

Endbericht

WasteNetStyria



Im Auftrag von:



Fachabteilung  Öffentlicher Verkehr und Verkehrsplanung

Unterstützt von:

FA 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft

GIS-Daten wurden zur Verfügung gestellt vom Land Steiermark:



Erstellt von FH JOANNEUM GMBH,



FAHRZEUGTECHNIK
AUTOMOTIVE ENGINEERING & RAILWAY ENGINEERING

- Hannes Pichler
- Erik Schaffer
- Eva Maria Tusini

Erstellt: November 2005

Inhaltsverzeichnis

Endbericht	1
WasteNetStyria.....	1
Inhaltsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
1 Einführung und Projektziele.....	5
2 Abfallwirtschaft in der Steiermark	7
2.1 Öffentliche Verwaltung (ausgewählte Akteure)	7
2.1.1 Landesverwaltung	7
2.1.2 Abfallwirtschaftsverbände	8
2.1.3 Gemeinden.....	9
2.2 Private Entsorgungswirtschaft.....	10
3 Die rechtlichen Grundlagen und ihre Auswirkungen auf den Transportbedarf ..	12
3.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen	12
3.1.1 Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002).....	12
3.1.2 AWG-Novelle 2004 – Änderungen des AWG 2002.....	12
3.1.3 Stmk. Abfallwirtschaftsgesetz - StAWG 2004.....	12
3.1.4 Verordnung über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung).	13
3.2 Auswirkungen auf den Transportbedarf	14
3.3 Der steirische Abfallwirtschaftsplan.....	15
4 Datenerhebung.....	17
4.1 Gemeindedaten.....	17
4.2 Anlagen	21
4.3 Zuweisung der Restmüllströme	22
4.3.1 Zusammenfassung der Gemeindedaten	22
4.3.2 Abfallwirtschaftsverbände mit mehreren Vertragspartnern	26
4.4 Weiterer Weg des Restmülls	28
4.4.1 Restmüllsplitting/mechanische Stufe der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlungsanlage	28
4.4.2 Biologische Stufe	32
4.4.3 Die thermische Verwertung.....	34
4.4.4 Die Deponierung	35
5 Visualisierung der Güterströme	38
5.1 Funktionsweise der Software	38
5.2 Die einzelnen Fraktionen in Containern/Jahr	39
5.2.1 Die Umrechnung von Tonnen in Containern:	40
5.2.2 Visualisierung der Verkehrsströme	41
5.3 Die Verkehrsbelastung.....	47
5.3.1 Visualisierung der Verkehrsbelastung.....	47
6 Die Kostenrechnung für die LKW-Züge	49
6.1 Die Methode.....	49
6.2 Die Kostenrechnung in WasteNet	53
7 Aufbereitung der Daten für die GIS-Bearbeitung	55
7.1 Produktion des Straßennetzes	55
7.1.1 Aufbereitung der Netzkanten.....	55
7.1.2 Zuweisung von Kantenattributen.....	56
7.2 Verknüpfung einer Datenbank mit dem GIS-Netz	57
7.3 Der Routenplanungsprozess.....	58
7.4 Durchführung der Routenberechnungen	59
7.5 Analyse der Fahrbeziehungen	65

7.5.1	Verteilung der gefahrenen Kilometer bzw. Meter in der Steiermark....	65
7.5.2	Anzahl der Fahrten nach Entfernung	67
7.5.3	Entfernungen und Transportleistung	70
7.6	Vergleich Steiermark interner und Österreich bezogene Verkehre	71
8	Folgerungen und mögliche Maßnahmen	72
8.1	Ausblick.....	74
9	Anhang.....	75
	Stoffflussanalyse als Input-Output Analyse	75
	Systemdefinition.....	75
	Prozesse	76
	Grobbilanz	77
	Berechnung und Bilanzierung der Massenflüsse	77
	Szenarios bzw. Simulation	78
	Mögliche Bewertungsansätze für die Stoffflussanalysen.....	78
	Stoffbuchhaltung	81
	Allgemeine und abschließende Bemerkungen zur Stoffflussanalyse.....	81
	Beispielprozess mit Transport.....	82
	Begriffsdefinitionen	83
	Abfallgruppen nach AWG 2002.....	83
	Beseitigungsverfahren	84
	Verwertungsverfahren.....	85
	Glossar	86
	Tabellenanhänge.....	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auszug AWV Mürzverband.....	20
Tabelle 2: Abfallwirtschaftliche Anlagen in der Steiermark	21
Tabelle 3: Von AWV nach Anlage 1 (Beispiel).....	24
Tabelle 4: AWVs und ihre Vertragspartner	25
Tabelle 5: Vertragspartner Graz-Umgebung.....	27
Tabelle 6: Restmüllsplittingsanlagen Steiermark.....	29
Tabelle 7: MBA in der Steiermark.....	30
Tabelle 8: Prozentuelle Aufteilung des Restmülls nach dem Splitting	32
Tabelle 9: Prozentuelle Aufteilung des Outputs der biologische Stufen	34
Tabelle 10: Thermische Abfallbehandlungsanlagen für kommunale Abfälle (2004) .	35
Tabelle 11: Massenabfalldeponien in der Steiermark.....	36
Tabelle 12: Zuordnung der zu deponierenden Güter.....	37
Tabelle 13: Die Umrechnung in Container.....	40
Tabelle 14: Abkürzungen für Abfallbehandlungsanlagen	42
Tabelle 15: Attribute von Straßenabschnitten.....	57
Tabelle 16: Beschreibung der Geschwindigkeits- und Kostenzuweisungen.....	58
Tabelle 17: Auszug aus der Fahrtenbeziehungstabelle innerhalb der Steiermark....	61
Tabelle 18: Fahrtenbeziehungstabelle für Fahrten, die aus der Steiermark in andere Bundesländer führen	62
Tabelle 19: Anzahl der Lkw-Fahrten nach Entfernungsklassen.....	69
Tabelle 20: Transportleistung nach Entfernung und Fraktion	70
Tabelle 21: Anzahl der Verbindungen	71
Tabelle 22: Transportierte Tonnen	71

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abfallstrom gemischter Siedlungsabfälle im Jahr 2003	14
Abbildung 2: Abfallstrom Restmüll ab 1.1.2004	15
Abbildung 3: Anlagen für die Restmüllbehandlung	22
Abbildung 4: AWV Weiz Entsorger	28
Abbildung 5: Die Visualisierungssoftware.....	38
Abbildung 6: Eine Darstellung als 3D-Balkendiagramm	39
Abbildung 7: Die Hintergrundgraphik.....	41
Abbildung 8: Unsortierter Restmüll aus den Abfallwirtschaftsverbänden.....	43
Abbildung 9: Die Grob- bzw. Leichtfraktion	44
Abbildung 10: Fein- bzw. Schwerfraktion	44
Abbildung 11: Deponiefähiges Rotteprodukt	45
Abbildung 12: Deponiefähiges Rotteprodukt sowie Grob- und Feinfraktion	45
Abbildung 13: Alle Abfallströme in einem Bild	46
Abbildung 14: Alle Fraktionen in LKW-Zug-Kilometern.....	47
Abbildung 15: Der unsortierte Restmüll in LKW-Zug-Kilometern	48
Abbildung 16: Rotteprodukt sowie Grob- und Feinfraktion in LKW-Zug-Kilometern .	49
Abbildung 17: Das Kostenrechnungsprogramm	50
Abbildung 18: Die Daten für die Kalkulation	50
Abbildung 19: Ein Auszug aus der Formeltabelle	51
Abbildung 20: Die Equipmenttabelle für die LKWs	52
Abbildung 21: Die Kostenaufteilung bei 50km/h Durchschnittsgeschwindigkeit	54
Abbildung 22: Verteilerkreis Webling als Beispiel für die Richtungstrennung von Kanten	56
Abbildung 23: Geschwindigkeits- und Kostenattribute für das steirische Straßennetz	57
Abbildung 24: Das steirische Straßennetz.....	59
Abbildung 25: Österreichisches Straßennetz.....	60
Abbildung 26: Geschwindigkeits- und Kostenattribute für das österreichische Straßennetz.....	60
Abbildung 27: Grafische Ausgabe der Transportbeziehungen innerhalb der Steiermark ohne Angabe der Mengen.....	63
Abbildung 28: Grafische Ausgabe der Transportbeziehungen aus der Steiermark in andere österreichische Bundesländer mit Angabe von Mengen in Tonnen.....	64
Abbildung 29: Absolute Häufigkeit der kalkulierten Fahrkilometer von Transportbeziehungen in der Steiermark	66
Abbildung 30: Absolute Häufigkeit der kalkulierten Fahrkilometer von Transportbeziehungen in der Steiermark nach Fraktionen.....	67
Abbildung 31: Absolute Häufigkeit der Lkw-Fahrten je Entfernungsklasse.....	68
Abbildung 32: Anzahl der Lkw-Fahrten nach Entfernungsklassen.....	69
Abbildung 33: Transportleistung bezogen auf die Entfernung der Destinationen	70
Abbildung 34: Transportleistung bezogen auf die Entfernung der Destinationen nach Fraktionen.....	71
Abbildung 35: Transportleistung Vergleich Steiermark intern und nach außen	72
Abbildung 36: Müllverkehre aus der Steiermark inkl. zusätzlicher Graz–Lenzing Mengen	74
Abbildung 37: Transportsystem.....	82

1 Einführung und Projektziele

Mit der Erklärung in Rio 1992 hat sich Österreich verpflichtet, den Begriff der nachhaltigen Entwicklung in die nationalen politischen Entscheidungen zu übernehmen. Bei volkswirtschaftlichen relevanten Regierungsentscheidungen sind somit auch Nachhaltigkeitskriterien zu berücksichtigen. Zwei besonders „betroffene“ Teilsysteme der Volkswirtschaft sind die Abfallwirtschaft und die Verkehrswirtschaft.

Um auf Landesebene seitens der Verkehrswirtschaft zu den beiden Teilsystemen einen Beitrag zu dieser allgemeinen Verpflichtung zu leisten, hat die FA18A einen Projektauftrag zum Thema Abfalltransport-Logistik in der Steiermark an die FH JOANNEUM (Studiengang Fahrzeugtechnik) vergeben. Allgemeine Zielsetzung des Projektes WasteNet war die Darstellung des Abfalltransport-Netzwerkes. In weiterer Folge können so Verbesserungspotenziale im Hinblick auf Verringerung des Transportaufkommens analysiert werden.

Um die Systemgrenzen sinnvoll zu definieren und dem Projekt damit eine praktische Relevanz zu geben, wurde der Kontakt mit der FA19D gesucht. In einem ersten gemeinsamen Gespräch mit der FH JOANNEUM und der FA18A wurden mögliche Ziele, Inhalte und Maßnahmen diskutiert.

Nach einigen möglichen Ansätzen (z. B. Darstellung aller Abfallarten, Darstellung ausgesuchter Abfallwirtschaftsverbände) einigte man sich auf folgende Vorgehensweise:

Die Darstellung des Netzwerkes erfolgt für die Abfallart „Restmüll“ (Begriffserklärungen und Glossar siehe Seite 86). Dabei wird der Sammelvorgang von der originären Anfallstelle (meist Haushalte bzw. Betriebe, bei denen ähnlicher Restmüll wie bei Haushalten anfällt) außer Acht gelassen. Sämtliche angegebenen Mengen beziehen sich fast ausschließlich auf Haushaltsabfälle. Nicht beinhaltet sind Mengen der Firma Saubermacher.

Betrachtet werden die Transportvorgänge ab dem ersten Sammelplatz bzw. ab der ersten Behandlungsanlage bis zur Deponierung. Dabei wurden als Grundlage die Informationen der FA19D, der Anlagenbetreiber und ausgewählter Literatur verwendet.

Mit dem Inkrafttreten der Deponie-Verordnung sind vor der Deponierung Vorbehandlungen notwendig geworden, die gleichzeitig den Transportbedarf erhöht

haben. Inhalt des Projektes ist zum einen die Darstellung der steirischen Abfallwirtschaft, um daraus die Beziehungen der „Player“ untereinander ableiten zu können. Darauf aufbauend können die bestehenden Transportstrukturen durchleuchtet und Verbesserungspotenziale im Transport erarbeitet werden.

Um eine Transportoptimierung und dadurch letztendlich eine Verringerung der Verkehrs- und Umweltbelastung zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele realisieren zu können, müssen folgende Maßnahmen gesetzt werden:

Erfassung der Abfallmengenströme in der Steiermark: Die Annahmen, auf denen die Berechnungen und Analysen beruhen, müssen auf eine solide Datenbasis aufbauen. Für die Siedlungsabfälle gibt es entsprechende Aufzeichnungen von den Abfallwirtschaftsverbänden.

Darstellung des Netzwerkes mit den entsprechenden Abfallströmen: mittels GIS-basierter Software kann das Netzwerk mit den einzelnen Abfallfraktionen dargestellt werden. Dies stellt den Ist-Zustand dar und bietet eine Basis für die Entwicklung alternativer Transportvarianten.

Der folgende Endbericht gibt einen Überblick über die Abfallwirtschaft in der Steiermark (relevante Marktteilnehmer) und rechtliche Grundlagen, die die Abfalltransportströme beeinflussen.

Weiters wurde die Erhebung der Daten beschrieben, die letztendlich zu einer Input-Output-Tabelle für das Jahr 2004 führte.

In Kapitel 5 wird die Vorgehensweise zur Visualisierung der Mengenströme dargestellt.

Letztendlich muss der Transport der Abfälle auch bewertet werden, um ihn mit Alternativ-Szenarien vergleichen zu können. Im Kapitel 6 wird die Kostenrechnung für LKW-Züge (wie sie meistens zum Transport von Abfällen verwendet werden) vorgestellt.

Abschließend wird noch die Aufbereitung für die GIS-Bearbeitung, die Durchführung von Routenberechnungen und die Analyse der Fahrbeziehungen beschrieben (Kapitel 7).

