und Grundsätze für die Organisation der Abfallwirtschaft sind im niederösterreichischen Abfallwirtschaftsgesetz 1992 (NÖ AWG 1992) geregelt.

Die Zuständigkeit für das Abfallrecht, die Erstellung des Abfallwirtschaftskonzeptes sowie die Durchführung von Sachverständigentätigkeiten werden vom Land NÖ wahrgenommen.

Im Landes-Abfallwirtschaftskonzept müssen gemäß § 4 NÖ AWG 1992 die Rahmenbedingungen für die Ziele der Abfallwirtschaft, deren Überprüfungsverfahren, Entwicklungstendenzen, Strategien der Abfallvermeidung und die Darstellung der Sammlung, Behandlung und Entsorgung von Abfällen enthalten sein.

Die Organisationsebenen der Abfallwirtschaft in Niederösterreich sind in 4 Stufen gegliedert:

1. Ebene: Zur Vollziehung des NÖ AWG 1992 idgF. und des AWG 2002 idgF. sind grundsätzlich die **Gemeinden** im Rahmen des eigenen Wirkungsbereichs verpflichtet.

Der eigene Wirkungsbereich gemäß Art. 118 Abs. 2 B-VG umfasst *„alle Angelegenheiten, die im ausschließlichen oder überwiegenden Interesse der in der Gemeinde verkörperten örtlichen Gemeinschaft gelegen und geeignet sind, durch die Gemeinschaft innerhalb ihrer örtlichen Grenzen besorgt zu werden. Die Gesetze haben derartige Angelegenheiten ausdrücklich als solche des eigenen Wirkungsbereiches der Gemeinde zu bezeichnen.“*

Infolge Art. 118 Abs. 4 B-VG hat die Gemeinde *„die Angelegenheiten des eigenen Wirkungsbereiches im Rahmen der Gesetze und Verordnungen des Bundes und des Landes in eigener Verantwortung frei von Weisungen und - vorbehaltlich der Bestimmungen des Art. 119a Abs. 5 - unter Ausschluss eines Rechtsmittels an Verwaltungsorgane außerhalb der Gemeinde zu besorgen. Dem Bund und dem Land*

*kommt gegenüber der Gemeinde bei Besorgung ihres eigenen Wirkungsbereiches ein Aufsichtsrecht (Art. 119a B-VG) zu.*

Um die Erstellung und Fortschreibung des Landes-Abfallwirtschaftsplanes zu ermöglichen, sind die Gemeinden gemäß § 4 Abs. 3 NÖ AWG 1992 auch verpflichtet, jeweils zum Jahresende einen Bericht zu deren Abfallsituation zu erstellen.

2. Ebene: In Niederösterreich wurde die Umsetzung der abfallwirtschaftlichen Ziele durch die Bildung von **Abfallwirtschaftsverbänden** realisiert. Gemeindeabfallverbände entstehen durch den (freiwilligen) Zusammenschluss aller (oder mehrerer) Gemeinden eines Verwaltungsbezirkes und nehmen in der Folge deren Aufgaben wahr.

Die NÖ Abfallverbände haben den gesetzlichen Auftrag, das NÖ Abfallwirtschaftsgesetz sowie in mittelbarer Bundesverwaltung das Bundesabfallwirtschaftsgesetz für die Gemeinden zu vollziehen.

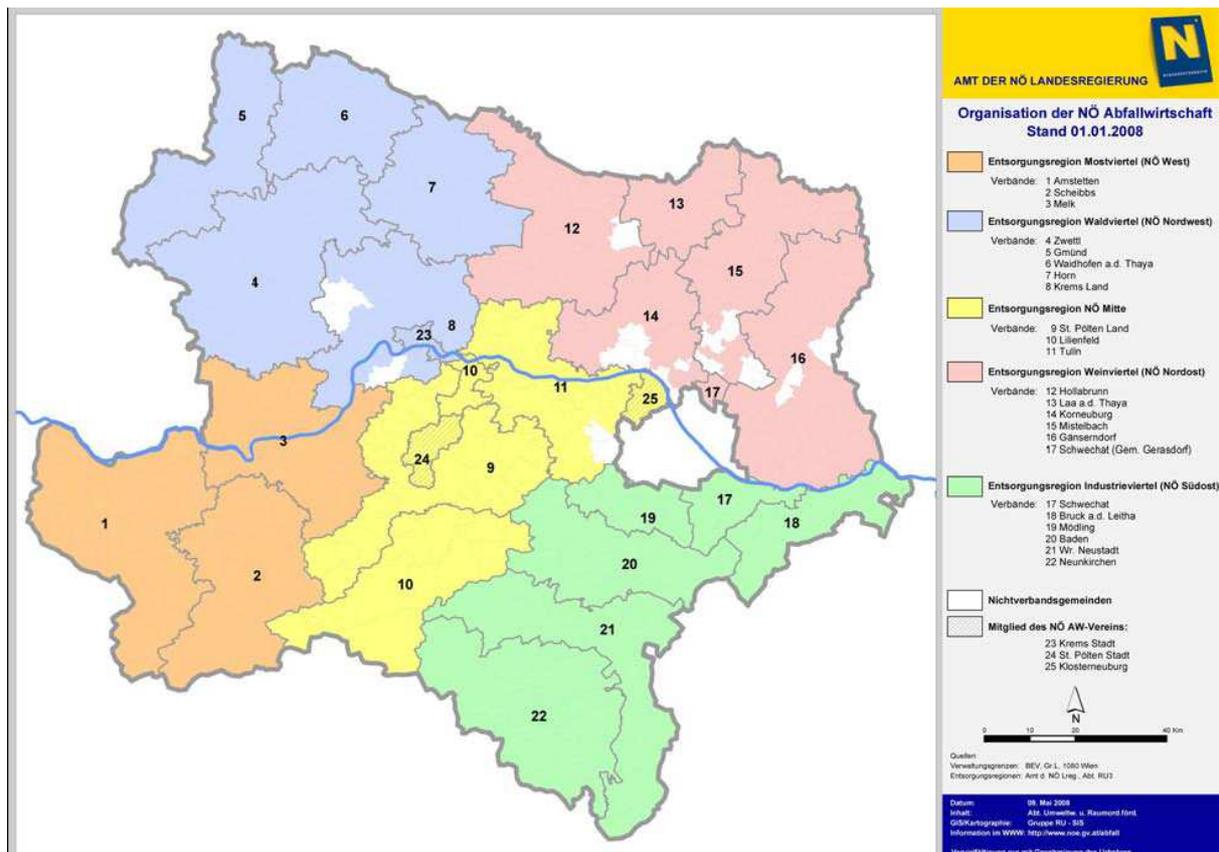
Mit Stichtag 31. Dezember 2008 sind in Niederösterreich in den 22 Abfallwirtschaftsverbänden und drei verbandsähnlichen städtischen Einheiten 554 Gemeinden (von insgesamt 573) integriert.

3. Ebene: 5 **Entsorgungsregionen** (West/Nordwest/Mitte/Nordost/Südost) sollen die abfallwirtschaftlichen Aufgaben auf der Ebene mehrerer Verbände lösen.

4. Ebene: Der **NÖ Abfallwirtschaftsverein** (NÖ AWW) ist die Plattform zur gemeinsamen Arbeit der NÖ Abfallverbände und (Statutar-) Städte auf dem Gebiet der Abfallwirtschaft in Niederösterreich und wurde am 24. August 1993 als privatrechtlich organisierter Verein aus Anlass des Inkrafttretens der Verpackungsverordnung am 1. Oktober 1993 gegründet.

Schwerpunkte der Arbeit des NÖ AWW sind Service- und Dienstleistungen für die Mitglieder, wie zum Beispiel Mitarbeit und Koordination der NÖ-weiten Öffentlichkeitsarbeit, überregionalen Konzeptentwicklungen, Gesetzesbegutachtungen, Förderungsverhandlungen und –abwicklungen mit dem Land NÖ, Verhandlung und teilweise Abwicklung der vertraglichen Regelungen mit den Abfallverwertungsgesellschaften und die Strategieentwicklung für die Zukunft.

Gemeinsam mit der Abteilung RU 3 - Umweltwirtschaft und Raumordnungsförderung des Landes Niederösterreich bildet der NÖ AWW die Dachorganisation der Abfallwirtschaft in Niederösterreich. Die Finanzierung des NÖ AWW erfolgt durch Mitgliedsbeiträge, Einnahmen aus eigener Tätigkeit und zweckgebundenen Förderungen.



**Abbildung 27: Organisation der Abfallwirtschaft in Niederösterreich, Entsorgungsregionen, Verbände, Nichtverbandsgemeinden (Quelle: NÖ Abfallwirtschaftsbericht 2008)**

Die Niederösterreichische Beteiligungsgesellschaft für Abfallwirtschaft und Umweltschutz GesmbH (NÖ BAWU GesmbH), deren Gesellschafter ein Großteil aller niederösterreichischen Abfallverbände, die Statutarstadt Krems/Donau sowie die MBA St. Pölten sind, wurde 1996 gegründet.

Im Auftrag der Gesellschafter ist die Prüfung und Evaluierung aller Maßnahmen zur fachgerechten Entsorgung und Verwertung besonders von Rest- und Sperrmüll vorrangiges Ziel. Dazu zählen die Umsetzung der thermischen Restmüllbehandlung in Niederösterreich, die Entwicklung und Umsetzung einer ökologisch und ökonomisch sinnvollen Transportlogistik, das Mengen- und Heizwertmanagement sowie die

fachgerechte Abwicklung der Altspeisefett-Entsorgung (NÖLI) und die Abwicklung der Elektroaltgeräte-Sammlung (EAG).

### Kommunale Sammelsysteme

Grundsätzlich kann zwischen Holsystem (Sammlung direkt am Anfallsort der Abfälle) und Bringsystem (Abfälle werden zu Sammelinseln oder Sammelzentren gebracht) unterschieden werden. Die beiden Begriffe sind auch im § 3 NÖ AWG 1992 definiert:

- **Bringsystem:** *Jene Erfassungsart, bei der Abfall vom Besitzer entweder in gekennzeichnete Behälter im Abfuhrbereich eingebracht oder beauftragten Organen der Gemeinde zu bestimmten Terminen übergeben wird.*
- **Holsystem:** *Jene Erfassungsart, bei der Abfall vom Besitzer in Behälter auf Liegenschaften im Abfuhrbereich eingebracht und zu bestimmten Terminen bereitgestellt wird. Eine vorgesehene Trennung der Abfallarten ist vom Besitzer durch Vorsortierung zu berücksichtigen.*

### Sammelinseln und Sammelzentren:

Auf Sammelinseln, die im Gemeindegebiet möglichst haushaltsnah in unterschiedlicher Größe verteilt sind, werden Altstoffe (Altglas, Verpackungsmetalle, Alttextilien und teilweise Altpapier) gesammelt.

Zur Abgabe von Sperrmüll, Problemstoffen, Altstoffen, Grünschnitt, Bauschutt usw. wurde in den letzten Jahren in Niederösterreich der Ausbau von Altstoffsammelzentren (ASZ) forciert.

Derzeit gibt es in Niederösterreich 434 Altstoffsammelzentren und 9.647 Altstoffsammelinseln. In 402 Gemeinden ist zumindest ein Altstoffsammelzentrum vorhanden. (Stand lt. NÖ Abfallwirtschaftsbericht 2008)

Aufgrund gewachsener Strukturen, verschiedener Verwertungssysteme und unterschiedlicher Verträge mit Entsorgern und Verwertern haben sich in Niederösterreich unterschiedliche Mülltrennsysteme etabliert. Jeder Abfallverband legt eigenverantwortlich fest, welche Abfälle getrennt zu sammeln sind, wie diese Abfälle erfasst werden (Bring- oder Holsystem) und wie die Finanzierung der Abfallwirtschaft im Verbandsgebiet kostengünstig sichergestellt wird.

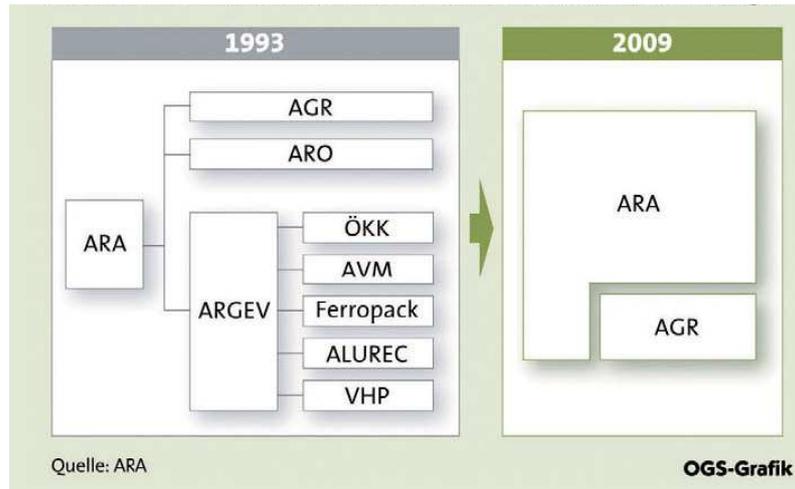
### Sammelsystem der Wirtschaft

Die am 1. Jänner 1993 in Kraft getretene Verpackungsverordnung verpflichtet alle Hersteller-, Vertreiberfirmen und Importeure, ihre in Verkehr gebrachten Verpackungen unentgeltlich zurückzunehmen, diese wieder zu verwenden oder zu verwerten. Dem Grundgedanken der Verpackungsverordnung im Sinne des Abfallwirtschaftsgesetzes, nämlich der Reduktion und Vermeidung von Verpackungen, sollte damit Rechnung getragen werden.

Zur Umsetzung dieser Aufgaben wurde auf Initiative der österreichischen Wirtschaft die Altstoff Recycling Austria AG (ARA) gegründet, die die Verpflichtungen der Unternehmen für die Wirtschaft übernahm. Die ARA ist zentrale Anlaufstelle der Wirtschaft in Fragen der Verpackungssammlung und -verwertung. Als Non-Profit-Unternehmen arbeitet sie nach den Grundsätzen der Leistungsorientierung, Kosteneffizienz und ökologischen Vertretbarkeit.

Die Inverkehrsetzer als Verpflichtete der Verpackungsverordnung zahlen an die ARA für alle Verpackungen ihrer Waren so genannte Lizenzen, deren Höhe vom Packstoff (Papier, Glas, Kunststoff, ...) abhängig ist. Die ARA organisiert und finanziert mit den eingenommenen Lizenzen die Sammlung und Verwertung der Verpackungen.

Bis zum Jahr 2008 waren im ARA System acht wirtschaftlich eigenständige Branchenrecycling-Gesellschaften für die einzelnen Packstoffe zuständig. Mit 1. Oktober 2008 wurden alle Unternehmen des ARA Systems (mit Ausnahme der Glasgesellschaft AGR) in die ARA AG fusioniert. Die AGR bleibt rechtlich eigenständig, aber weiterhin ein wichtiger Teil des ARA Systems.



**Abbildung 28: Neustrukturierung des ARA Systems (Quelle: [www.ara.at](http://www.ara.at))**

Somit decken nunmehr die ARA (Papier, Kunststoff, Materialverbunde, Ferrometalle, Aluminium, Holz) und die AGR, Austria Glas Recycling GmbH, (Glas) die Verwertung der gesamten Bandbreite an Verpackungsmaterialien ab.

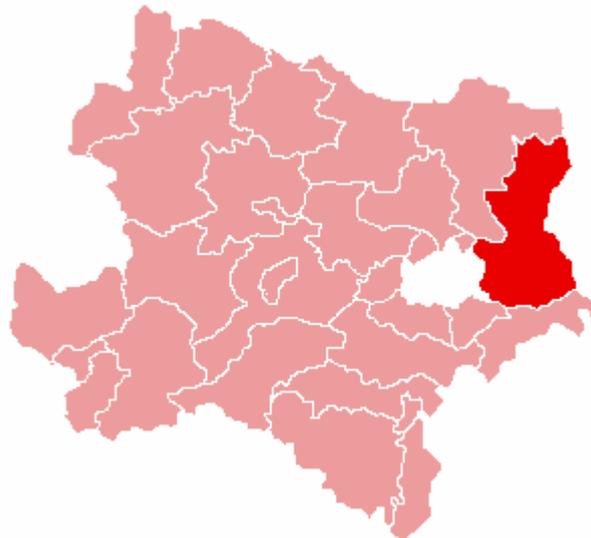
In Kooperation mit mehr als 200 regionalen Entsorgungsunternehmen, Abfallwirtschaftsverbänden und Gemeinden bildet das ARA System in Österreich ein dichtes Netzwerk zur effizienten und kostengerechten Sammlung und Verwertung von gebrauchten Verpackungen.

## 2.3.2 Systembeschreibung GVV Gänserndorf

Zur Beschreibung des ausgewählten Systems werden zuerst die geographischen, demographischen und wirtschaftlichen Kennwerte des Verwaltungsbezirkes Gänserndorf beschrieben. Danach folgt die Beschreibung des für diese Arbeit gewählten Abfallwirtschaftsverbandes „G. V. U. – Pol. Bez. Gänserndorf“, seiner abfallwirtschaftlichen Aufgaben und die Darstellung der Sammel-, Verwertungs- und Entsorgungsprozesse der einzelnen Abfallfraktionen.

### 2.3.2.1 Politischer Bezirk Gänserndorf

Der Bezirk Gänserndorf liegt im östlichen Niederösterreich, nordöstlich der Bundeshauptstadt Wien an der slowakischen Grenze. Die südliche Grenze bildet im Wesentlichen die Donau, im Osten grenzen die Stadt Wien und der Bezirk Mistelbach an den Bezirk.

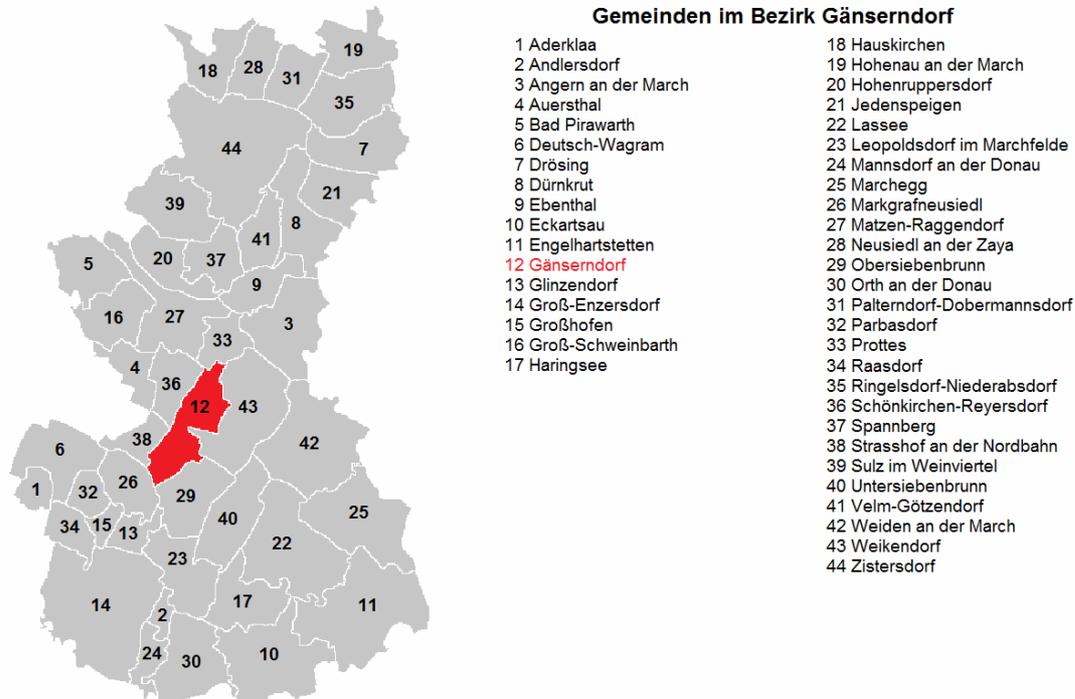


**Abbildung 29: Lage des Bezirkes Gänserndorf in Niederösterreich (Quelle: de.wikipedia)**

Der Bezirk gliedert sich in 44 Gemeinden, darunter 5 Städte und 26 Marktgemeinden.

Die insgesamt zentrale Lage des Bezirkes ergibt sich aus der Nähe zu Wien, abseits gelegene Gemeinden (vor allem im Norden des Bezirkes) sind allerdings durch ungünstige Erreichbarkeitsverhältnisse (inner- und überregional) benachteiligt. Begünstigt sind die Gemeinden entlang der Schnellbahn, die bedeutendsten Siedlungs-

und Arbeitszentren des Bezirkes sind Gänserndorf und Groß-Enzersdorf, daneben noch Zistersdorf und Deutsch-Wagram.



**Abbildung 30: Gemeinden im Bezirk Gänserndorf (Quelle: de.wikipedia)**

In der demografischen Entwicklung gibt es in den letzten Jahrzehnten einen positiven Trend. Wurde zwischen 1971 und 1981 noch eine Bevölkerungsabnahme von rund 2 % verzeichnet, so stieg im Zeitraum 1981 bis 1991 die Zahl der Einwohner um mehr als 7 %. Entsprechend den Ergebnissen der letzten Volkszählung 2001 hat sich die positive Dynamik der Bevölkerungsentwicklung in den letzten 10 Jahren noch verstärkt.

In der folgenden Tabelle werden drei für die abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen wichtige soziodemografische Parameter des Bezirkes Gänserndorf dargestellt und mit denen des Landes Niederösterreich verglichen:

**Tabelle 16: Soziodemografische Kennwerte (Quellen: Statistik Austria, AMS NÖ)**

	1991		2001	
	Gänserndorf	Niederösterreich	Gänserndorf	Niederösterreich
Bevölkerungsdichte [EW/km <sup>2</sup> ]	63,4	76,8	69,5	80,6
Haushaltsgröße [EW/HH]	2,55	2,66	2,44	2,48
Anteil Beschäftigte im primären Sektor [%]	15,13	11,32	11,86	7,32

Der Vergleich zeigt, dass die erhobenen Werte des Bezirkes Gänserndorf in naher Relation zu denen des gesamten Bundeslandes Niederösterreich stehen. Der Bezirk Gänserndorf kann daher als Beispiel für die Abbildung eines durchschnittlichen Bezirkes in der Bevölkerungs- und Siedlungsstruktur gesehen werden. Das begründet auch die Auswahl des Abfallwirtschaftsverbandes Gänserndorf für diese Arbeit.

Wirtschaftlich gesehen zählt der Bezirk Gänserndorf zu den schwächeren Bezirken Österreichs. Die regionale Wirtschaftsstruktur zeigt einen überdurchschnittlich hohen Anteil des primären Sektors, bedingt durch den hohen Prozentsatz der Landwirtschaft.

Der industriell-gewerbliche Sektor konnte sich in Gänserndorf, Leopoldsdorf, Hohenau/March, Groß-Enzersdorf und Deutsch-Wagram entwickeln. Die größten Produktionsbetriebe sind den Branchen Mineralölverarbeitung, Nahrungsmittelindustrie, der Bauwirtschaft und der Metallindustrie zuzuordnen.

#### 2.3.2.2 Abfallwirtschaftsverband des Bezirkes Gänserndorf

Die offizielle Verbandsgründung des „**Gemeindeverbandes für Aufgaben des Umweltschutzes im Bezirk Gänserndorf**“ (GVU Gänserndorf) erfolgte am 1. Oktober 1992 mit damals 35 von 44 Gemeinden des Verwaltungsbezirkes Gänserndorf.

Im Laufe der Jahre traten sieben weitere Gemeinden dem Verband bei, womit seit Juli 2006 insgesamt 42 Mitgliedsgemeinden vertreten sind. Einzig die Stadt Gänserndorf selbst sowie die Marktgemeinde Angern/March gehören nicht dem Verband an.

**Tabelle 17: Übersicht der Verbandsgemeinden des GVU Gänserndorf**

<b>Seit der Gründung beim Verband:</b>		
Aderklaa	Andlersdorf	Bad Pirawarth
Deutsch Wagram	Drösing	Dürnkrut
Ebenthal	Eckartsau	Glinzendorf
Groß-Enzersdorf	Großhofen	Haringsee
Hauskirchen	Hohenau an der March	Hohenruppersdorf
Jedenspeigen	Lasee	Leopoldsdorf an der March
Mannsdorf an der Donau	Marchegg	Markgrafneusiedl
Neusiedl an der Zaya	Obersiebenbrunn	Orth an der Donau
Palterndorf- Dobermannsdorf	Parbasdorf	Raasdorf
Ringelsdorf- Niederabsdorf	Schönkirchen-Reyersdorf	Straßhof an der Nordbahn
Sulz im Weinviertel	Untersiebenbrunn	Weiden an der March
Weikendorf	Zistersdorf	
<b>Seit 1. Jänner 1996:</b>		
Matzen-Raggendorf	Prottes	
<b>Seit 1. Jänner 2001:</b>		
Spannberg		
<b>Seit 1. Jänner 2003:</b>		
Auersthal	Engelhartstetten	Velm-Götzendorf
<b>Seit 1. Juli 2006:</b>		
Groß-Schweinbarth		

Das Jahr 1993 galt noch als „Übergangsjahr“, mit 1. Jänner 1994 wurde der Verband auch operativ tätig.

Von der niederösterreichischen Landesregierung wurde Anfang der 90er Jahre die freiwillige Gründung von Bezirksabfallwirtschaftsverbänden empfohlen, nachdem man in den Musterregionen gute Erfahrungen gemacht hatte.

Neben dieser Empfehlung gab es jedoch auch handfeste wirtschaftliche und politische Gründe für die Gründung des Gemeindeverbandes. Für die Ausschreibung von abfallwirtschaftlichen Dienstleistungen und gemeinsamen Beschaffungen (v. a. der Sammelbehälter) erwartete man sich aufgrund der größeren Marktstärke günstigere Konditionen.

Zu den politischen Gründen gehörten die Verkürzung von Entscheidungswegen, Sachlösungen von Problemen ohne parteipolitisches Geplänkel und die Vereinheitlichung und Straffung der Organisationsstrukturen im Hinblick auf Entsorgungssysteme, Einhebung der Müllgebühren und Mülltrennung.

Ein großer Vorteil war weiters, dass man „unpopuläre Maßnahmen“ im Bereich der Abfallwirtschaft dem Verband „zuschieben“ konnte.

Zu den Hauptaufgaben des GvU Gänserndorf zählen die Vollziehung des NÖ Abfallwirtschaftsgesetzes und des Bundesabfallwirtschaftsgesetzes sowie die Beteiligung an Gesellschaften des Handelsrechts, die sich mit der Abfallwirtschaft beschäftigen (z. B. NÖ BAWU GmbH). Dazu kommen noch weitere Dienstleistungen für die Gemeinden (z. B. Luftgütemessungen).

Rechtlich gesehen ist der Verband eine Gebietskörperschaft im Sinne des NÖ Gemeindeverbandgesetzes. Ihm obliegt auch die Gebührenhoheit nach dem NÖ AWG 1992, sowie die Verpflichtung der Datendokumentation bzw. –aufbereitung hinsichtlich der Sammelmengen zur Erstellung des Landesabfallwirtschaftsplanes.

Schon seit der Gründung liegt der Standort des GvU Gänserndorf in der Marktgemeinde Hohenruppersdorf, zu Beginn im Gemeindeamt und seit 1998 am jetzigen Betriebsstandort (Harrasser Straße 17, 2223 Hohenruppersdorf).

Neben der Vollziehung abfallwirtschaftlicher Aufgaben und der Organisation der Transportlogistik zählt die Öffentlichkeitsarbeit zu einer weiteren wichtigen Aufgabe des Verbandes. Die ständigen Veränderungen der Rahmenbedingungen in der Abfallwirtschaft bedürfen auch einer umfassenden Information der Bevölkerung. Mit niederösterreichweiten, jedoch regional angepassten Maßnahmen wird versucht, die verschiedenen Zielgruppen in der Bevölkerung auf Abfallvermeidung und Abfalltrennung aufmerksam zu machen. Dazu gehören neben der Umsetzung überregionaler Schwerpunkte (z.B.: „Stopp Littering“, „Sauberhafte Feste“), unter anderem die Organisation von Informationsveranstaltungen, Abfallberatung an Schulen („Müllkasperltheater“) und Betrieben, Herausgabe der Verbandszeitung (vierteljährlich), Exkursionen und die grenzüberschreitende Öffentlichkeitsarbeit.

Ein Schwerpunkt ist auch die grenzüberschreitende Zusammenarbeit mit Tschechien und der Slowakei.

Weitere Aufgaben des GVV Gänserndorf sind die Überwachung der Luftreinhaltung in einigen Gemeinden, sowie das Projekt TAPU. Diese Aufgaben sind zwar nicht für die Aufgabenstellung dieser Arbeit von Bedeutung, sollen aber im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung des Aufgabenspektrums kurz beschrieben werden:

#### Luftreinhaltung:

Im Jahr 2001 wurde dem Gemeindeverband von vorerst 11 Gemeinden die Vollziehung des § 34 der NÖ Bauordnung („Periodische Überprüfung von Feuerstätten“) übertragen. Derzeit erfüllt der GVV Gänserndorf diese Aufgaben für 16 Gemeinden (Stand 2008).

#### Projekt TAPU:

Auf Initiative der Leiterin des AMS Gänserndorf, Waltraud Hackenberg, entstand 1995 das Beschäftigungsprojekt „**T**ransit **A**rbeits **P**lätze im **U**mweltschutz (TAPU), das seit der Gründung beim GVV Gänserndorf angesiedelt war. Langzeitarbeitslose und schwer vermittelbare Personen, die aufgrund ihres Alters, ihrer Qualifikationen oder persönlicher Probleme auf dem regulären Arbeitsmarkt wenig Chancen haben, erhalten für maximal ein Jahr einen Arbeitsplatz beim GVV.

Hier werden sie unterstützt, ihre Probleme aufzuarbeiten und durch Fortbildungsmöglichkeiten ihre Qualifikationen zu erhöhen, damit sie sich wieder in den Arbeitsmarkt eingliedern können. Gleichzeitig leisten sie einen sinnvollen und gesellschaftlich anerkannten Beitrag zum konkreten Umweltschutz.

Im Jahr 2009 musste das Projekt TAPU allerdings eingestellt werden.

#### 2.3.2.3 Abfallwirtschaftssystem des Bezirkes Gänserndorf

Eine genaue Kenntnis über die Abläufe im Sammel-, Verwertungs- und Entsorgungssystem des GVV Gänserndorf ist für die Abbildung der Prozesse im Rahmen der Stoffflussanalyse essentiell und wird im Folgenden getrennt nach den einzelnen Sammelfraktionen beschrieben. Berücksichtigt werden dabei auch die wichtigsten Veränderungen seit der Verbandsgründung.

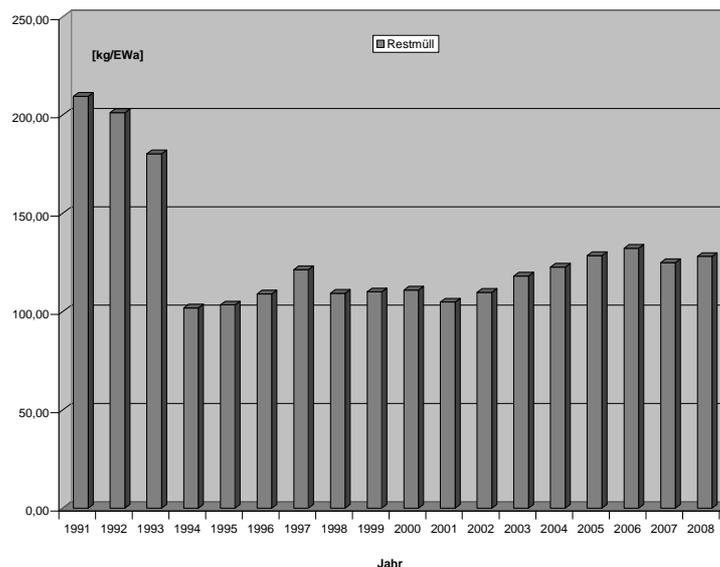
Restmüll:

„Jener Anteil des Mülls, der weder Altstoff noch kompostierbarer Abfall ist.“

(§ 3 Abs. 2 NÖ AWG)

Der Restmüll wird grundsätzlich direkt beim Haus mittels Sammelbehälterabholung (Behälterinhalt 120 oder 240 Liter) 13-mal jährlich erfasst. Als Sammel- und Abfuhrunternehmen sind 3 private Frächter (Fa. Reinbold, Fa. Poyss, Fa. Ackerl) und die Stadtgemeinde Deutsch Wagram tätig.

Die Entsorgung des Restmülls erfolgte bis ins Jahr 2003 unbehandelt auf den Deponien Hollabrunn, Fischamend, Ameis und Schönkirchen. Mit Inkrafttreten der Deponieverordnung und der Inbetriebnahme der MVA Zwentendorf/Dürnrohr wurde der Restmüll zur Umladestation nach Hohenruppersdorf gebracht und in Spezialcontainern (ACTS Presscontainer) der NÖ BAWU GmbH mit der Bahn in die Müllverbrennungsanlage weitertransportiert. Seit Inbetriebnahme der thermischen Anlage der ASA Abfall Service AG am Standort Zistersdorf erfolgt der direkte Transport zur nahe gelegenen Verwertung.



**Abbildung 31: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Restmüll"**

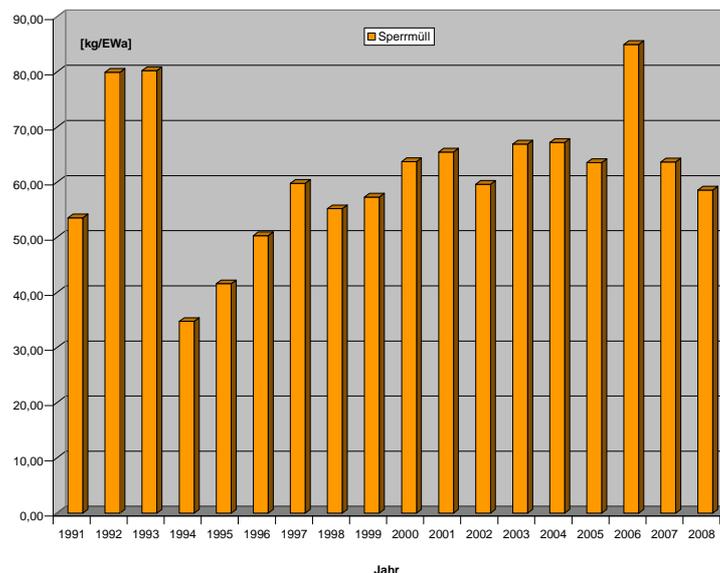
Sperrmüll:

„Nicht gefährliche Siedlungsabfälle, die wegen ihrer äußeren Beschaffenheit (Größe oder Masse) nicht durch ein ortsübliches Müllfassungssystem erfasst werden können (z.B. Möbel, Öfen, Fahrräder, große Gartenwerkzeuge, großes Kinderspielzeug, Reisekoffer).“ (§ 3 Abs. 2 NÖ AWG 1992)

Die Sperrmüllsammmlung erfolgt mittlerweile vorwiegend im Bringsystem und nur noch vereinzelt im Holsystem. Aufgrund vermehrter Kritik und Probleme bei der früher üblichen Sperrmüllabholung (Verschmutzung und Gefährdung durch Lagerung des Sperrmülls am Gehsteig/Straßenrand, „Sperrmülltouristen“) wird diese heute großteils vermieden und gleichzeitig die Angebote der ASZ in Bezug auf deren Anzahl und ausgeweiteten Öffnungszeiten verbessert.

Im GVU Gänserndorf ist die Anzahl der ASZ auf derzeit 30 (Stand 2008) gestiegen. Nur noch in einzelnen Gemeinden wird der Sperrmüll 2-mal jährlich abgeholt.