2 Abfallwirtschaft in der Steiermark

Im Wesentlichen setzen sich die Akteure der Abfallwirtschaft Steiermark wie folgt zusammen¹:

Öffentliche Verwaltung

Landesverwaltung

Abfallwirtschaftsverbände

Abfall- und UmweltberaterInnen

Dachverband der Steirischen Abfallwirtschaftsverbände

Gemeinden

Wirtschaft

Entsorgungswirtschaft

Landwirtschaft

Kammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten

Bildungseinrichtungen und Vereine

Schulen - Landesschulrat für Steiermark

Fachhochschulen und Universitäten

Berg- und Naturwacht

Vereine (NGO's)

Initiativen

Wirtschaftsinitiative Nachhaltigkeit - WIN

Ökotechnik Netzwerk Steiermark - Eco & Co

Ökoprofit Netzwerk - Graz

2.1 Öffentliche Verwaltung (ausgewählte Akteure)

2.1.1 Landesverwaltung

Die abfallrelevanten Aufgaben werden von mehreren Fachabteilungen wahrgenommen. Zentrale Fachabteilung ist die FA19D (Abfall- und

¹ <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10169411/4336757>, Stand: 27.10.05

Stoffflusswirtschaft), die fachtechnische Angelegenheiten und die Koordination im Bereich der Abfall- und Stoffflusswirtschaft innehat. Daneben erstellt die FA19D das Abfallwirtschaftliches Informationssystem des Landes (AWIS) und Statistiken.

2.1.2 Abfallwirtschaftsverbände

Die Steiermark ist flächendeckend in 17 Abfallwirtschaftsverbände aufgeteilt, wobei ein Verband in der Regel aus den Gemeinden eines politischen Bezirkes besteht. Die Stadt Graz nimmt darüber hinaus die Aufgaben eines Abfallwirtschaftsverbandes selbst wahr.

Jede steirische Gemeinde ist somit einem Abfallwirtschaftsverband zugeordnet, der lt. Steirischem Abfallwirtschaftsgesetz (StAWG, derzeit gültige Fassung 2004) für die Verwertung und Beseitigung von Siedlungsabfällen zuständig ist.

Graz Stadt

Graz-Umgebung

Deutschlandsberg

Feldbach

Fürstenfeld

Hartberg

Judenburg

Knittelfeld

Leibnitz

Leoben

Liezen

Murau

Mürzverband

Radkersburg

Schladming

Voitsberg

Weiz

Die Abfallwirtschaftsverbände haben folgende Aufgaben

Unterstützung der Gemeinden bei abfallwirtschaftlichen Problemstellungen

Durchführung der nachhaltigen Umwelt- und Abfallberatung: Von den Verbänden wurden zur Durchführung dieser Beratungstätigkeiten qualifizierte Umwelt- und AbfallberaterInnen angestellt. Diese sind im Verein der steirischen Umwelt- und Abfallberater organisiert.

Planung der Abfallwirtschaft in den Verbänden: Zu diesem Zwecke werden regionale Abfallwirtschaftspläne erstellt, die sich am L-AWPL-Steiermark orientieren.

Verwertung und Beseitigung von Siedlungsabfällen

2.1.3 Gemeinden

Primäre Aufgabe der Gemeinden ist die Sammlung und der Abtransport der im Gemeindegebiet anfallenden Siedlungsabfälle im Rahmen der öffentlichen Abfuhr (Holsystem), als auch durch den Betrieb von Altstoffsammelzentren und stationären Problemstoffsammelstellen (Bringsystem). Damit verbunden ist die Erstellung einer Abfuhr- und Gebührenordnung. Per Gesetz haben Gemeinden folgende Verpflichtungen:

Sammlung und Abfuhr der in den Gemeinden anfallenden nicht gefährlichen Siedlungsabfälle. Zu diesem Zweck hat die Gemeinde eine öffentliche Abfuhr einzurichten und diese in regelmäßigen Abständen durchzuführen.

Organisation bzw. Durchführung einer Sperrmüllsammlung oder die kontrollierte Übernahme sperriger Siedlungsabfälle oder von z.B. Altstoffen im Rahmen des Betriebes eines Altstoffsammelzentrums.

Bereitstellung geeigneter Abfallsammelbehälter, deren Reinigung und Erhaltung

Die Gemeinden haben bei Bedarf, jedoch mindestens zweimal jährlich, eine getrennte Sammlung (Abgabemöglichkeit) von Problemstoffen durchzuführen oder durchführen zu lassen, sofern für deren Sammlung in der Gemeinde nicht in anderer Weise Vorsorge getroffen wird.

Erlassung einer Abfuhrordnung

Einrichtung einer Abgabestelle für Elektro- und Elektronikaltgeräte aus privaten Haushalten

2.2 *Private Entsorgungswirtschaft*

Da die Abfallwirtschaftsverbände (Wahrnehmung der Aufgaben im Bereich Behandlung von Siedlungsabfällen, d. h. Verwertung und Beseitigung) und Gemeinden (Verpflichtung zur Einrichtung einer öffentlichen Abfuhr) ihre Aufgaben zum Großteil an private Entsorger übertragen haben, spielt die private Entsorgungswirtschaft eine große Rolle in der Abfallwirtschaft.

Im Zuge der Festlegung der Projektstrategie wurde auch überlegt, Kontakt zu den privaten Entsorgern zu suchen, da sie über die entsprechenden Daten verfügen, die zur Erstellung eines Netzwerkes notwendig sind. Wegen der Vielzahl an Entsorgern (Fachgruppe 701 Abfall- und Abwasserwirtschaft/Wirtschaftskammer Österreich: 268 private Entsorgungsbetriebe, Stand: Juli 2005) und der Befürchtung, dass die für die Studie benötigten Daten von ihnen nicht zur Verfügung gestellt werden, wurde diese Vorgehensweise nicht gewählt.

In einer Studie der Arbeiterkammer (Abfallwirtschaft, Unternehmensverflechtungen in der Steiermark²) wird die Situation des Entsorgermarktes durchleuchtet. Die Übertragung der Pflichten von Gemeinden und Abfallwirtschaftsverbänden an Privatunternehmen wird oft mit dem Argument gerechtfertigt, dass die private Entsorgungswirtschaft abfallwirtschaftliche Leistungen besser und kostengünstiger anbietet, da am Markt ein Wettbewerb herrscht und diese Unternehmen die Preise niedriger ansetzen müssen. Dies impliziert, dass diese Unternehmen voneinander unabhängig ihre Preise nach dem Grenzkostenprinzip (vollkommene Konkurrenz) kalkulieren.

In der Studie wurden kapitalmäßigen Verbindungen zwischen den Unternehmen dargestellt, die die vollkommene Konkurrenz beeinträchtigen. Weitere Beschränkungen zeigen sich dadurch, dass Abfallwirtschaftsunternehmen Beteiligungen in anderen, in speziellen abfallwirtschaftlichen Bereichen tätigen Gesellschaften, eingegangen sind.

Noch stärker wird die Einschränkung des vollkommenen Wettbewerbs erkennbar, wenn die einzelnen Behandlungsschritte hinsichtlich Kapazität und Betreiber betrachtet werden. Einzelne Unternehmensgruppen dominieren in einem Behandlungsschritt für Abfälle dadurch, dass sie über die wesentlichen Kapazitäten

² Bauer, Susanne (2000), *Unternehmensverflechtungen der steirischen Abfallwirtschaft*, AK Steiermark, Graz

verfügen oder für einen Behandlungsschritt ist die Auswahlmöglichkeiten an Unternehmen gering bis gar nicht gegeben.

3 Die rechtlichen Grundlagen und ihre Auswirkungen auf den Transportbedarf

3.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen

3.1.1 Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002)

Im Bundesgesetz für eine nachhaltige Abfallwirtschaft (AWG 2002) sind die Ziele und Grundsätze für eine moderne, nachhaltige Abfallwirtschaft verankert. Folgende Punkte sollen durch das neue Abfallwirtschaftsgesetz verbessert werden:

Wesentlicher Bestandteil der AWG-Neufassung ist die Anpassung des heimischen Rechtsbestandes an jenen der EU.

Zu mehr Rechtssicherheit trägt die bundesweite Vereinheitlichung von abfallrechtlichen Bestimmungen bei, die bisher Ländersache sind.

Eine behördliche Beschleunigung ist durch die Einführung eines vereinfachten Verfahrens und einer Anzeigepflicht für bestimmte Anlagen bzw. Anlagenänderungen zu erwarten statt der derzeitigen Genehmigungspflicht.

Ein wichtiges Element zur Verwaltungsvereinfachung und Kostensenkung ist die Einführung eines elektronischen Datenmanagements.

Mehr Transparenz und Kontrollmöglichkeiten bringt das neue AWG auch bei der Abfallsammlung und -verwertung

Auf Basis der Vorgaben des AWG 2002 wurde eine Vielzahl von nationalen Verordnungen erlassen. Dabei liegt die gesetzgebende Kompetenz für gefährliche Abfälle beim Bund. Für nicht gefährliche Abfälle ist der Bund nur insofern zuständig, soweit ein Bedarf nach Erlassung einheitlicher Vorschriften besteht.

3.1.2 AWG-Novelle 2004 – Änderungen des AWG 2002

Mit der am 2004 veröffentlichten AWG Novelle 2004 wurde eine Vielzahl von Änderungen und Ergänzungen in das nationale Abfallwirtschaftsrecht aufgenommen.

3.1.3 Stmk. Abfallwirtschaftsgesetz - StAWG 2004

Da mit dem AWG 2002 verstärkt die Bedarfsgesetzgebungskompetenz des Bundes in Anspruch genommen wird, war eine Anpassung des Steiermärkischen Abfallwirtschaftsgesetzes (StAWG) erforderlich.

Dem Landesgesetzgeber verbleibt demnach im Bereich der Abfallwirtschaft nur noch die Regelungskompetenz im Hinblick auf

die Siedlungsabfälle,
die Organisation der Abfuhr von Siedlungsabfällen,
die Anschlusspflicht zur öffentlichen Abfuhr von Siedlungsabfällen,
die Gebühren,
das Kostenwesen,
die Abfallwirtschaftsverbände.

Der Regelungsbereich des StAWG beschränkt sich auf die Gruppe der nicht gefährlichen Siedlungsabfälle³.

Die bisherige Systematik der Unterscheidung zwischen Hausmüll und hausmüllähnlichen Abfällen einerseits bzw. Gewerbeabfällen andererseits wurde insofern geändert, als in Zukunft in Anpassung an die bundesrechtlichen Begriffsdefinitionen, Siedlungsabfälle als Abfälle aus privaten Haushalten und andere Abfälle, die aufgrund ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung den Abfällen aus privaten Haushalten ähnlich sind, definiert werden. Nach dem neuen StAWG sind alle Siedlungsabfälle unabhängig davon, ob sie aus privaten Haushalten stammen oder von anderer Herkunft sind, den Gemeinden anzudienen. Dies betrifft auch z.B. Abfälle aus Gewerbebetrieben, die aufgrund der Beschaffenheit oder Zusammensetzung den Abfällen aus privaten Haushalten ähnlich sind. Unter bestimmten Voraussetzungen (besondere Anforderungen an die Sammellogistik und Abfallbehandlung sowie unter Vorlage eines betrieblichen Abfallwirtschaftskonzeptes) können gewerbliche Unternehmen einen Antrag auf Befreiung von der Andienungsverpflichtung stellen (Bescheidverfahren).

3.1.4 Verordnung über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung)

Entscheidende Veränderungen in der Abfallwirtschaft ergaben sich durch das Wirksamwerden des Verbots der Deponierung von Abfällen mit mehr als 5 Masseprozent an organischem Kohlenstoff seit dem 1. Jänner 2004. Ausgenommen von diesem Deponierungsverbot sind u.a. Abfälle aus einer mechanisch-biologischen Vorbehandlung, wenn sie einen Verbrennungswert (oberer Heizwert) von weniger als 6.600 kJ/kg - bezogen auf die Trockenmasse - aufweisen ("Brennwertkriterium").

³ Demnach fallen Verpackungsabfälle nicht in den Regelungsbereich des StAWG.

3.2 Auswirkungen auf den Transportbedarf

Besonders die Verordnung über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung) hat wesentliche Veränderungen des Transportbedarfes des Abfalls mit sich gebracht. Vor Inkrafttreten der Deponieverordnung wurde nur ein kleiner Teil (ca. 25 %) des Restmüll vorbehandelt in Restmüll-Splitting-Anlagen (siehe Abbildung 1).

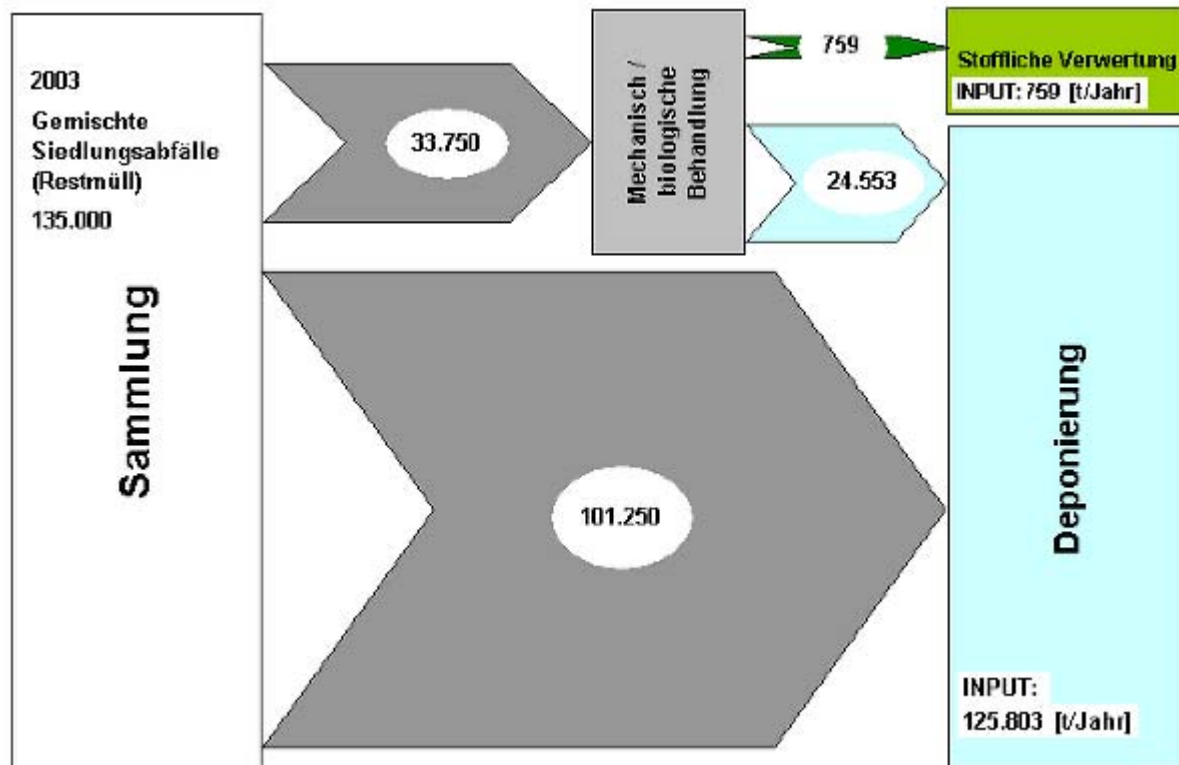


Abbildung 1: Abfallstrom gemischter Siedlungsabfälle im Jahr 2003⁴

Drei Viertel des gesamten Restmülls 2003 wurden direkt deponiert. Der Transportbedarf wurde zum Großteil durch das Hol- bzw. Bringsystem zur Sammelstelle und einem einmaligen Transport direkt zur Deponie determiniert.

Um die geforderte Verringerung des Heizwertes im Abfall zu erreichen, werden verschiedene Zwischenschritte notwendig (siehe Abbildung 2).

Dadurch erhöht sich der Transportbedarf. Durch die in Kapitel erwähnte Vielzahl an Entsorgern und die unterschiedliche Auswahl derer durch die zuständigen Verwaltungsebenen (Abfallwirtschaftsverbände, Gemeinde) kann hier von suboptimalen Transportlösungen ausgegangen werden.

Dieses Projekt untersucht den Status Quo des steirischen Entsorgungsnetzwerkes, um eine Datenbasis für Optimierungen (z. B.: Anfahren näherer Anlagen, Verlagerung auf die Schiene) zu schaffen.

⁴ Quelle: <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10168262/4336659/>, Stand: 27.10.2005

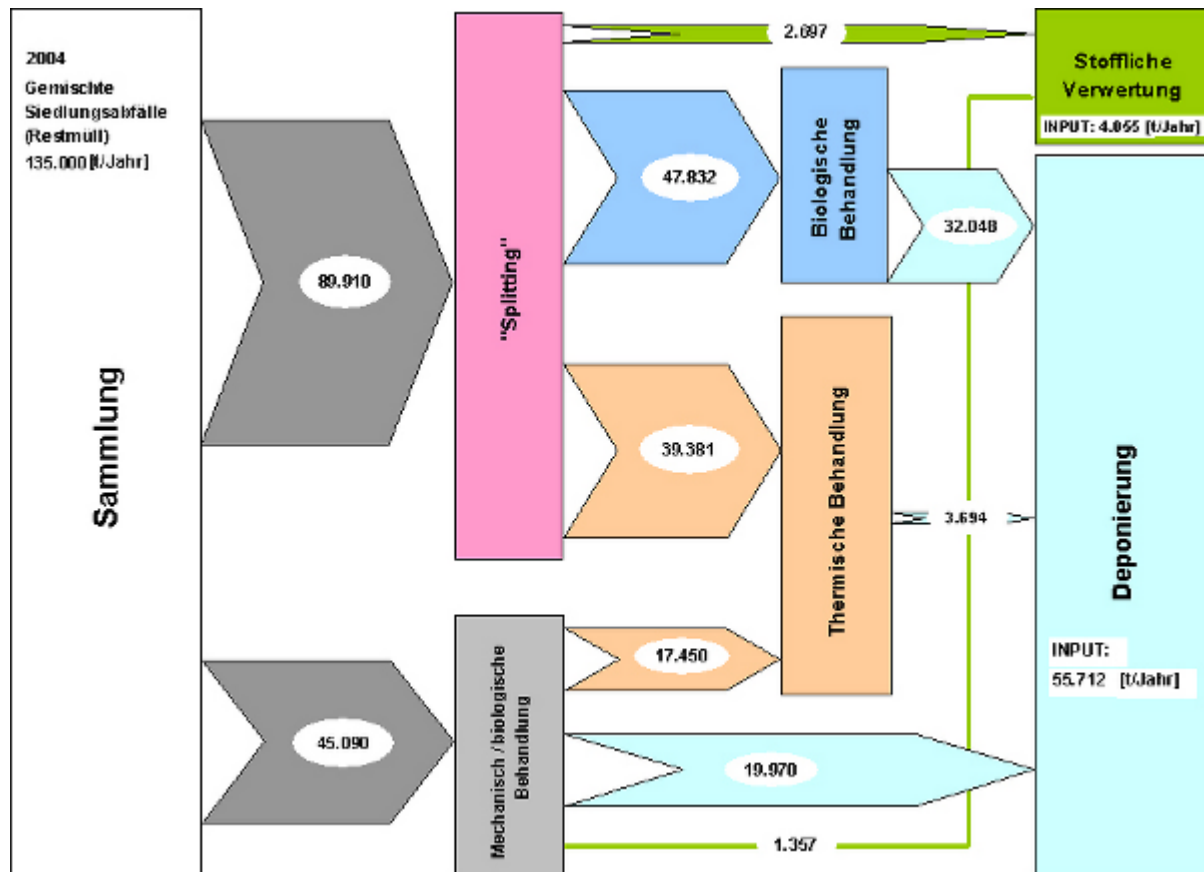


Abbildung 2: Abfallstrom Restmüll ab 1.1.2004⁵

3.3 Der steirische Abfallwirtschaftsplan

Aufgrund der den Ländern zukommenden Regelungskompetenz bezieht sich der Landes-Abfallwirtschaftsplan auf den Bereich der Siedlungsabfälle. Im Landes-Abfallwirtschaftsplan sind

eine Bestandsaufnahme des Abfallaufkommens,

eine Darstellung der Behandlungsanlagen,

eine Prognose der Entwicklung des Abfallaufkommens,

Ziele für eine nachhaltige Abfall- und Stoffflusswirtschaft und

Strategien zur Abfallvermeidung und Abfallbehandlung (Abfallverwertung und Abfallbeseitigung)

enthalten. Dabei sind über den Bereich der Siedlungsabfälle hinausgehend auch andere Abfälle (z.B. Verpackungsabfälle, Problemstoffe, Klärschlamm) dargestellt. Diese Notwendigkeit ergibt sich aus der Nutzung gemeinsamer Sammel- und

⁵ Quelle: <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10168237/4336659/>, Stand: 27.10.2005

Behandlungsstrukturen und ermöglicht die kontinuierliche Fortführung der Darstellung des Abfallaufkommens und der Prognose der weiteren Entwicklung⁶.

⁶ Quelle: <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10166362/4334719/>, Stand: 27.10.2005

4 Datenerhebung

Bei der Festlegung der entsprechenden Maßnahmen zur Zielerreichung wurden folgende Schritte ausgewählt:

Das Netzwerk wird für Restmülltransporte in Form einer Input-Output-Tabelle erstellt. Jeder Transportstrom bekommt eine ID, eine Quelle (Anlage oder Sammelplatz), eine Senke (Anlage) und eine Menge zugeordnet.

Basierend auf der Input-Output-Tabelle werden die Transportströme visualisiert und statistisch ausgewertet.

Mögliche Verbesserungen bezüglich der Verkehrsbündelung/Verlagerung auf Schiene werden gesucht.

4.1 *Gemeindedaten*

Die FA19D stellt auf ihrer Homepage alle erhobenen Daten zur Verfügung (<http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/832039/DE/>, Stand. 27.10.05).

Für diese Studie wurden für alle Gemeinden der Steiermark (seit 1.1.2005 gibt es 542 Gemeinden) folgende Daten erhoben.

Gemeinde-Nummer (5stellig)

Gemeinde-Name

Bezirk

Fläche (km²)

Einwohner

Anzahl der Haushalte

Restmüllmenge in Tonnen für 2004

zugehöriger Abfallwirtschaftsverband

Die Gesamtrestmüllmenge in der Steiermark betrug 138.650,8 t. Dies entspricht einem Pro-Kopf-Aufkommen von 117,2 kg im Durchschnitt.

Alle von Landesebene erhobenen Abfälle betragen in Summe für das Jahr 2004 454.347,8 t (das entspricht einem Pro-Kopf-Aufkommen von 384,1 kg für dieses Jahr).

Insgesamt stellt der Restmüll etwa 1/3 des gesamten Abfallaufkommens in der Steiermark dar.

Besonders hohe Pro-Kopf-Aufkommen (über 200 kg/EW) gibt es in jenen Gemeinden, wo der Tourismus ein entscheidender Wirtschaftsfaktor ist (Rohrmoos, Bad Radkersburg, Dachstein, Bad Aussee, etc.).

In Tabelle 1 wird beispielhaft die Gemeinde-Erfassungsmaske dargestellt.

Gem_Nr	Gem_Name	Aria_qkm	Einwohner	Restmüll/EW	AWV
60201	Aflenz Kurort	16,1	1.039	140,30	Mürzverband
60202	Aflenz Land	39,0	1.656	155,10	Mürzverband
60203	Breitenau am Hochlantsch	62,5	2.100	101,70	Mürzverband
60204	Bruck an der Mur	38,4	13.438	1913,00	Mürzverband
60205	Etmißl	27,7	531	50,30	Mürzverband
60206	Frauenberg	20,6	171	5,50	Mürzverband
60207	Gußwerk	285,5	1.544	147,50	Mürzverband
60208	Halltal	74,5	353	18,80	Mürzverband
60209	Kapfenberg	61,2	22.233	3141,20	Mürzverband
60210	Mariazell	6,4	1.722	353,20	Mürzverband
60211	Oberaich	47,0	2.941	228,50	Mürzverband
60212	Parschlug	20,8	1.744	134,30	Mürzverband

60213	Pernegg an der Mur	86,1	2.560	204,30	Mürzverband
60214	Sankt Ilgen	73,6	294	26,50	Mürzverband
60215	Sankt Katharein an der Laming	43,7	1.178	125,60	Mürzverband

Tabelle 1: Auszug AWV Mürzverband

4.2 Anlagen

In der Steiermark gibt es in Summe über 800 abfallwirtschaftliche Anlagen. Folgende Gruppen und Typen werden dabei unterschieden:

Nr	Gruppe	Anzahl	Akuerzel	Anzahl	
1	Altstoffrecycling	25	AAA	Altstoffaufbereitungsanlage	13
			GRA	Glasrecyclinganlage	1
			KRA	Kunststoffrecyclinganlage	1
			PRA	Papier- und Pappenrecyclinganlage	3
			SRA	Schrottreyclinganlage	7
2	Deponien und Geländeauffüllungen	94	BAD	Bodenaushubdeponien	22
			BRD	Baurestmassendeponien	23
			GAU	Geländeauffüllungen	32
			MAD	Massenabfalldeponien	10
			RSD	Reststoffdeponien	7
3	Biologische Abfallbehandlung / Klärschlammbehandlung	104	BKA	Biomüllkompostanlagen	13
			GAS	Biogasanlage	12
			KSA	Klärschlammbehandlungsanlage	9
			LKA	Landwirtschaftliche Haus- und Wirtschaftskompostanlage	64
			MBA	Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlungsanlage	4
			MKA	Müllkompostanlage	2
4	Sortierung	18	ASA	Abfallsortieranlage	18
5	Altstoff- und Problemstoffsammlung	405	ASZ	Altstoffsammelzentrum mit Problemstoffsammelstelle (stationär)	366
			PSS	Problemstoffsammelstelle (stationär)	39
6	Baurestmassen	37	ARA	Asphaltrecyclinganlage	5
			BRA	Baurestmassenaufbereitungsanlage	10
			BZL	Baurestmassenzwischenlager	22
7	Thermische Abfallbehandlung	30	APA	Abfallpyrolyseanlage	3
			AVA	Abfallverbrennungsanlage	16
			MIT	Mitverbrennungsanlagen	11
9	Chemische Abfallbehandlung	16	CPA	Chem.-physik. Abfallbehandlungsanlage für anorganische Stoffe	9
			CPO	Chem.-physik. Abfallbehandlungsanlage für organische Stoffe	7
10	Sonstige Abfallbehandlung	14	MAB	Mobile Abfallbehandlungsanlage	13
			VEA	Vererdungsanlage	1
11	Zwischenlager	65	AZL	Abfallzwischenlager	65

Tabelle 2: Abfallwirtschaftliche Anlagen in der Steiermark

Das Land Steiermark⁷ stellt für die Studie diese Anlagen-Daten auf einer geografischen Informationssystem-(GIS-)Basis zur Verfügung. Mit Hilfe eines entsprechenden Programms (z. B. ArcView GIS 3.3) können diese Anlagen grafisch dargestellt werden. In Abbildung 3 werden die Abfallwirtschaftsverbände und alle Anlagentypen, die bei der Behandlung von Restmüll durchschritten werden (können) dargestellt.

In weiterer Folge können mit Geo-Informationssystem-Programmen Routen optimiert und grafisch dargestellt werden (siehe Kapitel 7).