Wie der Restmüll wurde auch der Sperrmüll in den 90er Jahren unbehandelt deponiert und wird seit 2004 nach der Aussortierung von Alteisen und Umladung auf Container der thermischen Verwertung (siehe Restmüll) zugeführt. Das Alteisen übernimmt die voestalpine Rohstoffhandel GmbH zur stofflichen Wiederverwertung.



**Abbildung 32: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Sperrmüll"**

Durch Tauwetter und Niederschläge kam es im Frühjahr 2006 an der March zu Damnbrüchen und weit reichenden Überflutungen. Die Entsorgung des Sperrmülls wurde nicht getrennt dokumentiert (wie z. B. beim Donau-Hochwasser 2002), wodurch die Spitze im Jahr 2006 bei der spezifischen Sammelmenge begründet ist.

#### Biogene Abfälle:

*„Müll überwiegend pflanzlichen Ursprungs, der einer Kompostierung (z.B. methodische Umwandlung in Komposterde, Verrottung, Vergärung) zugeführt werden kann.“*  
(§ 3 Abs. 2 NÖ AWG 1992)

Die getrennte Sammlung biogener Abfälle wurde in Niederösterreich erstmals im Jahre 1992, also noch vor Inkrafttreten der Kompostverordnung durchgeführt. Im Jahr 1993 wurde auch erstmals in einigen Gemeinden des GVV Gänserndorf die getrennte Sammlung biogener Abfälle durchgeführt und erfolgt seither auf freiwilliger Basis mittels Holsammlung von Biotonnen (Behälterinhalt 120 oder 240 Liter).

Der Anschlussgrad von anfänglich knapp über 20 % konnte bis heute auf ca. 42 % (Stand 2008) verdoppelt werden. Neben der Verwertung des Biomülls durch Eigenkompostierung gelangen die gesammelten Bioabfälle zu Kompostieranlagen in Hohenruppersdorf (NUA Abfallwirtschaft GmbH), Lasee (Marktgemeinde), Rutzendorf (Fa. Hödl) und Markgrafneusiedl (Fa. Lengel). Das in diesen Verwertungsanlagen produzierte Kompostmaterial kann von den Bürgern zu folgenden Tarifen bezogen werden:

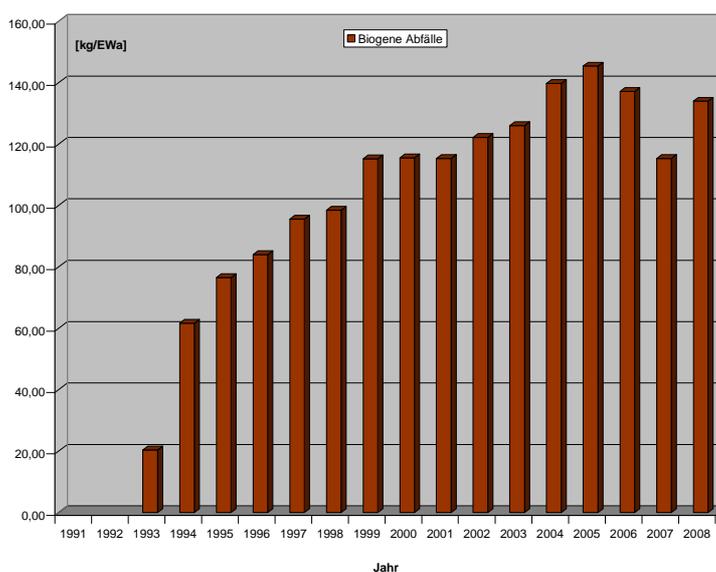
**Tabelle 18: Abgabe von Produkten der Kompostieranlagen an Private**

Anlage/Betreiber	Standort	Material	Kosten <sup>*)</sup>
NUA Abfallwirtschaft GmbH	Hohenruppersdorf	1 m <sup>3</sup> "reiner Kompost"	€ 18,-
Marktgemeinde	Lasee	1 m <sup>3</sup> "reiner Kompost"	kostenlos <sup>1)</sup>
Fa. Hödl	Rutzendorf	1 m <sup>3</sup> "Mischerde"	€ 15,-
Fa. Lengel	Markgrafneusiedl	1 m <sup>3</sup> "reiner Kompost"	€ 25,-

<sup>\*)</sup> ab Werk, inkl. MwSt; lt. telefonischer Auskunft beim Betreiber (Stand Dezember 2009)

<sup>1)</sup> Kleinmengen für den privaten Gebrauch

Die Entleerung der Biotonne erfolgt 42-mal im Jahr.



**Abbildung 33: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Biomüll"**

Altpapier:

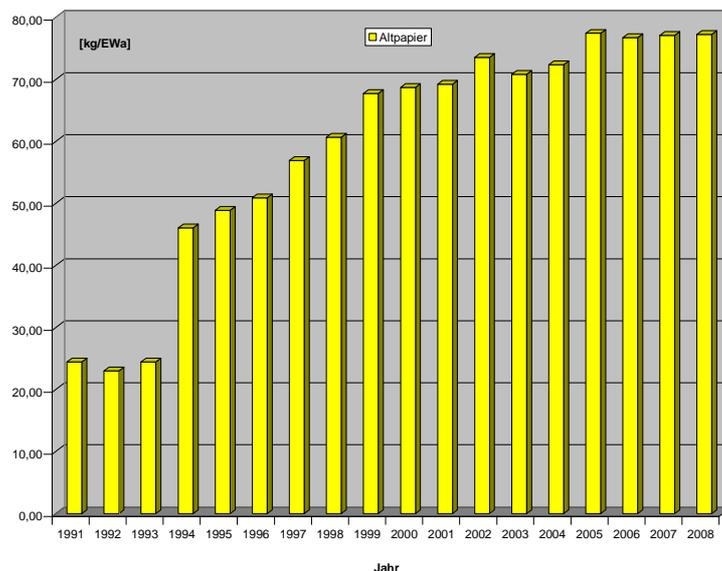
Altpapier ist unter den Altstoffen mengenmäßig die größte Fraktion. In Niederösterreich hat die Altstoffsammlung traditionell einen besonders hohen Stellenwert.

Die Sammlung des Altpapiers erfolgt in Abfallbehältern (Behälterinhalt 240 oder 1.100l), die 8-mal jährlich direkt von den Liegenschaften (Holsystem) abgeholt und nach Wien (Fa. Bunzl & Biach GmbH, Triesterstraße) zur weiteren Verwertung transportiert werden.

In der modernen Papiererzeugung ist Altpapier heute ein bedeutender Rohstoff. Es macht knapp die Hälfte des Inputs bei der Papierproduktion aus. Dabei wird in gemischte Qualität (Verpackungen und sonstiges Altpapier) und homogene Qualitäten („reine Wellpappe“ oder „Zeitungen und Illustrierte“) unterteilt. Die erforderliche Sortenreinheit bzw. gewünschte Qualität wird durch Sortierung erreicht.

Neben Hygienepapier und Zeitungsdruckpapieren ist die Produktion von Vorprodukten für die Verpackungserzeugung ein wesentlicher Einsatzbereich für Altpapier. Verpackungen aus Papier, Karton, Pappe und Wellpappe werden in Österreich zu einem hohen Anteil, manche Produkte zur Gänze, aus Altpapier hergestellt.

Die technischen Grenzen des Recyclings ergeben sich aus der Verringerung der Faserfestigkeit des Altpapiers in jeder Recyclingstufe.



**Abbildung 34: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Altpapier"**

Altglas:

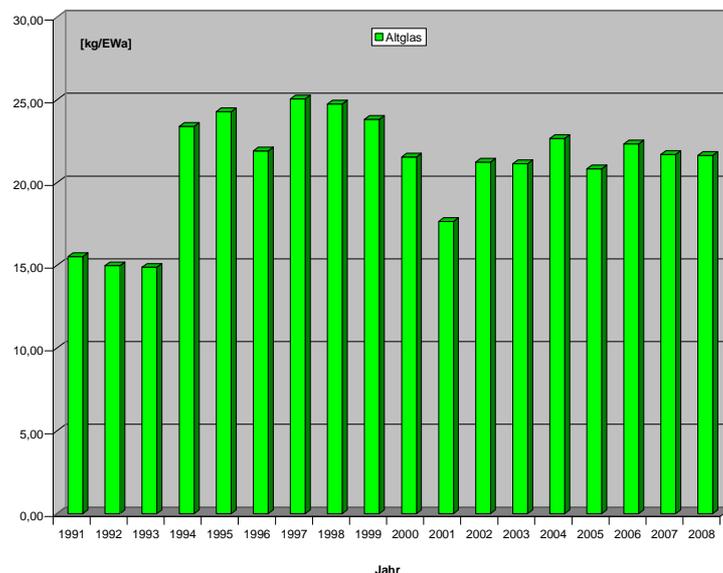
Seit den späten 70er Jahren wird in Österreich Altglas gesammelt. Die kommunale Sammlung erfolgt ausschließlich im Bringsystem auf Altstoffsammelinseln, getrennt nach Weiß- und Buntglas.

Gesammelt wird ausschließlich Verpackungsglas (Hohlglas), alle übrigen Glasarten (wie z.B. Fensterscheiben, Glasgeschirr) kommen in den Restmüll.

Eine möglichst exakte Trennung in Weiß- und Buntglas ist erforderlich, da die Qualität der Sammelware von hoher Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Altglasaufbereitung ist.

Die Weiß- und Buntglascontainer auf den Sammelinseln des GVV Gänserndorf werden ca. 17-mal jährlich entleert. Der Transport des gesammelten Altglases erfolgt direkt zu den Glaswerken, bei denen nach mehrmaliger Sortierung und Entfernung aller Fremdstoffe das zerkleinerte Altglas als Sekundärrohstoff zur Produktion von Glasverpackungen verwendet wird.

Die Hauptabnehmer dafür sind die Glashütten der Firmen Vetropack Austria GmbH (Werke in Pöchlarn und Kremsmünster) und Stölzle Oberglas AG (Werk Köflach). Jene Restmengen, die in den heimischen Glaswerken bedarfs- und qualitätsbedingt nicht mehr aufnehmbar sind, werden in Nachbarländer (Italien, Deutschland, Tschechien) in grenznahe Regionen ausgeführt, um die Transportkosten möglichst gering zu halten.



**Abbildung 35: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Altglas"**

### Kunststoffverpackungen (Leichtfraktion):

Mit Inkrafttreten der VerpackungsVO im Jahr 1993, wurde die Sammlung von Kunststoffverpackungen (alle Verpackungen, die ganz oder zum Teil aus Kunststoff hergestellt sind) in Österreich eingeführt.

Die gesammelten Verpackungen werden in Sortieranlagen in eine sortenreine Fraktion und eine Mischkunststofffraktion aussortiert, bevor sie der Verwertung zugeführt werden.

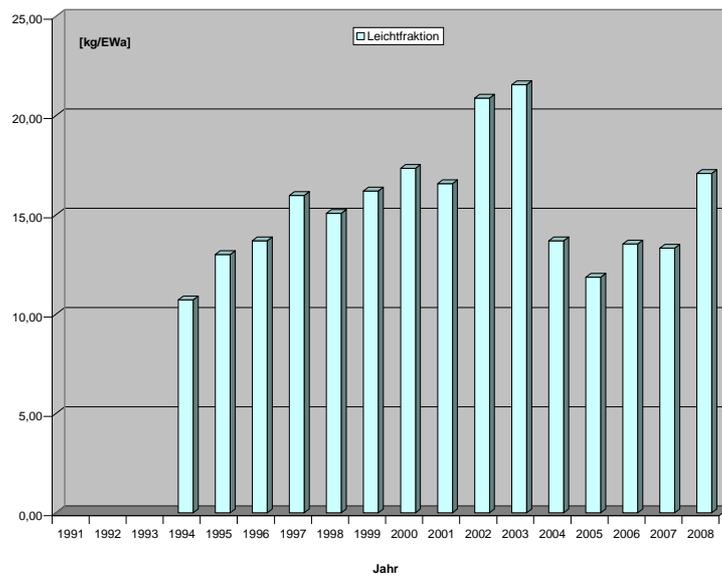
Nur aus sortenreinen und saubereren Altkunststoffen kann Recyclat erzeugt werden, das in seinen Eigenschaften der Neuware ähnlich ist.

Die sortierten Fraktionen wie PET-Getränkeflaschen, HDPE-Hohlkörper oder PS-/PP-Becher werden in den Sortierbetrieben zu Ballen verpresst und für den Recyclingbetrieb bereitgestellt.

Nach dem Aussortieren der stofflich verwertbaren Kunststoffverpackungen, der Störstoffe und Nichtverpackungen verbleibt die so genannte „Mischkunststoff-Fraktion“ aus vorwiegend kleinteiligen Verpackungen – rund die Hälfte des Kunststoff-Verpackungsmaterials. Ein Teil davon kann stofflich verwertet werden (z.B. für die Erzeugung von Lärmschutzwänden, Dachziegeln, Rasengittersteinen oder Entwässerungsrinnen). Für eine chemische Verwertung von Mischkunststoffen wird bei ca. 1.000 C ein Synthesegas erzeugt, das direkt zur Herstellung wichtiger Chemierohstoffe (wie z. B. Methanol) verwendet wird. Eine dritte Möglichkeit ist die thermische Verwertung, wo fossile Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas) durch die Zugabe der Kunststofffraktion ersetzen. Eingesetzt wird diese Methode vor allem in der Zement- und Zellstoffindustrie.

Der hohe Heizwert von Kunststoffverpackungen (1 kg Kunststoff  $\approx$  1 l Heizöl) ist auch das Hauptargument dafür, kleinteilige Kunststoffverpackungen gemeinsam mit dem Restmüll zu sammeln und thermisch zu verwerten. Die getrennte Sammlung kann so auf gut verwertbare Verpackungen ausgerichtet werden.

Im GVV Gänserndorf wurden Leichtverpackungen (Kunststoff-, Verbund- und Holzverpackungen) bis zum Jahr 1999 in den „Gelben Tonnen“ auf Sammelinseln und danach im Holsystem („Gelber Sack“) gesammelt. Im Jahr 2004, also mit Beginn der thermischen Verwertung von Restmüll, erfolgte dann die Umstellung auf die reine Sammlung von Plastikflaschen und Metallverpackungen im Gelben Sack bzw. in der Gelben Tonne. Die restlichen Kunststoffe werden über die Restmüll-Fraktion gesammelt. Eine Abnahme der spezifischen Sammelmenge bei der „Leichtfraktion“ ab dem Jahr 2004 ist deutlich zu erkennen.



**Abbildung 36: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Leichtfraktion"**

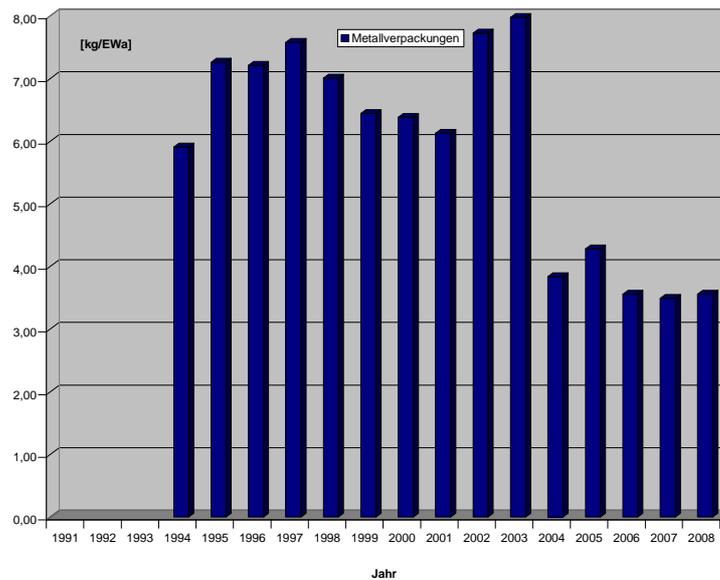
Metallverpackungen:

Gebrauchte Metallverpackungen (z.B. Aludosen, Weißblechdosen) werden durch die Benützung des Sammel- und Verwertungssystems zu einem wichtigen Sekundärrohstoff für die Herstellung neuer und marktgerechter Produkte.

Das gesammelte Material wird unter Zuhilfenahme von Magnetabscheidern in Sortieranlagen maschinell sortiert bzw. in Shredderbetrieben von anderen Metallen, Fremd- und Störstoffen getrennt und so für den Einsatz in Stahlwerken aufbereitet. Hauptabnehmer sind in Niederösterreich die „voestalpine Rohstoffhandel GmbH“ mit Sitz in Laxenburg sowie die „Metall Recycling Mü-Gu GmbH“ in Amstetten.

Aluminiumverpackungen werden aus der Metallsammelware entweder durch händische Positivsortierung gewonnen oder mit Hilfe von Wirbelstromabscheidung durch Separierung der elektrisch leitfähigen Materialien von den nicht leitfähigen abgetrennt. Reines Aluminium kann problemlos recyclet werden. Besteht eine Verpackung zum überwiegenden Teil (mehr als 50 %) aus Aluminium, so kann sie einem Umschmelzvorgang unterworfen werden. Die Verwertung der gesammelten Aluminiumverpackungen erfolgt ausschließlich in heimischen Betrieben.

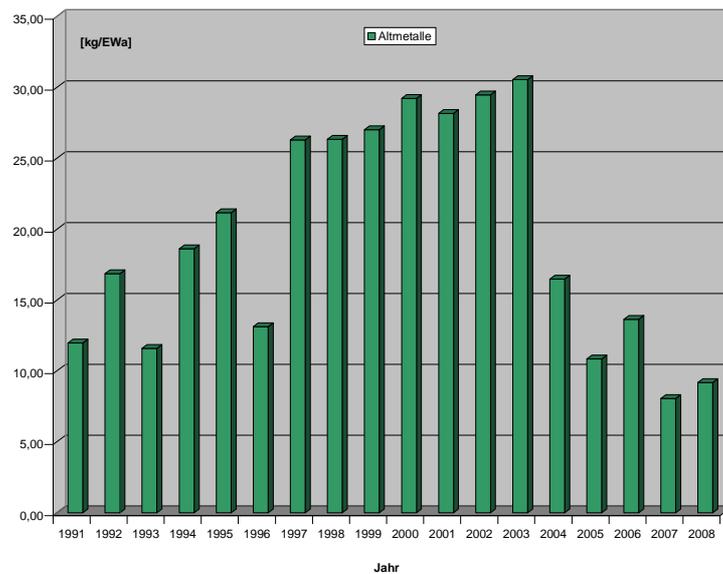
Anfangs erfolgte die Sammlung von Metallverpackungen im GvU Gänserndorf getrennt, seit dem Jahr 2001 gemeinsam mit Kunststoffverpackungen (Mix-Sammlung) bzw. seit dem Jahr 2004 gemeinsam mit den Plastikflaschen.



**Abbildung 37: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Metallverpackungen"**

Altmetalle:

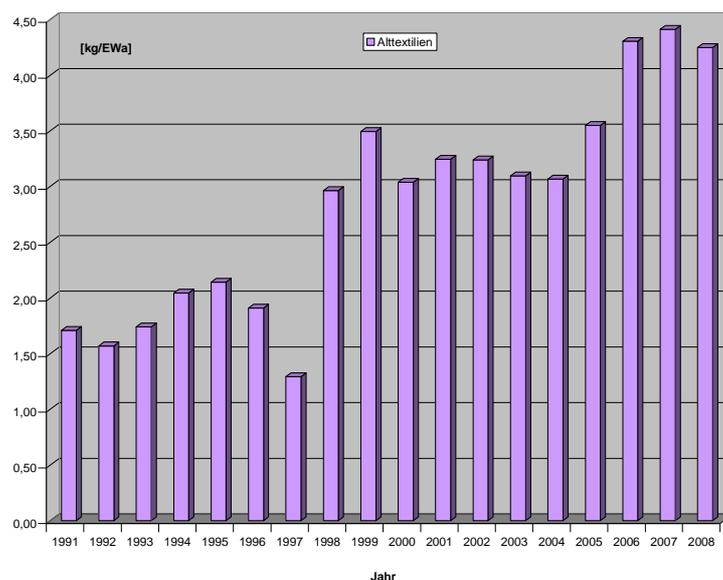
Altmetalle sind vorwiegend sperriger Schrott wie etwa Fahrräder, Eisenöfen, Betteinsätze u. ä., aber auch Kleinmetalle, sofern es sich nicht um Verpackungsmetalle handelt. Die Erfassung erfolgt im GVV Gänserndorf über die 30 Altstoffsammelzentren, von wo die gesammelten Altstoffe in Großcontainern zur Fa. voestalpine Rohstoffhandel GmbH in Laxenburg gebracht werden. Nach der Sortierung erfolgen die Einschmelzung der einzelnen Fraktionen und die Beimischung zum Primärrohstoff in den Stahlbetrieben. Seit dem Jahr 2004 ist ein deutlicher Rückgang bei den spezifischen Sammelmengen zu erkennen. Der Grund für die Abnahme könnte in der geänderten Erfassung jenes Altmittel-Anteils liegen, der aus dem Sperrmüll aussortiert wird. Diese Annahme stellt jedoch lediglich eine Vermutung dar, die aufgrund der Umstellung in der Sperrmüllentsorgung im Jahr 2004 angestellt wird.



**Abbildung 38: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Altmetalle"**

Alttextilien:

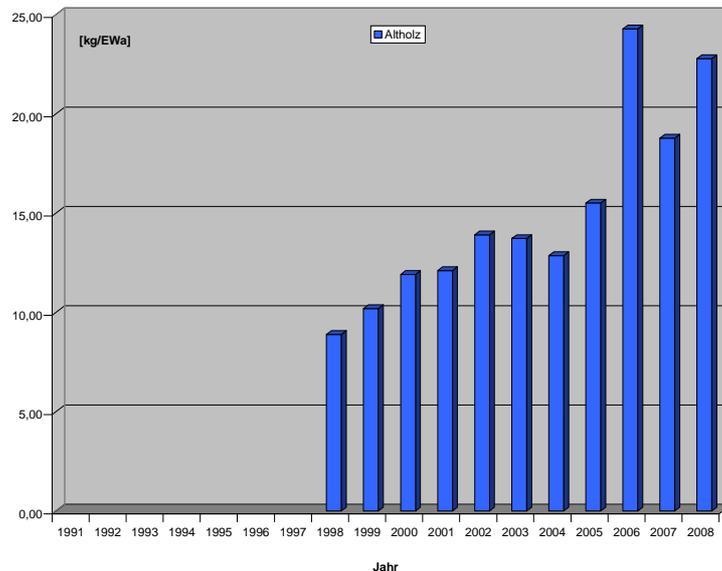
Gesammelt werden hauptsächlich gereinigte Damen-, Herren und Kinderbekleidung, Haushaltstextilien und Schuhe. Die Sammlung erfolgt im Untersuchungsgebiet im Bringsystem und wird durch den Verein für Entwicklungszusammenarbeit „Humana“ organisiert. Die Sammelware wird sortiert in wieder verwendungsfähige Bekleidung, Putzlappen und Regeneratrohstoff. Bekleidung wird in den Entwicklungsländern vermarktet, Putzlappen gehen vor allem in den Industriebereich, aus Regeneratrohstoff wird in Reißereien Wolle zurück gewonnen.



**Abbildung 39: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Alttextilien"**

### Altholz:

In den Altstoffsammelzentren des GVI Gänserndorf erfolgt auch die Erfassung von Altholz in einer eigenen Sammelschiene. Das gesammelte Altholz wird von der Fa. Hödl übernommen und einer stofflichen Verwertung (Verarbeitung zu Hackschnitzel, Pressspanplatten, etc.) zugeführt.



**Abbildung 40: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Altholz"**

Neben den oben angeführten Sammelfraktionen, die in dieser Arbeit zur Erstellung der Güter- und Stoffbilanz ausgewählt wurden, ist der Abfallverband auch für die Abwicklung der Sammlung von Problemstoffen, Elektroaltgeräten und Speiseölen bzw. -fetten verantwortlich:

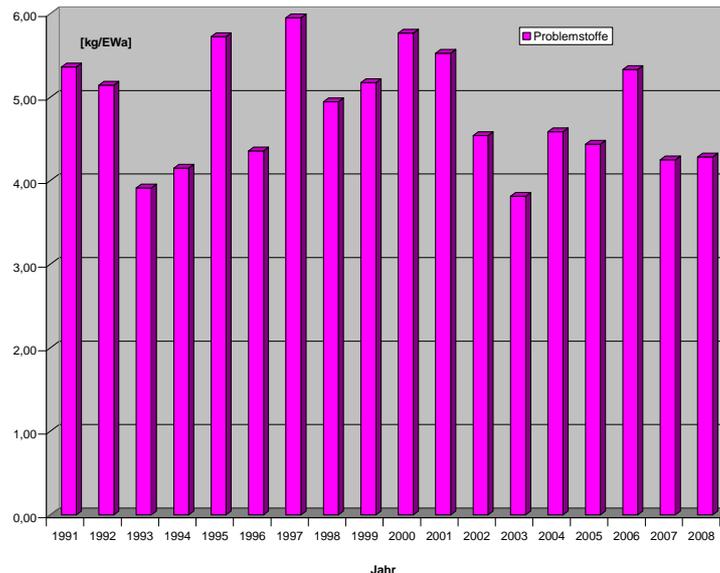
### Problemstoffe:

*„Problemstoffe“ sind gefährliche Abfälle, die üblicherweise in privaten Haushalten anfallen. Weiters gelten als Problemstoffe jene gefährlichen Abfälle aller übrigen Abfallerzeuger, die nach Art und Menge mit üblicherweise in privaten Haushalten anfallenden gefährlichen Abfällen vergleichbar sind. In beiden Fällen gelten diese Abfälle so lange als Problemstoffe, wie sie sich in der Gewahrsame der Abfallerzeuger befinden.“ (§ 2 Abs. 4 Z. 4 AWG 2002)*

Bei der Sammlung von Problemstoffen aus Haushalten steht die Entgiftung des Restmülls im Vordergrund. Die vielfach hochgiftigen, ätzenden, feuer- und explosionsgefährlichen Problemstoffe sollen nicht mit dem Restmüll gemeinsam transportiert und behandelt werden.

Sämtliche Problemstoffe müssen bestimmten Stoffgruppen exakt zugeordnet, verwogen und mittels Begleitschein dokumentiert werden. Hauptentsorger für gefährliche Abfälle aus Niederösterreich ist das Werk „Simmeringer Haide“ der Fernwärme Wien.

Die Übernahme der Problemstoffe erfolgt im GVU Gänserndorf größtenteils in den ASZ und nur mehr in wenigen Gemeinden mittels mobiler Problemstoffsammlung.



**Abbildung 41: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Problemstoffe"**

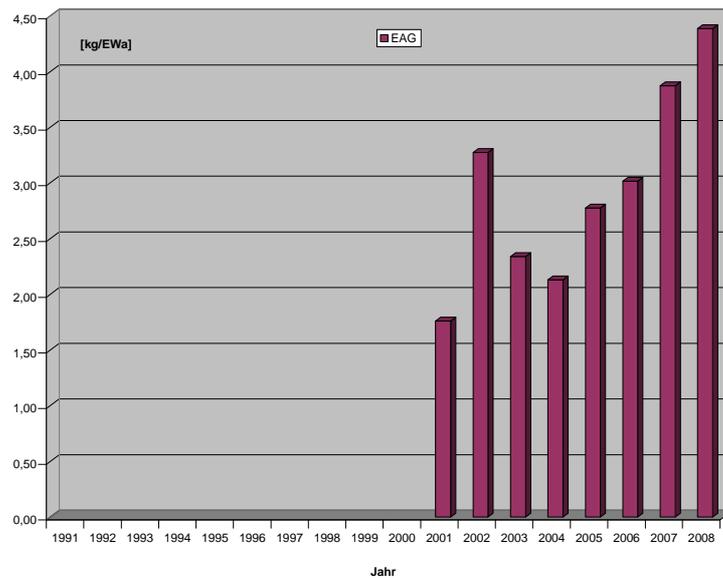
#### EAG-Sammlung:

*„Elektro- und Elektronik-Altgeräte aus privaten Haushalten,  
Elektro- und Elektronikgeräte für private Haushalte, die als Abfall anfallen.“  
(§ 3 Abs. 8 EAG-VO)*

Niederösterreich war im Jahre 2001 das erste Bundesland, das die flächendeckende Sammlung von Elektroaltgeräten eingeführt hat.

Infolge der EU Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (Richtlinie 2002/96/EG) musste die Elektroaltgerätesammlung 2005 neu organisiert werden, da nun die Hersteller für die Sammlung und Behandlung dieser Geräte aufkommen müssen.

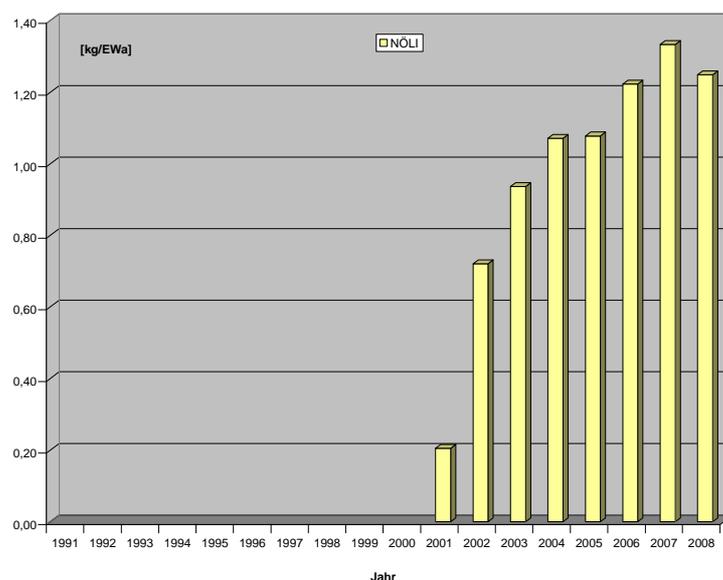
Die organisatorische Abwicklung der „Elektroaltgerätesammlung Neu“ und die Vertragsabschlüsse mit den Herstellersystemen hat für Niederösterreich die Beteiligungsgesellschaft für Abfallwirtschaft und Umweltschutz GmbH (NÖ BAWU) übernommen. Die Sammlung erfolgt in den Kategorien Elektro-Großgeräte, Elektro-Kleingeräte, Kühlgeräte, Bildschirmgeräte und Gasentladungslampen.



**Abbildung 42: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Elektroaltgeräte"**

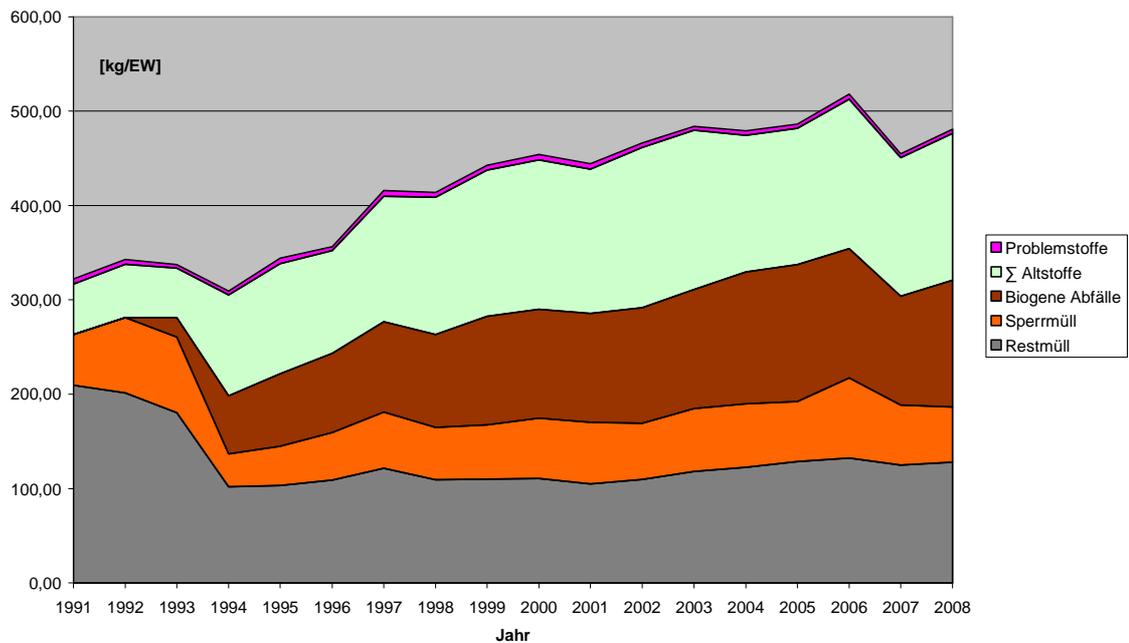
Altspeisefette und -öle (NÖLI-Sammlung):

Mithilfe des Mehrweg-Kübels "NÖLI" wurde 2002 in Niederösterreich ein neues und einheitliches Sammelsystem für Altspeisefette und -öle flächendeckend eingeführt. Volle Sammelbehälter (Inhalt: 3 Liter) können am Altstoffsammelzentrum gegen leere, gereinigte Kübel getauscht werden. Das gesammelte Altspeisefett wird zu Biodiesel und Biogas weiterverarbeitet.



**Abbildung 43: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Altspeisefette und -öle"**

Zur Übersicht der Entwicklung der Sammelmengen des GVV Gänserndorf sind im unten abgebildeten Diagramm nochmals alle Fraktionen zusammengefasst dargestellt. Die Spitze im Jahr 2006 ist wie bei der Fraktion „Sperrmüll“ beschrieben auf das Hochwasserereignis an der March zurückzuführen.



**Abbildung 44: Spezifische Sammelmengen von 1991 bis 2008**

## 3 ERGEBNISSE

Aufbauend auf der Systembeschreibung und den getroffenen Annahmen und Adaptierungen, sowie der Definition der Flüsse und Prozesse fließen die Erkenntnisse in den analytischen Teil dieser Arbeit ein.

Die grafische Darstellung der wichtigsten Güter- und Stoffflüsse zeigt die Ergebnisse der Güter- und Stoffflussanalyse in strukturierter und übersichtlicher Form. Die Resultate bilden die Grundlage für die Bewertungskriterien, die eine Interpretation der Veränderungen über den Betrachtungszeitraum ermöglichen.

### 3.1 Darstellung der Güter- und Stoffflussdiagramme

In diesem Kapitel werden die Güter- und Stoffflüsse grafisch dargestellt. Die Visualisierungen zeigen die Systembeziehungen und die relevanten Flüsse, die mittels der Software STAN (siehe Kap. 2.2.1.2) berechnet wurden. Die Auswertung erfolgt für die ausgewählten Jahre (1991, 1997, 2004 und 2008) sowohl auf Güterebene, als auch auf Stoffebene für Kohlenstoff, Stickstoff, Eisen und Cadmium.

Die Darstellungen auf Güterebene und auf Stoffebene für Kohlenstoff und Cadmium sind im Hauptteil dieser Arbeit abgebildet, für die Stoffe Stickstoff und Eisen sind die Diagramme im Anhang B zu finden.

Die Abbildung der berechneten Ströme erfolgt in Form von Sankey-Diagrammen. Dabei werden die Breiten der Flusspfeile proportional zur transportierten Menge dargestellt. Somit sind schon auf den ersten Blick die Größenrelationen sehr gut erkennbar.

Es wurde besonderer Wert darauf gelegt, die Flüsse in übersichtlicher Form abzubilden. Für die ersten beiden Szenarien (1991 bzw. 1997) sind einzelne Flüsse aufgrund der nicht getrennten Erfassung bestimmter Fraktionen nicht vorhanden, werden aber für einen besseren Vergleich über den gesamten Betrachtungszeitraum ebenso dargestellt. Der Menge wird mit dem Wert Null angegeben.

Die Darstellungsgenauigkeit der transportierten Güter bzw. Stoffe wurde mit zwei bzw. drei signifikanten Stellen gewählt. Bei größeren Mengen ergeben sich durch die Rundungen zwar Ungenauigkeiten, die im Sinne einer übersichtlichen Darstellung aber in Kauf genommen werden. Die Rechenwerte für die Bewertungskriterien wurden allerdings mit einer Genauigkeit auf 2 Nachkommastellen ermittelt.

### 3.1.1 Ergebnisse auf Güterebene

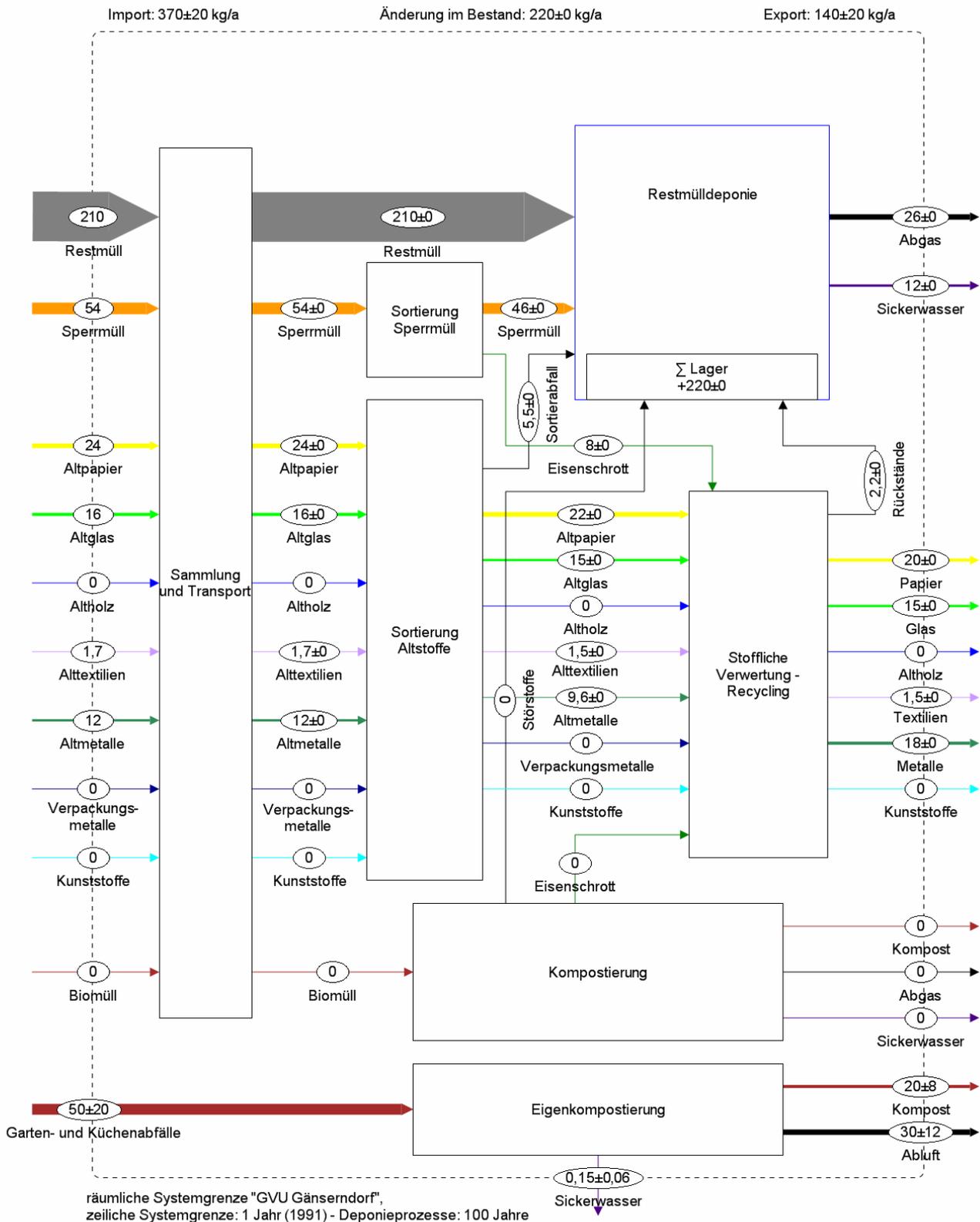


Abbildung 45: SFA - Güterebene - 1991 in [kg/(EW\*a)]

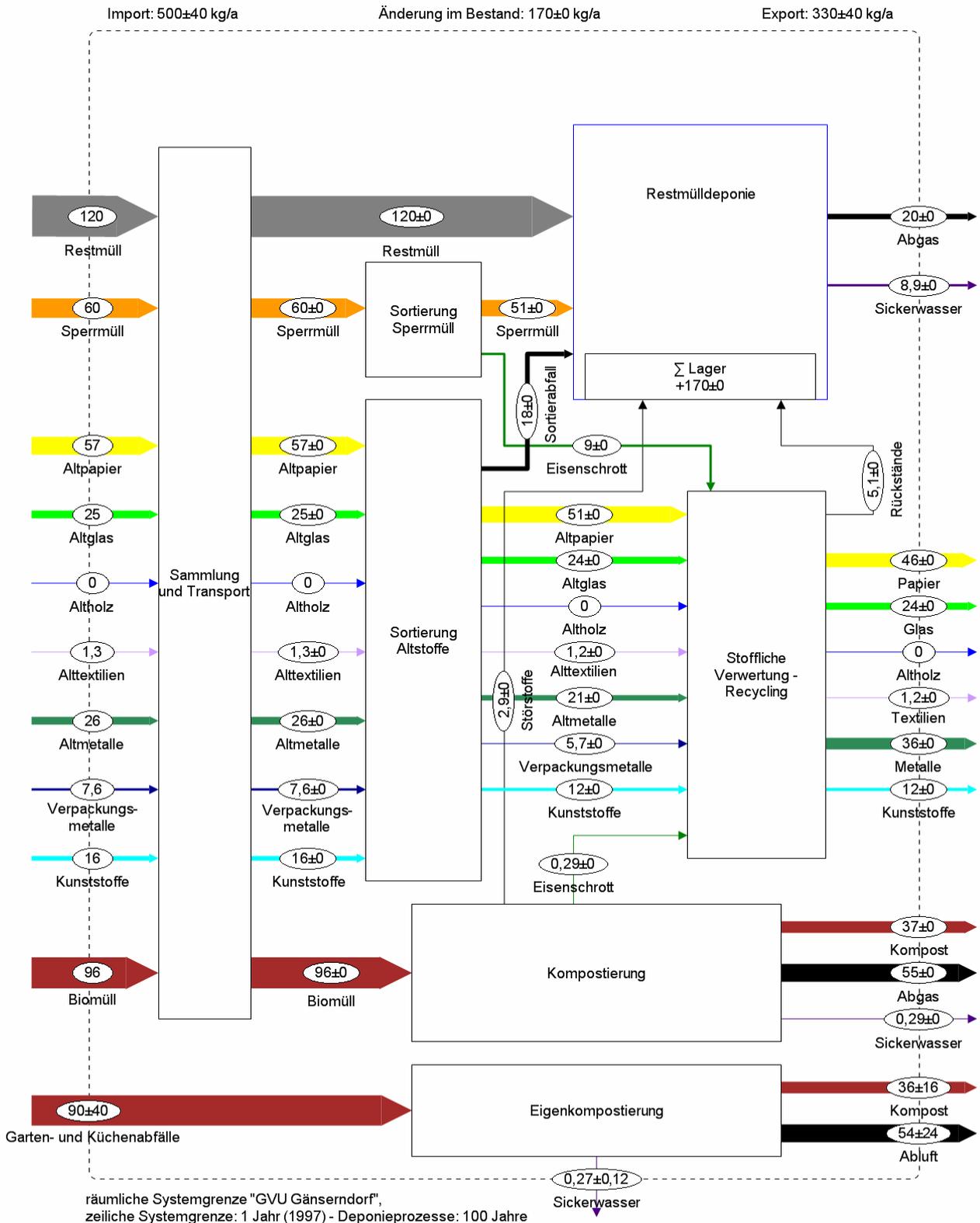


Abbildung 46: SFA - Güterebene - 1997 in [kg/(EW\*a)]

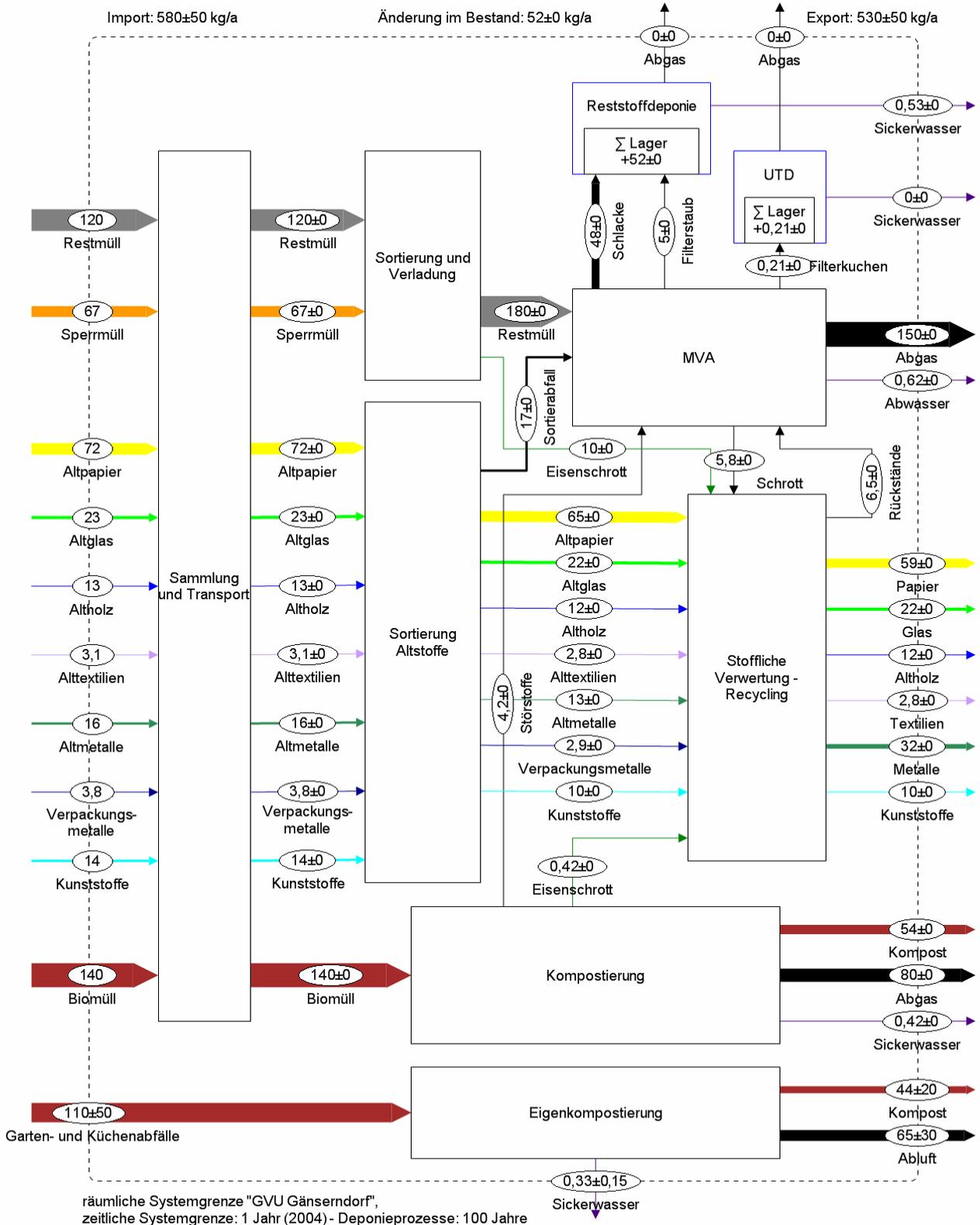
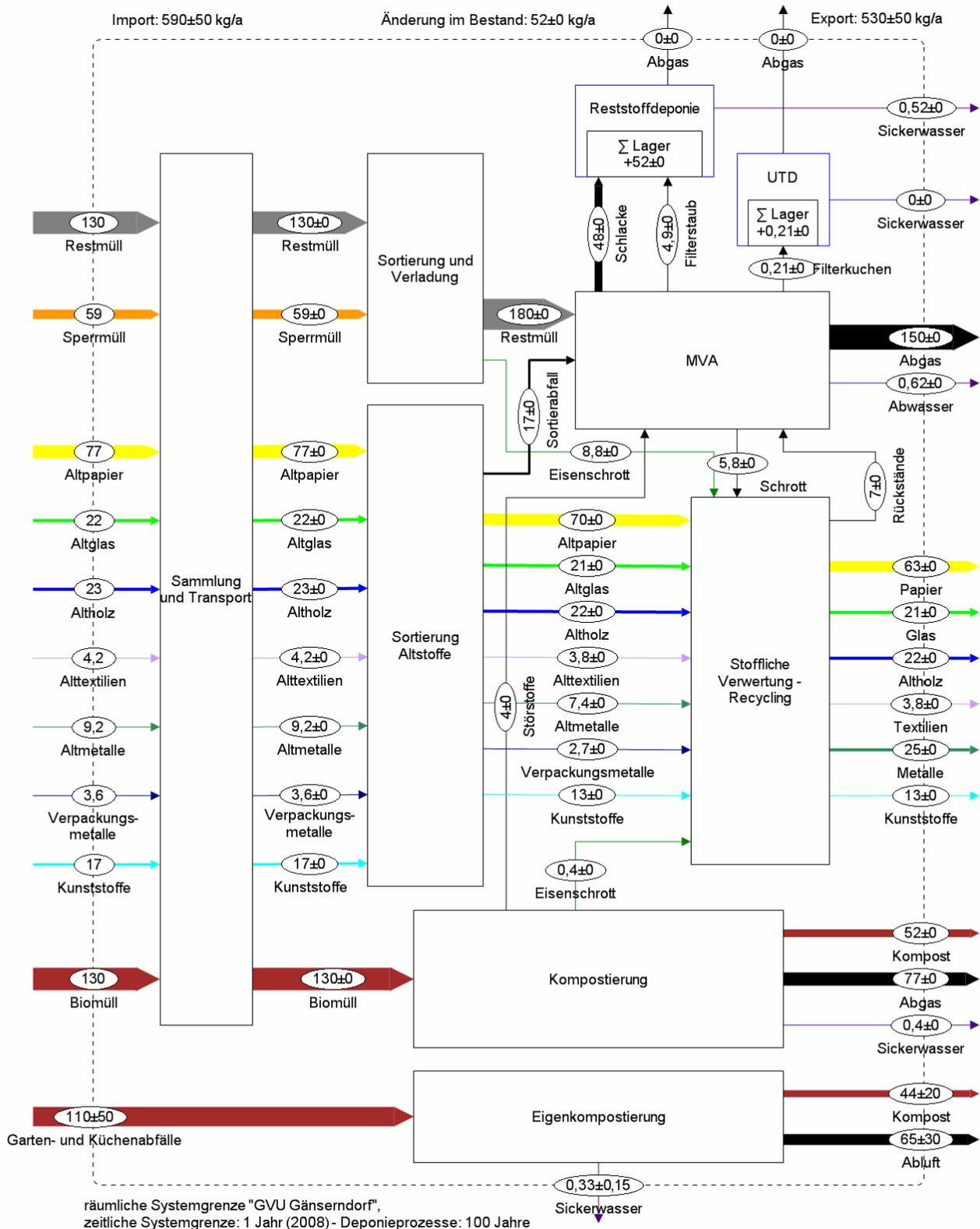


Abbildung 47: SFA - Güterebene – 2004 in [kg/(EW\*a)]



**Abbildung 48: SFA - Güterebene - 2008 in [kg/(EW\*a)]**

Im Jahr 1991 wurden Wertstoffe wie Altholz, Verpackungsmetalle und Kunststoffe noch nicht getrennt gesammelt. Ebenso gab es noch keine getrennte Biomüll-Sammlung auf kommunaler Ebene. Mehr als die Hälfte der gesamten Importmenge gelangte über den Restmüll ins System, der somit auch den Hauptimportweg darstellt. Im Jahr 1997 reduziert sich dieser Import auf rund 120 kg pro Einwohner und Jahr und bleibt auch in den Jahren 2004 bzw. 2008 auf diesem Wert annähernd konstant. Der Unterschied liegt freilich darin, dass in den ersten beiden Szenarien die gesamte Menge unbehandelt auf die Restmülldeponie geht, im Unterschied zu einer thermischen Verwertung im Prozess „MVA“ in den letzteren Szenarien.

Die Sperrmüllmenge erhöht sich leicht ausgehend vom Jahr 1991 bis zum Jahr 2004 und nimmt dann wieder leicht ab. Analog zum Restmüll gelangt der überwiegende Teil zuerst auf die Restmülldeponie und ab dem Jahr 2004 in die Müllverbrennungsanlage. Der Großteil der Rest- und Sperrmüllmenge bewirkt in den Jahren 1991 und 1997 eine Lageranreicherung im System, danach erfolgt der Hauptoutput aus dem Prozess „MVA“ über das gereinigte Abgas.

Bei den Gütern Altpapier und Altglas steigen die Importmengen kontinuierlich an, wobei die Steigerungsrate bei Altpapier höher ausfällt und im Jahr 2008 mit ca. 77 kg pro Einwohner und Jahr ein Maximum erreicht.

Bei der Entwicklung der separat gesammelten Altmetallmenge ist zunächst eine Steigerung zum Jahr 1997 hin zu bemerken, dann sinkt die Menge und liegt im Jahr 2008 sogar unter dem Wert aus dem Jahr 1991.

Die separate Erfassung von Altholz wird erst ab dem Szenario „2004“ abgebildet und steigt kontinuierlich an. Verpackungsmetalle und Kunststoffe erscheinen in der Bilanz ab dem Jahr 1997, in dem auch die größte spezifische Menge an Verpackungsmetallen erfasst wurde. Die Kunststoff-Sammelmenge bleibt über den gewählten Betrachtungszeitraum relativ konstant zwischen 14 und 17 kg pro Einwohner und Jahr.

Die Steigerungen bzw. Rückgänge der Importmenge der Altstoffe spiegeln sich auch in den Outputmengen der stofflichen Verwertung und somit auch beim Systemexport wieder.

Biogene Abfälle gelangen über die Biomüll-Sammlung oder als Garten- und Küchenabfälle ins System. Der Systemimport der Garten- und Küchenabfälle wird aufgrund der ungenauen Datenlage mit relativ großen Bandbreiten angegeben.

### 3.1.2 Ergebnisse auf stofflicher Ebene für Kohlenstoff

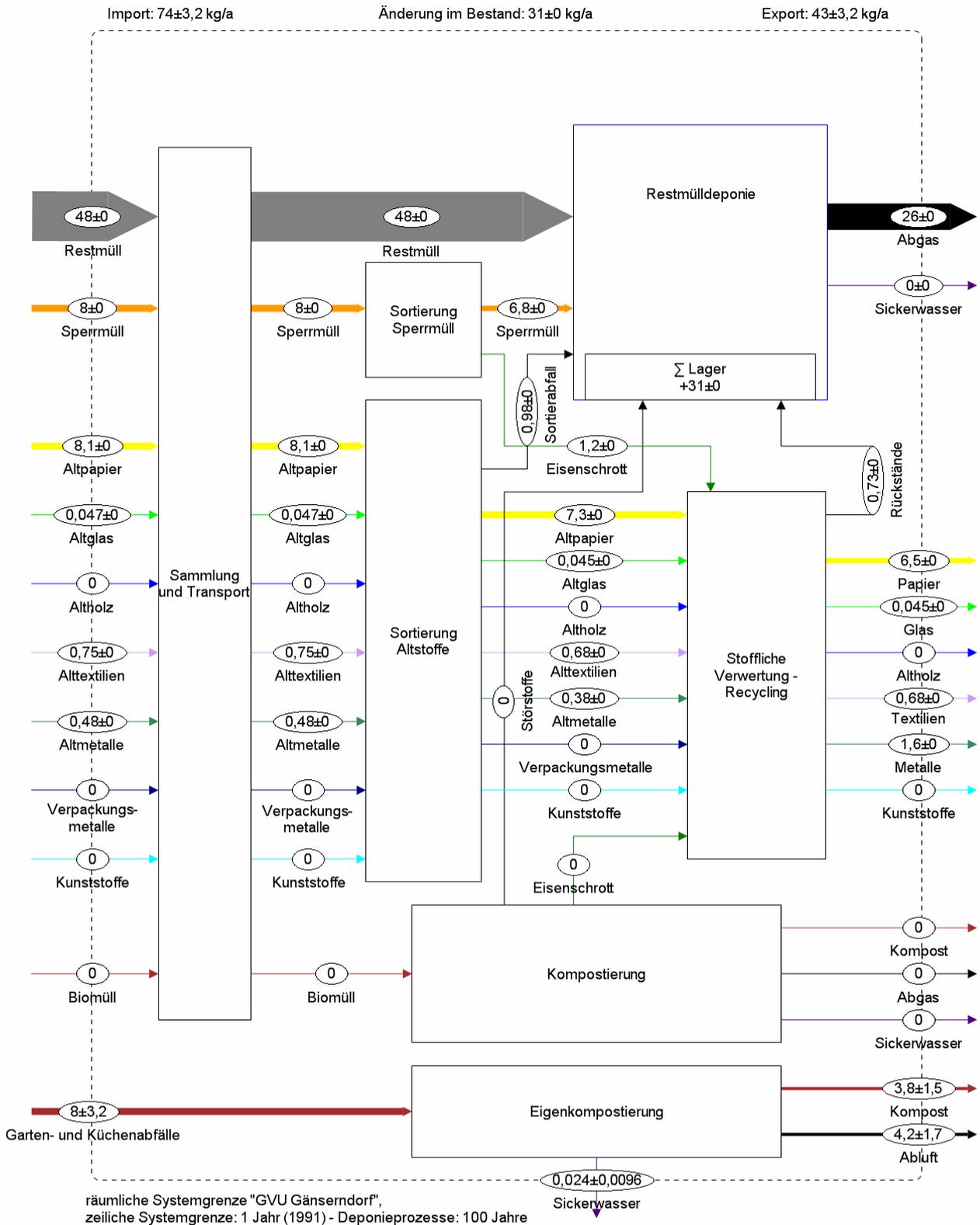


Abbildung 49: SFA - Kohlenstoff – 1991 in [kg/(EW\*a)]

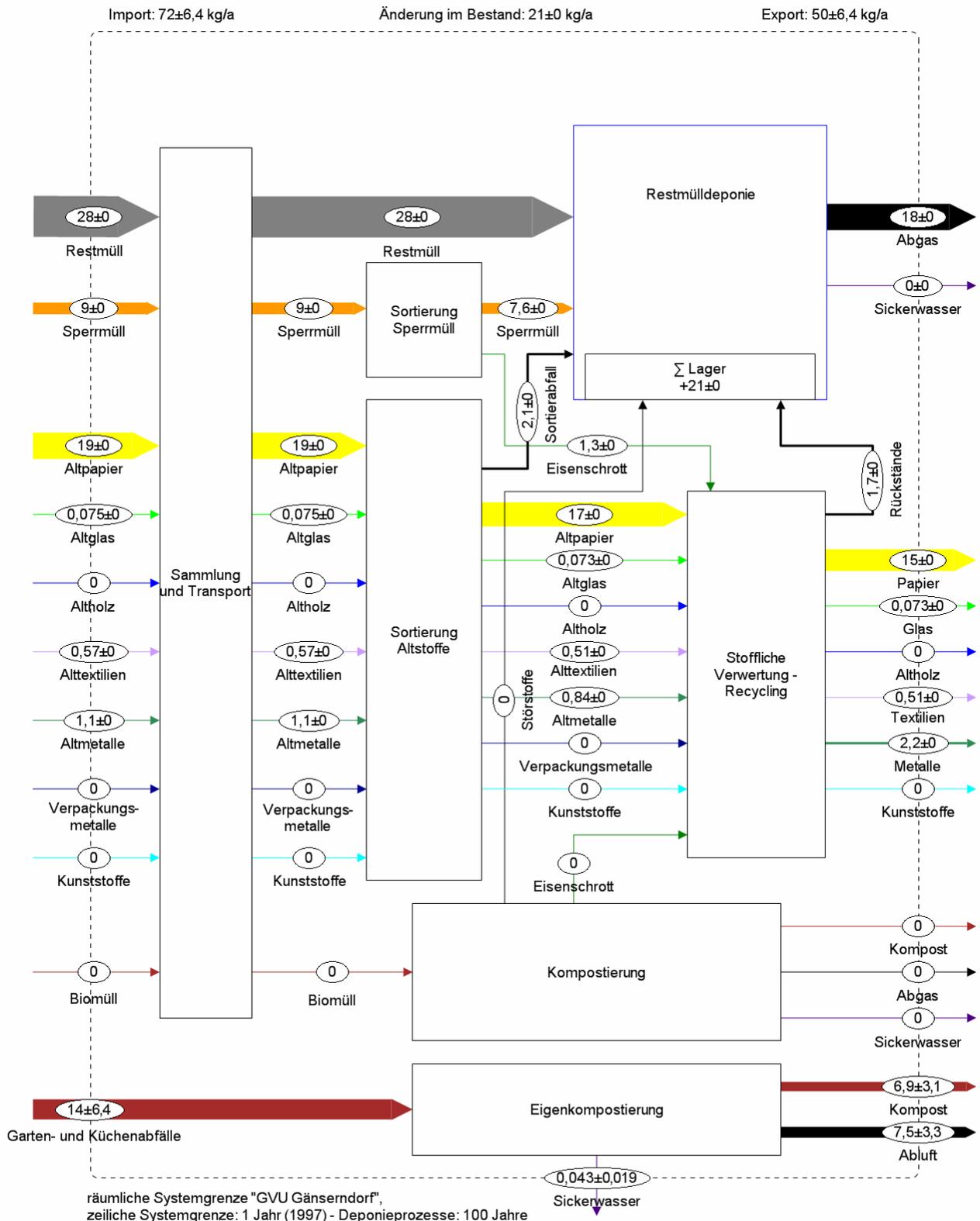
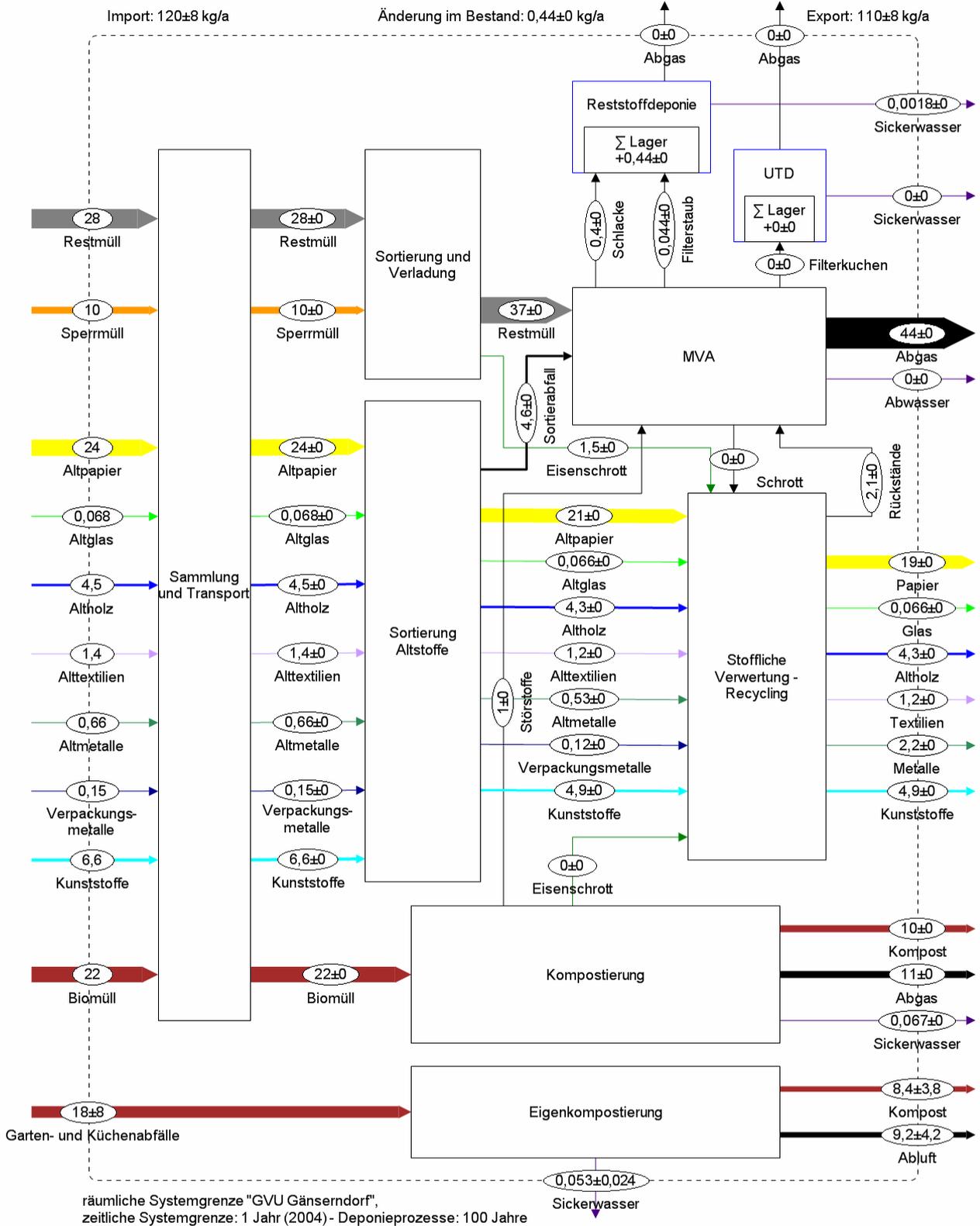


Abbildung 50: SFA - Kohlenstoff – 1997 in [kg/(EW\*a)]



**Abbildung 51: SFA - Kohlenstoff – 2004 in [kg/(EW\*a)]**

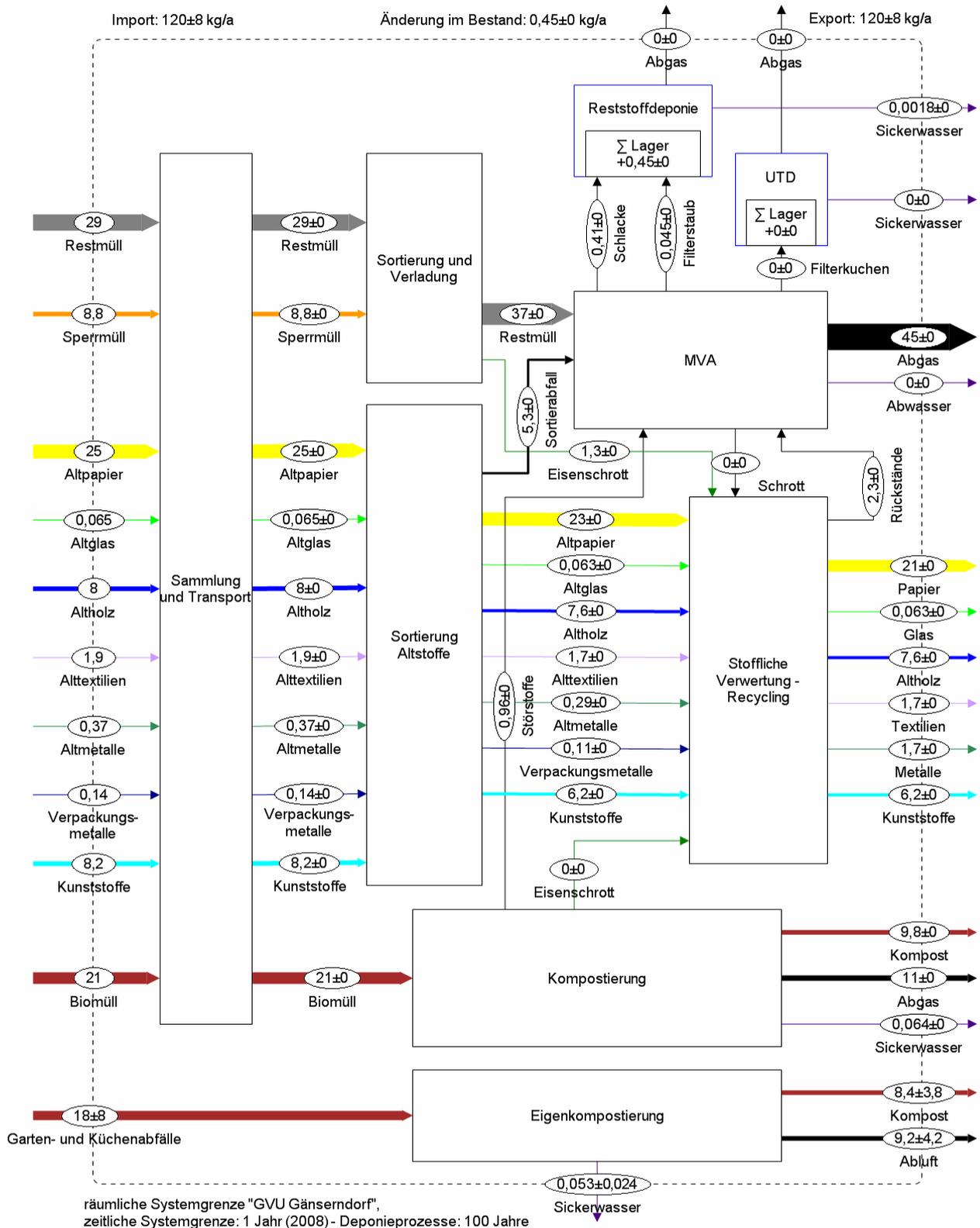


Abbildung 52: SFA - Kohlenstoff – 2008 in [kg/(EW\*a)]

Auch auf stofflicher Ebene ist der Systemimport von Kohlenstoff über den Restmüll im Jahr 1991 am größten. Der Anteil an der Gesamtimportmenge ist mit knapp 65 % sogar noch höher als auf Güterebene. In den ersten beiden Szenarien geht mehr als die Hälfte des Kohlenstoffinputs in das Lager des Prozesses „Restmülldeponie“, der restliche Kohlenstoff entweicht in Form von  $\text{CO}_2$  bzw.  $\text{CH}_4$  über das Deponiegas. Bei der Bilanzierung ist zu beachten, dass die Prozesse in der Restmülldeponie im Vergleich zu den anderen Prozessen nur sehr langsam ablaufen und somit langfristige Auswirkungen haben. Dies ist mit der Wahl eines Zeithorizontes von 100 Jahren für diesen Prozess berücksichtigt worden. Beim Prozess „MVA“ in den Jahren 2004 und 2008 wird fast der gesamte Kohlenstoff über das Abgas in Form von  $\text{CO}_2$  in die Atmosphäre exportiert. Der Stoffaustrag aus den Prozessen „Reststoffdeponie“ und „Untertagedeponie“, die die Rückstände aus der MVA aufnehmen, ist vernachlässigbar klein. Auch die Lagerbildung ist gering.

Bei den verwertbaren Altstoffen verbleibt der Kohlenstoff in den einzelnen Fraktionen und wird nicht umgewandelt. Die mengenmäßige Reduktion zwischen Importmenge und Exportmenge ergibt sich nur durch die Aussortierung von Fremd- und Störstoffen im System.