Anlagen in der Steiermark

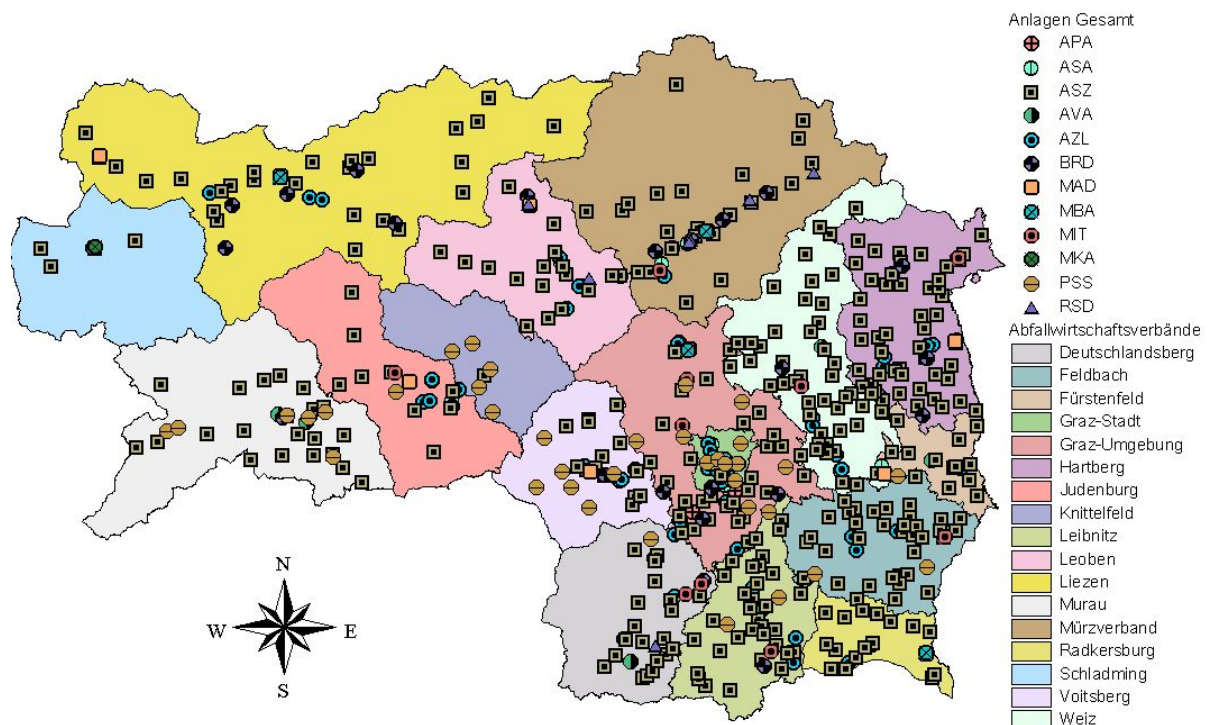


Abbildung 3: Anlagen für die Restmüllbehandlung

4.3 Zuweisung der Restmüllströme

4.3.1 Zusammenfassung der Gemeindedaten

Die auf Gemeindeebene erfassten Daten konnten nun pro Abfallwirtschaftsverband zusammengefasst werden. Rechtlich ist der Abfallwirtschaftsverband für die Verwertung und Beseitigung von Siedlungsabfällen zuständig.

Im Regelfall ist ein Unternehmen für die Sammlung Vertragspartner eines Abfallwirtschaftsverbandes. Je nach Vertrag ist dieses Unternehmen dann für die

⁷ GIS Steiermark, <http://www.gis.steiermark.at/cms/ziel/209186/DE/>, Stand: 27.10.05

weitere Verbringung (Behandlung und Verwertung) zuständig oder übergibt die Abfälle zur weiteren Behandlung und Verwertung an andere Unternehmen (in Tabelle 1 ist die Situation in der Steiermark für 2004 dargestellt).

Zusammen mit einer Grafik, die das Netzwerk der Restmüllentsorgung in der Steiermarks darstellt, konnten nun die erste Stufe der Mengenbewegungen erfasst werden (Gemeinde bzw. zusammengefasst zu AWW – Anlage 1, siehe Tabelle 3).

Um die Darstellung der Restmüllmengen aus den Gemeinden zu ermöglichen, muss eine punktförmige Quelle gefunden werden. Die Annahme war in diesem Fall folgende:

Verfügt die Gemeinde über ein Abfallsammelzentrum, so wird dieses als Quelle angenommen

Verfügt die Gemeinde über kein solches Sammelzentrum, so wird als Quelle die erste Anlage, die lt. Vertragspartner angefahren wird, angenommen. Dadurch ergibt sich eine Quellen-Senken-Äquivalenz für den ersten Schritt.

von AWW	Graz	Graz-U	DL	FB	FF	HB
nach Anlage						
6010119	42712,00	5227,80				
6061001		24,44				
6063204		2657,66				
6071505						
6073204						3770,10
6111303						
6120202						
6122309						
6130108						

6140311						
6150603		2481,26	6050,00	4367,50		
6174602		1678,08			1774,70	
6175103						

Tabelle 3: Von AWV nach Anlage 1 (Beispiel)

Entsorgungsbereich		Sammlung	Behandlung und Verwertung					Ablagerung
AWV	Verband	Vertragspartner	mechanisch	biologisch	mechanisch-biologisch	stofflich	thermisch	Deponie
01	Graz Stadt	AEVG	AEVG	Servus Frohnleiten			Lenzing, Lafarge-Perlmoser, Retznei	Frohnleiten
02	Graz-Umgebung	siehe Beilage A) Gemeindeaufstellung						
03	Deutschlandsberg	ASA			MBA Halbenrain			Halbenrain
04	Feldbach	ASA / Saubermacher	teilweise Müllex	Halbenrain	MBA Halbenrain		Niklasdorf, Lafarge-Perlmoser, Retznei, AVN Dürnrohr	Halbenrain
05	Fürstenfeld	Müllex	Müllex	Halbenrain			Lenzing, Lafarge-Perlmoser, Retznei	Halbenrain
06	Hartberg				St. Johann in der Haide	diverse Möglichkeiten flexibel genutzt	div.	St.Johann/Haide
07	Judenburg	Stadtwerke Judenburg			MBA Liezen			Liezen
08	Knittelfeld	Saubermacher			MBA Liezen			Liezen
09	Leibnitz	SAVE	Fa. Müllex	Halbenrain				Halbenrain
10	Leoben	Saubermacher	Fa. Mayer	Servus Frohnleiten			RMVG - UE, ENAGES Niklasdorf, AVN NO	Frohnleiten
11	Liezen				MBA Liezen			Liezen
12	Murau	RMVG	RM Sortierung Frojach/Katsch	Servus Frohnleiten				Frohnleiten
13	Mürzverband				MBA Allerheiligen			Allerheiligen
14	Radkersburg	ASA			MBA Halbenrain			Halbenrain
15	Schladming				MBA Aich/Assach			Bad Aussee
16	Voitsberg	MD Karlschacht	AEVG Graz	Servus Frohnleiten				Karlschacht
17	Weiz	Saubermacher / ASA/ Müllex	Fa. Mayer Fa. Müllex	Servus Frohnleiten Halbenrain	Halbenrain			Frohnleiten Halbenrain Markt Hartmannsdorf

Tabelle 4: AWVs und ihre Vertragspartner

4.3.2 Abfallwirtschaftsverbände mit mehreren Vertragspartnern

Der Abfallwirtschaftsverband Graz-Umgebung und der Abfallwirtschaftsverband Weiz stellten eine Herausforderung dar, da diese mehrere Vertragspartner aufweisen. Welche Anlage im ersten Schritt bedient wird, ist erstens vom Partner (Annahme: die Entsorger fahren ihre eigenen Anlagen an) und zweitens von den Kapazitäten der Anlagen ab.

Im Fall von Graz-Umgebung ergibt sich folgendes Bild:

Gemeinde	Vertragspartner
Attendorf	Komex
Brodingberg	Müllex
Deutschefeistritz	SAUBERMACHER
Dobl	SAUBERMACHER
Edelsgrub	Müllex
Eggersdorf	Müllex
Eisbach	Zuser
Feldkirchen	SAUBERMACHER
Fernitz	SAUBERMACHER
Frohnleiten	eigen
Gössendorf	SAUBERMACHER
Grambach	SAUBERMACHER
Gratkorn	SAUBERMACHER
Gratwein	Zuser
Großstübing	Zuser
Gschnaidt	Zuser
Hart	ASA
Haselsdorf-Tobelbad	ASA
Hausmannstätten	SAUBERMACHER
Hitzendorf	Komex
Höf-Präbich	Müllex
Judendorf-Straßengel	Zuser
Kainbach	SAUBERMACHER
Kalsdorf	ASA
Krumegg	Müllex
Kumberg	Müllex
Langeegg	Müllex
Laßnitzhöhe	ASA
Lieboch	ASA
Mellach	ASA
Nestelbach	Müllex
Peggau	Zuser
Pirka	ASA
Purgstall	Müllex
Raaba	SAUBERMACHER
Röthelstein	SAUBERMACHER
Rohrbach-Steinberg	SAUBERMACHER
St. Bartholomä	Komex
St. Marein	Müllex
St. Oswald/Plankenw.	SAUBERMACHER

St. Radegund	ASA
Schrems	SAUBERMACHER
Seiersberg	ASA
Semriach	Zuser
Stattegg	Zuser
Stiwoll	Komex
Thal	SAUBERMACHER
Tulwitz	Gde
Tyrnau	Gde
Übelbach	Zuser
Unterpremstätten	Saubermacher
Vasoldsberg	Müllex
Weinitzen	SAUBERMACHER
Werndorf	SAUBERMACHER
Wundschuh	SAUBERMACHER
Zettling	SAUBERMACHER
Zwaring-Pöls	ASA

Tabelle 5: Vertragspartner Graz-Umgebung

Folgende Annahmen wurden getroffen:

KOMEX: It. Telefonat mit KOMEX wird die Firma Buchhauser beauftragt, die Restmüllmengen werden am Buchhauser-Umschlagplatz gesammelt und lt. Information Buchhauser zur Splittinganlage Zuser gebracht. Anlage 1 = Restmüllsplitting Zuser

SAUBERMACHER: Restmüllmengen der Gemeinden, die von SM entsorgt werden, werden auch zur Splittinganlage von SM gebracht.

MÜLLEX. Restmüllmengen der Gemeinden, die von Müllex entsorgt werden, werden auch zur Sortieranlage Müllex gebracht. Die Annahme kann bestätigt werden, da die Tonnenangaben mit den Summen der Restmüllmengen der von Müllex entsorgten Gemeinden übereinstimmen (1422 t/a)

ZUSER: Restmüllmengen der Gemeinden, die von Zuser entsorgt werden, werden auch zur Sortieranlage Zuser gebracht. Zusätzlich zu diesen Gemeinden kommen auch jene Restmüllmengen zu dieser Anlage, die den Entsorger „KOMEX“ haben.

ASA: Restmüllmengen der Gemeinden, die von ASA entsorgt werden, werden auch zur Sortieranlage A.S.A Halbenrain gebracht.

„Gde“ bzw. „EIGEN“: Dies betrifft Frohnleiten, Tyrnau und Tulwitz. Die mechanische Stufe befindet sich bei der AEVG in Graz. Die Restmüllmengen von Tyrnau und Tulwitz sind vernachlässigbar (< 15 t/a), Frohnleiten hat etwa 875 t/a Restmüll. Das ist „Platz 20“ aller Gemeinden, und stellt etwa 0,6% des gesamten Restmülls dar.

Für Weiz ist die Situation ähnlich. Unterschiedliche Entsorger werden für die Gemeinden beauftragt. Daraus ergibt sich folgendes Bild:

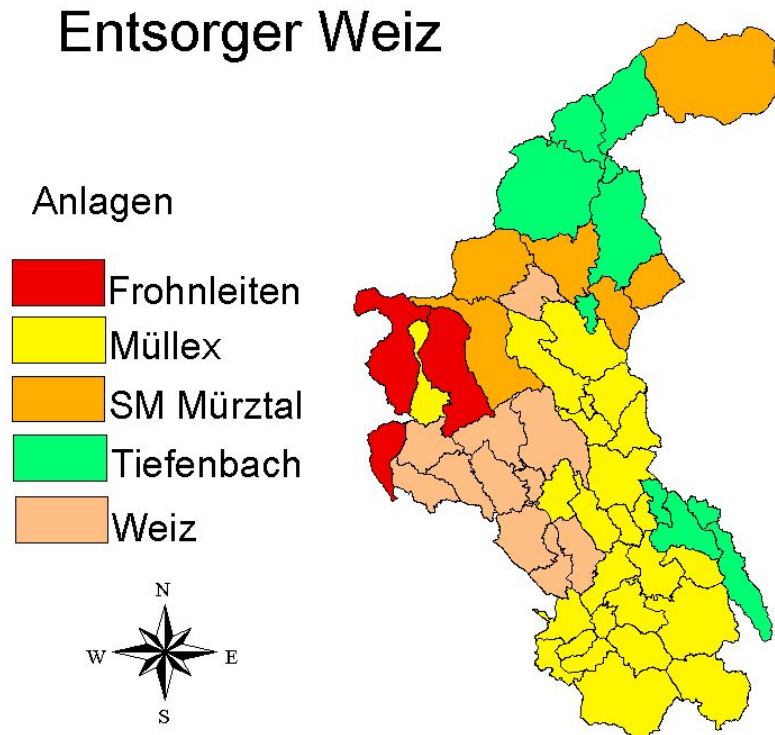


Abbildung 4: AWV Weiz Entsorger

Wiederum wird angenommen, dass die jeweiligen Entsorger „ihre“ Anlagen anfahren bzw. jene Anlagen angefahren werden, die eine Mitarbeiterin des AWV Weiz bekannt gab.