Sowohl bei der Eigenkompostierung als auch bei der Verwertung in Kompostierungsanlagen (Prozess „Kompostierung“ ab dem Szenario „2004“) wird der Kohlenstoff auf die Exportflüsse Kompost und Abluft/Abgas aufgeteilt. Der Anteil im Sickerwasser ist sehr gering. Die kontinuierliche Steigerung der Güterimportmenge bewirkt auch einen Anstieg auf stofflicher Ebene für Kohlenstoff sowohl bei den Importmengen (Biomüll bzw. Garten- und Küchenabfälle), als auch bei den Exportmengen von Kompost und in die Atmosphäre.

### 3.1.3 Ergebnisse auf stofflicher Ebene für Stickstoff

Die Darstellung der Ergebnisse ist im Anhang B zu finden.

Ähnlich wie beim Kohlenstoff liegt der Hauptimportanteil beim Rest- bzw. Sperrmüll. Der Stoffaustrag aus dem Prozess „Reststoffdeponie“ erfolgt jedoch nicht hauptsächlich über das Deponiegas, sondern über den Sickerwasser-Pfad. Dies kann zu einer Versauerung des Bodens oder zu einer Stickstoffanreicherung im Grundwasser führen. Ein großer Teil des Stickstoffs gelangt auch in das Lager dieses Prozesses. Würde man den Betrachtungszeitraum für diesen Prozess vergrößern, so ist anzunehmen, dass der Stickstoffaustrag noch zunehmen würde.

Beim Prozess „MVA“ wird ein Großteil des Stickstoffs, der in Form von Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) vorliegt, bei der katalytischen Rauchgasreinigung zu unbedenklichem Stickstoff und Wasserdampf umgewandelt und über das Abgas abgegeben.

Bei den Prozessen „Kompostierung“ und „Eigenkompostierung“ verbleibt der Stickstoff größtenteils im Kompost und kann somit z.B. als wertvoller Dünger eingesetzt werden. Ein geringerer Anteil verlässt das System über das Sickerwasser in die Hydrosphäre bzw. als Abgas/Abluft in die Atmosphäre.

Bis auf das erste Szenario, wo nur eine geringe Menge an biogenen Abfällen ins System gelangt, ist der Stickstofffluss durch die beiden Prozesse „Kompostierung“ bzw. „Eigenkompostierung“ auf keinen Fall unbedeutend, da er auch mengenmäßig jeweils größer ist, als der Import über Rest- und Sperrmüll.

### 3.1.4 Ergebnisse auf stofflicher Ebene für Cadmium

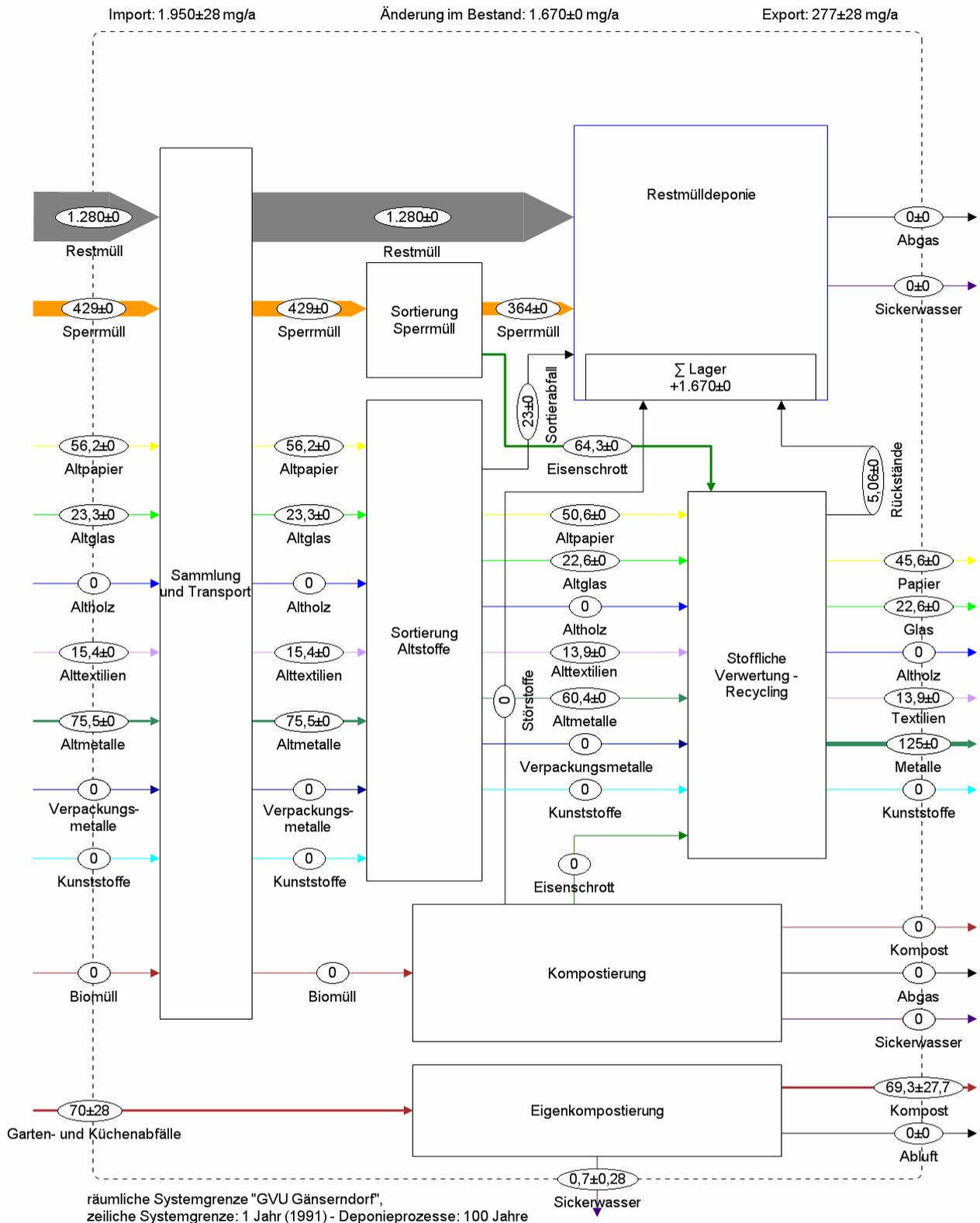


Abbildung 53: SFA - Cadmium – 1991 in [mg/(EW\* a)]

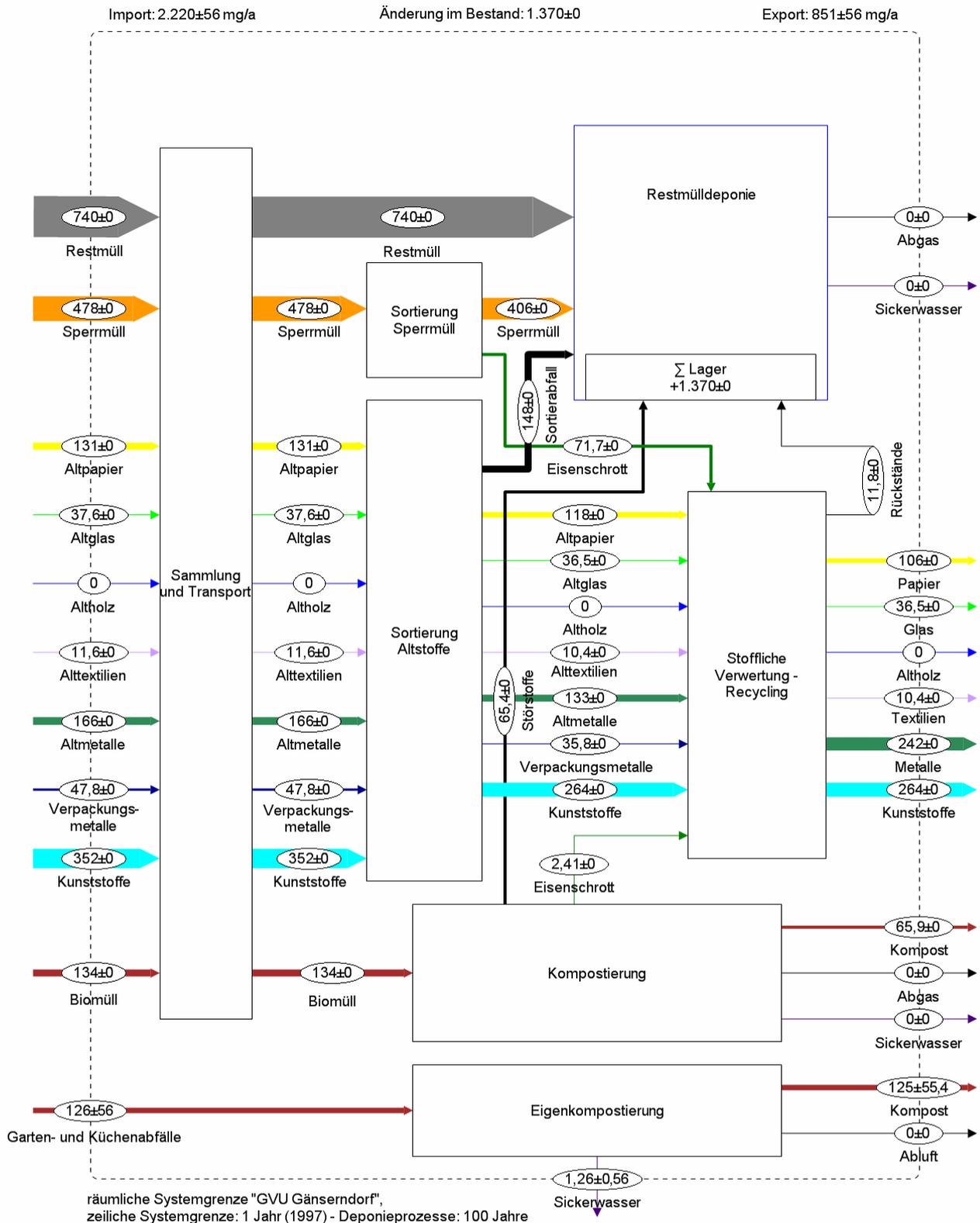


Abbildung 54: SFA - Cadmium – 1997 in [mg/(EW\*a)]

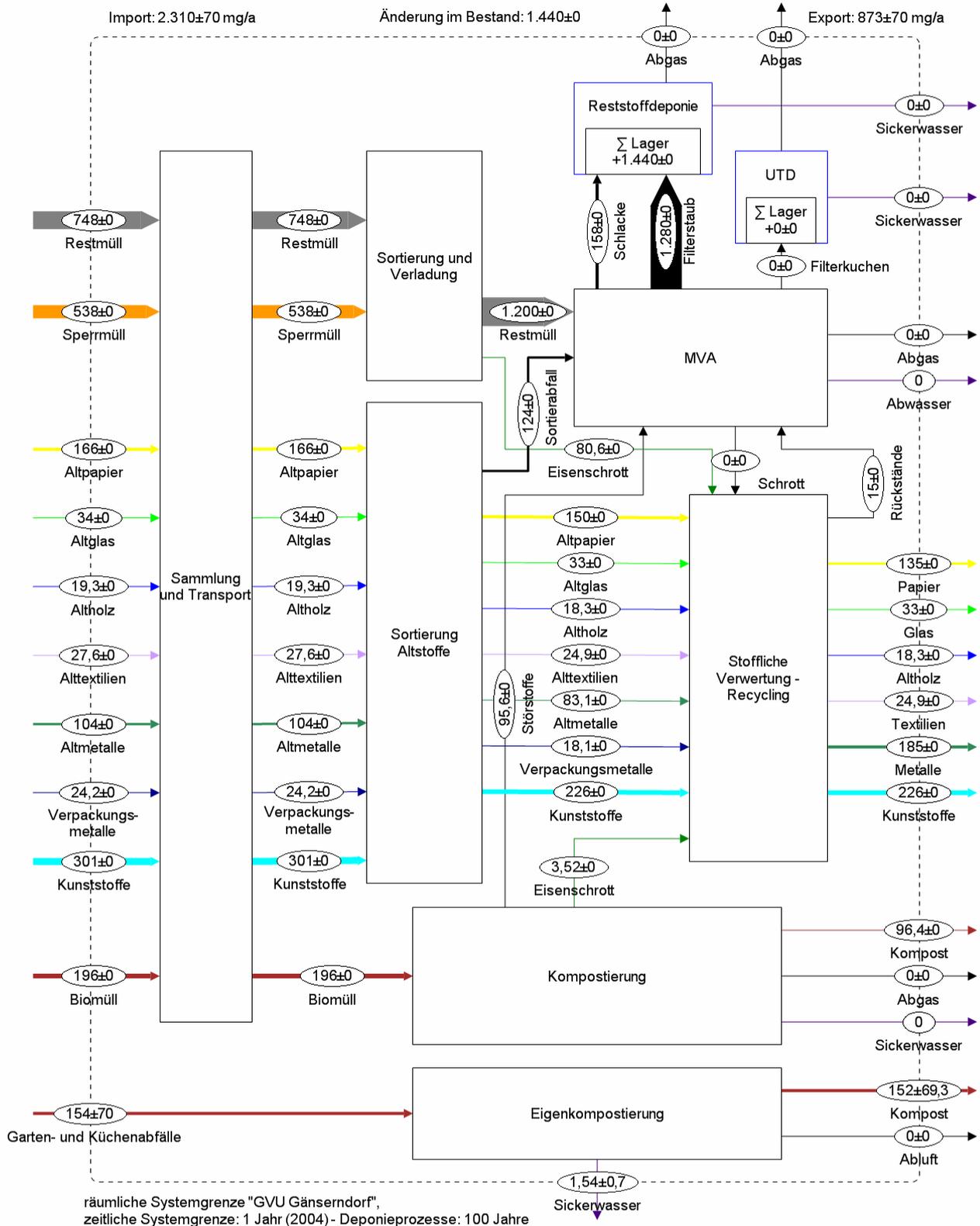


Abbildung 55: SFA - Cadmium – 2004 in [mg/(EW\*a)]

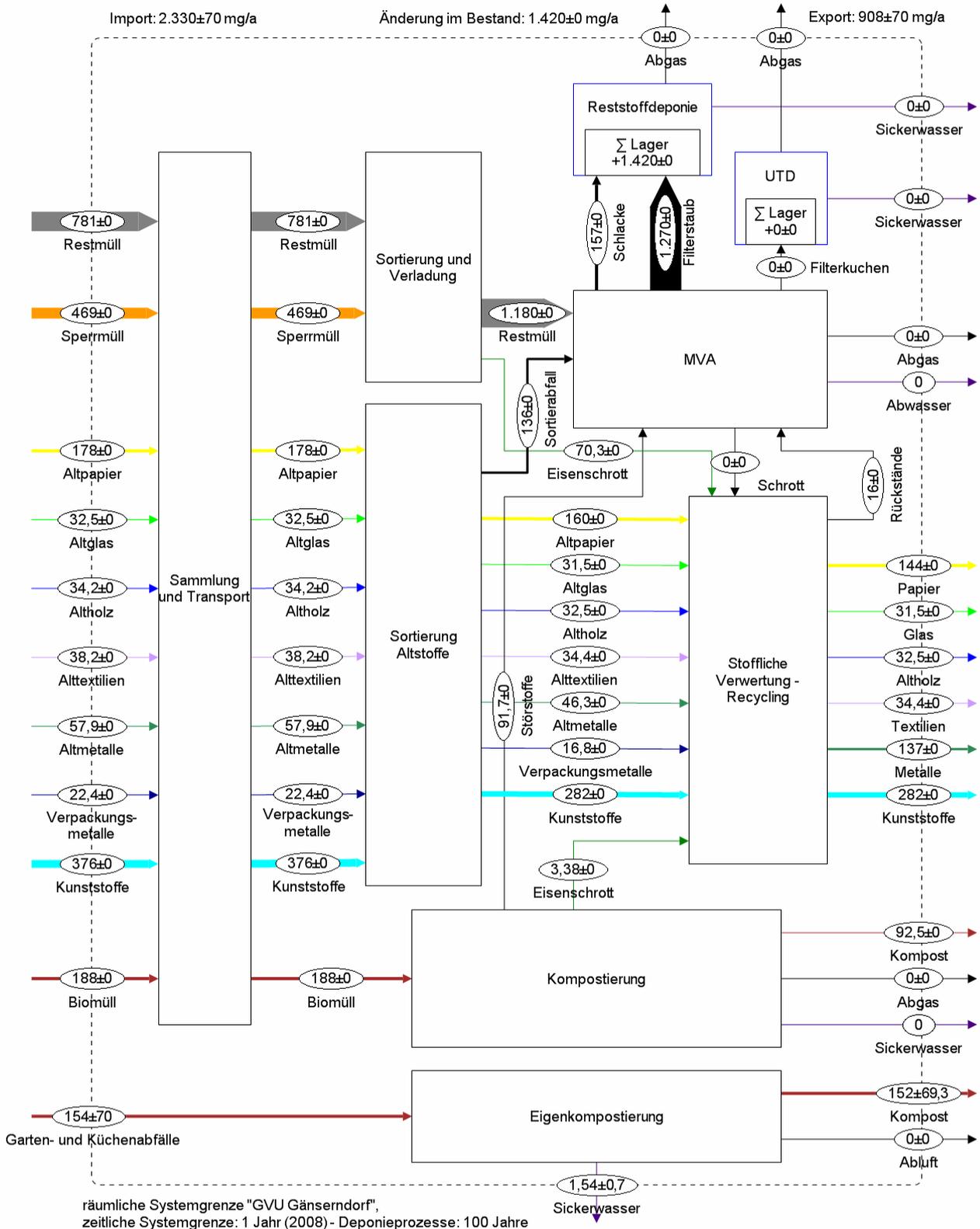


Abbildung 56: SFA - Cadmium – 2008 in [mg/(EW\* a)]

Der Schadstoff Cadmium gelangt in allen dargestellten Szenarien hauptsächlich über den Rest- und Sperrmüll ins System. Im Jahr 1991 werden über diese beiden Wege mehr als 87 % des gesamten Cadmium-Imports eingebracht. Im folgenden Szenario sinkt der Anteil auf knapp 55 %, da vor allem über den Kunststoff-Import sowie über die restlichen Altstoffe mehr Cadmium importiert wird. Ein nicht unwesentlicher Teil, ungefähr 12 % im Jahr 1997, kommt über die biogenen Abfälle ins System.

Der große Unterschied zwischen den beiden ersten und den beiden letzten Szenarien liegt darin, dass in den Jahren 1991 und 1997 der Hauptteil des Cadmiums (86 bzw. 62 % der Importmenge) im Lager der Restmülldeponie landet. Dort befindet sich der Schadstoff in unkonzentrierter Form, verteilt über die gesamte Deponiemenge.

Im Prozess „MVA“ wird fast 90 % des Cadmium-Inputs über die Rauchgasreinigung in den Filterstaub transferiert. In dieser hohen Konzentration kann das Cadmium immobilisiert werden und gelangt in das Lager des Prozesses „Reststoffdeponie“.

Für die Altstoffe gilt wie beim Kohlenstoff, dass das Cadmium über den Recyclingprozess in den Gütern verbleibt und nur über den Sortierungsprozess ausgeschieden wird.

Beim Prozess „Kompostierung“ geht ungefähr die Hälfte des Cadmiums bei der Sortierung des Inputmaterials in die Störstoffe und über diese in den Prozess „Restmülldeponie“ bzw. „MVA“. Bei der Eigenkompostierung verbleibt der Schadstoff fast zur Gänze im Kompost-Output.

### **3.1.5 Ergebnisse auf stofflicher Ebene für Eisen**

Die Darstellung der Ergebnisse ist im Anhang B zu finden.

Wird im Jahr 1991 noch etwa die gleiche Menge an Eisen über den Restmüll bzw. über die Altmetall-Sammlung ins System importiert, so zeigt sich in den folgenden Jahren, dass der prozentuelle Anteil in den Altmetallen stark ansteigt. Eisen, das über Rest-, Sperrmüll und Störstoffe in den Prozess „Restmülldeponie“ gelangt, landet vollständig im Lager. Erst durch den Prozess „MVA“ wird eine große Menge des Eisens über den Schrott einer stofflichen Verwertung zugeführt. Das führt auch zu einer hohen Rate an wieder verwertbarem Eisen im Verhältnis zur gesamten Exportmenge in den Jahren 2004 und 2008.

## 3.2 Bewertungskriterien und Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Güter- und Stoffbilanzen sind die Grundlage für die in Kap. 2.2.6 aus den Zielen der Abfallwirtschaft abgeleiteten Bewertungskriterien.

Für jedes Kriterium wird der Berechnungsansatz kurz beschrieben und die Ergebnisse für die jeweiligen Jahre verglichen. Eine Sammlung der vollständigen Berechnungen befindet sich im Anhang C.

### 3.2.1 Deponievolumen

$$\text{Deponievolumen [m}^3\text{/(EW * a)]} = \frac{\text{Inputmenge Lager Deponie [kg/(EW * a)]}}{\text{Einlagerungsdichte Deponie [kg/m}^3\text{]}}$$

#### Formel 2: Deponievolumen

Auf Güterebene wird die jährlich anfallende Deponiemenge pro Einwohner aus den Inputströmen in die Lager der jeweiligen Deponieprozesse entnommen. Die Umrechnung auf die räumliche Einheit erfolgt über die Einbaudichten der unterschiedlichen Deponietypen. Die Dichten wurden Spaun et al. (1994) bzw. Fehringer et al. (1997) entnommen. Die unterschiedlichen Angaben haben jedoch nur einen geringen Einfluss auf das Ergebnis.

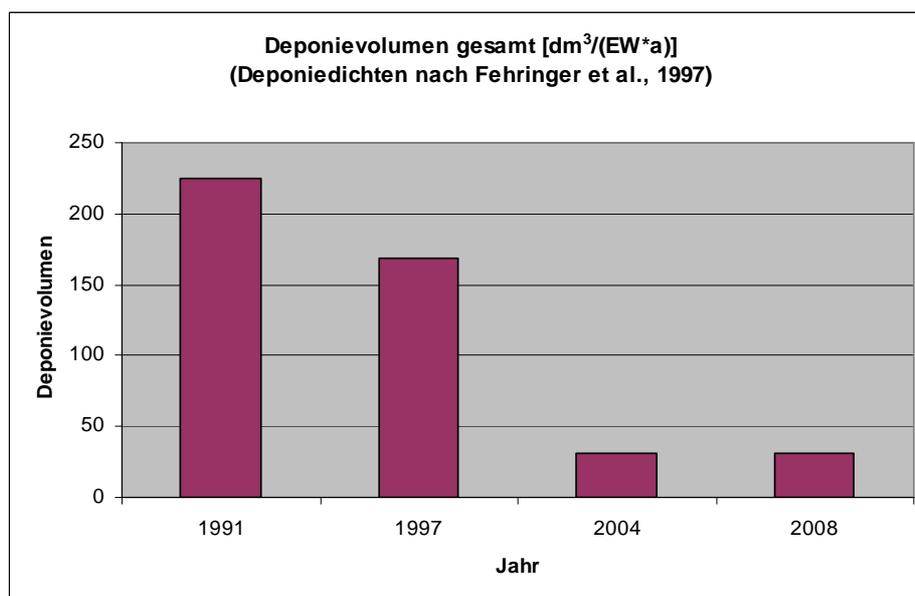


Abbildung 57: Jährlicher Bedarf an Deponievolumen pro Einwohner

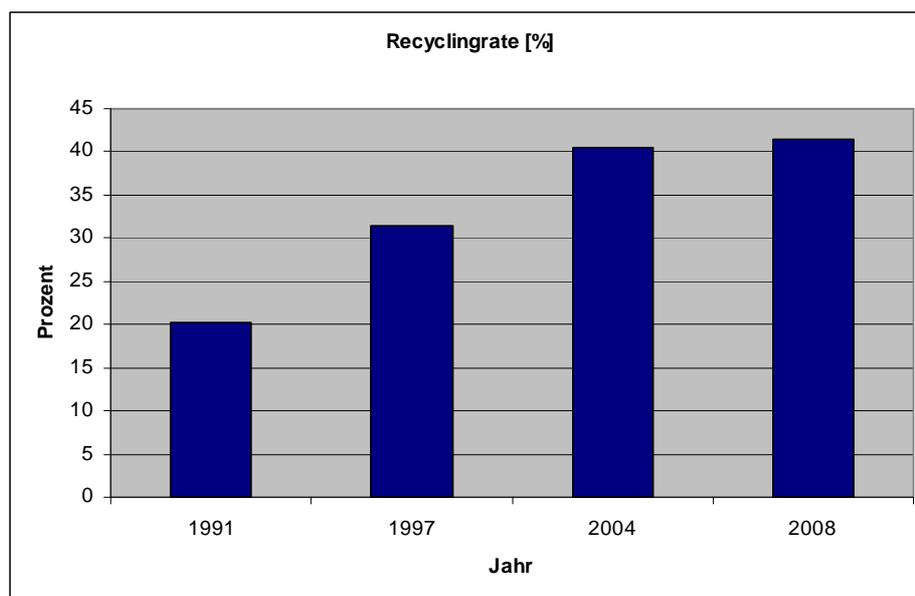
Wie man in Abbildung 57 sehr gut erkennen kann, reduziert sich das benötigte Deponievolumen von anfänglich rund 225 dm<sup>3</sup> pro Einwohner und Jahr auf knapp 170 dm<sup>3</sup> pro Einwohner im Jahr 1997. Diese Reduktion um rund ein Viertel resultiert ausschließlich aus der Einführung der getrennten Altstoffsammlung und dem damit verbundenen Rückgang der spezifischen Restmüllmenge. Zu einer weiteren drastischen Einsparung kommt es in den Jahren 2004 und 2008. Verglichen mit dem jährlichen Bedarf an Deponievolumen im Jahr 1991 bedeutet dies eine Reduktion um mehr als 86 %. Das jährlich benötigte Deponievolumen bleibt in den Jahren 2004 und 2008 annähernd konstant.

### 3.2.2 Recyclingrate

$$\text{Recyclingrate [\%]} = \frac{\text{Exportmenge Sekundärrohstoffe [kg/(EW * a)]}}{\text{Gesamte Systemimportmenge [kg/(EW * a)]}}$$

**Formel 3: Recyclingrate**

Für die Berechnung der Recyclingrate wird die Menge der Sekundärrohstoffe, die aus dem System austreten, auf Güterebene summiert und dem gesamten Systemimport gegenübergestellt. Der Exportmenge an Sekundärrohstoffe wird auch die Menge an Kompostmaterial hinzugezählt. Es ergeben sich für die jeweiligen Betrachtungszeitpunkte folgende Verhältnisse:



**Abbildung 58: Recyclingrate in den Jahren 1991, 1997, 2004 und 2008**

Im Jahr 1991 beträgt die ermittelte Recyclingrate nur knapp mehr als 20 %. Doch schon im Jahr 1997 wird die Prozentzahl um mehr als die Hälfte gesteigert. Diese Steigerung setzt sich auch in Richtung 2004 fort, wo die Recyclingrate schon mehr als 40 % beträgt. Dieser Wert erhöht sich im Jahr 2008 nur mehr geringfügig. Gegenüber dem anfänglichen Wert bedeutet dies eine Verdoppelung der recycelbaren Stoffe im Verhältnis zum gesamten Systemimport.

### 3.2.3 Bilanzierung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

Die durch das Ansteigen der Treibhausgasemissionen zu erwartende globale Klimaveränderung ist das zentrale Problem der Menschheit in diesem Jahrhundert.

Als Folge der zunehmenden Erderwärmung werden vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, Weltklimarat der Vereinten Nationen) das verstärkte Auftreten heftiger Niederschläge, das Schmelzen von Gletschern, die Verringerung der schneebedeckten Erdoberfläche, der beschleunigte Rückgang des Polareises und ein daraus folgender Meeresspiegelanstieg befürchtet.

Die Reduktion der Emissionen klimarelevanter Gase ist daher eine Aufgabe mit hoher Priorität für die Sicherung einer nachhaltigen Entwicklung und den Erhalt unseres Lebensraums für zukünftige Generationen.

Die Berechnung des Treibhauspotenzials („Global Warming Potential“, GWP) in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2eq</sub>) ist heute allgemein anerkannt. Mit dem IPCC besteht zudem ein internationales Fachgremium, das sowohl die Methode als auch die entsprechenden Kennzahlen für jede klimawirksame Substanz errechnet und fortschreibt.

#### Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>):

Kohlendioxid zählt, wie auch einige andere Gase, zu den so genannten Treibhausgasen, weil es die Eigenschaft besitzt, einen Teil der von der Erde zurückgestrahlten Wärme zu absorbieren, während kurzwelligere Strahlung passieren kann. Folge ist ein Temperaturanstieg in der Atmosphäre und auf der Erde. Kohlendioxid ist nur eines von mehreren Gasen, die den Strahlungshaushalt der Atmosphäre und damit das Klima beeinflussen, aber es ist das bedeutendste.

Die globale Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre ist als Folge menschlicher Aktivitäten seit dem Jahr 1750 von etwa 280 ppm (parts per million)

auf 379 ppm im Jahr 2005 angewachsen. Das ist ein Anstieg von etwa 35 Prozent gegenüber dem vorindustriellen Wert.

Die jährliche Wachstumsrate betrug allein in den letzten zehn Jahren im Schnitt 1,9 ppm pro Jahr, das ist die höchste Steigerung seit es direkte atmosphärische Kohlendioxidmessungen gibt. (IPCC, 2007)

Bei der Bewertung des Treibhausgases CO<sub>2</sub> wird meist von der These ausgegangen, dass biogen entstandene CO<sub>2</sub>-Emissionen als neutral, das heißt nicht klimawirksam einzustufen sind. Dies unter der Annahme, dass diese Menge von Pflanzen neuerlich zum Aufbau von Biomasse aufgenommen wird. CO<sub>2</sub>-Emissionen aus organischen, biologisch abbaubaren Kohlenstoffverbindungen werden als klimaneutral gewertet. Bei der Bewertung der Emissionen aus dem Prozess „MVA“ wird basierend auf einer Studie von Fellner et al. (2008) der Anteil der Kohlenstoffverbindungen fossilen Ursprungs mit 50 % festgelegt.

#### Methan (CH<sub>4</sub>):

Alle CH<sub>4</sub>-Emissionen sind klimawirksam. Für die Umrechnung von CH<sub>4</sub> auf CO<sub>2</sub>-Äquivalente wurde der vom IPCC empfohlene Äquivalenzfaktor 25 (100 Jahre Beobachtungszeitraum) verwendet. Der Hauptverursacher von Methan-Emissionen im Bereich der Abfallwirtschaft sind die Deponiegas-Emissionen.

Durch das Kyoto-Protokoll wurden erstmals verbindliche Treibhausgas-Reduktionsziele für die Industriestaaten festgelegt. Die Europäische Union verpflichtete sich dabei, ihre Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, u. a.) im Mittel der Periode 2008–2012 um 8 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Gemäß Ratsentscheidung vom 25. April 2002 (2002/358/CE) hat Österreich sich verpflichtet, im Mittel desselben Zeitraums seine Treibhausgasemissionen um 13 % gegenüber den Emissionen im Jahr 1990 zu reduzieren. Insgesamt war die Abfallwirtschaft im Jahr 2006 durch die Emissionen von 2,2 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten mit 2,4 % an den gesamten Treibhausgasemissionen Österreichs beteiligt (Umweltbundesamt, 2008).

Wenn heute auch nur mehr ein relativ kleiner Teil der Treibhausgasemissionen in Österreich aus dem Sektor Abfallwirtschaft stammt, so ist es dennoch von Bedeutung, die Veränderungen der letzten beide Jahrzehnte in diesem Bereich zu analysieren, vor allem im Sinne der Erreichung des AWG-Zieles der „*Geringhaltung von klimarelevanten Emissionen*“.

Bei der Bilanzierung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente wurden alle Emissionsquellen von klimarelevanten Gasen im System berücksichtigt. Der in den Lagern der Deponierungsprozesse gebundene Kohlenstoff wirkt sich als „Gutschrift“ in der Bilanz aus. Ebenso der Kohlenstoffgehalt im Kompost aus den Prozessen „Kompostierung“ bzw. „Eigenkompostierung“, da durch die Kompostierung der Kohlenstoff durch den Aufbau stabiler Humusformen im Kompost gebunden wird.

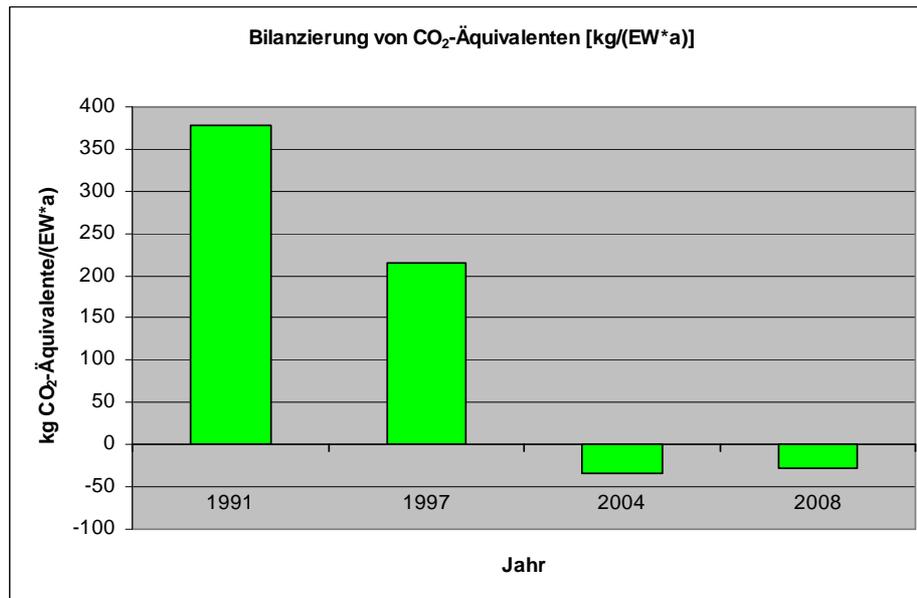
Das beim Abbau organischer Substanz über die Abgas freigesetzte Kohlendioxid (Produkt natürlicher aerober Abbauprozesse) entsteht aus einer nachwachsenden Ressource (im Gegensatz zu fossilen Ressourcen) und geht somit nicht als klimarelevantes Treibhausgas in die Bilanzierung ein.

Um eine möglichst ganzheitliche Bewertung zu erreichen, werden auch jene Emissionen berücksichtigt, die durch den Prozess „Sammlung und Transport“ entstehen. Da eine genaue Berechnung dieser Ausstöße über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen würde, wurden vereinfacht die Werte von Dehoust et al. (2008) für diesen Prozess herangezogen.

Das Einsparungspotential durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen anstelle primärer Rohstoffe bei der Herstellung gleichwertiger Produkte wurde ebenfalls in die Bilanzierung miteinbezogen. Dabei wird die gesamte Prozesskette von der Gewinnung bzw. Erfassung der Rohmaterialien über die Logistik bis zur Produktion bzw. Aufbereitung und Verwertung betrachtet. Die Angaben basieren größtenteils auf Berechnungen des deutschen Institutes für angewandte Ökologie (Öko-Institut e.V.).

Ein weiterer positiver Effekt für die Reduzierung klimarelevanter Gase wird beim Prozess „MVA“ durch die Substitution von Primärenergieträgern erzielt, indem der thermische Energieinhalt des Mülls genutzt werden kann. Diese Energie wird zur Heißwasser-, Dampf- oder Stromerzeugung verwendet und ersetzt damit z.B. den Einsatz von fossilen Energieträgern. Die Abschätzung dieser Einsparung ist von vielen Einflussfaktoren abhängig und wurde in dieser Bilanzierung nicht berücksichtigt.

Eine ausführliche Auflistung der Berechnungsparameter sowie die detaillierte Berechnung sind im Anhang C beigefügt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Bilanzierung grafisch dargestellt:



**Abbildung 59: Emission an Klimagasen aus der Abfallwirtschaft (in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Einwohner)**

Den Beitrag der Abfallwirtschaft zur Reduktion klimawirksamer Gase zwischen 1991 und 2008 im betrachteten System zeigt die Abbildung 59 ganz deutlich.

Waren im Jahr 1991 noch ca. 378 kg CO<sub>2eq</sub>/(EW\*a) als Belastung für die entsorgten Abfälle aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen zu verzeichnen, so hat die Reduktion um mehr als diese Menge bis zum Jahr 2004 dazu geführt, dass der hier betrachtete Teil der Abfallwirtschaft zumindest keine zusätzliche Belastung für den Treibhauseffekt mehr darstellt.

Das heißt, dass die Entlastungen durch abfallwirtschaftliche Maßnahmen die Belastungen nicht nur aufwiegen, sondern sogar eine zusätzliche Einsparung bringen.

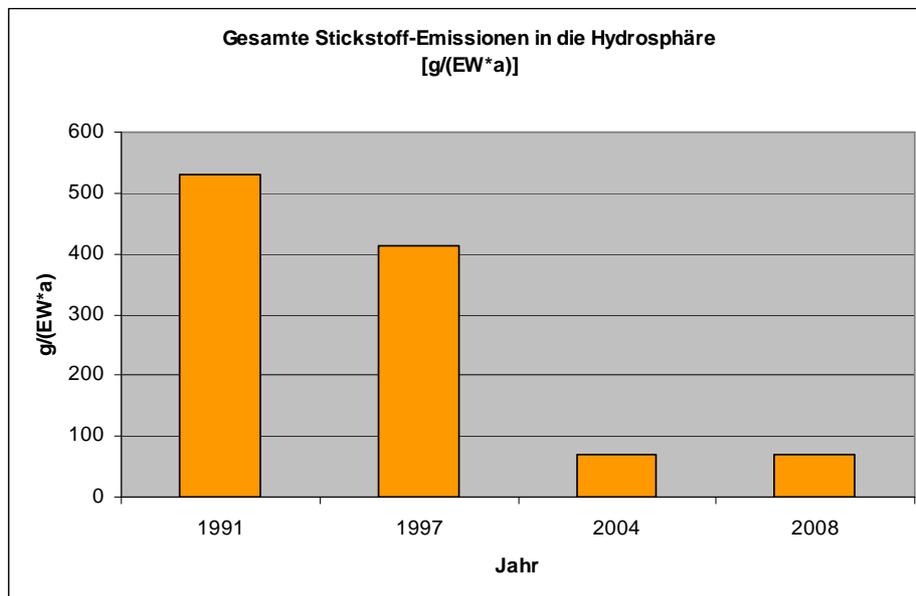
Der dominierende Anteil des Einsparungspotentials liegt in den Methangasemissionen der Deponien. Die Reduktion der in Deponien abgelagerten Abfälle bzw. das gänzliche Verbot der Ablagerung von unbehandelten Abfällen hat zu einer deutlichen Verminderung der Belastungen geführt.

Eine zusätzliche Berücksichtigung der Substitution von Primärenergieträgern bei der thermischen Verwertung der Abfälle würde sich ebenfalls positiv in der Bilanzierung auswirken.

### 3.2.4 Stickstoff-Emissionen in die Hydrosphäre

Alle Stickstoffflüsse, die das System über das Sickerwasser bzw. Abwasser in die Hydrosphäre verlassen, werden aufsummiert. Emissionsquellen sind die Prozesse „Restmülldeponie“, „Kompostierung“ und „Eigenkompostierung“, sowie „MVA“, „Reststoffdeponie“ und „Untertagedeponie“. Beim Prozess „Restmülldeponie“ wurde angenommen, dass die N-Emissionen ohne vorhergehende Sickerwasserreinigung direkt in die Hydrosphäre gehen.

Die Auswertung der Gesamtmenge wird in Abbildung 60 dargestellt:



**Abbildung 60: Stickstoffemissionen in die Hydrosphäre pro Einwohner und Jahr**

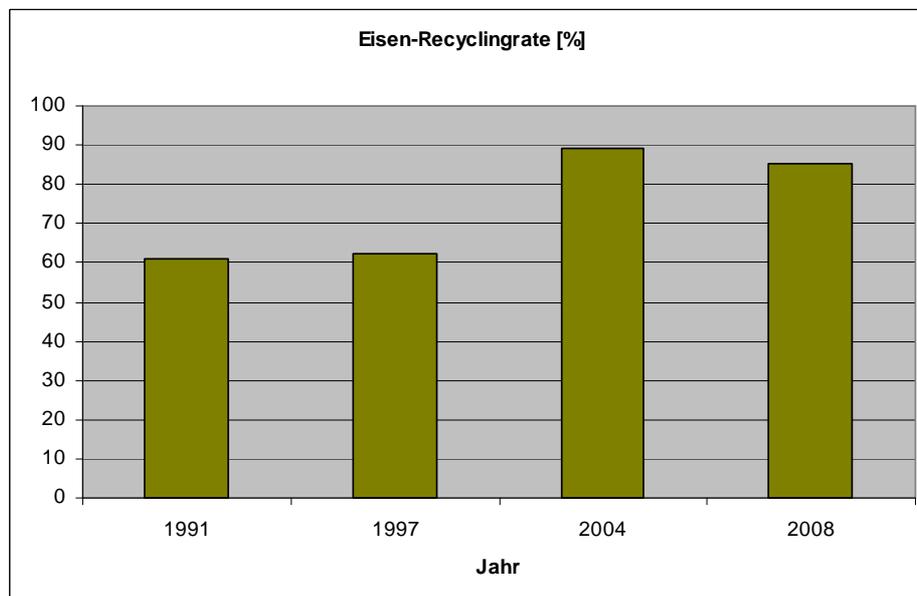
Die Stickstoff-Menge, die im betrachteten System in die Oberflächengewässer bzw. ins Grundwasser gelangt, reduziert sich von knapp 530 g pro Einwohner im Jahr 1991 auf ca. 410 g pro Einwohner im Jahr 1997. Eine wesentlich höhere Reduktion, nämlich um mehr als 83 %, ergibt sich zwischen den Jahren 1997 und 2004. Im Jahr 2004 gelangen nur mehr rund 70 g Stickstoff pro Einwohner und Jahr in die Hydrosphäre. Dieser Wert bleibt auch im Jahr 2008 nahezu unverändert konstant.

### 3.2.5 Eisen-Recyclingrate

$$\text{Eisen - Recyclingrate [\%]} = \frac{\text{Eisen - Exportmenge Metalle [kg/(EW * a)]}}{\text{Gesamte Systemimportmenge Eisen [kg/(EW * a)]}}$$

#### Formel 4: Eisen-Recyclingrate

Eisen hat eine hohe Bedeutung für den Einsatz als Sekundärrohstoff, vor allem bei der Stahlerzeugung. Beim so genannten Elektrostahlverfahren wird Rohstahl fast ausschließlich aus Stahlschrott hergestellt. Doch auch bei der Primärproduktion von Stahl aus Eisenerz im Hochofen (Oxygenstahlverfahren) wird Schrott eingesetzt. Je nach Verfügbarkeit des begehrten Sekundärrohstoffes beträgt der Anteil bis zu 20 %. Die Wiederverwertung von Eisen stellt demnach nicht nur eine bedeutende Ressourceneinsparung dar, sondern leistet auch einen wertvollen Beitrag zur Reduktion klimarelevanter Gase (siehe Kap. 3.2.3).



**Abbildung 61: Recyclingrate des Stoffes Eisen**

Zwischen den Jahren 1991 und 1997 verändert sich die Recyclingrate für Eisen nur unwesentlich. Es gelangt zwar fast dreimal soviel Eisen über die Altmetall-Sammlung ins System, der prozentuelle Anteil am gesamten Eisen-Import erhöht sich aber nur um etwas mehr als 1 %. Wie in Abbildung 61 ersichtlich ist, kommt es im Jahr 2004 zu einer deutlichen Steigerung der Rate auf fast 90 %. Die Verminderung der

erfassten Altmetallmenge führt zu einem Rückgang auf etwas mehr als 85 % im Jahr 2008.

### 3.2.6 Schadstoff-Recyclingrate

$$\text{Schadstoff - Recyclingrate [\%]} = \frac{\text{Cadmium - Exportmenge Sekundärrohstoffe [kg/(EW * a)]}}{\text{Gesamte Importmenge Cadmium [kg/(EW * a)]}}$$

#### Formel 5: Schadstoff-Recyclingrate

Anhand des Schadstoffes Cadmium wird eine Schadstoff-Recyclingrate, also das Verhältnis jener Schadstoffmenge, die das System gebunden in den Sekundärrohstoffen verlässt, zum gesamten Schadstoff-Import analysiert. Dabei wird bei der Exportmenge auch jener Cadmium-Gehalt berücksichtigt, der im Kompost aus den Prozessen „Kompostierung“ und „Eigenkompostierung“ enthalten ist. Eine weitere Möglichkeit wäre auch, jene Schadstoffmenge, die über den Prozess „Eigenkompostierung“ läuft von der Berechnung auszuklammern, da die Importmenge und die Exportmenge annähernd gleich groß sind. Im Folgenden wird die Schadstoff-Recyclingrate inklusive aller biogenen Güterströme angegeben:

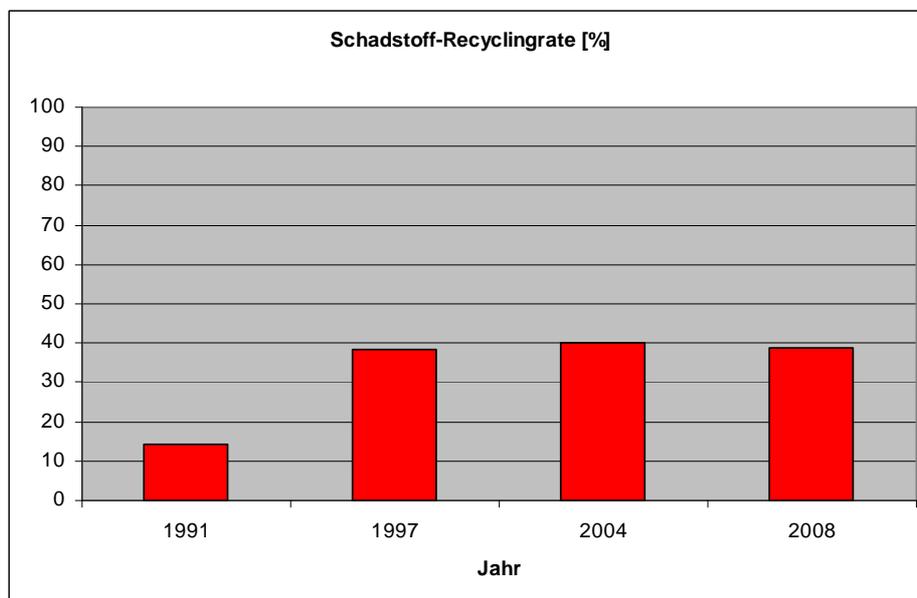


Abbildung 62: Schadstoff-Recyclingrate von Cadmium

Bei diesem Bewertungskriterium liegt der größte Unterschied zwischen den beiden ersten Szenarien. Der Anteil in den Sekundärrohstoffen am gesamten Cadmium-Import liegt im Jahr 1991 noch unter 15 %, steigert sich aber für das darauf folgende

Szenario auf über 38 %. Ein weit geringerer Zuwachs ergibt sich für das Szenario „2004“, bei dem der Wert mit knapp 40 % ein Maximum erreicht. Für das Jahr 2008 ist wieder ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Die Schadstoff-Recyclingrate liegt knapp über dem Wert für das Jahr 1997.

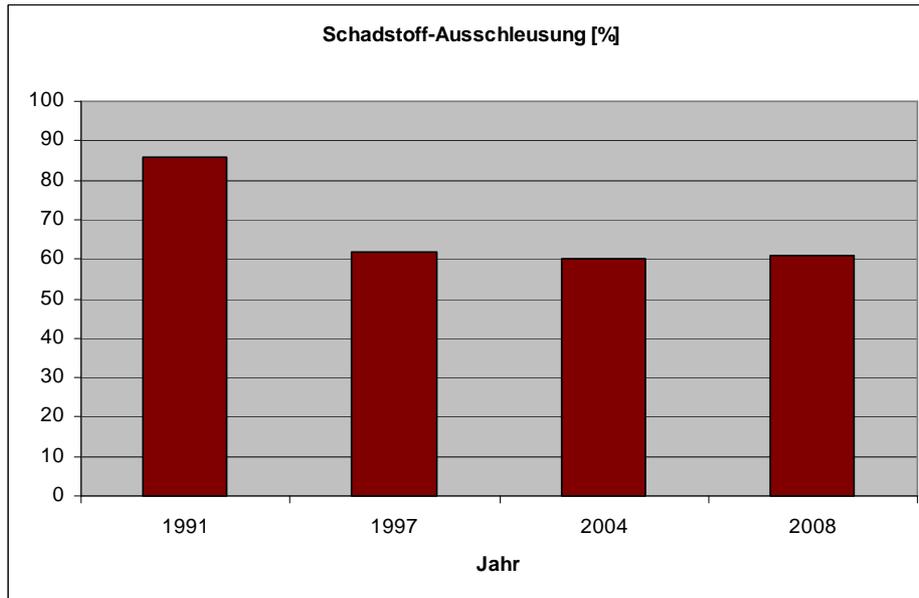
Der deutliche Anstieg zwischen 1991 und 1997 ist demzufolge auf die starke Reduktion der Restmüllmenge zurückzuführen. Änderungen der Verwertungsprozesse im System wirken sich kaum auf die Recyclingrate des Schadstoffes aus.

### 3.2.7 Schadstoff-Ausschleusung

$$\text{Ausschleusungsgrad [\%]} = \frac{\text{Änderung Lagerbestand Cadmium [kg/(EW * a)]}}{\text{Gesamte Systemimportmenge Cadmium [kg/(EW * a)]}}$$

#### Formel 6: Schadstoff-Ausschleusung

Neben der Recyclingrate von Schadstoffen ist auch deren Ausschleusung aus den Systemexporten von Interesse. Jener Anteil, der in die Lager der Deponierungsprozesse gelangt wird dem gesamten Schadstoff-Import gegenübergestellt. In den ersten beiden Szenarien findet die Lagerbildung im Prozess „Restmülldeponie“ statt, in den beiden anderen Szenarien hauptsächlich im Prozess „Reststoffdeponie“. Der Unterschied für diese beiden Prozesse liegt aber auch darin, dass auf der Restmülldeponie der Schadstoff zwar in geringerer Konzentration auftritt, aber auch in unkontrollierbarer Form. Die Ablagerung auf einer Reststoffdeponie erfolgt nach entsprechender chemischer Behandlung zwar in hoher Konzentration, der Schadstoff kann jedoch als immobil bezeichnet werden.



**Abbildung 63: Schadstoff-Ausschleusung für Cadmium**

Abbildung 63 zeigt, dass zu Beginn der Anteil jener Schadstoffmenge, die in das Lager der Deponie geht, rund 85 % des gesamten Schadstoff-Imports beträgt. Für das Jahr 1997 reduziert sich dieser Wert auf knapp über 60 % und liegt im Jahr 2004 knapp unter diesem Wert. Eine leichte Steigerung gibt es für das Jahr 2008. Wie bereits oben erwähnt, lässt der Grad der Schadstoff-Ausschleusung keine Rückschlüsse auf die Mobilität des Schadstoffes im Deponiekörper zu.

### 3.2.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Bewertungskriterien noch einmal zusammengefasst und in tabellarischer Form dargestellt:

**Tabelle 19: Zusammenfassung der Bewertungskriterien**

	1991	1997	2004	2008
Deponievolumen [dm <sup>3</sup> /(EW* a)]	224,7	169,1	30,8	31,0
Recyclingrate [%]	20,2	31,4	40,5	41,5
Bilanzierung von CO <sub>2</sub> -Äquivalenten [kg CO <sub>2eq</sub> /(EW* a)]	377,6	215,5	-33,5	-27,3
Stickstoff-Emissionen in die Hydrosphäre [g/(EW* a)]	529,3	412,6	70,0	69,9
Eisen-Recyclingrate [%]	61,1	62,5	89,3	85,2
Schadstoff-Recyclingrate [%]	14,2	38,2	40,0	38,9
Schadstoff-Ausschleusung [%]	85,8	61,7	60,0	61,1

Die Bewertungskriterien zeigen durchwegs signifikante Veränderungen im System bei einem Vergleich untersuchten Zeitpunkte. Sie wurden aus den Zielen der Abfallwirtschaft, manifestiert im AWG 1990 bzw. AWG 2002, abgeleitet. Werden diese Beurteilungen nach dem Grad der Zielerreichung ausgewertet, so ist bei allen Kriterien ein positiver Effekt zu erkennen.

Bei den Kriterien „Recyclingrate“, „Schadstoff-Recycling“ und „Schadstoff-Ausschleusung“ liegt die größte Veränderung zwischen den betrachteten Jahren 1991 und 1997. Für das „Deponievolumen“, die „Bilanzierung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten“, die „Stickstoff-Emissionen in die Hydrosphäre“ und die „Eisen-Recyclingrate“ ist der größte Sprung zwischen den Jahren 1997 und 2004. Zwischen 2004 und 2008 sind die Unterschiede nur geringfügig und liegen größtenteils im Schwankungsbereich der Unsicherheiten der Datenlage.

Am Beispiel von Cadmium ist zu erkennen, dass der Schadstoff in allen betrachteten Zeiträumen in den wieder verwertbaren Gütern gebunden bleibt und somit nicht aus dem Kreislauf ausgeschleust wird. Für die Zukunft besteht hier sicherlich noch Handlungsbedarf vor allem im Hinblick auf die Suche nach einer „sicheren letzten Senke“ für Schadstoffe.

Insgesamt kann aufgrund der Auswertung der gewählten Beurteilungskriterien behauptet werden, dass die Ziele der Abfallwirtschaft, die bereits im AWG 1990 definiert wurden und im Zuge der Novellierung im AWG 2002 erweitert wurden, durch die abfallwirtschaftlichen Maßnahmen im betrachteten System erreicht werden konnten.

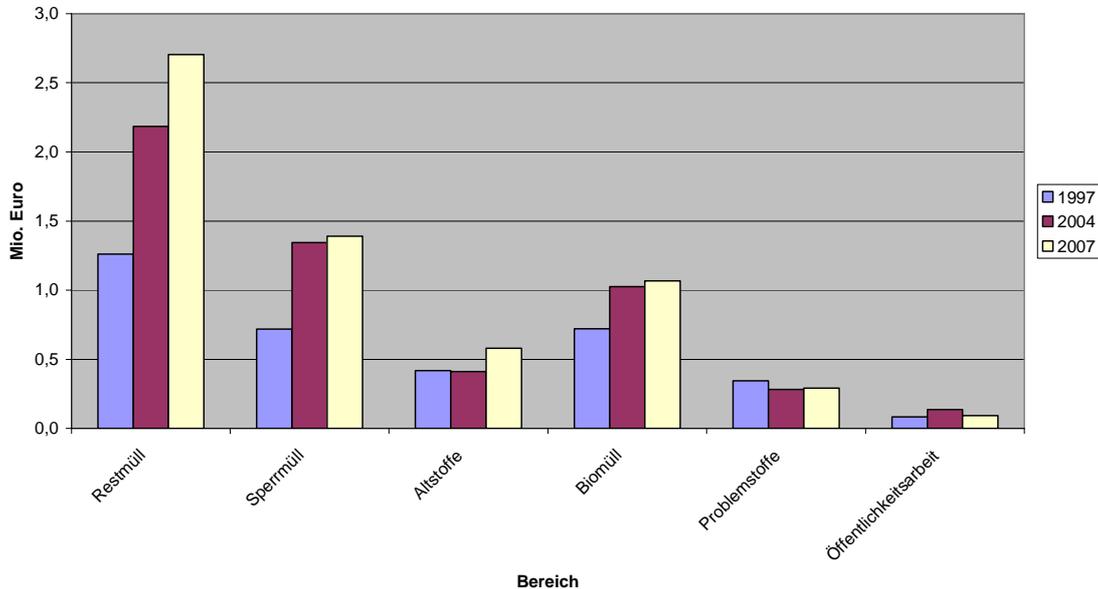
### **3.2.9 Kosten**

Nach der Auswertung und Interpretation der Bewertungskriterien sollen nun auch die Kosten betrachtet werden, die die Strukturänderungen im Abfallwirtschaftssystem verursacht haben.

Zu diesem Zwecke wurden die Jahresabschlüsse des GVU Gänserndorf der Haushaltsjahre 1997, 2004 und 2007 herangezogen. Die Bilanzierungsmethodik bzw. die Zuordnung der Einnahmen und Ausgaben zu den einzelnen Kostengruppen hat sich im Laufe der Jahre mehrmals geändert. Eine Zuordnung der Kosten zu den einzelnen Abfallfraktionen, die über den betrachteten Zeitraum untereinander zu vergleichen sind, ist deshalb nicht möglich bzw. führt zu keinen aussagekräftigen Ergebnissen.

Die folgende Darstellung soll daher nur einen Überblick über die Größenordnung der Ausgabenseite geben und beansprucht nicht das Recht auf Vollständigkeit:

**Zuordnung der Ausgaben für die Jahre 1997 - 2004 - 2007**



**Abbildung 64: Übersicht der Ausgaben des GvU Gänserndorf unterteilt nach Bereichen (Quelle: Jahresabschlüsse des GvU; eigene Interpretation und Darstellung)**

Für alle Bereiche, ausgenommen Öffentlichkeitsarbeit und Problemstoffe, stiegen die Ausgaben in den ausgewählten Jahren an.

Es sei angemerkt, dass alle monetären Werte in diesem Kapitel den Kosten der jeweils angegebenen Jahre entsprechen und nicht auf eine gemeinsame Preisbasis hochgerechnet wurden. Bei der Berücksichtigung der Inflation würden die Unterschiede noch stärker sichtbar.

Die größte Steigerung ist bei jenen Ausgaben zu erkennen, die dem Restmüll zugeordnet wurden. Im Jahr 1997 liegt der Hauptbestandteil dieser Kosten in der Deponiegebühr für die Ablagerung des Restmülls, während in den beiden anderen Jahren 2004 und 2007 der Kostenbeitrag für die Verbrennung den größten Anteil verursacht. Die Transportkosten für die Sammlung der Abfallfraktion steigen ebenfalls kontinuierlich an. Beim Sperrmüll verhält sich die Kostenzuordnung ähnlich wie beim Restmüll.

Bei den Altstoffen bestehen die abgebildeten Kosten hauptsächlich aus den Transportkosten für die einzelnen Fraktionen. Den Ausgaben stehen

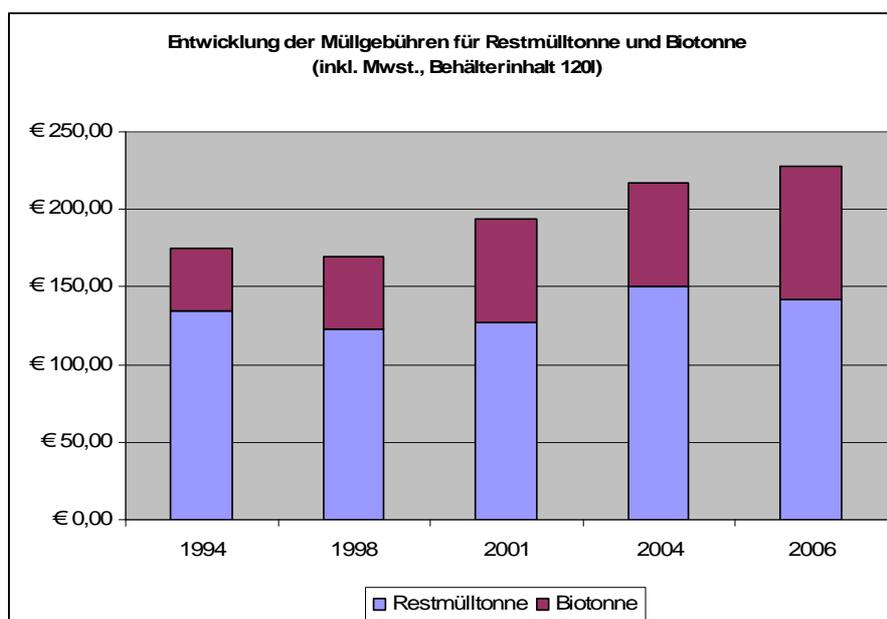
Verwertungsbeiträge der wieder verwertbaren Stoffe sowie Kostenersätze der Verwertungsgesellschaften gegenüber.

Transportkosten und die Behandlungsgebühr der Kompostieranlagen verursachen die Ausgaben im Bereich Biomüll. Eine kontinuierliche Erhöhung der Kosten in beiden Bereichen trägt zum allgemeinen Anstieg bei.

Weiters sind die Ausgaben für die Gruppen Problemstoffe und Öffentlichkeitsarbeit angegeben. Besonders in diesen Bereichen ist die Zuordnung der Ausgaben besonders schwierig und sollte mit Vorsicht betrachtet werden.

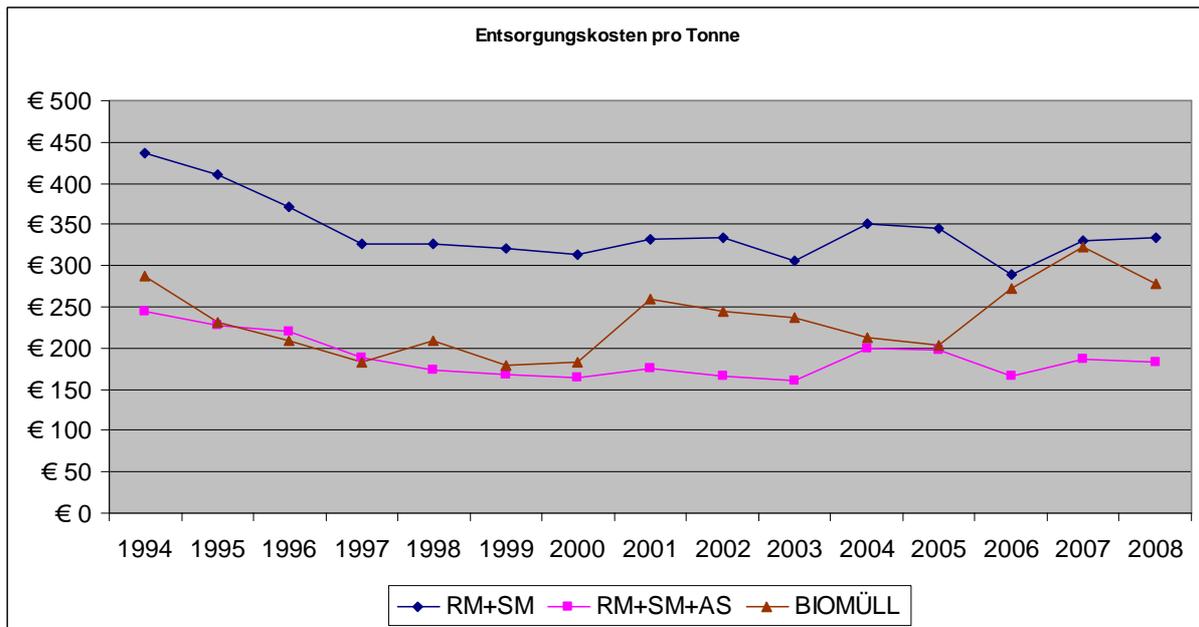
Da der Abfallverband als Gebietskörperschaft im Sinne des NÖ Gemeindeverbandgesetzes keine Gewinne erzielen darf, müssen die Kosten bzw. Erträge aus der Abfallwirtschaft den Verbandsgemeinden, bzw. über die Entsorgungstarife an die Einwohner weitergegeben werden.

Daher ist auch jener Beitrag interessant, den jeder Einzelne für ein funktionierendes Abfallwirtschaftssystem in Form der vorgeschriebenen Abgaben leistet. In Abbildung 65 wird zunächst die Entwicklung der Entsorgungstarife im GVV Gänserndorf seit Verbandsgründung dargestellt. In den dargestellten Jahren wurden die Gebühren erhöht bzw. reduziert. In die Gebühr für die Restmülltonne werden auch die Entsorgungskosten bzw. Verwertungserlöse der restlichen Fraktionen (Altstoffe, Sperrmüll, etc.), ausgenommen Biomüll, sowie Kosten für die Verwaltung, Öffentlichkeitsarbeit, etc. eingerechnet.



**Abbildung 65: Entsorgungstarife im GVV Gänserndorf**

Ausgehend von den vorgeschriebenen Tarifen kann über die durchschnittliche Haushaltsgröße jener Beitrag ermittelt werden, den jeder Einwohner (theoretisch) bezahlt. Dividiert man den so erhaltenen Wert durch die spezifische Sammelmenge pro Einwohner und Jahr, so erhält man die Entsorgungskosten pro Abfallmenge, die in Abbildung 66 dargestellt sind:



**Abbildung 66: Darstellung der spezifischen Entsorgungskosten im GVV Gänserndorf**

Es zeigt sich, dass die Kosten in Relation zu den erfassten Abfallmengen unmittelbar nach Verbandsgründung teilweise höher waren als zum heutigen Zeitpunkt. Bezogen auf die Rest- und Sperrmüllmenge im System pendelt sich der Wert ab dem Jahr 1997 zwischen 300 und 350 Euro ein. Einen ähnlichen Kurvenverlauf zeigen in den ersten Jahren auch die Entsorgungskosten für Biomüll. Die Anhebung der Tarife für die Abholung und Entsorgung der Biotonne im Jahr 2001 spiegelt sich auch deutlich im Verlauf wieder. Durch einen weiteren Anstieg der spezifischen Entsorgungskosten ab dem Jahr 2006 wird in den Folgejahren sogar fast der Wert der Entsorgungskosten im Bezug auf Rest- und Sperrmüll übertroffen. Diese Auswertung zeigt, dass die spezifischen Kosten für die Biomüllsammmlung und -verwertung sehr hoch liegen und somit auch eine Grenze für die Erhöhung des Anschlussgrades an das Sammelsystem bilden. Dieser Effekt verstärkt sich noch durch die Tatsache, dass der gewonnene Kompost der Eigenkompostierung einen zusätzlichen Nutzen für den Bürger darstellt, wogegen der Bezug von den gewerblichen Betreibern der Kompostierungsanlagen mit Kosten verbunden ist (siehe Kapitel 2.3.2.3, Tabelle 18).

## 4 ZUSAMMENFASSUNG, SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Die in Kap. 1.2 definierten Haupt- und Unterziele konnten mit der ausgewählten Methodik für diese Studie erreicht werden. Die wichtigsten Schritte werden in der Folge zusammengefasst:

In Kap. 2.1 wurde zuerst auf die rechtlichen Rahmenbedingungen eingegangen. Im betrachteten Zeitraum wurde eine Vielzahl von Gesetzen, Richtlinien und Verordnungen erlassen. Da seit dem Beitritt Österreichs zur Europäischen Union auch die EU-Gesetzgebung verbindliche Vorgaben für die nationale Ebene darstellt, wurden die abfallwirtschaftlich relevanten Rechtsvorschriften der EU zusammengefasst. Mit dem 6. Umweltaktionsprogramm bekennt sich die Europäische Kommission zu einer nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen und Bewirtschaftung von Abfällen. In der EU-Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 2006/12/EG bzw. Richtlinie 2008/98/EG) werden die Grundsätze festgelegt. Von der Europäischen Union erlassene Richtlinien sind innerhalb einer bestimmten Frist von den Mitgliedsstaaten umzusetzen, Verordnungen sind sofort nach Wirksamwerden anzuwenden.

Ein wichtiger Schritt bei der Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf Bundesebene war die Novellierung des Bundesverfassungsgesetzes, das die Kompetenzaufteilung zwischen Bund und Ländern neu regelt. Mit Inkrafttreten des Bundesabfallwirtschaftsgesetzes AWG 1990 werden die Ziele und Grundsätze der Abfallwirtschaft in Österreich definiert. Aus einer kompletten Überarbeitung dieses Gesetzes entstand das AWG 2002, in dem das Prinzip der Nachhaltigkeit noch stärker eingebunden wurde. Zahlreiche Verordnungen wurden in der Folge erlassen, die eine Umsetzung der Festlegungen im AWG bewirken sollen. Zu jenen Verordnungen, die massive Änderungen im betrachteten Abfallwirtschaftssystem bewirkten, zählen die Verpackungsverordnung (Verpflichtung der Hersteller und Vertreiber von Verpackungen zur Rücknahme), die Deponieverordnung (Keine Ablagerung von unbehandelten Abfällen ab dem Jahr 2004) und die Bioabfallverordnung (Einführung einer kommunalen Biomüll-Sammlung).

Auf Landesebene wurden bereits vor Inkrafttreten eines bundesweit gültigen Abfallwirtschaftsgesetzes die so genannten Müllbeseitigungsgesetze der 1970er

Jahre durch Landesabfallwirtschaftsgesetze ersetzt. Die Vorgaben des B-AWG wurden nach und nach in die Landesgesetze eingearbeitet.

In Kap. 2.2 wurde zuerst die Methode der Stoffflussanalyse als Instrument zur Beschreibung und Analyse komplexer abfallwirtschaftlicher System erläutert und die dafür notwendigen Systemabgrenzungen getroffen. Als räumliche Systemgrenze wurde die Fläche aller Mitgliedsgemeinden des „Gemeindeverbandes für Aufgaben des Umweltschutzes im Bezirk Gänserndorf“ (GVU Gänserndorf) festgelegt. Als untere zeitliche Systemgrenze wurde ein Jahr definiert, für Deponierungsprozesse ein Zeitraum von 100 Jahren. Als charakteristische Zeitpunkte für die Bilanzierung wurden die Jahre 1991, 1997, 2004 und 2008 ausgewählt. Weiters wurden folgende Prozesse für diese Szenarien ausgewählt: „Sammlung und Transport“, „Sortierung Altstoffe“, „Kompostierung“, „Eigenkompostierung“, „Stoffliche Verwertung – Recycling“, „Restmülldeponie“, „Sortierung Sperrmüll“, „Sortierung und Verladung“, „Müllverbrennungsanlage (MVA)“, „Reststoffdeponie“ und „Untertagedeponie (UTD)“.

Als Inputgüter ins System wurden die Sammelfractionen „Restmüll“, „Sperrmüll“, „Altpapier“, „Altglas“, „Altholz“, „Alttextilien“, „Altmetalle“, „Verpackungsmetalle“, „Kunststoffe“, „Biomüll“ sowie „Garten- und Küchenabfälle“ bestimmt. Auf stofflicher Ebene werden die Elemente „Kohlenstoff“ (Energieträger/Schadstoff), „Stickstoff“ (Nährstoff/Schadstoff), „Eisen“ (Wertstoff) und „Cadmium“ (Schadstoff) betrachtet.

Für alle beschriebenen Prozesse wurden die Transferkoeffizienten auf Güter- und auf Stoffebene durch eine Recherche von Messergebnissen in der Literatur ermittelt und dargestellt. Wo keine Werte zu finden waren, mussten die Transferkoeffizienten abgeschätzt werden. Um von den Frachten auf Güterebene auf die stoffliche Ebene zu gelangen, müssen die Stoffkonzentrationen in den ausgewählten Abfallfraktionen ermittelt werden. Mehrere Quellen wurden miteinander verglichen und plausible Werte ausgewählt.