4.4 Weiterer Weg des Restmülls

4.4.1 Restmüllsplitting/mechanische Stufe der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlungsanlage

Nach der Sammlung des Restmülls am Anfallsort und der Anlieferung zur ersten Anlage beginnt die Betrachtung in diesem Projekt. Die erste Anlage – wenn sie nicht ein Sammelzentrum ist – wird als Restmüllsplittinganlage bzw. als mechanische Stufe einer Mechanisch-Biologischen Anlage (MBA) bezeichnet.

Von den ursprünglich 4 Müll-Klärschlamm-Kompostieranlagen (Müllhygienisierungsanlagen) stehen noch 2 Anlagen (Aich-Assach, Frojach-Katsch) als "Restmüllsplittinganlagen" zur Verfügung. Die an diesen beiden Standorten

ehemals vorhandenen Deponien wurden zwischenzeitlich geschlossen und die davon ausgehenden Abfallteilströme werden extern verwertet bzw. beseitigt.

Insgesamt stehen derzeit in der Steiermark 10 Restmüllsplittingsanlagen zur Verfügung. In diesen Anlagen werden die Siedlungsabfälle in eine heizwertreiche Fraktion für eine nachfolgende thermische Verwertung und in eine heizwertarme Fraktion für eine nachfolgende biologische Behandlung zerlegt⁸.

Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die Restmüll-Splittingsanlagen in der Steiermark.

Anlagenstandort	Kapazität in t/a	Betreiber
Aich-Assach	10.000	AWV Schladming
Frojach-Katsch	14.000	AWV Murau
Hartberg	10.000	AWV Hartberg
St. Michael	65.000	Fa. Mayer / Säumel
Graz	75.000	Fa. AEVG
Graz	13.000	Fa. Saubermacher
Peggau	40.000	Fa. Zuser
St. Margarethen an der Raab	45.000	Fa. Müllex
Markt Hartmannsdorf	9.900	Fa. Müllex
Fisching	34.900	Fa. Trügler
Gesamtkapazität	316.800	

Tabelle 6: Restmüllsplittingsanlagen Steiermark

Am Standort der ehemaligen Müllhygienisierungsanlage Liezen wurde unter Einbeziehung der vorhandenen und brauchbaren Anlagenkomponenten eine neue MBA mit einer erweiterten Behandlungskapazität errichtet. Am Standort Allerheiligen im Mürztal wird die Tunnelrotteanlage seit dem 01.01.2004 durch entsprechende Adaptierung der Betriebsweise als MBA nach dem Stand der Technik betrieben.

⁸ Quelle: <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10168265/4336659/>, Stand 28.10.2005

Damit verfügt die Steiermark derzeit über vier dem "Stand der Technik" entsprechenden Anlagen zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung mit einer Verarbeitungskapazität von 182.000 Tonnen pro Jahr

Anlagenstandort	Kapazität in t/a	Betreiber
Allerheiligen	17.000	AWV Mürzverband
Halbenrain	75.000	A.S.A. Abfallservice
Frohnleiten	65.000	Servus Abfall
Liezen	25.000	AWV Liezen
Gesamtkapazität	182.000	

Tabelle 7: MBA in der Steiermark

Das Inputmaterial wird vorerst zerkleinert und mit einem Magnetabschneider werden ferrometallische Güter (hauptsächlich Eisenschrott, in der Tabelle mit „Output Altstoffe“ bezeichnet) entnommen und einer Verwertung zugeführt. Das restliche Material kommt in eine Siebtrommel. Der Siebüberlauf besteht großteils aus heizwertreichen Anteilen (Leicht- oder Grobfraction), die einer thermischen Verwertung zugeführt werden. Der Siebdurchgang (Schwer- oder Feinfraction) wird biologisch behandelt.

Je nach Angabe der Anlagenbetreiber bzw. der Daten von der FA19D wird das Inputmaterial in die beschriebenen Fraktionen anteilmäßig aufgesplittet (Tabelle 8).

Anlage	%	Fraktion	Wohin?
Restmüllsortieranlage AEVG	20,00%	Grobfraction	Drehrohrofen Zement
	56,67%	Feinfraction	MBA Frohnleiten
	20,00%	Grobfraction	WSO Lenzing
	3,33%	Output Altstoffe	recycelt
Mechanische Abfallaufbereitungsanlage	77,99%	Schwerfraktion	MBA Frohnleiten

Fa.Zuser / Gde. Peggau			
	19,85%	Leichtfraktion	Drehrohrofen Zement
	2,16%	Output Altstoffe	recycliert
Restmüllsortieranlage AWW Hartberg	37,31%	Feinfraktion	RM Sortieranlage (biolog. Stufe)
	58,76%	Grobfraktion	Drehrohrofen Zement
	3,93%	Output Altstoffe	recycliert
Restmüllsortieranlage - Fa. Mayer	33,29%	Grobfraktion	MVA ähnlich Niklasdorf
	64,27%	Feinfraktion	MBA Frohnleiten
	2,44%	Output Altstoffe	recycliert
Restmüllsortieranlage AWW Schladming - Aich-Assach	24,92%	Leichtfraktion	WSO ähnlich Lenzing
	69,31%	Feinfraktion	Mischmüllkompostanl
	5,77%	Output Altstoffe	recycliert
Restmüll- und Sortieranlage der MKA Liezen	51,11%	Grobfraktion	WSO ähnlich Lenzing
	45,70%	Feinfraktion	MBA Liezen
	3,19%	Output Altstoffe	recycliert
Sortieranlage der MKA	38,71%	Grobfraktion	Drehrohrofen Zement
	58,87%	Feinfraktion	MBA Allerheiligen
	2,42%	Output Altstoffe	recycliert
Müllhygienisierungsanlage	35,01%	Grobfraktion	MVA ähnlich Niklasdorf

Frojach-Katsch			
	64,72%	Feinfraktion	Mischmüllkompostanlage
	0,27%	Output Altstoffe	recycliert
Mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlage - A.S.A. Halbenrain	59,05%	Feinfraktion	MBA Halbenrain
	38,40%	Grobfraktion	Drehrohrofen Zement
	2,55%	Output Altstoffe	recycliert
Abfallsortieranlage der Fa. Müllex in St.Margarethen /Raab	13,71%	Grobfraktion	Drehrohrofen Zement
	83,85%	Feinfraktion	MBA Halbenrain
	2,44%	Output Altstoffe	recycliert

Tabelle 8: Prozentuelle Aufteilung des Restmülls nach dem Splitting

4.4.2 Biologische Stufe

Die biologische Behandlung beginnt mit einer zweiwöchigen Intensivrotte in einem geschlossenen Rottetunnel. Nach der Vermischung von Schwerfraktion und Klärschlamm in einem Mischzerkleinerer wird das Material mit Transportbändern in den Rottetunnel eingebracht.

Die anschließende Extensivrotte wird auf einer saugbelüfteten Rotteplatte durchgeführt.

Anschließend muss das Rottegut anschließend noch einer 16-wöchigen Nachrotte unterzogen werden, wo die „Miete“ alle zwei Wochen umgesetzt und gegebenenfalls bewässert wird. Nach der Gesamttrottedauer von 22 Wochen wird der Rottereststoff abgesiebt. Die Grobfraktion ist relativ heizwertreich und kann thermisch verwertet werden.

Der heizwertarme Reststoff wird deponiert⁹.

Die prozentuelle Aufteilung der Inputmasse in die verschiedenen Output-Fractionen (Rotteverlust, Rotteendprodukt/deponiefähig und thermische Fraktion) ist in Tabelle 9 ersichtlich.

Anlage	%	Fraktion	Wohin
MB Restabfallbehandlungs- anlage Frohnleiten	42,00%	Rotteverlust	
	52,20%	Rotteendprodukt	MAD Frohnleiten
	5,80%	Rotteendprodukt	MAD Karlsschacht
Restmüllsortieranlage AWW Hartberg	42,00%	Rotteverlust	
	58,00%	Rotteendprodukt	MAD St. Johann/Heide
Mischmüllkompostanlage - AWV Schladming	7,12%	Thermische Fraktion	WSO ähnlich Lenzing
	29,70%	Kompost	Kompost
	17,01%	Deponieprodukt	MAD Bad Aussee
	46,17%	Rotteverlust	
Mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlage - AWW Liezen	42,00%	Rotteverlust	
	58,00%	Rotteendprodukt	MAD Liezen
Mechanisch-biologische Restabfallbehandlungs- anlage Allerheiligen - AWW Mürzverband	42,00%	Rotteverlust	

⁹ Brunner, P. et al (2001), *Bewertung Abfallwirtschaftlicher Massnahmen mit dem Ziel der nachsorgefreien Deponie (BEWEND)*, Umweltbundesamt Monographie 149

	58,00%	Rotteendprodukt	MAD Allerheiligen
Mischmüllkompostanlage Frojach/Katsch - AWW Murau	72,99%	Rotteendprodukt	MBA Frohnleiten
	27,01%	Rotteverlust	
Mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlage - A.S.A. Halbenrain	42,00%	Rotteverlust	
	52,20%	Rotteendprodukt	MAD Halbenrain
	5,80%	Rotteendprodukt	MAD Markt Hartmannsdorf

Tabelle 9: Prozentuelle Aufteilung des Outputs der biologische Stufen

4.4.3 Die thermische Verwertung

Ergänzend zur mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA) erfolgt die thermische Behandlung von gemischten Siedlungsabfällen (Restmüll) in der Steiermark nach entsprechender Aufbereitung in einer Monoverbrennungsanlage (ausschließlicher Einsatz von Abfällen) und in industriellen und gewerblichen Mitverbrennungsanlagen (Einsatz von Abfällen als Zusatzbrennstoff). Zusätzlich werden in der Steiermark in mehreren Pyrolyse- und Verbrennungsanlagen ausschließlich innerbetrieblich anfallende gewerbliche und industrielle Abfälle behandelt.

In Tabelle 10 sind die thermischen Abfallbehandlungsanlagen für kommunale Abfälle aufgelistet¹⁰.

Anlagenstandort	Kapazität in t/a	Betreiber
Niklasdorf	100.000	ENAGES mbH
Zementwerk Peggau*)	16.500	Wietersdorfer Peggauer GmbH
Zementwerk Retznei*)	39.999	Lafarge Perlmooser GmbH

¹⁰ Quelle: <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10168271/4336659/>, Stand: 28.10.2005

Gesamtkapazität	156.499	
-----------------	---------	--

Tabelle 10: Thermische Abfallbehandlungsanlagen für kommunale Abfälle (2004)

Die thermischen Fraktionen werden auch zu Anlagen außerhalb der Steiermark gebracht. Österreichweit gibt es zehn Restmüllverbrennungsanlagen. Hauptsächlich wird von der Steiermark aus Dürnrohr, Lenzing und Wels beliefert.

Je nach Verfahren, das angewandt wird, gibt es unterschiedliche Output-Fraktionen.

Bei einer Verbrennung im Wirbelschichtofen (z. B. Lenzing) fallen bei den angegebenen Inputfraktionen (Leichtfraktion) untenstehende Gewichtsprozent Outputfraktionen an:

Gips 3,40%

Fe-Schrott 2,80 %

Asche 10 %

Filterrückstände 0,20 %

Abwasser 0,10 %

gasförmige Emissionen 83,50 %

Als zweite Alternative der thermischen Behandlung der aus der MBA stammenden Leichtfraktion ist die Verwendung als Ersatzbrennstoff in der Zementindustrie. 29,40 Gewichts-% verbleiben im Zement, ebenso fast alle enthaltenen Schwermetalle werden im Klinker gebunden. Der größte Massenanteil verlässt den Prozess gasförmig¹¹.

4.4.4 Die Deponierung

In der Steiermark stehen folgende Massenabfalldeponien zur Verfügung.

Deponiestandort	Restkapazität am Ende des Jahres 2003 (m ³)	Deponiebetreiber
Frohnleiten	1.183.400	Gemeindebetriebe Frohnleiten

¹¹ Brunner, P. et al (2001), *Bewertung Abfallwirtschaftlicher Massnahmen mit dem Ziel der nachsorgefreien Deponie (BEWEND)*, Umweltbundesamt Monographie 149

St. Johann in der Haide	454.700	AWV Hartberg
Judendorf/Gasselsdorf	204.000	Stadtwerke Judenburg AG
Eisenerz	720.000	RMVG (UEG-Tochter)
Bad Aussee	68.000	Wasserverband Ausseerland
Liezen	55.000	AWV Liezen
Allerheiligen/Mürzthal	152.000	AWV Mürzverband
Halbenrain	75.000	A.S.A Abfallservice Halbenrain
Rosental	750.000	MDK GmbH
Markt Hartmannsdorf/Oed	10.100	Marktgemeinde Markt Hartmannsdorf/Oed
Summe	3.672.200	

Tabelle 11: Massenabfalldeponien in der Steiermark¹²

Je nach „Vorgängerprozess“ und Outputfraktion dieses Prozesses stehen verschiedene Deponietypen zur Auswahl. Gemäß Deponieverordnung müssen die zu deponierenden Güter folgendermaßen den Deponietypen zugeordnet werden¹³:

Vorbehandlung	Gut	Deponietyp
Keine Vorbehandlung	Restmüll	Restmülldeponie
	Kommunaler Klärschlamm	Klärschlammdeponie
Zementdrehrohrofen	Klinker-Betonabbruch	Baurestmassendeponie
Wirbelschichtfeuerung	Asche & Schlacke der WS	Reststoffdeponie

¹² <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10168324/4336659/>, Stand: 28.10.2005

¹³ Brunner, P. et al (2001), *Bewertung Abfallwirtschaftlicher Massnahmen mit dem Ziel der nachsorgefreien Deponie (BEWEND)*, Umweltbundesamt Monographie 149

	Filterkuchen der WS Gipskuchen der WS	Untertagedeponie Baurestmassendeponie
MBA	Rottereststoff	Massenabfalldeponie

Tabelle 12: Zuordnung der zu deponierenden Güter

5 Visualisierung der Güterströme

Um die als Verkehrsbeziehungsmatrix vorliegenden Güterströme zu visualisieren kommt eine von der FH-JOANNEUM/FZT entwickelte Software zum Einsatz. Die einzelnen Verkehrsströme werden mit dieser als Luftlinien unterschiedlicher Breite dargestellt.

5.1 Funktionsweise der Software

Die Koordinaten der unterschiedlichen Anlagen zur Abfallsammlung, -lagerung, -aufbereitung etc. liegen in einer Access-Datenbank als Tabelle vor, ebenso die Güterströmdaten mit der Quellanlage, der Zielanlage, der Menge in Tonnen und der Fraktionsnummer. Eine simple SQL-Abfrage verknüpft beide Tabellen und ordnet den Güterströmen die Koordinatenpaare von Quelle und Ziel zu.

Eine in Matlab verfasste Software greift auf diese Abfrage zu und verwandelt deren Daten in eine Graphik wie sie untenstehend zu sehen ist:

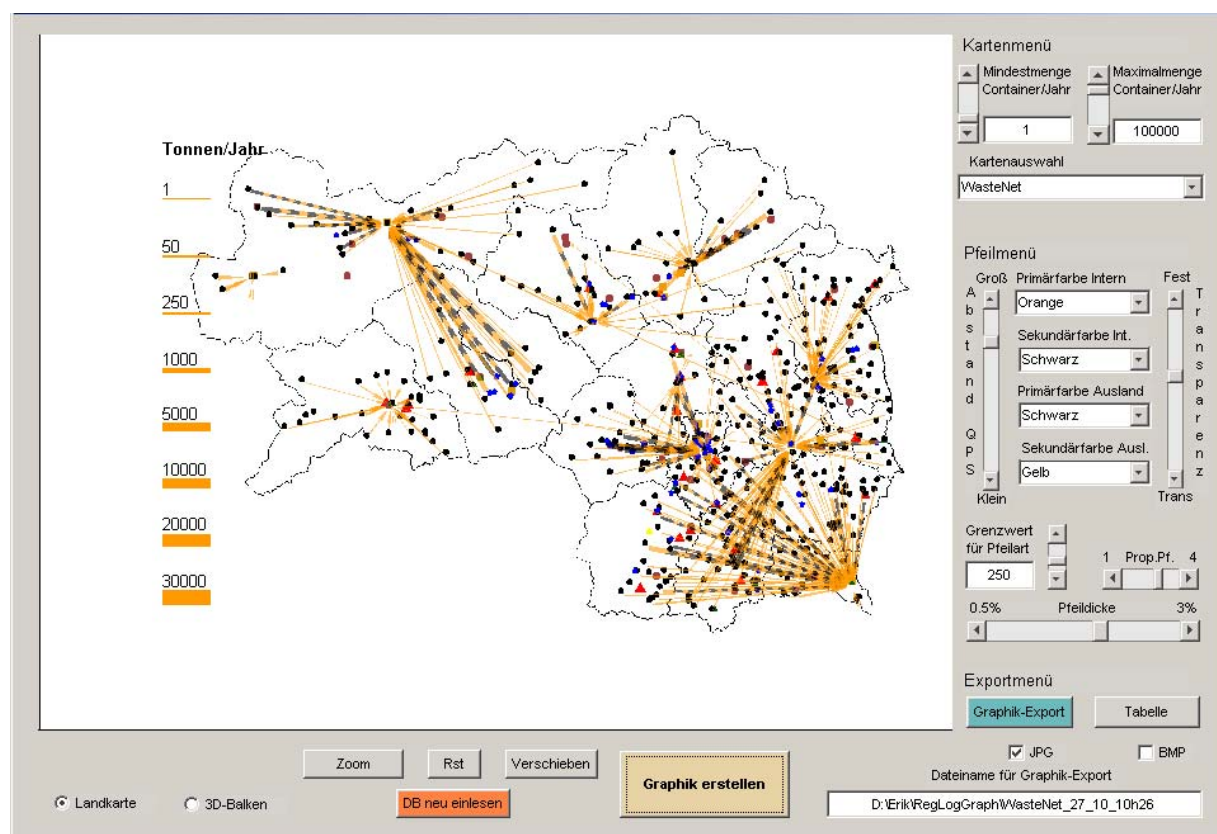


Abbildung 5: Die Visualisierungssoftware

Die Software verfügt über ein Graphisches User Interface (GUI), welches über eine große Auswahl von Optionen zur übersichtlichen Visualisierung verfügt. Es gibt zwei Sorten von Pfeilen (dünne Linien mit Spitze für kleine Mengen und breite, gestreifte

Balken aus pfeilförmigen Polygonen für große Mengen) deren Farben, Transparenz und Breite wählbar ist. Sollten die transportierten Mengen starke Unterschiede in der Größenordnung aufweisen, ist es möglich, die Breite der Pfeile nicht direkt proportional sondern im Verhältnis zur zweiten, dritten oder vierten Wurzel der Menge machen. Die Legende am linken Bildrand passt sich automatisch den Einstellungen an. Zusätzlich kann man die dargestellten Mengen auf solche in einem bestimmten Intervall (zwischen Mindest- und Maximalmenge) beschränken, die Graphiken als JPEG oder Bitmap exportieren und die Güterströme auch als Balkendiagramm darstellen:

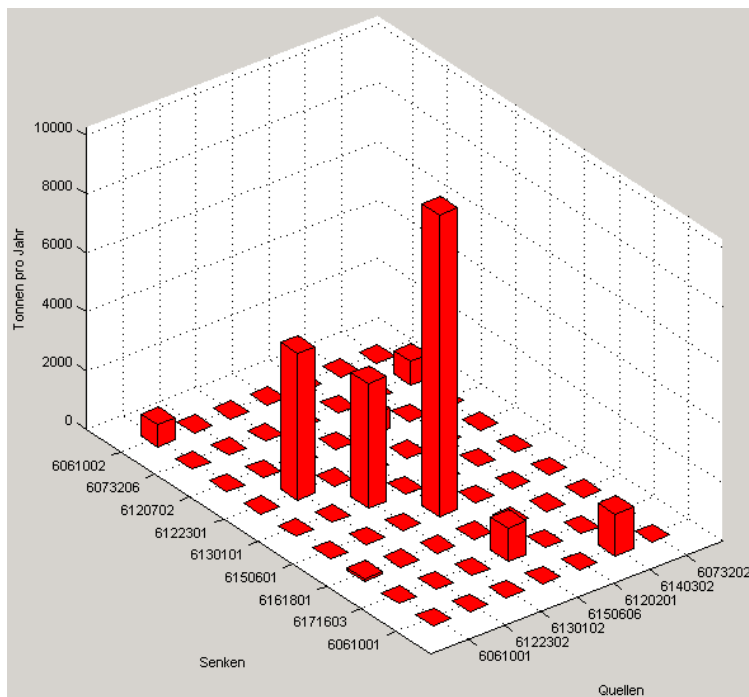


Abbildung 6: Eine Darstellung als 3D-Balkendiagramm

Neben der Möglichkeit, Güterströme mit mengenabhängiger Breite darzustellen, ist es selbstverständlich auch möglich, statt der Quantität andere Werte, etwa die Kosten pro transportierter Tonne, darzustellen. Diese Daten müssen nur in der Access-Datenbank bereitgestellt werden.

5.2 Die einzelnen Fraktionen in Containern/Jahr

Die nachfolgenden Graphiken geben nur die Information, welche Mengen in Containern von welcher Quelle zu welchem Ziel fließen. Das dadurch resultierende Verkehrsaufkommen ist daraus nicht abzulesen, denn hierzu müsste auch bekannt sein, wie groß die Distanz zwischen Quell- und Zielort auf der Straße ist.

5.2.1 Die Umrechnung von Tonnen in Containern:

Die uns vorliegenden Daten geben die Quantitäten in Tonnen an. Prinzipiell muss man bei der Umrechnung von Müllmengen in Containern beachten, ob das Volumen des Containers, oder die auf einem Lastwagenzug durchschnittlich erlaubte maximale Beladung, den Bedarf an Containern bestimmt.

Ein Lastwagenzug trägt 2 Container mit einem Volumen von je 48m^3 und einem Eigengewicht von 3,2 Tonnen. Ein LKW hat durchschnittlich 11 Tonnen Zuladung, der Anhänger 15 Tonnen. Abzüglich des Eigengewichts der Container können somit am LKW 7,8 Tonnen und am Anhänger 11,8 Tonnen Müll aufgeladen werden. Im Durchschnitt ergibt das eine maximale Befüllung des Containers mit 9,8 Tonnen.

Das spezifische Gewicht des Mülls muss kleiner als $204,2\text{ kg/m}^3$ sein¹⁴, damit das Volumen des Containers zu 100% befüllt werden kann. In diesem Fall muss man die in Tonnen gegebenen Mengen in Kubikmeter umrechnen und dann durch 48m^3 dividieren.

Spez. Gewicht	Grenz-Wert	Umrechnung von Tonnen in Container
> $204,2\text{ kg/m}^3$	9,8 Tonnen	$\text{Menge in Containern} = \frac{\text{Menge in Tonnen}}{9,8\text{ Tonnen}}$
< $204,2\text{ kg/m}^3$	48 m^3	$\text{Menge in Containern} = \frac{\text{Menge in kg}}{\text{Spezifisches Gewicht in kg / m}^3 \times 48\text{ m}^3}$

Tabelle 13: Die Umrechnung in Container

Die von uns untersuchten Güterströme weisen allerdings alle ein durchschnittliches spezifisches Gewicht über $204,2\text{ kg/m}^3$ auf, somit lassen sich alle Mengen in Container umrechnen, indem man sie durch 9,8 dividiert.

¹⁴ $9800\text{kg}/48\text{m}^3=204,2\text{ kg/m}^3$. Ist das spezifische Gewicht höher, so überschreiten 48m^3 die durchschnittlich erlaubte höchstzulässige Zuladung von 9,8Tonnen/Container. Ist es geringer, so ist die Zuladung durch das Volumen limitiert.

5.2.2 Visualisierung der Verkehrsströme

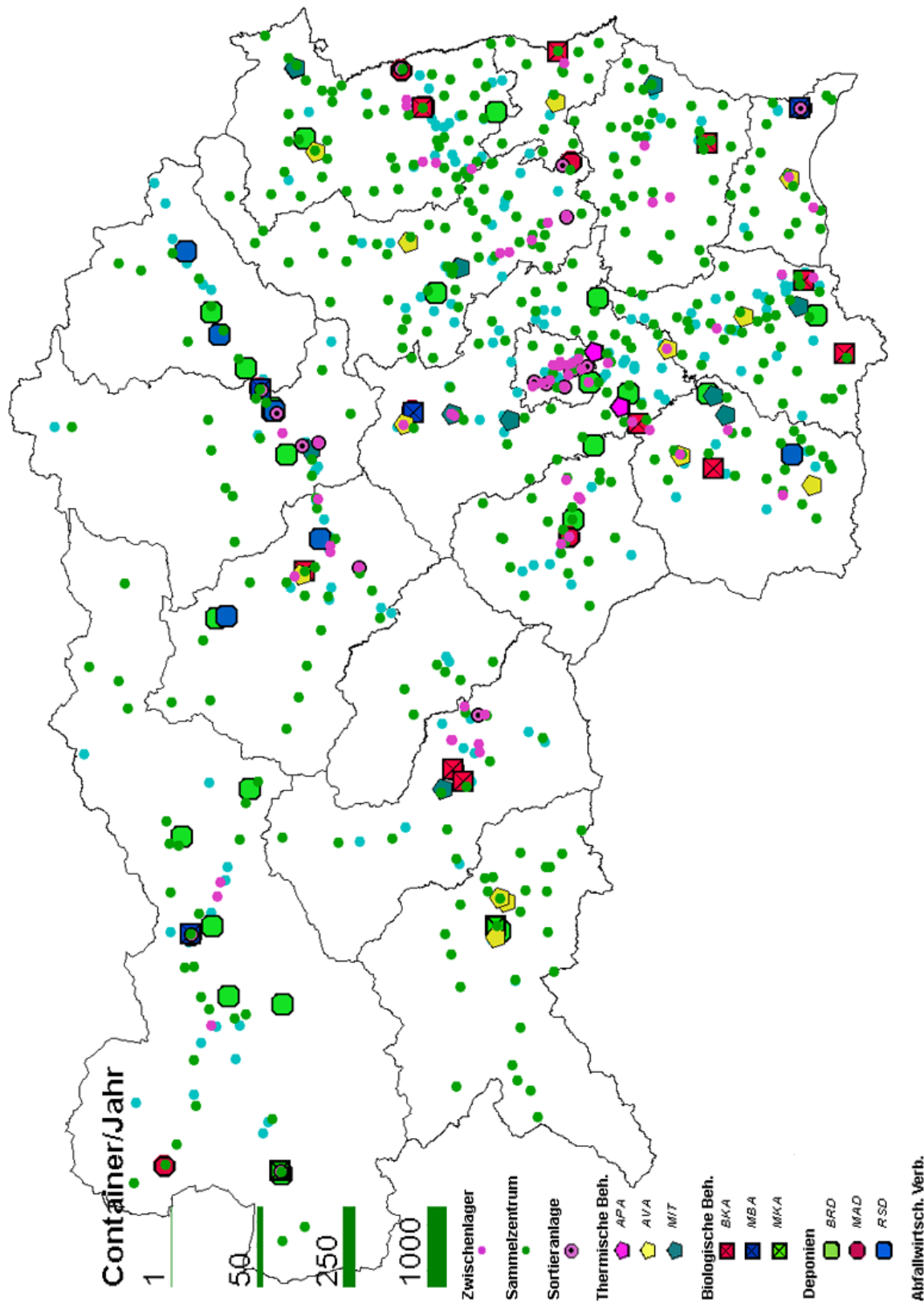


Abbildung 7: Die Hintergrundgraphik

Die obenstehende Hintergrundgraphik ist ein aus ArcGIS exportiertes Bitmap. Es zeigt die einzelnen Anlagen der steirischen Abfallwirtschaft. Leider liegen einige der

Anlagen sehr eng beieinander und sind daher schwer zu erkennen. In den nachfolgenden Abbildungen wird das Hintergrundbild daher dem jeweiligen Bedarf angepasst.