Aus den Zielen, die unter § 1 Abs.1 AWG 2002 idgF. festgelegt sind, konnten folgende Bewertungskriterien abgeleitet werden:

AWG-Ziel	Bewertungskriterium
1. „Schutz von Menschen und Umwelt“	• Stickstoffemissionen in die Hydrosphäre
2. „Geringhaltung von klimarelevanten Emissionen“	• Bilanzierung von CO <sub>2</sub> -Äquivalenten
3. „Schonung von Ressourcen“	• Deponievolumen

AWG-Ziel	Bewertungskriterium
3. „Schonung von Ressourcen“	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recyclingrate</li> <li>• Eisen-Recyclingrate</li> </ul>
4. „Keine Gefährdung durch stoffliche Verwertung“	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schadstoff-Recyclingrate</li> </ul>
5. „Keine Gefährdung zukünftiger Generationen“	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schadstoff-Ausschleusung</li> </ul>

Die Organisation der Abfallwirtschaft in Niederösterreich lässt sich in vier Ebenen (Gemeinde, Abfallwirtschaftsverband, Entsorgungsregion, Abfallwirtschaftsverein) gliedern. Bei kommunalen Sammelsystemen werden Holsystem und Bringsystem (Sammelinseln, Sammelzentren) unterschieden.

Der politische Bezirk Gänserndorf liegt im Nordwesten Niederösterreichs und besteht aus insgesamt 44 Gemeinden, von denen heute 42 Mitglieder des GVU Gänserndorf sind. Durch den Vergleich der soziodemografischen Parameter des Bezirkes mit den durchschnittlichen Kennwerten des Landes Niederösterreich kann behauptet werden, dass der Bezirk Gänserndorf ein gutes Beispiel für die Auswahl eines durchschnittlichen Bezirkes in der Bevölkerungs- und Siedlungsstruktur ist.

Der Gemeindeverband für Aufgaben des Umweltschutzes im Bezirk Gänserndorf wurde am 1. Oktober 1992 gegründet und ist seit Jahresbeginn 1994 operativ tätig. Dem Verband sind die abfallwirtschaftlichen Verantwortlichkeiten der Mitgliedsgemeinden übertragen. Zu den Hauptaufgaben zählt die Vollziehung des NÖ Abfallwirtschaftsgesetzes und des Bundesabfallwirtschaftsgesetzes. Neben den abfallwirtschaftlichen Aufgaben und der Organisation der Transportlogistik wird auch ein besonderer Schwerpunkt auf die Öffentlichkeitsarbeit gelegt.

Bei den spezifischen Sammelmengen ist für Rest- und Sperrmüll unmittelbar nach Verbandsgründung und der Vereinheitlichung der Sammelsysteme ein signifikanter Rückgang zu erkennen. Im folgenden Betrachtungszeitraum steigen die spezifischen Mengen jedoch wieder leicht an. Seit der Einführung einer freiwilligen Biomüll-Sammlung stiegen die spezifischen Sammelmengen und auch der Anschlussgrad kontinuierlich an. Bei den Altstoffen Papier und Glas pendelte sich die spezifische Sammelmenge auf recht hohem Niveau ein. Die Umstellung des Sammelsystems bei den Leichtverpackungen im Jahr 2004 (reine Sammlung von Plastikflaschen und

Metallverpackungen im Gelben Sack) führte zu einem starken Rückgang bei den spezifischen Sammelmengen dieser Fraktionen. Auch bei den Altmetallen reduzierte sich die jährliche Sammelmenge bezogen auf die Einwohnerzahl.

Mit der Methodik der Stoffflussanalyse wurden die Güter- und Stoffflüsse im definierten System ermittelt. Die Ergebnisse auf Güter- und Stoffebene sind in Kap. 3.1 dargestellt. Alle Güter- und Stoffströme konnten in übersichtlicher Form abgebildet werden. Der große Unterschied zwischen den Jahren 1991 bzw. 1997 und den Jahren 2004 und 2008 liegt in den Prozessen der Rest- bzw. Sperrmüllentsorgung bzw. -verwertung. Der Prozess „Restmülldeponie“ wird durch die Prozesse „MVA“, „Reststoffdeponie“ und „Untertagedeponie“ ersetzt. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Szenarien sind durch die Darstellung der Flusspfeile proportional zur transportierten Menge sehr gut erkennbar.

Auf stofflicher Ebene gelangt der Kohlenstoff hauptsächlich über die Fraktionen Rest- und Sperrmüll, sowie über die biogenen Abfälle ins System. Exportiert wird Kohlenstoff in den Jahren 1991 und 1997 hauptsächlich über das Abgas des Prozesses „Reststoffdeponie“ und in den Jahren 2004 und 2008 über das Abgas der „MVA“.

Beim Stickstoff sind diese beiden Prozesse ebenso für den Hauptexport verantwortlich, allerdings verlässt der Stoff das System in Richtung Hydrosphäre. Bedeutende Stickstoffströme führen auch durch die Prozesse „Kompostierung“ und „Eigenkompostierung“. Restmüll und Sperrmüll sind auch die wichtigsten Träger des Cadmium-Imports. Während in den ersten beiden Szenarien der Schadstoff unbehandelt im Lager der „Restmülldeponie“ landet, so geht er in den letzteren Szenarien über den Filterstaub in das Lager der „Reststoffdeponie“. Der Wertstoff Eisen gelangt, abgesehen vom Jahr 1991, hauptsächlich über die Altmetalle in das System und verlässt diese auch in Form von wieder verwertbaren Metallen.

In Kap. 3.2 fließen die Ergebnisse der Stoffflussanalyse in die Interpretation durch die von den Zielen abgeleiteten Bewertungskriterien ein.

Das jährlich pro Einwohner anfallende Deponievolumen sinkt von 225 dm<sup>3</sup> im Jahr 1991 über 170 dm<sup>3</sup> auf rund 30 dm<sup>3</sup> in den Jahren 2004 und 2008 – insgesamt eine Reduktion um mehr als 86 %.

Die Recyclingrate konnte im betrachteten Zeitraum von ca. 20 % auf über 40 % mehr als verdoppelt werden. Der Anstieg lag zwischen den Jahren 1991 und 1997 bzw. 1997 und 2004 bei rund 10 %.

Das beachtlichste Einsparungspotential konnte mittels der Bilanzierung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten nachgewiesen werden. Wurden im Jahr 1991 noch rund 380 kg CO<sub>2eq</sub> pro Einwohner im System verursacht, so reduzierte sich diese Menge auf ca. 215 kg CO<sub>2eq</sub> im Jahr 1997. Für die Jahre 2004 und 2008 wurde überhaupt eine leichte „Gutschrift“ von rund 30 kg CO<sub>2eq</sub> für die Produktion treibhauswirksamer Gase errechnet.

Auch die Stickstoff-Emissionen in die Hydrosphäre konnten in den betrachteten Zeitintervallen von anfangs ungefähr 530 g pro Einwohner und Jahr auf rund 70 g/(EW\*a) gesenkt werden.

Bei der Eisen-Recyclingrate bzw. bei der Schadstoff-Recyclingrate zeigen sich ebenso Steigerungen gegenüber den Ausgangswerten im Jahr 1991. Beim Wertstoff Eisen liegt der große Sprung zwischen den Jahren 1997 und 2004, beim Schadstoff Cadmium zwischen 1991 und 1997.

Die Schadstoff-Ausschleusung liegt im Jahr 1991 bei über 85 % und sinkt in den weiteren Jahren auf einen relativ konstanten Wert rund um 60 % ab.

Abschließend wurde versucht, die Jahresabschlüsse des Abfallwirtschaftsverbandes dahingehend auszuwerten, die Ausgaben den getroffenen Maßnahmen bzw. den einzelnen Gruppen der Abfallfraktionen zuzuordnen. Aufgrund von unterschiedlicher Zuordnung zu Kostengruppen über den betrachteten Zeitraum lässt das Ergebnis keine zuverlässigen Rückschlüsse zu.

Um dennoch eine Bewertung der Veränderungen aus Kostensicht zu erhalten wurden die Entsorgungstarife, zu deren Entrichtung alle Einwohner verpflichtet sind, den erfassten Sammelmengen über den gesamten Betrachtungszeitraum gegenübergestellt. Es zeigte sich, dass die Entsorgungskosten pro Tonne unmittelbar nach Verbandsgründung höher lagen als im Jahr 2008. Über weite Bereiche des Betrachtungszeitraumes sind die Kosten relativ konstant. Seit dem Jahr 2006 steigen sie jedoch wieder leicht an.

Nach der Zusammenfassung der Vorgehensweise und der Ergebnisse sollen nun auch die anfangs beschriebenen Ziele der Arbeit reflektiert und deren Umsetzung behandelt werden:

### **Hauptziel:**

Bewertung von Veränderungen in der niederösterreichischen Abfallwirtschaft anhand der Analyse von Güter- und Stoffströmen eines regionalen Abfallwirtschaftsverbandes

In der vorliegenden Arbeit ist es gelungen, am Beispiel eines regionalen Abfallwirtschaftsverbandes die Entwicklungen in der niederösterreichischen Abfallwirtschaft der letzten beiden Jahrzehnte darzustellen. Zur Abbildung der relevanten Güter- und Stoffströme im betrachteten System stellte die Methode der Stoffflussanalyse ein geeignetes Analyseinstrument dar. Zur Bewertung der Resultate wurden aus den im AWG definierten Zielen und Grundsätzen der Abfallwirtschaft Bewertungskriterien abgeleitet, mit deren Hilfe die Veränderungen interpretiert werden konnten.

### **Unterziele:**

Skizzierung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene

Die Vielzahl an Gesetzen, Richtlinien und Verordnungen sowohl auf europäischer Ebene, als auch auf Bundes- und Landesebene erforderte eine genaue Recherche der wesentlichen und für diese Arbeit relevanten gesetzlichen Rahmenbedingungen. Die Kenntnis der wichtigsten Gesetzestexte ist jedoch für die Bearbeitung dieser Thematik essentiell, da sie die Grundlage der abfallwirtschaftlichen Maßnahmen bilden. In Kapitel 2.1 wurde versucht, die rechtlichen Rahmenbedingungen so übersichtlich wie möglich und so ausführlich wie notwendig zu beschreiben.

Entwicklung einer möglichst übersichtlichen Abbildung bzw. Modellierung des zu untersuchenden Abfallwirtschaftssystems

Wenn auch das Abfallwirtschaftssystem eines regionalen Verbandes räumlich relativ eindeutig abgegrenzt ist, so besteht es dennoch aus vielfältigen und komplexen Strukturen, die auch mit Prozessen außerhalb der eigentlichen Systemgrenzen in Relation stehen. Eine klare räumliche und zeitliche Abgrenzung war notwendig, um das

System übersichtlich zu erfassen und die relevanten Prozesse, Güter- und Stoffflüsse abzubilden. Dabei sind gewisse Vereinfachungen und Adaptierungen unumgänglich.

Auswahl und Beschreibung von relevanten Prozessen, Gütern und Stoffen für eine möglichst anschauliche Betrachtungsweise

Bei der Auswahl der Güter, Stoffe und Prozesse konnte eine zielführende Auswahl getroffen werden. Es wurde besonderer Wert darauf gelegt, nicht alle Details im Modell zu übernehmen, sondern die Darstellung möglichst übersichtlich und anschaulich zu gestalten. Bei der Auswahl der Stoffe ist es besonders wichtig, möglichst vielfältige und vor allem aussagekräftige Elemente zu bestimmen. Bei den Gütern wurden die mengenmäßig größten Abfallfraktionen ausgewählt.

Recherche und Festlegung von Transferkoeffizienten für die ausgewählten Prozesse

Transferkoeffizienten für die Abbildung der Prozesse in einer Müllverbrennungsanlage finden sich in der Literatur sehr zahlreich und sind auch durchwegs ähnlich. Bei der Modellierung des Deponieverhaltens weichen die Angaben je nach gewählten Verfahren bzw. Betrachtungszeitraum stärker voneinander ab. Transferkoeffizienten für Kompostierungsprozesse lassen sich nur für bestimmte Stoffe finden, wodurch teilweise eigene Abschätzungen notwendig waren.

Erhebung von Güterflüssen und relevanten Stoffströmen, sowie deren Auftreten und Zusammensetzung

Die relevanten Güterflüsse lassen sich relativ einfach aus den erfassten Sammelmengen ableiten. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse der einzelnen Jahre zu ermöglichen, wurde die spezifische Sammelmenge pro Einwohner und Jahr herangezogen. Um von der Güterebene auf die stoffliche Ebene zu gelangen, ist es notwendig, die Stoffkonzentrationen der einzelnen Fraktionen zu definieren. Hierzu sind in der Literatur ausreichend Angaben zu finden, die jedoch unterschiedlich stark voneinander abweichen.

Ableitung von Bewertungskriterien zur Analyse der Veränderungen im betrachteten Zeitraum

Die Ergebnisse der Stoffflussanalyse zeigen die Verhältnisse und die Veränderungen der Güter- und Stoffströme im betrachteten System. Die SFA stellt jedoch kein

Bewertungsinstrument dar. Aus diesem Grunde wurden aus den Zielen, die im österreichischen Abfallwirtschaftsgesetz manifestiert sind, insgesamt sieben Bewertungskriterien abgeleitet. Diese Kriterien ermöglichten eine Interpretation der Ergebnisse der Stoffflussanalyse und eine Beurteilung im Sinne der Hauptaufgabenstellung dieser Arbeit.

#### Systembeschreibung und Darstellung der Abläufe im Sammel-, Verwertungs- und Entsorgungssystem des ausgewählten Abfallverbandes

In Kooperation mit dem GVV Gänserndorf wurden die Sammel-, Verwertungs- und Entsorgungswege der ausgewählten Fraktionen erhoben und beschrieben. Erst dadurch wurde eine Modellierung des ausgewählten Systems sowie der wichtigsten Verfahrensabläufe möglich.

#### Darstellung der Güter- und Stoffflüsse mittels der Methode der Stoffflussanalyse und Auswertung unter Zuhilfenahme der Bewertungskriterien

Die Software STAN ermöglicht eine übersichtliche Darstellung der Güter- und Stoffbilanzen. Durch die benutzerfreundliche Oberfläche können Änderungen relativ schnell eingearbeitet werden. Ebenso ist die Betrachtung unterschiedlicher Zeitperioden mit geringem Aufwand möglich. Die Auswertung der Bewertungskriterien wurde mit Hilfe von Excel-Kalkulationen durchgeführt.

#### Möglichst transparente Darstellung des monetären Aufwandes für die Modifikationen im betrachteten System

Mit den zur Verfügung stehenden Rechnungsabschlüssen der Jahre 1997, 2004 und 2007 war es nicht möglich, die Kosten den getroffenen Maßnahmen zuzuordnen bzw. untereinander zu vergleichen. Der Grund liegt in der unterschiedlichen Zuordnung der Einnahmen und Ausgaben zu den einzelnen Kostengruppen im Laufe des betrachteten Zeitraumes. Um eine objektive Beurteilung zu ermöglichen, wäre es notwendig, die Einnahmen und Ausgaben den jeweiligen Abfallfraktionen zuzuordnen, was jedoch sicher nicht in allen Fällen (z. B. bei der Öffentlichkeitsarbeit) möglich ist.

So wurden in dieser Arbeit jene Kosten, deren Deckung jeder Bürger durch die vorgeschriebenen Abgaben mittragen muss, den erfassten Sammelmengen gegenübergestellt.

Die weiteren **Schlussfolgerungen** können bei der Beantwortung der anfangs festgelegten Fragestellungen gezogen werden:

- Welche wesentlichen Rechtsgrundlagen sind für die Zielsetzung dieser Arbeit zu beachten?

Auf europäischer Ebene stellt die EU-Abfallrahmenrichtlinie, wie der Name schon sagt, das Grundgerüst für nationale Gesetze, Verordnungen und Richtlinien dar. Auf Bundesebene sind besonders das Abfallwirtschaftsgesetz samt seiner Novellierungen sowie die daraus resultierenden Verordnungen (VerpackungsVO, DeponieVO, BiomüllVO) von Bedeutung.

- Eignet sich die Methode der Stoffflussanalyse für die Darstellung und Bilanzierung von Güter- und Stoffflüssen regionaler Abfallwirtschaftssysteme?

Die Untersuchung zeigt ganz deutlich, dass die Stoffflussanalyse ein gutes Instrument für die Darstellung von Güter- und Stoffströmen komplexer Systeme, als solches auch dieses regionale Abfallwirtschaftssystem bezeichnet werden kann, darstellt.

- Welche wesentlichen Prozesse, Güterflüsse und Stoffe sind als repräsentativ auszuwählen? In welchen Güterflüssen sind die ausgewählten Stoffe zu finden?

Die wesentlichen Prozesse im System sind Sammel- und Verwertungsprozesse sowie Deponieprozesse. Für die Transferkoeffizienten dieser Prozesse konnten großteils gut abgesicherte Werte recherchiert werden. Die wesentlichen Abfallfraktionen stellen auch die bedeutenden Güterflüsse dar. In dieser Arbeit wurden 11 Fraktionen betrachtet. Bei der Stoffauswahl ist darauf zu achten, dass aussagekräftige Bewertungskriterien möglich sind.

- Welche Bewertungskriterien eignen sich für die Beurteilung?

Für die Beurteilung des Grades der Zielerreichung eignet sich vor allem die Klimabilanz, also die Bilanzierung aller treibhauswirksamen Gase, in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Ebenso ermöglicht das jährlich im System entstehende Deponievolumen pro Einwohner eine aussagekräftige Bewertung. Die Recyclingrate lässt Rückschlüsse auf die Wiederverwertung von Sekundärroh-

stoffen zu. Einen quantitativen Wert liefert die Summierung der Stickstoff-Emissionen in die Hydrosphäre. Mit der Schadstoff-Recyclingrate bzw. der Schadstoff-Ausschleusung können schädigende Auswirkungen auf Mensch und Umwelt gemessen werden.

- Wie verändern sich die Güter- und Stoffflüsse im System über den betrachteten Zeitraum?

Die Änderungen in den Güter- und Stoffflüssen sind sehr unterschiedlich und hängen von verschiedenen Parametern ab. Mit der Stoffflussanalyse können diese Ströme übersichtlich dargestellt und Veränderungen erkannt werden.

- Wie sind die Veränderungen im regionalen Abfallwirtschaftssystem zu bewerten? Wie stellt sich die Entwicklung dar?

Die Bewertungskriterien zeigen eine deutliche Verbesserung für die betrachteten Jahre 2004 bzw. 2008 im Gegensatz zur Situation in den Jahren 1991 bzw. 1997. Die Entwicklung kann somit durchaus positiv bewertet werden.

- Wie sind die Veränderungen im Sinne der Ziele des AWG zu bewerten?

Für alle Kriterien zeigte sich eine positive Entwicklung im Sinne der Zielerreichung der im Abfallwirtschaftsgesetz festgesetzten Ziele und Grundsätze. Für die zukünftige Entwicklung ist anzustreben, dass der erreichte Standard gehalten wird, bzw. noch zusätzliche Verbesserungen erzielt werden.

- Welche Aufwendungen (organisatorisch, monetär, gesetzlich) wurden bzw. werden betrieben?

Die Aufwendungen auf organisatorischer Ebene lassen sich nur schwer erfassen und den Veränderungen bzw. Entwicklungen zuordnen. In diesem komplexen System können keine direkten Relationen gezogen werden. Vielmehr ist die Gesamtheit aller Maßnahmen (Attraktivierung des Angebots, Optimierung von Prozessen, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung u. v. a.) für ein Erreichen der Ziele verantwortlich.

- Können die Kosten für gesetzte Maßnahmen transparent gemacht werden? Ist eine Zuordnung dieser Kosten zu den Maßnahmen möglich? Wie verhalten sich die gesetzten Maßnahmen zu den eingesetzten Kosten?

Eine Zuordnung von einzelnen Kosten aus den Jahresabschlüssen ist in vielen Fällen nicht möglich. Es wird daher empfohlen den Kostenfaktor über andere Wege (z.B. über die Entsorgungstarife) zu berücksichtigen.

- Können Empfehlungen für die Zukunft gegeben werden?

Aus der Analyse der Veränderungen im betrachteten System kann der beschrittene Weg in der Abfallwirtschaft als erfolgreich und nachhaltig bewertet werden. Dieser Weg sollte auch in Zukunft fortgesetzt werden und kann somit auch weiterhin einen wertvollen Beitrag für die Daseinsgrundlage zukünftiger Generationen leisten.

- Wie stehen die gewonnenen Erkenntnisse des betrachteten Systems im Verhältnis zur Gesamtsituation in Niederösterreich? Können die Ergebnisse auch auf andere Regionen umgelegt werden?

Für das untersuchte System wurde im Zuge der Systemanalyse Kennwerte ermittelt, die im Bereich der durchschnittlichen Landeswerte liegen. Da das Land Niederösterreich für alle Regionen eine ähnliche abfallwirtschaftliche Strategie verfolgt, ist auch der strukturelle Aufbau der Prozesse ähnlich.

Dennoch ist es nur teilweise möglich, die Ergebnisse auf andere Regionen mit ähnlichen Kennwerten bzw. ähnlichen Prozessabläufen umzulegen. Für eine dahingehende Untersuchung wird eine Anwendung der gleichen Methodik empfohlen.

## LITERATURVERZEICHNIS

Amt der niederösterreichischen Landesregierung:  
Niederösterreichischer Abfallwirtschaftsplan 2004 (AWP 2004) – St. Pölten, 2005.

Amt der NÖ Landesregierung Abt. R/3:  
Auswertung der Abfallwirtschaftsberichte 1991 – Vorabzug.

Angst, G.; Stark, W.; Hutterer, H.; Pilz, H.; Hutterer, H. (2001) "Kosten-Nutzen-Analyse Verpackungsverwertung; Studie über die getrennte Sammlung und Verwertung von Verpackungen in Österreich", Monographien des UBA Band 152, Umweltbundesamt GmbH Wien.

Baccini, P.; Bader H.-P. (1996) „Regionaler Stoffhaushalt“, Spektrum- Verlag, Heidelberg.

Baccini, P.; Brunner P. H. (1991) "Metabolism of the Anthroposphere", Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London.

Belevi, H.; Baccini, P. (1989) "Long-Term Behaviour of Municipal Solid Waste Landfills", Waste Management & Research, Vol. 7, Nr. 1, p. 43-56.

Böhm, Ch. (1977) „Die Müllabfuhr- und Abfallbeseitigungsgesetze der österreichischen Bundesländer, Rechtsvergleich“ Komparative Studie d. derzeit geltenden Landesgesetze f. die Sammlung, Abfuhr u. Beseitigung v. Abfällen, Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien.

Brunner, P. H. (2003) "Entwicklungspotentiale der Abfallwirtschaft in Österreich", Proceedings Österreichische Abfallwirtschaftstagung, 2.-3. April 2003, Eisenstadt, ÖWAV.

Brunner, P. H.; Döberl, G.; Eder, M.; Frühwirth, W.; Huber, R.; Hutterer, H.; Pierrard, R.; Schönböck, W.; Wöglinger, H. (2001) "Bewertung abfallwirtschaftlicher Maßnahmen mit dem Ziel der nachsorgefreien Deponie (Projekt BEWEND)", Monographien des UBA Band 149, Umweltbundesamt GmbH Wien.

Brunner, P. H.; Döberl, G. (2006) „Kosten-Wirksamkeits-Analyse, Stoffbilanzen, Zeitliche Grenzen“, In Werkzeuge zur Bewertung von Abfallbehandlungsverfahren - Methoden und Ergebnisse; Gohlke, O., Neukirchen, B., Wiesner, J., Eds.; VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf, 2006; Vol. 1. p. 50-59.

Brunner, P. H.; Fellner, J. (2007) "Setting priorities for waste management strategies in developing countries", Waste Management & Research, Vol. 25, Nr. 3, p. 234-240.

Brunner, P. H.; Mönch, H. (1986) "The Flux of Metals Through Municipal Solid Waste Incinerators" Management & Research, Vol. 4, Nr. 1, p. 105 - 119.

Brunner, P. H.; Rechberger H. (2004) "Practical Handbook of Material Flow Analysis", CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.

Bundes-Verfassungsgesetz (B-VG) idF: 1988/685.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft:  
Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006 – Wien, 2007.

Bundesgesetz vom 6. Juni 1990 über die Vermeidung und Behandlung von Abfällen  
(Abfallwirtschaftsgesetz 1990 – AWG 1990), BGBl. Nr. 325/1990.

Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft  
(Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002), BGBl. I Nr. 102/2002.

Cencic, O. (2007) "STAN - Freeware für Stoffflussanalysen nach ÖNORM S 2096", In:  
"Management komplexer Materialflüsse mittels Simulation", Engelhardt-Nowitzki, C.;  
Nowitzki, O.; Krenn, B. (Hrsg.), Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, p. 85-95.

Cencic, O.; Rechberger, H. (2006) "STAN - maßgeschneiderte Software für  
Stoffflussanalysen", In: Proceedings DepoTech 2006 "Abfall- und Deponietechnik,  
Abfallwirtschaft, Altlasten, 8. DepoTech Konferenz", 22.-24. November, Leoben, VGE  
Verlag GmbH, Essen, p. 129-136.

Daxbeck, H.; Lampert, Ch.; Morf, L.; Obernosterer, R.; Rechberger, H.; Reiner, I.;  
Brunner, P. H. (1996) "Der anthropogene Stoffhaushalt der Stadt Wien - N, C und Pb  
(Projekt PILOT)", TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Wien.

Dehoust, G.; Schüler, D.; Bleher, D.; Seum, S.; Süß, K.; Idelmann, M.; Turk, T.;  
Wöbbing, K.; Wollny, V.; Schaubruch, W. (2008) „Optimierung der Abfallwirtschaft  
in Hamburg unter dem besonderen Aspekt des Klimaschutzes“, Abfallwirtschaft und  
Klimaschutz – Studie und Anhang, Institut für angewandte Ökologie, Darmstadt.

Dehoust, G.; Wiegmann, K.; Fritsche, U.; Stahl, H.; Jenseit, W.; Herold, A.; Cames,  
M.; Gebhardt, P. (2005) „Statusbericht zum Beitrag der Abfallwirtschaft zum  
Klimaschutz und mögliche Potentiale“, im Auftrag des deutschen Umweltbundesamtes,  
August 2005.

Eklind., Y.; Sundberg, C.; Smårs, S.; Steger, K.; Sundh, I.; Kirchmann, H.; Jönsson,  
H. (2007) „Carbon turnover and ammonia emissions during composting of biowaste at  
different temperatures” Journal of Environmental Quality, 36: 1512-1520.

Fehringer, R.; Brandt, B.; Brunner, P. H.; Daxbeck, H.; Neumayer, S.; Smutny, R.  
(2004) "Waste Matrices - AWAST" (Project AWAST), European Commission, Annex  
5, Brussels.

Fehringer, R.; Rechberger, H.; Brunner, P.H. (1999) „Positivisten in der  
Zementindustrie: Methoden und Ansätze (Projekt PRIZMA)" Hrsg. Vereinigung der  
österreichischen Zementwerke (VÖZ), Wien.

Fehringer, R.; Rechberger, H.; Pesonen, H.-L.; Brunner, P. H. (1997) "Auswirkungen  
unterschiedlicher Szenarien der thermischen Verwertung von Abfällen in Österreich  
(ASTRA)". TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abteilung  
Abfallwirtschaft, Wien.

Fellner, J.; Cencic, O.; Rechberger, H. (2007) "A New Method to Determine the Ratio of Electricity Production from Fossil and Biogenic Sources in Waste-to-Energy Plants", *Environmental Science & Technology* 41, 7, p 2579-2586.

Fellner, J.; Cencic, O.; Rechberger, H. (2008) "Fortlaufende Bestimmung des Biomasseanteils im Input der Müllverbrennungsanlage Dürnrrohr (Projekt BIOMAD)", Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, Wien.

Fellner, J.; Laner, D.; Brunner, P. H. (2009) "Impact of aeration on the long term behavior of nitrogen in MSW landfills", *Proceedings Sardinia 2009, 12th International Waste Management and Landfill Symposium*, 5.-9. Oktober, S. Margherita di Pula (Cagliari), Sardinia, Cossu, R., Diaz, Luis F.; Stegmann, R., CISA Publisher, Sardinia, p. 1-8.

Fischer, F.; Schäfer, E. (1978) „Grundlagen für ein Abfallwirtschaftsgesetz des Bundes“, Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien.

Grassinger, D.; Salhofer, S. (1999) „Methoden zur Bewertung abfallwirtschaftlicher Maßnahmen, Literaturstudie“ Beiträge zum Umweltschutz, Bd. 57, Magistratsabteilung 22, Wien.

Gallenkemper, B.; Doedens, H. (1994) „Getrennte Sammlung von Wertstoffen des Hausmülls“ Abfallwirtschaftliche Grundlagen und ausgewählte Verfahren der getrennten Sammlung, Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Gemeindeverband für Aufgaben des Umweltschutzes im Bezirk Gänserndorf: Sammelmengen 1991 bis 2008.

Gemeindeverband für Aufgaben des Umweltschutzes im Bezirk Gänserndorf: Jahresabschluss für das Haushaltsjahr 1997.

Gemeindeverband für Aufgaben des Umweltschutzes im Bezirk Gänserndorf: Jahresabschluss für das Haushaltsjahr 2004.

Gemeindeverband für Aufgaben des Umweltschutzes im Bezirk Gänserndorf: Jahresabschluss für das Haushaltsjahr 2007.

Gemeindeverband für Aufgaben des Umweltschutzes im Bezirk Gänserndorf: Jahresbericht 2007.

Hackl, A.; Mauschitz, G. (1997) „Klimarelevanz der Abfallwirtschaft“ Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie Sektion III/A, Wien.

Hochholdinger, Ch.; Niederhuber M.; Wolfslehner E. (2002) „Abfallwirtschaftsgesetz 2002“, Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien, Graz.

Hutterer, H.; Pilz, H.; Angst, G.; Musial-Mencik, M. (2000) „Stoffliche Verwertung von Nichtverpackungs-Kunststoffabfällen“ Monographien Umweltbundesamt, Band 124, Wien.

IPCC: Climate Change 2007 – The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

König, St. (2006) "Stoffflussbasiertes Verfahren zur Bestimmung von Metallfrachten in Abfällen", Diplomarbeit ausgeführt am Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, TU Wien.

Kost, T. (2001) „Brennstofftechnische Charakterisierung von Haushaltsabfällen“ Schriftenreihe des Instituts für Abfallwirtschaft und Altlasten, Band 16, TU Dresden.

Land Niederösterreich:  
Abfallwirtschaftsberichte 1999-2008 – St. Pölten.

Lauber, W. (1993) „Die Bedeutung eines abfallverarbeitenden Betriebes für die Stoffbilanz einer Industrieregion, Diplomarbeit, Technische Universität Wien und Universität für Bodenkultur Wien.

Löschau, M. (2006) „Input-Output-Analyse als Methode zur stofflichen Bilanzierung komplexer Entsorgungssysteme“ Dissertation, Fakultät III - Prozesswissenschaften der Technischen Universität Berlin.

Morf, L. S.; Ritter, E.; Brunner, P. H. (2005) "Online-Messung der Stoffbilanz auf der MVA Spittelau, Synthese der Resultate 200-2004" (Projekt MAPE Spittelau), Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, TU Wien.

NÖ Müllbeseitigungsgesetz 1972, LGBl. 8240 - O/1972.

NÖ Abfallwirtschaftsgesetz 1992 (NÖ AWG 1992), LGBl. 8240/1992 idgF.

Ossberger, M. (1997) "Abfallwirtschaft Österreich - Historische Entwicklung der Abfallwirtschaft in Österreich", Diplomarbeit ausgeführt an der TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Wien.

ÖNORM S 2096-1:2005 01 01. Stoffflussanalyse - Teil 1: Anwendung in der Abfallwirtschaft – Begriffe.

ÖNORM S 2096-2:2005 01 01. Stoffflussanalyse - Teil 2: Anwendung in der Abfallwirtschaft – Methodik.

ÖWAV (2003) „Die Anwendung der Stoffflussanalyse in der Abfallwirtschaft“ ÖWAV-Regelblatt 514, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien.

RICHTLINIE 2006/12/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Abfälle.

RICHTLINIE 2008/98/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien.

Rotter, S. (2002) „Schwermetalle in Haushaltsabfällen – Potentiale, Verteilung und Steuerungsmöglichkeiten durch Aufbereitung“ Beiträge zur Abfallwirtschaft/Altlasten, Schriftenreihe des Instituts für Abfallwirtschaft und Altlasten der TU Dresden, Band 27, Dresden.

Schachermayer, E.; Bauer, G.; Ritter, E.; Brunner, P. H. (1995) "Messung der Güter- und Stoffbilanz einer Müllverbrennungsanlage (Projekt MAPE)" Monographien Umweltbundesamt, Band 56, Wien.

Schachermayer, E.; Lampert Ch. (2008) „Erfasste Deponiegasmengen auf österreichischen Deponien, Zeitreihe für die Jahre 2002 bis 2007“ Umweltbundesamt, Wien.

Schmidt, M. (2006) „Der Einsatz von Sankey-Diagrammen im Stoffstrommanagement“ Beiträge der Hochschule Pforzheim, Nr. 124, Pforzheim.

Schörghuber, W. (1999) „Abfallwirtschaftsgesetz, Überblick und Gesetzestexte“, Wirtschaftskammer Österreich, Wien.

Skutan, S.; Brunner, P. H. (2006) "Stoffbilanzen mechanisch-biologischer Anlagen zur Behandlung von Restmüll (Projekt SEMBA)", Lebensministerium, Wien.

Spaun, S.; Schachermayer, E.; Kaas, T.; Lauber, W.; Brunner, P. H. (1994) "Entscheidungshilfen für die Verfahrensauswahl in der Abfallwirtschaft im Raum Oberösterreich/Salzburg - Teil 1: Vergleich mechanisch-biologische Vorbehandlung und thermische Behandlung (Projekt EVA-ROS)", Bericht: Oberösterreichische und Salzburger Landesregierung, TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Wien.

Stumpf, K. (1994) „Kunststoffrecycling in der Schweiz: Eine naturwissenschaftliche, technologische und ökonomische Betrachtung“, Dissertation, Universität Zürich.

Umweltbundesamt (2008): Klimaschutzbericht 2008. Reports, Bd. REP-O150. Umweltbundesamt, Wien.

Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die getrennte Sammlung biogener Abfälle, BGBl. 68/1992 vom 31.01.1992.

Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen und bestimmten Warenresten (VerpackVO), BGBl. 645/1992 vom 09.10.1992.

Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung), BGBl. 164/1996 vom 10.04.1996.

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen (Kompostverordnung), BGBl. 292/2001 vom 14.08.2001.

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von elektrischen und elektronischen Altgeräten (Elektroaltgeräteverordnung - EAG-VO), BGBl. 121/2005 vom 29.04.2005.



## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a	anno (Jahr)
AWG	Abfallwirtschaftsgesetz
ASI	Altstoffsammelinsel
ASZ	Altstoffsammelzentrum
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BMUJF	Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie
C	Kohlenstoff
Cd	Cadmium
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid (auch „Kohlendioxid“)
DeponieVO	Deponieverordnung
EAG	Elektroaltgeräte
EEA	Einheitliche Europäische Akte
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
EW	Einwohner
EWR	Europäischer Wirtschaftsraum
Fe	Eisen
FS	Feuchtsubstanz
GFA	Güterflussanalyse
GVU	Gemeindeverband für Aufgaben des Umweltschutzes
HDPE	High Density Polyethen
HH	Haushalt
H <sub>2</sub> O	Wasser
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat der Vereinten Nationen)
KA	Kompostierungsanlage
kJ	Kilojoule
kg	Kilogramm
KompostVO	Kompostverordnung
LGBl.	Landesgesetzblatt
MBA	Mechanisch-biologische Anlage
MVA	Müllverbrennungsanlage
N	Stickstoff
N <sub>2</sub>	Molekularer Stickstoff
N <sub>2</sub> O	Lachgas
ÖWAV	Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
PET	Polyethylenterephthalat
PP	Polypropen (auch „Polypropylen“)
ppm	parts per million
PS	Polystyrol
SFA	Stoffflussanalyse
TOC	Total Organic Carbon (Organischer Gesamtkohlenstoffgehalt)
TK	Transferkoeffizient
TS	Trockensubstanz
UTD	Untertagedeponie
VerpackVO	Verpackungsverordnung
WG	Wassergehalt



## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Prozesses gem. ÖWAV (2003)	25
Abbildung 2: Prozess „MVA“ - Transferkoeffizienten auf Güterebene	39
Abbildung 3: Prozess „MVA“ - Transferkoeffizienten für Kohlenstoff	40
Abbildung 4: Prozess „MVA“ - Transferkoeffizienten für Stickstoff	40
Abbildung 5: Prozess „MVA“ - Transferkoeffizienten für Eisen	41
Abbildung 6: Prozess „MVA“ - Transferkoeffizienten für Cadmium	42
Abbildung 7: Prozess „Restmülldeponie“ - Transferkoeffizienten auf Güterebene	46
Abbildung 8: Prozess „Restmülldeponie“ - Transferkoeffizienten für Kohlenstoff	46
Abbildung 9: Prozess „Restmülldeponie“ - Transferkoeffizienten für Stickstoff	46
Abbildung 10: Prozess „Restmülldeponie“ - Transferkoeffizienten für Eisen	47
Abbildung 11: Prozess „Restmülldeponie“ - Transferkoeffizienten für Cadmium	47
Abbildung 12: Prozess „Reststoffdeponie“ - Transferkoeffizienten auf Güterebene	48
Abbildung 13: Prozess „Reststoffdeponie“ - Transferkoeffizienten für Kohlenstoff	49
Abbildung 14: Prozess „Reststoffdeponie“ - Transferkoeffizienten für Eisen	49
Abbildung 15: Prozess „Reststoffdeponie“ - Transferkoeffizienten für Stickstoff	49
Abbildung 16: Prozess „Reststoffdeponie“ - Transferkoeffizienten für Cadmium	49
Abbildung 17: Prozess „Kompostierung“ - Transferkoeffizienten auf Güterebene	52
Abbildung 18: Prozess „Kompostierung“ - Transferkoeffizienten für Kohlenstoff	52
Abbildung 19: Prozess „Kompostierung“ - Transferkoeffizienten für Eisen	52
Abbildung 20: Prozess „Kompostierung“ - Transferkoeffizienten für Stickstoff	52
Abbildung 21: Prozess „Kompostierung“ - Transferkoeffizienten für Cadmium	52
Abbildung 22: Prozess „Eigenkompostierung“ - Transferkoeffizienten auf Güterebene	53
Abbildung 23: Prozess „Eigenkompostierung“ - Transferkoeffizienten für Kohlenstoff	53
Abbildung 24: Prozess „Eigenkompostierung“ - Transferkoeffizienten für Eisen	53
Abbildung 25: Prozess „Eigenkompostierung“ - Transferkoeffizienten für Stickstoff	54
Abbildung 26: Prozess „Eigenkompostierung“ - Transferkoeffizienten für Cadmium	54
Abbildung 27: Organisation der Abfallwirtschaft in Niederösterreich, Entsorgungsregionen, Verbände, Nichtverbandsgemeinden (Quelle: NÖ Abfallwirtschaftsbericht 2008)	66
Abbildung 28: Neustrukturierung des ARA Systems (Quelle: www.ara.at)	69
Abbildung 29: Lage des Bezirkes Gänserndorf in Niederösterreich (Quelle: de.wikipedia)	70
Abbildung 30: Gemeinden im Bezirk Gänserndorf (Quelle: de.wikipedia)	71
Abbildung 31: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Restmüll"	76
Abbildung 32: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Sperrmüll"	77
Abbildung 33: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Biomüll"	78
Abbildung 34: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Altpapier"	79
Abbildung 35: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Altglas"	80
Abbildung 36: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Leichtfraktion"	82



Abbildung 37: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Metallverpackungen"	83
Abbildung 38: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Altmetalle"	84
Abbildung 39: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Alttextilien"	84
Abbildung 40: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Altholz"	85
Abbildung 41: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Problemstoffe"	86
Abbildung 42: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Elektroaltgeräte"	87
Abbildung 43: Entwicklung der spezifischen Sammelmengen der Fraktion "Altspeisefette und -öle"	87
Abbildung 44: Spezifische Sammelmengen von 1991 bis 2008	88
Abbildung 45: SFA - Güterebene – 1991 in [kg/(EW*a)]	90
Abbildung 46: SFA - Güterebene – 1997 in [kg/(EW*a)]	91
Abbildung 47: SFA - Güterebene – 2004 in [kg/(EW*a)]	92
Abbildung 48: SFA - Güterebene – 2008 in [kg/(EW*a)]	93
Abbildung 49: SFA - Kohlenstoff – 1991 in [kg/(EW*a)]	95
Abbildung 50: SFA - Kohlenstoff – 1997 in [kg/(EW*a)]	96
Abbildung 51: SFA - Kohlenstoff – 2004 in [kg/(EW*a)]	97
Abbildung 52: SFA - Kohlenstoff – 2008 in [kg/(EW*a)]	98
Abbildung 53: SFA - Cadmium – 1991 in [mg/(EW*a)]	101
Abbildung 54: SFA - Cadmium – 1997 in [mg/(EW*a)]	102
Abbildung 55: SFA - Cadmium – 2004 in [mg/(EW*a)]	103
Abbildung 56: SFA - Cadmium – 2008 in [mg/(EW*a)]	104
Abbildung 57: Jährlicher Bedarf an Deponievolumen pro Einwohner	106
Abbildung 58: Recyclingrate in den Jahren 1991, 1997, 2004 und 2008	107
Abbildung 59: Emission an Klimagasen aus der Abfallwirtschaft (in CO <sub>2</sub> -Äquivalenten pro Einwohner)	111
Abbildung 60: Stickstoffemissionen in die Hydrosphäre pro Einwohner und Jahr	112
Abbildung 61: Recyclingrate des Stoffes Eisen	113
Abbildung 62: Schadstoff-Recyclingrate von Cadmium	114
Abbildung 63: Schadstoff-Ausschleusung für Cadmium	116
Abbildung 64: Übersicht der Ausgaben des GVU Gänserndorf unterteilt nach Bereichen (Quelle: Jahresabschlüsse des GVU; eigene Interpretation und Darstellung)	118
Abbildung 65: Entsorgungstarife im GVU Gänserndorf	119
Abbildung 66: Darstellung der spezifischen Entsorgungskosten im GVU Gänserndorf	120



## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Transferkoeffizienten für den Prozess "MVA" - Güterebene	38
Tabelle 2: Transferkoeffizienten für den Prozess "MVA" - Kohlenstoff	39
Tabelle 3: Transferkoeffizienten für den Prozess "MVA" - Eisen	41
Tabelle 4: Transferkoeffizienten für den Prozess "MVA" – Cadmium	42
Tabelle 5: Stoffkonzentrationen im Sickerwasser und im Deponiegas	44
Tabelle 6: Transferkoeffizienten für den Prozess "Restmülldeponie" nach Fehringner et al. (1997)	45
Tabelle 7: Transferkoeffizienten für den Prozess "Restmülldeponie"	45
Tabelle 8: Transferkoeffizienten für den Prozess „Reststoffdeponie“ in der Studie von Fehringner et al. (1997), angenommen nach [EKESA - Schlussbericht, 1992]	47
Tabelle 9: Transferkoeffizienten für den Prozess "MVA-Schlacke-Deponie"	48
Tabelle 10: Transferkoeffizienten für den Prozess "Sortierung Altstoffe"	50
Tabelle 11: Transferkoeffizienten für den Prozess "Kompostierung" nach Löschau (2006)	51
Tabelle 12: KOHLENSTOFF - Konzentration der einzelnen Fraktionen	57
Tabelle 13: STICKSTOFF - Konzentration der einzelnen Fraktionen	58
Tabelle 14: EISEN - Konzentration der einzelnen Fraktionen	59
Tabelle 15: CADMIUM - Konzentration der einzelnen Fraktionen	60
Tabelle 16: Soziodemografische Kennwerte (Quellen: Statistik Austria, AMS NÖ)	72
Tabelle 17: Übersicht der Verbandsgemeinden des GVU Gänserndorf	73
Tabelle 18: Abgabe von Produkten der Kompostieranlagen an Private	78
Tabelle 19: Zusammenfassung der Bewertungskriterien	116



## FORMELVERZEICHNIS

Formel 1: Definition Transferkoeffizient	36
Formel 2: Deponievolumen	106
Formel 3: Recyclingrate	107
Formel 4: Eisen-Recyclingrate	113
Formel 5: Schadstoff-Recyclingrate	114
Formel 6: Schadstoff-Ausschleusung	115



## ANHANG

- ANHANG A**            Sammelmengen und Kenndaten GVV Gänserndorf
- ANHANG B**            Stoffflussdiagramme für Stickstoff und Eisen
- ANHANG C**            Berechnungsblätter Bewertungskriterien

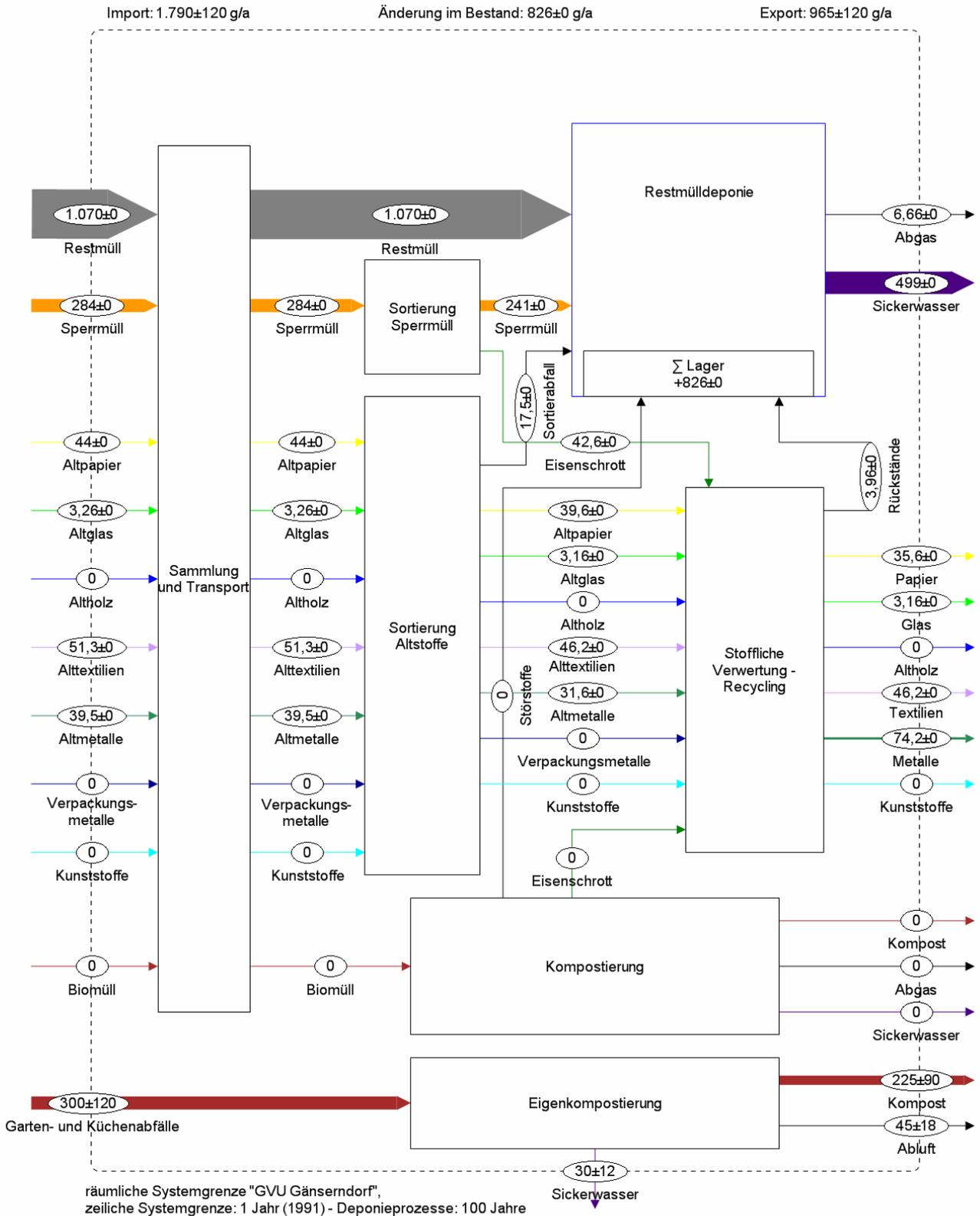
**Sammelmengen und Kenndaten G. V. U. Gänserndorf**

Jahr	Σ Sammelmenge	Restmüll	Spermmüll	Σ Restmüll + Spermmüll	Altpapier	Allglas	Almetalle	Alttextilien	Biogene Abfälle	Leichtfraktion	Altholz	Metallverpackungen	Σ Alistoffe	Problemstoffe	EAG	Altspeisefett	Anzahl Gemeinden	Einwohner (ohne Zweitwohnsitzer)	Haushalte	Müllgebühr - Restmüll (120l-13/26x) NETTO	Müllgebühr - Biomüll (120l-38x) NETTO
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]					
1991	20.729,00	13.484,00	3.447,00	16.931,00	1.573,00	999,00	771,00	110,00					3.453,00	345,00			35	64.348	28.463		
1992	22.060,00	12.954,00	5.146,00	18.100,00	1.479,00	964,00	1.085,00	101,00					3.629,00	331,00			35	64.348	28.463		
1993	21.720,00	11.605,00	5.162,00	16.767,00	1.572,00	958,00	746,00	112,00	1.313,00				3.388,00	252,00			35	64.348	28.463		
1994	19.902,50	6.559,14	2.236,34	8.795,48	2.964,79	1.506,22	1.197,69	131,57	3.969,29	690,45		380,00	6.870,72	267,02			35	64.348	28.463	€ 122,45	€ 36,34
1995	22.131,03	6.653,54	2.675,94	9.329,48	3.144,29	1.562,76	1.361,12	137,88	4.923,54	836,52		467,16	7.509,73	368,29			35	64.348	28.463	€ 122,45	€ 36,34
1996	24.308,15	7.435,19	3.428,59	10.863,78	3.471,91	1.494,40	894,73	130,32	5.730,08	934,20		491,65	7.417,20	297,10			37	68.190	29.886	€ 122,45	€ 36,34
1997	28.342,00	8.270,97	4.075,43	12.346,40	3.879,94	1.709,00	1.792,45	88,09	6.513,90	1.089,74		516,73	9.075,94	405,76			37	68.190	29.942	€ 113,95	€ 42,88
1998	28.215,46	7.461,71	3.763,99	11.225,70	4.136,23	1.688,31	1.796,31	202,09	6.717,51	1.028,23	606,00	477,71	9.934,88	337,37			37	68.190	29.886	€ 113,95	€ 42,88
1999	30.185,89	7.508,03	3.906,39	11.414,42	4.617,12	1.624,37	1.842,11	238,24	7.857,10	1.105,05	695,33	439,14	10.561,37	353,00			37	68.190	29.886	€ 113,95	€ 42,88
2000	30.960,55	7.567,05	4.344,10	11.911,15	4.682,29	1.470,13	1.992,52	207,26	7.872,98	1.183,00	812,59	435,29	10.783,07	393,35			37	68.190	29.886	€ 113,95	€ 42,88
2001	32.040,79	7.561,14	4.720,79	12.281,93	4.990,68	1.273,00	2.030,54	233,88	8.308,15	1.194,50	873,02	441,80	11.037,42	398,50	126,96	14,79	38	72.090	k.A.	€ 115,20	€ 61,00
2002	33.435,53	7.864,61	4.270,64	12.135,25	5.265,50	1.522,36	2.111,21	232,08	8.746,49	1.496,10	996,31	553,40	12.176,96	325,20	234,39	51,63	38	71.622	k.A.	€ 115,20	€ 61,00
2003	36.869,63	8.986,66	5.090,05	14.076,71	5.385,46	1.609,13	2.324,49	235,62	9.584,38	1.641,00	1.044,22	607,00	12.846,92	290,40	178,00	71,22	41	76.081	k.A.	€ 115,20	€ 61,00
2004	36.545,35	9.331,17	5.115,13	14.446,30	5.505,93	1.725,25	1.254,96	233,55	10.634,33	1.043,00	979,18	292,20	11.034,07	349,10	162,20	81,55	41	76.120	k.A.	€ 137,00	€ 61,00
2005	37.494,33	9.889,00	4.891,60	14.780,60	5.957,20	1.603,40	834,90	273,00	11.185,20	913,20	1.193,10	329,30	11.104,10	341,50	213,50	82,93	41	76.937	k.A.	€ 137,00	€ 61,00
2006	41.125,70	10.473,15	6.730,79	17.203,94	6.074,32	1.769,36	1.080,76	340,94	10.859,73	1.072,70	1.922,89	281,80	12.542,77	422,40	238,90	96,86	42	79.201	k.A.	€ 132,30	€ 77,30
2007	36.465,89	9.984,17	5.088,81	15.072,98	6.159,40	1.735,44	643,05	352,54	9.211,27	1.065,10	1.500,84	279,10	11.735,47	339,60	309,50	106,57	42	79.922	k.A.	€ 132,30	€ 77,30
2008	38.789,30	10.309,30	4.714,70	15.024,00	6.217,00	1.743,00	739,80	342,00	10.781,10	1.376,40	1.834,30	286,30	12.538,80	344,90	353,10	100,50	42	80.489	k.A.	€ 132,30	€ 77,30

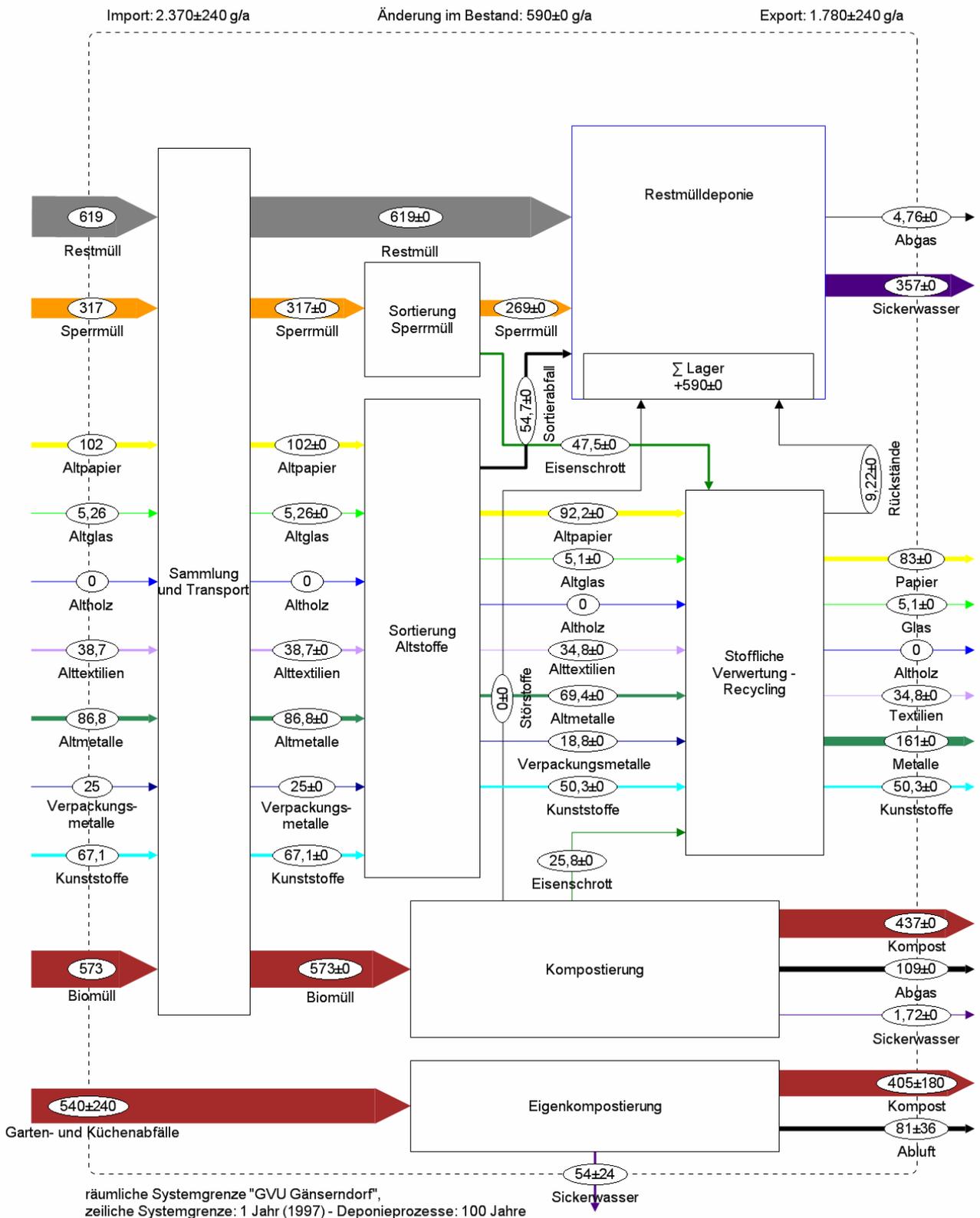
spezifische Sammelmengen G. V. U. Gänserndorf

Jahr	Σ Sammelmenge	Restmüll	Spermmüll	Σ Restmüll + Spermmüll	Altpapier	Altglas	Altmetalle	Alttextilien	Biogene Abfälle	Leichtfraktion	Altholz	Metallverpackungen	Σ Altstoffe	Problemstoffe	Elektroaltgeräte	Altseifeft
	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]	[kg/EW]
1991	<b>322,14</b>	<b>209,55</b>	<b>53,57</b>	<b>263,12</b>	<b>24,45</b>	<b>15,52</b>	<b>11,98</b>	<b>1,71</b>					<b>53,66</b>	5,36		
1992	342,82	201,31	79,97	281,28	22,98	14,98	16,86	1,57					56,40	5,14		
1993	337,54	180,35	80,22	260,57	24,43	14,89	11,59	1,74	20,40				52,65	3,92		
1994	309,29	101,93	34,75	136,69	46,07	23,41	18,61	2,04	61,68	10,73		5,91	106,77	4,15		
1995	343,93	103,40	41,59	144,98	48,86	24,29	21,15	2,14	76,51	13,00		7,26	116,70	5,72		
1996	356,48	109,04	50,28	159,32	50,92	21,92	13,12	1,91	84,03	13,70		7,21	108,77	4,36		
1997	<b>415,63</b>	<b>121,29</b>	<b>59,77</b>	<b>181,06</b>	<b>56,90</b>	<b>25,06</b>	<b>26,29</b>	<b>1,29</b>	<b>95,53</b>	<b>15,98</b>		<b>7,58</b>	<b>133,10</b>	5,95		
1998	413,78	109,43	55,20	164,62	60,66	24,76	26,34	2,96	98,51	15,08	8,89	7,01	145,69	4,95		
1999	442,67	110,10	57,29	167,39	67,71	23,82	27,01	3,49	115,22	16,21	10,20	6,44	154,88	5,18		
2000	454,03	110,97	63,71	174,68	68,67	21,56	29,22	3,04	115,46	17,35	11,92	6,38	158,13	5,77		
2001	444,46	104,88	65,48	170,37	69,23	17,66	28,17	3,24	115,25	16,57	12,11	6,13	153,11	5,53	1,76	0,21
2002	466,83	109,81	59,63	169,43	73,52	21,26	29,48	3,24	122,12	20,89	13,91	7,73	170,02	4,54	3,27	0,72
2003	484,61	118,12	66,90	185,02	70,79	21,15	30,55	3,10	125,98	21,57	13,73	7,98	168,86	3,82	2,34	0,94
2004	<b>480,10</b>	<b>122,58</b>	<b>67,20</b>	<b>189,78</b>	<b>72,33</b>	<b>22,66</b>	<b>16,49</b>	<b>3,07</b>	<b>139,70</b>	<b>13,70</b>	<b>12,86</b>	<b>3,84</b>	<b>144,96</b>	4,59	2,13	1,07
2005	487,34	128,53	63,58	192,11	77,43	20,84	10,85	3,55	145,38	11,87	15,51	4,28	144,33	4,44	2,77	1,08
2006	519,26	132,24	84,98	217,22	76,69	22,34	13,65	4,30	137,12	13,54	24,28	3,56	158,37	5,33	3,02	1,22
2007	456,27	124,92	63,67	188,60	77,07	21,71	8,05	4,41	115,25	13,33	18,78	3,49	146,84	4,25	3,87	1,33
2008	<b>481,92</b>	<b>128,08</b>	<b>58,58</b>	<b>186,66</b>	<b>77,24</b>	<b>21,66</b>	<b>9,19</b>	<b>4,25</b>	<b>133,95</b>	<b>17,10</b>	<b>22,79</b>	<b>3,56</b>	<b>155,78</b>	4,29	4,39	1,25

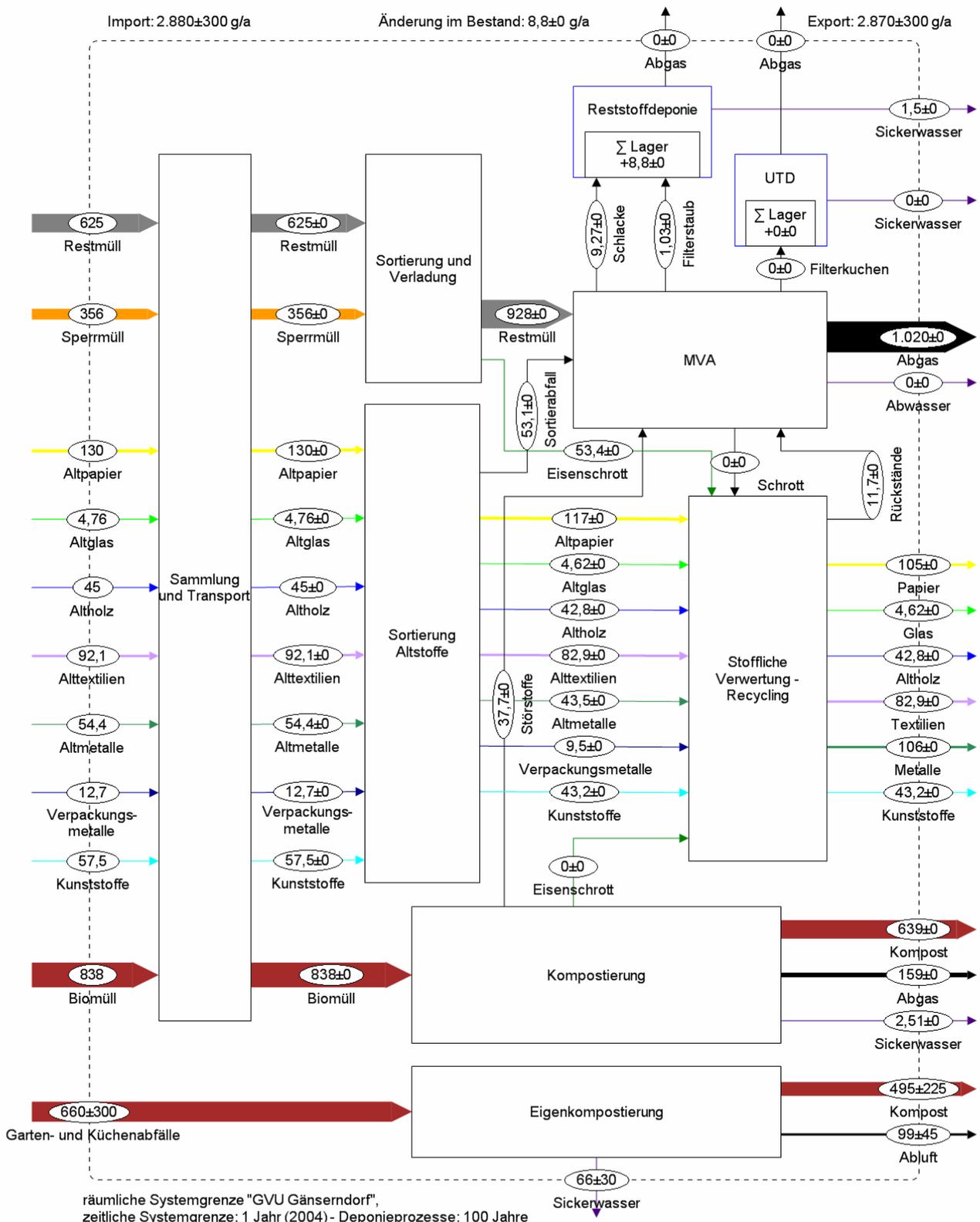
# STICKSTOFF



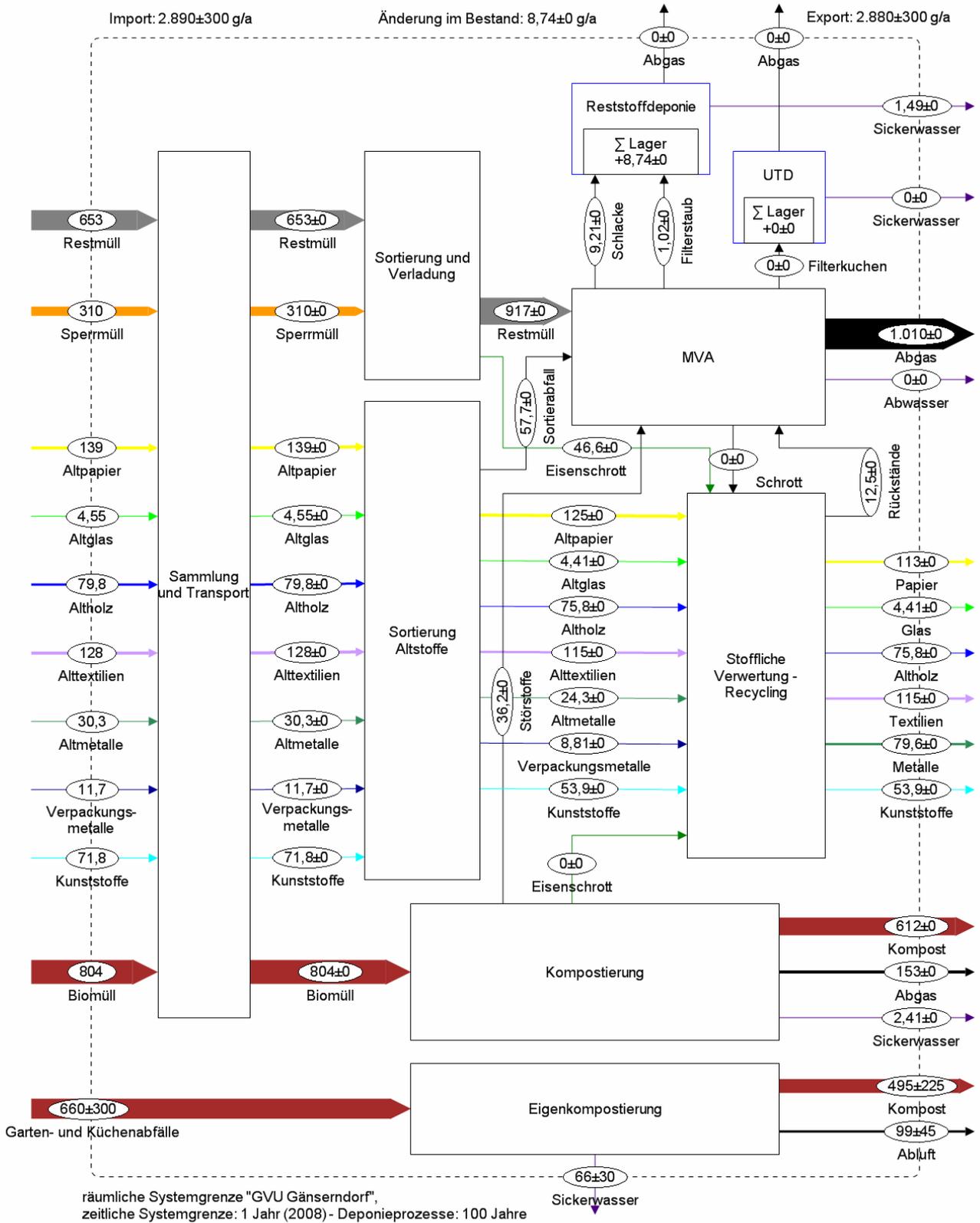
SFA - Stickstoff - 1991 in [g/(EW\* a)]



SFA - Stickstoff - 1997 in [g/(EW\* a)]

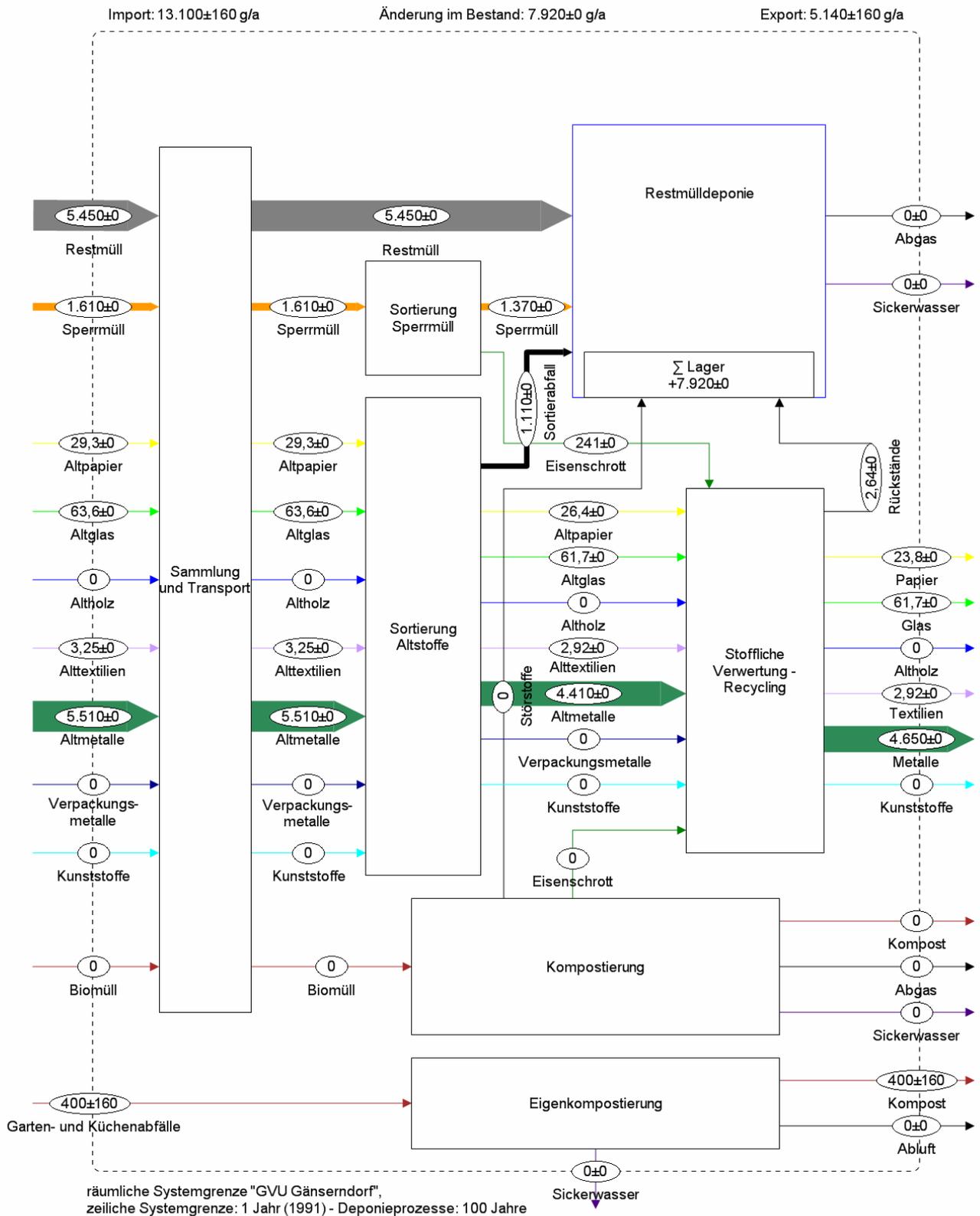


SFA - Stickstoff - 2004 in [g/(EW\* a)]