Die in der Legende verwendeten Abkürzungen erklären sich wie folgt:

Thermische Abfallbehandlung	
APA	Abfallpyrolyseanlage
AVA	Abfallverbrennungsanlage
MIT	Mitverbrennungsanlagen
Biologische Abfallbehandlung	
BKA	Biomüllkompostanlagen
MBA	Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlungsanlage
MKA	Müllkompostanlage
Deponien	
BRD	Baurestmassendeponien
MAD	Massenabfalldeponien
RSD	Reststoffdeponien

Tabelle 14: Abkürzungen für Abfallbehandlungsanlagen

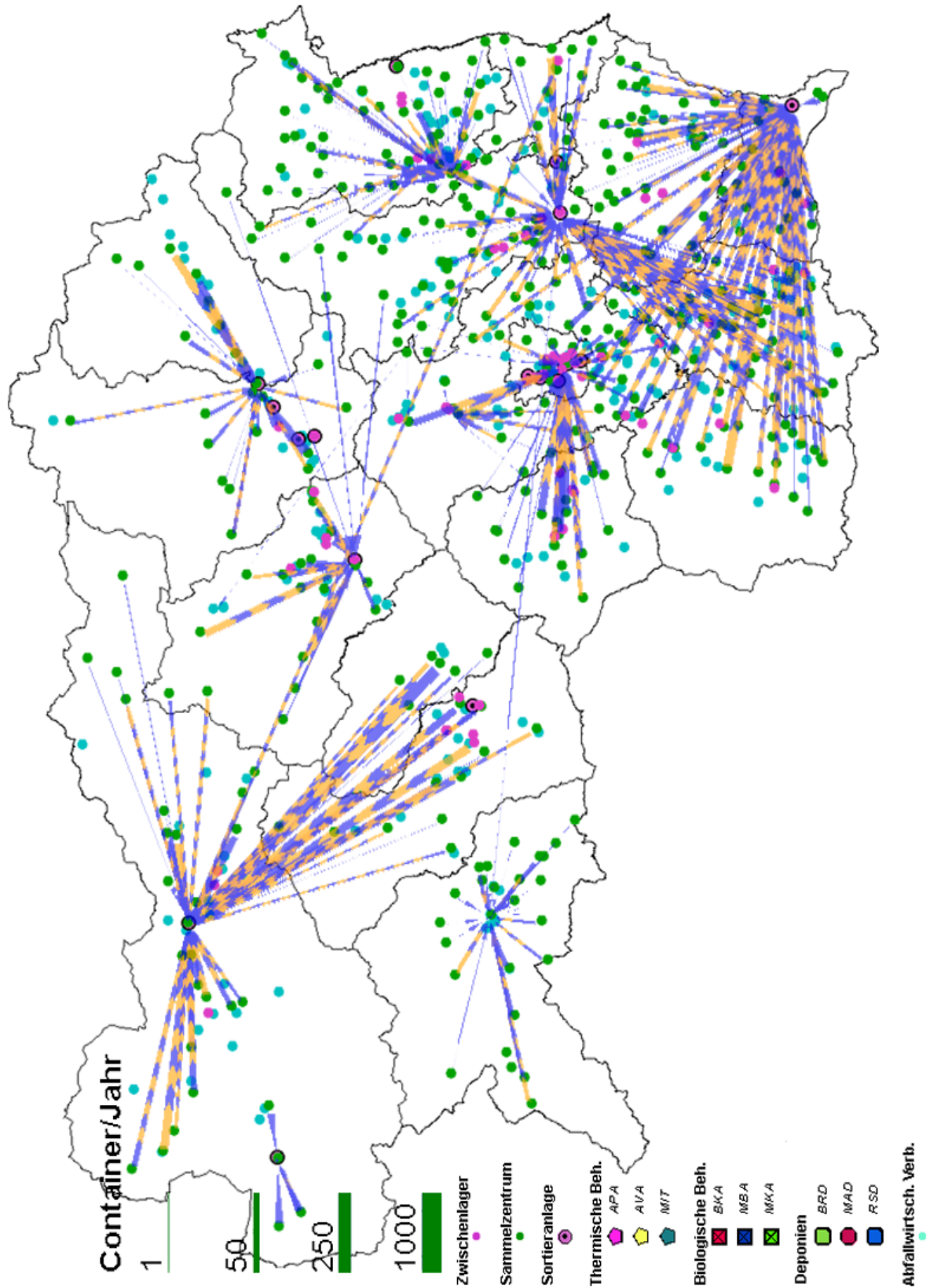


Abbildung 8: Unsortierter Restmüll aus den Abfallwirtschaftsverbänden

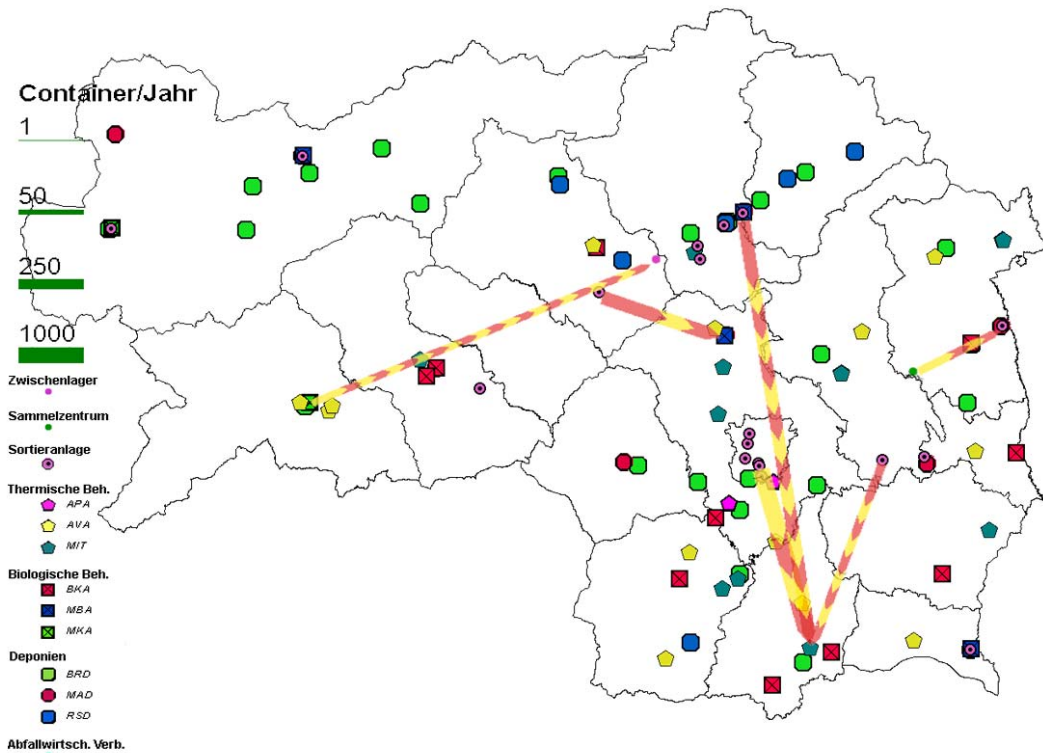


Abbildung 9: Die Grob- bzw. Leichtfraktion

Die Grob- bzw. Leichtfraktion hat einen hohen Anteil an brennbarem Material und wird daher zu einem nicht unwesentlichen Teil thermisch behandelt. Der Großteil davon stammt aus Sortieranlagen.