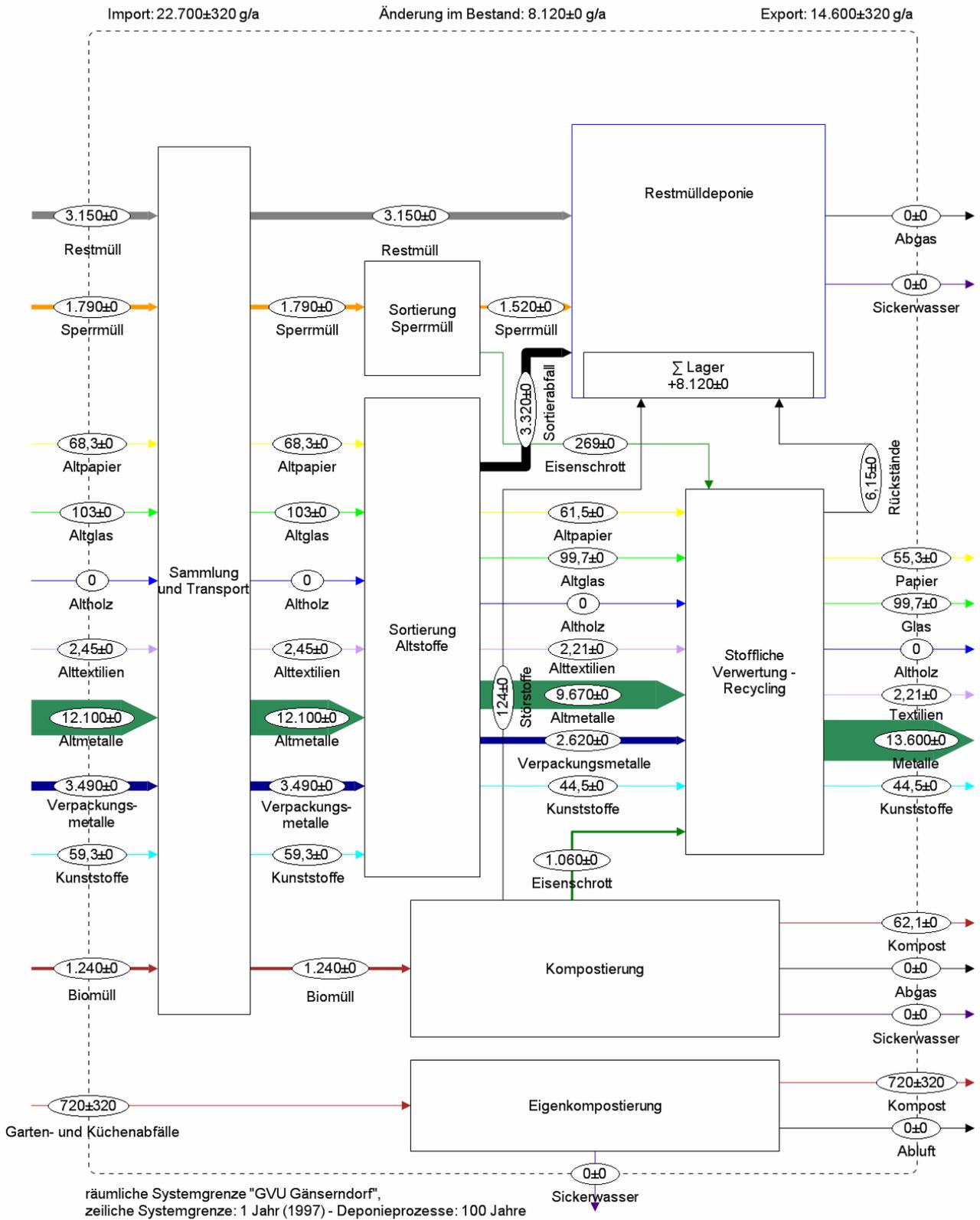


SFA - Stickstoff – 2008 in [g/(EW \* a)]

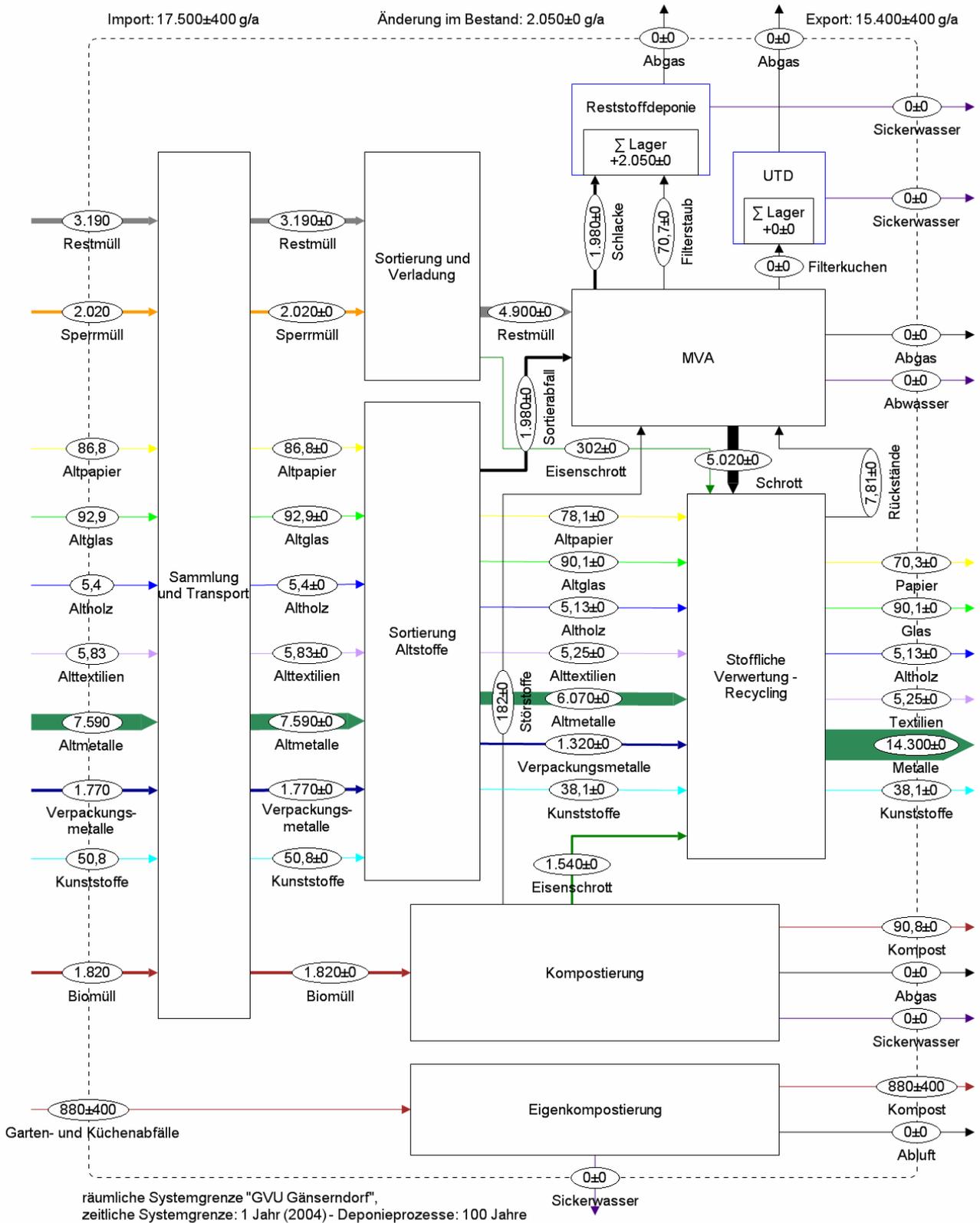
# EISEN



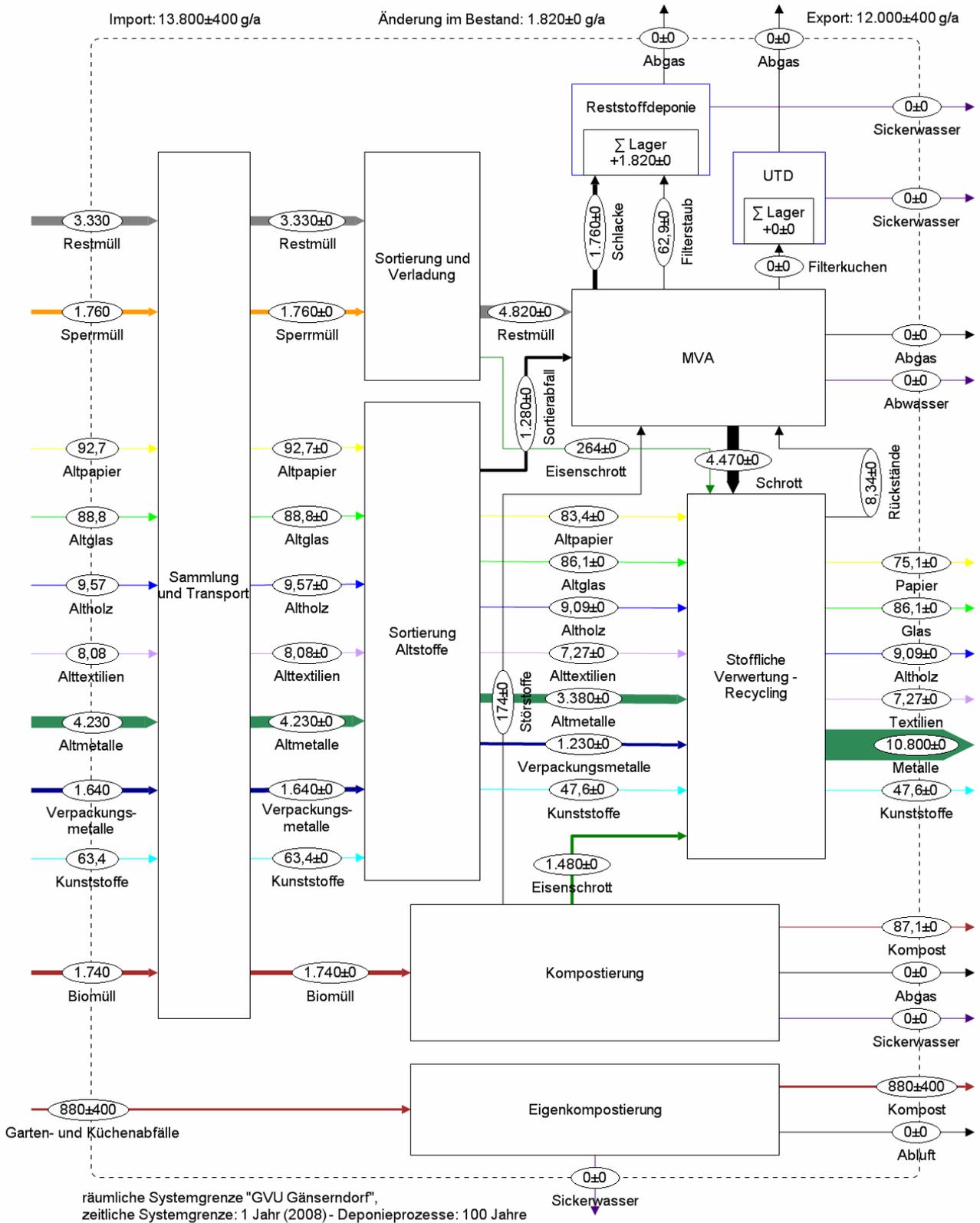
SFA - Eisen - 1991 in [g/(EW\*a)]



SFA - Eisen - 1997 in [g/(EW\*a)]



SFA - Eisen - 2004 in [g/(EW\*a)]



SFA - Eisen - 2008 in [g/(EW\*a)]

# BERECHNUNGSBLATT

**Bewertungskriterium:**  
DEPONIEVOLUMEN

**Betrachtete Ebene(n):**  
Güterebene

**Methodik:**

Ermittlung des jährlich benötigten Deponievolumens pro EW;  
Umrechnung der anfallenden Deponiemenge auf Volumen über die Dichte je Deponietyp

**Eingangsparameter:**

Dichte Restmülldeponie:	1000 kg/m <sup>3</sup>	Quelle: Spaun (1994)
Dichte Reststoffdeponie:	1400 kg/m <sup>3</sup>	Quelle: Spaun (1994)
Dichte Reststoffdeponie (Asche):	1000 kg/m <sup>3</sup>	Quelle: Fehringer (1997)
Dichte Reststoffdeponie (Schlacke):	1700 kg/m <sup>3</sup>	Quelle: Fehringer (1997)
Dichte Untertagedeponie:	2100 kg/m <sup>3</sup>	Quelle: Fehringer (1997)

**Eingangswerte:**

	1991	1997	2004	2008
Lagerbildung Restmülldeponie [kg/(EW*a)]	224,66	169,12	0,00	0,00
Lagerbildung Reststoffdeponie [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	52,24	51,95
Schlackeinput Reststoffdeponie [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	47,32	47,54
Ascheinput Reststoffdeponie [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	4,92	4,94
Lagerbildung Untertagedeponie [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	0,21	0,21

**Berechnung:**

	1991	1997	2004	2008
Deponievolumen Restmülldeponie [m <sup>3</sup> /(EW*a)]	0,22	0,17	0,00	0,00
Deponievolumen Reststoffdeponie [m <sup>3</sup> /(EW*a)]	0,00	0,00	0,04	0,04
Schlackevolumen Reststoffdeponie [m <sup>3</sup> /(EW*a)]	0,00	0,00	0,03	0,03
Aschevolumen Reststoffdeponie [m <sup>3</sup> /(EW*a)]	0,00	0,00	0,00	0,00
Deponievolumen Untertagedeponie [m <sup>3</sup> /(EW*a)]	0,00	0,00	0,00	0,00

**Ergebnis:**

	1991	1997	2004	2008
Deponievolumen gesamt [dm <sup>3</sup> /(EW*a)] (Deponiedichten nach Spaun et. al, 1994)	224,7	169,1	37,4	37,2
Deponievolumen gesamt [dm <sup>3</sup> /(EW*a)] (Deponiedichten nach Fehringer et al., 1997)	224,7	169,1	30,8	31,0

## BERECHNUNGSBLATT

**Bewertungskriterium:**  
RECYCLINGRATE

**Betrachtete Ebene(n):**  
Güterebene

**Methodik:**

Verhältnis der gesamten Systemimportmenge zur Exportmenge in Sekundärrohstoffen (recyclierbare Stoffe)

**Eingangsparameter:**

-

**Eingangswerte:**

	1991	1997	2004	2008
Gesamte Systemimportmenge [kg/(EW*a)]	366,78	499,69	584,43	586,40
Exportmenge Papier [kg/(EW*a)]	19,80	46,09	58,59	62,56
Exportmenge Glas [kg/(EW*a)]	15,05	24,31	21,98	21,01
Exportmenge Altholz [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	12,22	21,65
Exportmenge Textilien [kg/(EW*a)]	1,54	1,16	2,76	3,83
Exportmenge Metalle [kg/(EW*a)]	17,62	35,97	32,37	24,97
Exportmenge Kunststoffe [kg/(EW*a)]	0,00	11,99	10,27	12,83
Exportmenge Kompost [kg/(EW*a)]	20,10	37,34	98,56	96,33

**Berechnung:**

	1991	1997	2004	2008
Gesamte Systemimportmenge [kg/(EW*a)]	366,78	499,69	584,43	586,40
Gesamte Systemimportmenge ohne biogenem Import [kg/(EW*a)]	316,78	314,16	334,73	342,45
Gesamte Exportmenge Sekundärrohstoffe [kg/(EW*a)]	74,11	156,86	236,75	243,18
Gesamte Exportmenge Sekundärrohstoffe ohne Kompost [kg/(EW*a)]	54,01	119,52	138,19	146,85

**Ergebnis:**

	1991	1997	2004	2008
<b>Recyclingrate [%]</b>	<b>20,21</b>	<b>31,39</b>	<b>40,51</b>	<b>41,47</b>
Recyclingrate ohne Kompost [%]	17,05	38,04	41,28	42,88

# BERECHNUNGSBLATT

**Bewertungskriterium:**

BILANZIERUNG VON CO<sub>2</sub>-ÄQUIVALENTEN (TREIBHAUSWIRKUNG)

**Betrachtete Ebene(n):**

Kohlenstoff, Güterebene

**Methodik:**

Bilanzierung klimarelevanter Gase; Umrechnung des Kohlenstoffs auf CO<sub>2</sub>-Anteile bzw. CO<sub>2</sub>-Äquivalente;

**Eingangsparameter:**

Prozess "Restmülldeponie": (eigene Abschätzung)

CO<sub>2</sub>-Anteil im Abgas 45 %

CH<sub>4</sub>-Anteil im Abgas 55 %

Prozess "MVA":

Quelle:  
Fellner et al. (2008)

Anteil Kohlendioxidemissionen fossilen Ursprungs -> "treibhausrelevant" 50 %

Anteil Kohlendioxidemissionen biogenen Ursprungs -> "treibhausneutral" 50 %

Lager:

Der in den Lagern gebundene Kohlenstoff wirkt sich als "Gutschrift" in der Bilanz aus

Umrechnung Kohlenstoff:

Atommasse Wasserstoff 1,00794

Atommasse Kohlenstoff 12,0107

Atommasse Sauerstoff 15,9994

Prozess "Sammlung und Transport":

*Quelle: Dehoust et al. (2008)*

spez. Faktor Transport, Restmüll 11,7 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

spez. Faktor Transport, Sperrmüll 34,1 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

spez. Faktor Transport, Altpapier 11,7 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

spez. Faktor Transport, Altglas 31,8 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

spez. Faktor Transport, Altholz 34,1 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

spez. Faktor Transport, Alttextilien 31,8 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

spez. Faktor Transport, Almetalle 31,8 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

spez. Faktor Transport, Verpackungsmetalle 26,8 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

spez. Faktor Transport, Kunststoffe 26,8 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

spez. Faktor Transport, Biomüll 20,2 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

Umrechnung in CO<sub>2</sub>-Äquivalente:

Quelle: IPCC (2007)

Faktor für Methan (CH<sub>4</sub>) 25

Faktor für Lachgas (N<sub>2</sub>O) 298

Einsparung durch Einsatz von Sekundärrohstoffen:

*Quelle: Öko-Institut, 2005*

Papier 226 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

Glas 192 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

Kunststoffe 254 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

Altholz 272 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

Metalle 2.424 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

*Quelle: Öko-Institut, 2008*

Eisen 945 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

Aluminium 9.307 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

Kupfer 2.106 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/t

**Eingangswerte:**

	<b>1991</b>	<b>1997</b>	<b>2004</b>	<b>2008</b>
Output Kohlenstoff Abgas RMD [kg/(EW*a)]	26,10	18,10	0,00	0,00
Lagerbildung Kohlenstoff RMD [kg/(EW*a)]	30,64	21,25	0,00	0,00
Output Kohlenstoff Abgas MVA [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	44,03	45,03
Lagerbildung Kohlenstoff RSD [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	0,44	0,45
Lagerbildung Kohlenstoff UTD [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	0,00	0,00
Exportmenge Papier [kg/(EW*a)]	19,80	46,09	58,59	62,56
Exportmenge Glas [kg/(EW*a)]	15,05	24,31	21,98	21,01
Exportmenge Altholz [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	12,22	21,65
Exportmenge Textilien [kg/(EW*a)]	1,54	1,16	2,76	3,83
Exportmenge Metalle [kg/(EW*a)]	17,62	35,97	32,37	24,97
Exportmenge Kunststoffe [kg/(EW*a)]	0,00	11,99	10,27	12,83
Output Kohlenstoff Abluft Kompost [kg/(EW*a)]	4,16	7,49	20,26	19,80
Output Kohlenstoff Kompost [kg/(EW*a)]	3,82	6,87	18,57	18,15
Sammelmenge Restmüll [kg/(EW*a)]	209,55	121,29	122,58	128,08
Sammelmenge Sperrmüll [kg/(EW*a)]	53,57	59,77	67,20	58,58
Sammelmenge Altpapier [kg/(EW*a)]	24,45	56,90	72,33	77,24
Sammelmenge Altglas [kg/(EW*a)]	15,42	25,06	22,66	21,66
Sammelmenge Altholz [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	12,86	22,79
Sammelmenge Alttextilien [kg/(EW*a)]	1,71	1,29	3,07	4,25
Sammelmenge Altmetalle [kg/(EW*a)]	11,98	26,29	16,49	9,19
Sammelmenge Verpackungsmetalle [kg/(EW*a)]	0,00	7,58	3,84	3,56
Sammelmenge Kunststoffe [kg/(EW*a)]	0,00	15,98	13,70	17,10
Sammelmenge Biomüll [kg/(EW*a)]	0,00	95,53	139,70	133,95

**Berechnung:**

	1991	1997	2004	2008
Anteil Kohlenstoff CO <sub>2</sub> Abgas RMD [kg/(EW*a)]	11,75	8,15	0,00	0,00
Anteil Kohlenstoff CH <sub>4</sub> Abgas RMD [kg/(EW*a)]	14,36	9,96	0,00	0,00
CO <sub>2</sub> -Menge Abgas RMD [kg/(EW*a)]	43,04	29,84	0,00	0,00
CH <sub>4</sub> -Menge Abgas RMD [kg/(EW*a)]	19,17	13,30	0,00	0,00
Umrechnung in CO <sub>2</sub> -Äquivalente [kg/(EW*a)]	479,34	332,42	0,00	0,00
CO <sub>2</sub> -Äquivalente Abgas RMD [kg/(EW*a)]	522,38	362,26	0,00	0,00
Lagerbildung CO <sub>2</sub> RMD [kg/(EW*a)]	112,27	77,86	0,00	0,00
Anteil fossiler Kohlenstoff CO <sub>2</sub> Abgas MVA [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	22,02	22,52
CO <sub>2</sub> -Äquivalente Abgas MVA [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	80,67	82,50
Lagerbildung CO <sub>2</sub> RSD [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	1,61	1,65
Lagerbildung CO <sub>2</sub> UT [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	0,00	0,00
SuT Restmüll [kg/(EW*a)]	2,45	1,42	1,43	1,50
SuT Sperrmüll [kg/(EW*a)]	1,83	2,04	2,29	2,00
SuT Altpapier [kg/(EW*a)]	0,29	0,67	0,85	0,90
SuT Altglas [kg/(EW*a)]	0,49	0,80	0,72	0,69
SuT Altholz [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	0,44	0,78
SuT Alttextilien [kg/(EW*a)]	0,05	0,04	0,10	0,14
SuT Altmetalle [kg/(EW*a)]	0,38	0,84	0,52	0,29
SuT Verpackungsmetalle [kg/(EW*a)]	0,00	0,20	0,10	0,10
SuT Kunststoffe [kg/(EW*a)]	0,00	0,43	0,37	0,46
SuT Biomüll [kg/(EW*a)]	0,00	1,93	2,82	2,71
Summe Sammlung und Transport [kg/(EW*a)]	5,49	8,36	9,65	9,55
CO <sub>2</sub> -Einsparung Altpapier [kg/(EW*a)]	4,47	10,42	13,24	14,14
CO <sub>2</sub> -Einsparung Altglas [kg/(EW*a)]	2,89	4,67	4,22	4,03
CO <sub>2</sub> -Einsparung Altholz [kg/(EW*a)]	0,00	0,00	3,50	6,20
CO <sub>2</sub> -Einsparung Altmetalle [kg/(EW*a)]	16,65	33,99	30,59	23,60
CO <sub>2</sub> -Einsparung Kunststoffe [kg/(EW*a)]	0,00	3,05	2,61	3,26
CO <sub>2</sub> -Menge Kompost [kg/(EW*a)]	14,00	25,17	68,04	66,51

**Ergebnis:**

	1991	1997	2004	2008
Bilanzierung von CO <sub>2</sub> -Äquivalenten ohne Sekundärrohstoffe und Kompost [kg/(EW*a)]	415,60	292,76	88,70	90,40
Bilanzierung von CO <sub>2</sub> -Äquivalenten ohne Kompost [kg/(EW*a)]	391,58	240,64	34,54	39,18
<b>Bilanzierung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten [kg/(EW*a)]</b>	<b>377,59</b>	<b>215,46</b>	<b>-33,50</b>	<b>-27,33</b>

## BERECHNUNGSBLATT

**Bewertungskriterium:**

STICKSTOFF-EMISSIONEN IN DIE HYDROSPHÄRE

**Betrachtete Ebene(n):**

Stickstoff

**Methodik:**

Aufsummierung der Stickstoffmengen, die das System in Richtung Hydrosphäre verlassen

**Eingangsparameter:**

-

**Eingangswerte:**

	1991	1997	2004	2008
Exportmenge Stickstoff Sickerwasser RMD [g/(EW*a)]	499,33	356,89	0,00	0,00
Exportmenge Stickstoff Sickerwasser RSD [g/(EW*a)]	0,00	0,00	1,50	1,49
Exportmenge Stickstoff Sickerwasser UTD [g/(EW*a)]	0,00	0,00	0,00	0,00
Exportmenge Stickstoff Abwasser MVA [g/(EW*a)]	0,00	0,00	0,00	0,00
Exportmenge Stickstoff Sickerwasser Kompostierung [g/(EW*a)]	0,00	1,72	2,51	2,41
Exportmenge Stickstoff Sickerwasser Eigenkompostierung [g/(EW*a)]	30,00	54,00	66,00	66,00
Gesamte Systemimportmenge Stickstoff [g/(EW*a)]	1.790,73	2.373,81	2.876,21	2.892,12

**Berechnung:**

	1991	1997	2004	2008
Gesamte Exportmenge Stickstoff [g/(EW*a)]	529,33	412,61	70,01	69,90

**Ergebnis:**

	1991	1997	2004	2008
Gesamte Stickstoff-Emissionen in die Hydrosphäre [g/(EW*a)]	529,33	412,61	70,01	69,90
Stickstoff-Emission in die Hydrosphäre bezogen auf den Stickstoff-Import [%]	29,56	17,38	2,43	2,42

## BERECHNUNGSBLATT

**Bewertungskriterium:**  
EISEN-RECYCLINGRATE

**Betrachtete Ebene(n):**  
Eisen

**Methodik:**  
Verhältnis der gesamten Eisen-Importmenge zur Exportmenge des wieder verwertbaren Eisen

**Eingangsparameter:**  
-

**Eingangswerte:**

	1991	1997	2004	2008
Importmenge Eisen Restmüll [g/(EW*a)]	5.448,30	3.153,54	3.187,08	3.330,08
Importmenge Eisen Sperrmüll [g/(EW*a)]	1.607,10	1.793,10	2.016,00	1.757,40
Importmenge Eisen Altmetalle [g/(EW*a)]	551,80	12.093,40	7.585,40	4.227,40
Importmenge Eisen Verpackungsmetalle [g/(EW*a)]	0,00	3.486,80	1.766,40	1.637,60
Importmenge Eisen Biomüll [g/(EW*a)]	0,00	1.241,89	1.816,10	1.741,35
Exportmenge Eisen Metalle [g/(EW*a)]	4.649,71	13.614,39	14.621,03	10.819,99
Gesamte Systemimportmenge Eisen [g/(EW*a)]	13.062,42	22.721,49	17.492,74	12.012,22

**Berechnung:**

	1991	1997	2004	2008
Gesamte Importmenge Eisen [g/(EW*a)]	7.607,20	21.768,73	16.370,98	12.693,83
Gesamte Exportmenge Eisen [g/(EW*a)]	4.649,71	13.614,39	14.621,03	10.819,99

**Ergebnis:**

	1991	1997	2004	2008
Eisen-Recyclingrate [%]	61,12	62,54	89,31	85,24

## BERECHNUNGSBLATT

**Bewertungskriterium:**  
SCHADSTOFF-RECYCLINGRATE

**Betrachtete Ebene(n):**  
Cadmium

**Methodik:**  
Verhältnis der gesamten Cadmium-Importmenge zur Cadmium-Exportmenge in den Sekundärrohstoffen

**Eingangsparameter:**  
-

**Eingangswerte:**

	1991	1997	2004	2008
Exportmenge Cadmium Papier [mg/(EW*a)]	45,55	106,00	148,23	143,90
Exportmenge Cadmium Glas [mg/(EW*a)]	22,58	36,46	32,29	31,52
Exportmenge Cadmium Altholz [mg/(EW*a)]	0,00	0,00	18,33	32,48
Exportmenge Cadmium Textilien [mg/(EW*a)]	13,85	10,45	26,25	34,43
Exportmenge Cadmium Metalle [mg/(EW*a)]	124,66	242,45	202,69	136,81
Exportmenge Cadmium Kunststoffe [mg/(EW*a)]	0,00	263,67	247,15	282,15
Exportmenge Cadmium Kompost [mg/(EW*a)]	0,00	65,93	96,42	92,45
Exportmenge Cadmium Eigenkompostierung [mg/(EW*a)]	69,30	124,74	152,46	152,46
Gesamte Systemimportmenge Cadmium [mg/(EW*a)]	1.947,19	2.222,78	2.311,67	2.330,56
Gesamte Systemimportmenge Cadmium ohne Eigenkompostierung [mg/(EW*a)]	1.877,19	2.096,78	2.157,67	2.176,56

**Berechnung:**

	1991	1997	2004	2008
Gesamte Exportmenge Cadmium [mg/(EW*a)]	275,94	849,70	923,82	906,20
Gesamte Exportmenge Cadmium ohne Eigenkompostierung [mg/(EW*a)]	206,64	724,96	771,36	753,74

**Ergebnis:**

	1991	1997	2004	2008
<b>Schadstoff-Recyclingrate [%]</b>	<b>14,17</b>	<b>38,23</b>	<b>39,96</b>	<b>38,88</b>
Schadstoff-Recyclingrate ohne Eigenkompostierung [%]	11,01	34,57	35,75	34,63

## BERECHNUNGSBLATT

**Bewertungskriterium:**  
SCHADSTOFF-AUSSCHLEUSUNG

**Betrachtete Ebene(n):**  
Cadmium

**Methodik:**  
Verhältnis der Cadmium-Inputmenge in die Lager zur gesamten Cadmium-Importmenge

**Eingangsparameter:**  
-

**Eingangswerte:**

	1991	1997	2004	2008
Inputmenge Cadmium Lager RMD [mg/(EW*a)]	1.670,55	1.371,81	0,00	0,00
Inputmenge Cadmium Lager RSD [mg/(EW*a)]	0,00	0,00	1.386,32	1.422,83
Inputmenge Cadmium Lager UTD [mg/(EW*a)]	0,00	0,00	0,00	0,00
Gesamte Systemimportmenge Cadmium [mg/(EW*a)]	1.947,19	2.222,78	2.311,67	2.330,56

**Berechnung:**

	1991	1997	2004	2008
Gesamte Inputmenge Cadmium Lager [mg/(EW*a)]	1.670,55	1.371,81	1.386,32	1.422,83

**Ergebnis:**

	1991	1997	2004	2008
Schadstoff-Ausschleusung [%]	85,79	61,72	59,97	61,05

## Ermittlung der spezifischen Entsorgungskosten - RESTMÜLL

Jahr	Restmülltonne netto	Restmülltonne brutto	Ø Haushaltsgröße	Restmülltonne brutto pro EW	spez. Menge RM+SM	Kosten pro t RM+SM	spez. Menge AS	spez. Menge RM+SM+AS	Kosten pro t RM+SM+AS
Einheit	€/(HH*a)	€/(HH*a)	EW/HH	€/(EW*a)	kg/(EW*a)	€/t	kg/(EW*a)	kg/(EW*a)	€/t
1991	-	-	2,26	-	263,12	-	53,66	316,78	-
1992	-	-	2,26	-	281,28	-	56,40	337,68	-
1993	-	-	2,26	-	260,57	-	52,65	313,22	-
1994	€ 122,45	€ 134,70	2,26	€ 59,60	136,69	€ 436	106,77	243,46	€ 245
1995	€ 122,45	€ 134,70	2,26	€ 59,60	144,98	€ 411	116,70	261,69	€ 228
1996	€ 122,45	€ 134,70	2,28	€ 59,08	159,32	€ 371	108,77	268,09	€ 220
1997	€ 122,45	€ 134,70	2,28	€ 59,08	181,06	€ 326	133,10	314,16	€ 188
1998	€ 113,95	€ 122,80	2,28	€ 53,82	164,62	€ 327	145,69	310,32	€ 173
1999	€ 113,95	€ 122,80	2,28	€ 53,86	167,39	€ 322	154,88	322,27	€ 167
2000	€ 113,95	€ 122,80	2,24	€ 54,82	174,68	€ 314	158,13	332,81	€ 165
2001	€ 115,20	€ 126,60	2,24	€ 56,52	170,37	€ 332	153,11	323,48	€ 175
2002	€ 115,20	€ 126,60	2,24	€ 56,52	169,43	€ 334	170,02	339,45	€ 166
2003	€ 115,20	€ 126,60	2,24	€ 56,52	185,02	€ 305	168,86	353,88	€ 160
2004	€ 137,00	€ 150,00	2,25	€ 66,67	189,78	€ 351	144,96	334,74	€ 199
2005	€ 137,00	€ 150,00	2,26	€ 66,37	192,11	€ 345	144,33	336,44	€ 197
2006	€ 132,30	€ 142,30	2,27	€ 62,69	217,22	€ 289	158,37	375,59	€ 167
2007	€ 132,30	€ 142,30	2,28	€ 62,41	188,60	€ 331	146,84	335,43	€ 186
2008	€ 132,30	€ 142,30	2,28	€ 62,41	186,66	€ 334	155,78	342,44	€ 182

## Ermittlung der spezifischen Entsorgungskosten - BIOMÜLL

Jahr	Biotonne netto	Biotonne brutto	Ø Haushaltsgröße	Biotonne brutto pro EW	spez. Menge Biomüll	Kosten pro t Biomüll
Einheit	€/(HH*a)	€/(HH*a)	EW/HH	€/(EW*a)	kg/(EW*a)	€/t
1991	-	-	2,26	-	-	-
1992	-	-	2,26	-	-	-
1993	-	-	2,26	-	20,40	-
1994	€ 36,34	€ 39,97	2,26	€ 17,69	61,68	€ 287
1995	€ 36,34	€ 39,97	2,26	€ 17,69	76,51	€ 231
1996	€ 36,34	€ 39,97	2,28	€ 17,53	84,03	€ 209
1997	€ 36,34	€ 39,97	2,28	€ 17,53	95,53	€ 184
1998	€ 42,88	€ 47,16	2,28	€ 20,67	98,51	€ 210
1999	€ 42,88	€ 47,16	2,28	€ 20,69	115,22	€ 180
2000	€ 42,88	€ 47,16	2,24	€ 21,06	115,46	€ 182
2001	€ 61,00	€ 67,10	2,24	€ 29,96	115,25	€ 260
2002	€ 61,00	€ 67,10	2,24	€ 29,96	122,12	€ 245
2003	€ 61,00	€ 67,10	2,24	€ 29,96	125,98	€ 238
2004	€ 61,00	€ 67,10	2,25	€ 29,82	139,70	€ 213
2005	€ 61,00	€ 67,10	2,26	€ 29,69	145,38	€ 204
2006	€ 77,30	€ 85,00	2,27	€ 37,44	137,12	€ 273
2007	€ 77,30	€ 85,00	2,28	€ 37,28	115,25	€ 323
2007	€ 77,30	€ 85,00	2,28	€ 37,28	133,95	€ 278