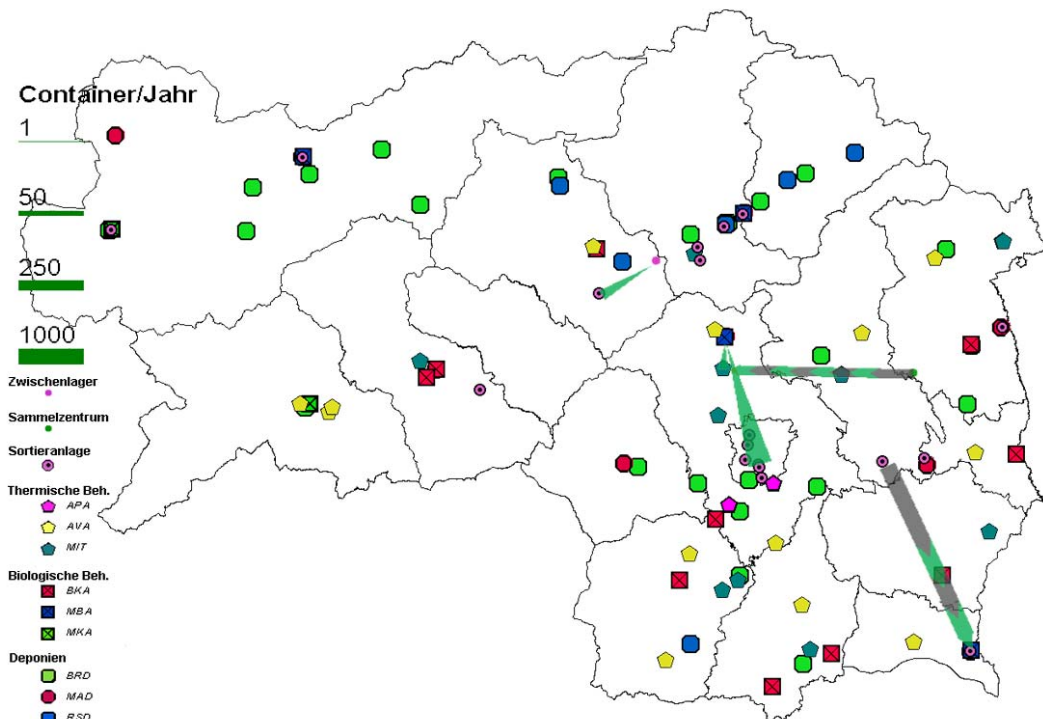


Abbildung 10: Fein- bzw. Schwerfraktion

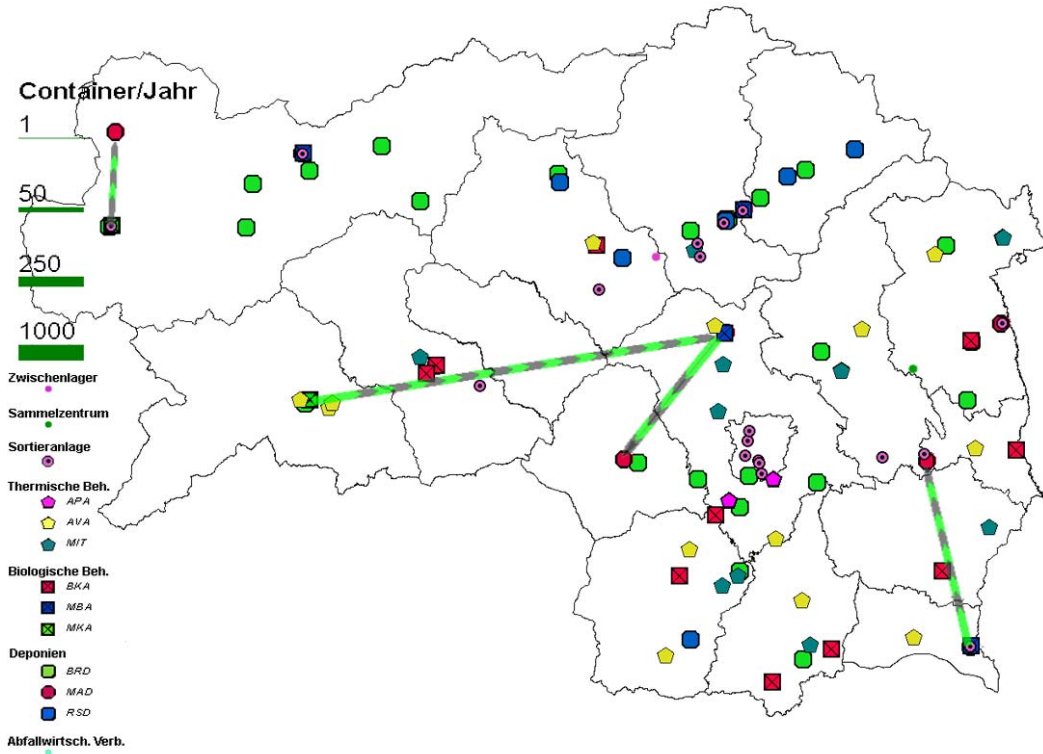


Abbildung 11: Deponiefähiges Rotteprodukt

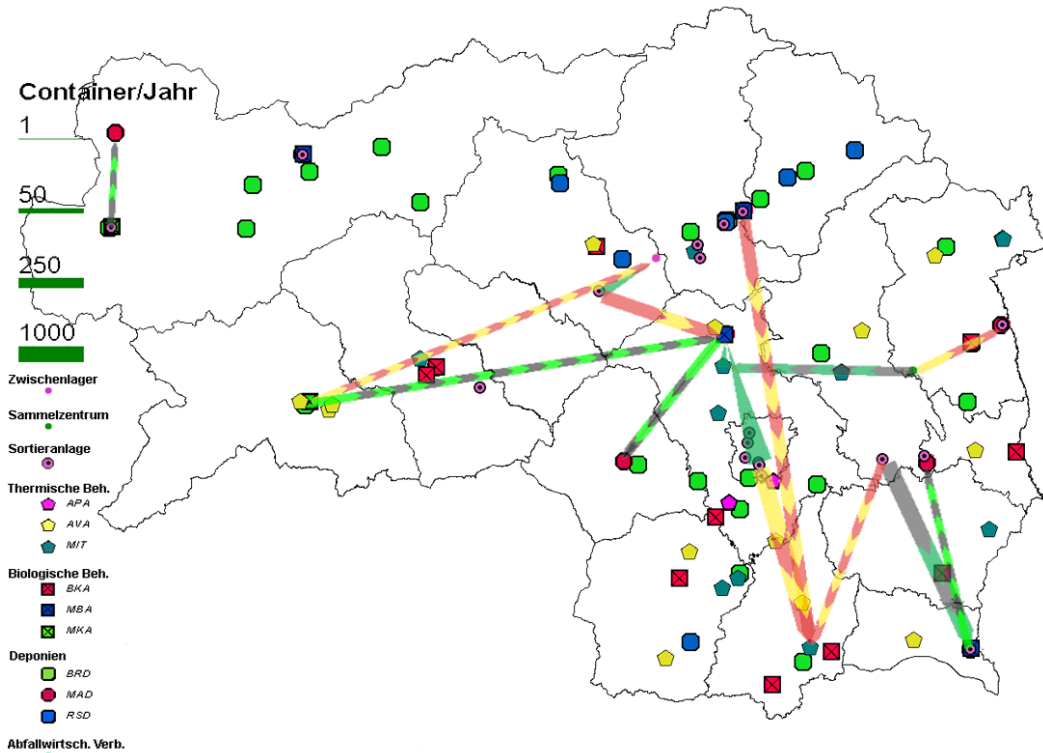


Abbildung 12: Deponiefähiges Rotteprodukt sowie Grob- und Feinfraktion

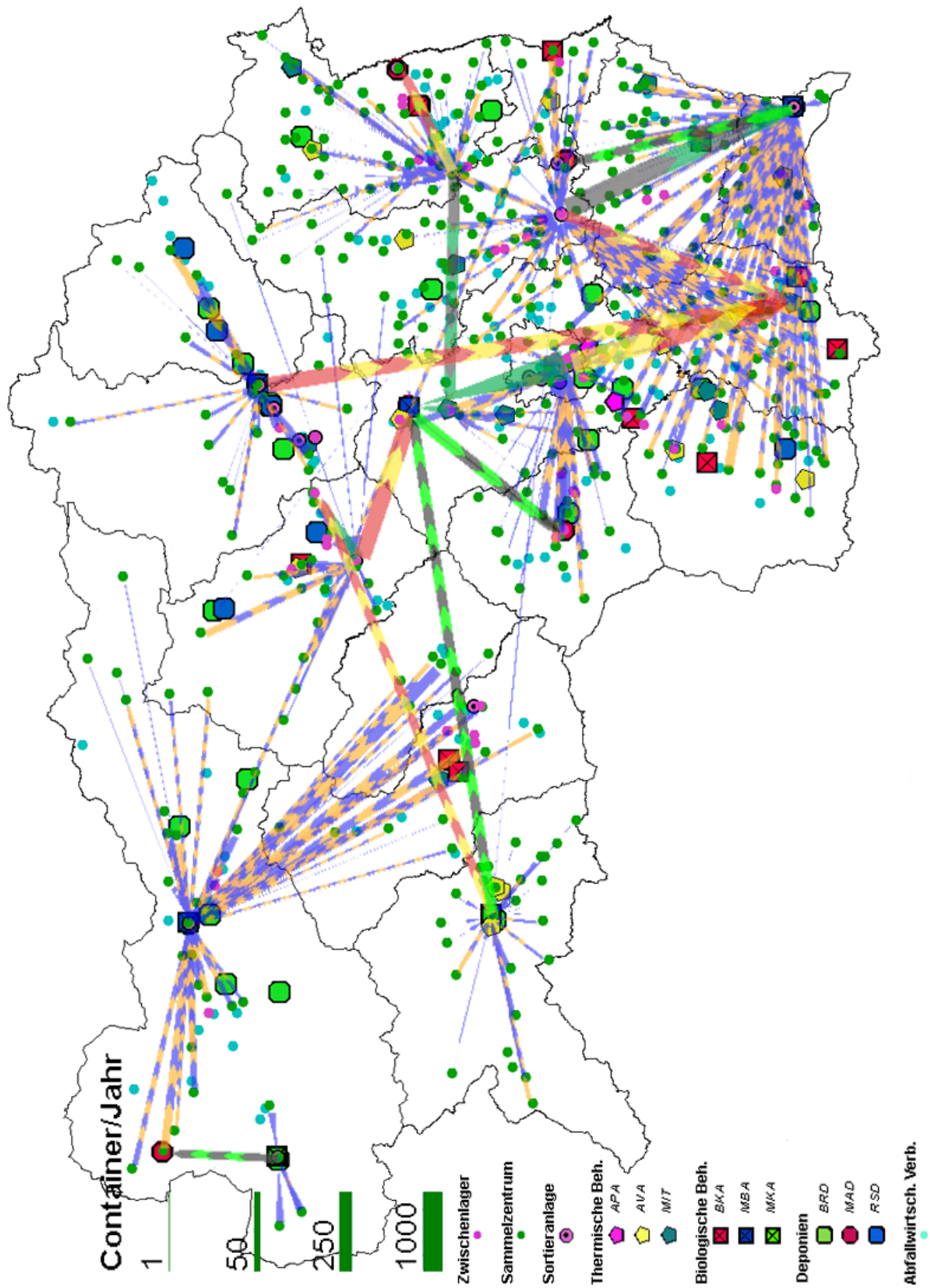


Abbildung 13: Alle Abfallströme in einem Bild

5.3 Die Verkehrsbelastung

Wie schon in Kapitel 5.2 erwähnt, ist das Verkehrsaufkommen aus den bisher gezeigten Graphiken nicht abzulesen, da diese nur Mengen und Luftlinien darstellen. Um einen Eindruck der durch die Müllströme entstehenden Verkehrsbelastung zu bekommen, werden nun die Distanzen auf der Straße einbezogen.

5.3.1 Visualisierung der Verkehrsbelastung

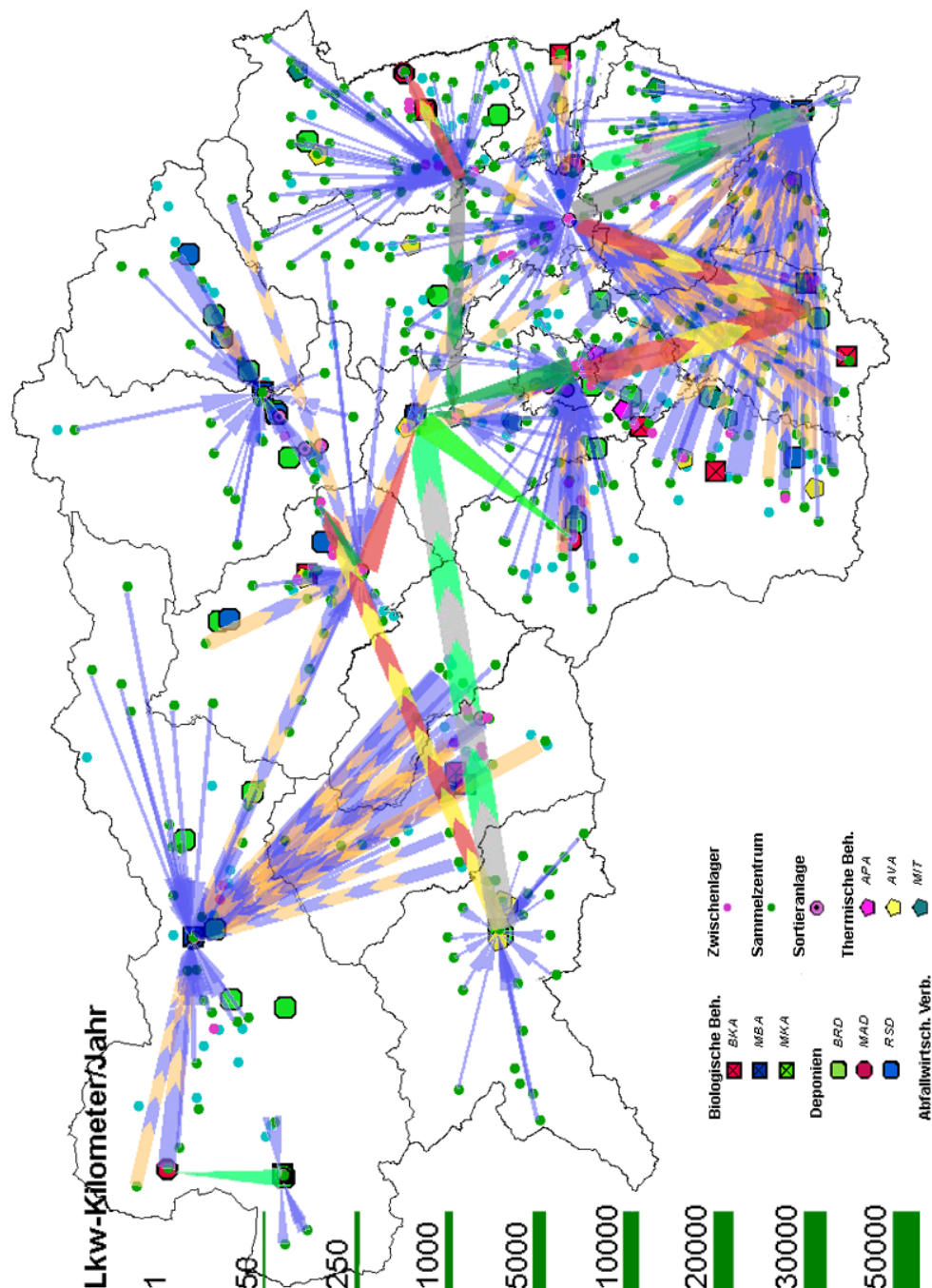


Abbildung 14: Alle Fraktionen in LKW-Zug-Kilometern

Die Visualisierung erfolgt mit derselben Software, nur fließen statt der Menge in Containern die Tonnenkilometer aus den GIS-Kalkulationen, dividiert durch $2 \times 9,8$

Tonnen, als Datengrundlage ein. Die Verkehrsmenge wird somit in LKW-Zug-Kilometern angegeben. Ein LKW-Zug entspricht zwei Containern Müll mit jeweils 9,8 Tonnen Inhalt.

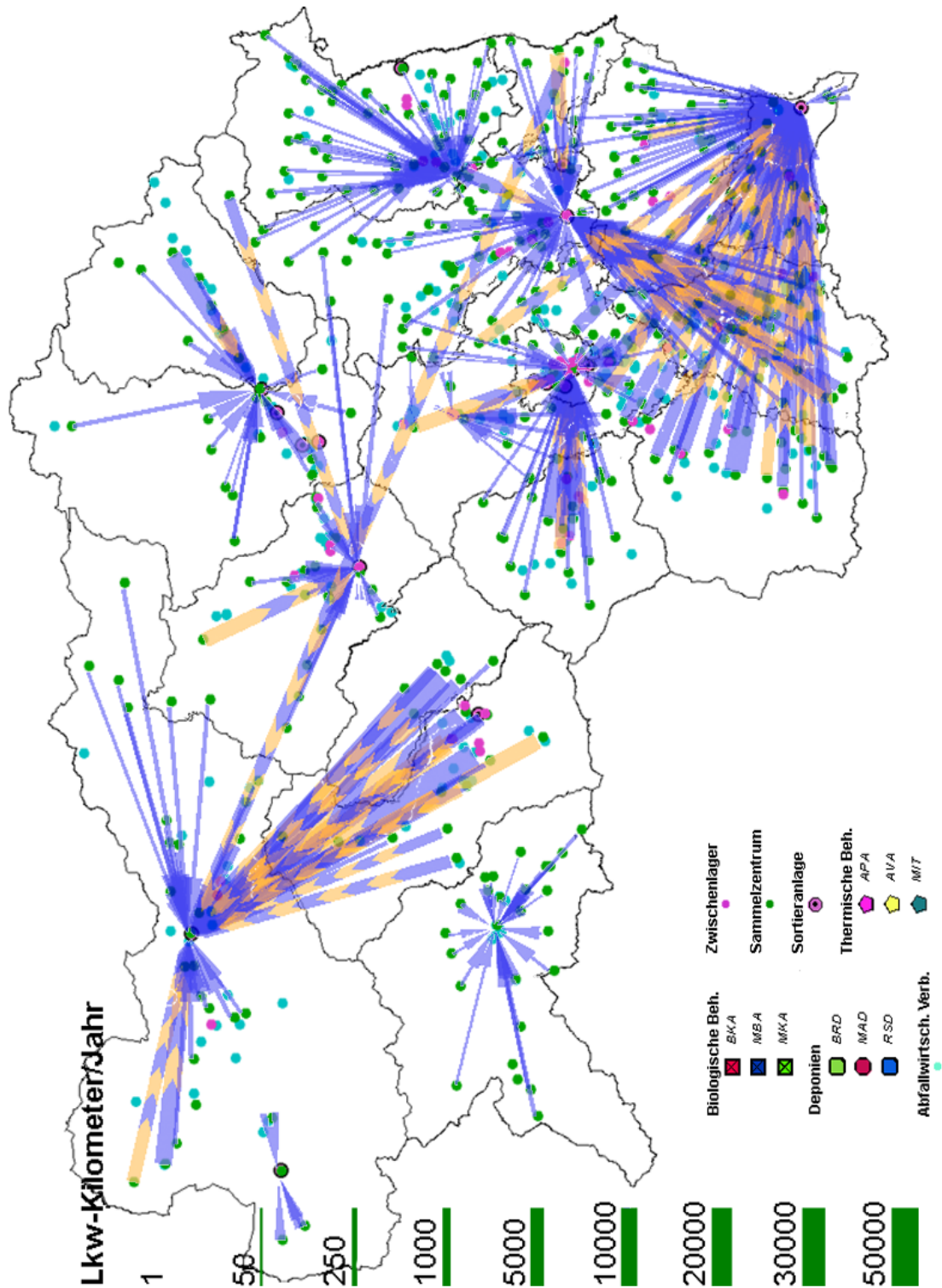


Abbildung 15: Der unsortierte Restmüll in LKW-Zug-Kilometern

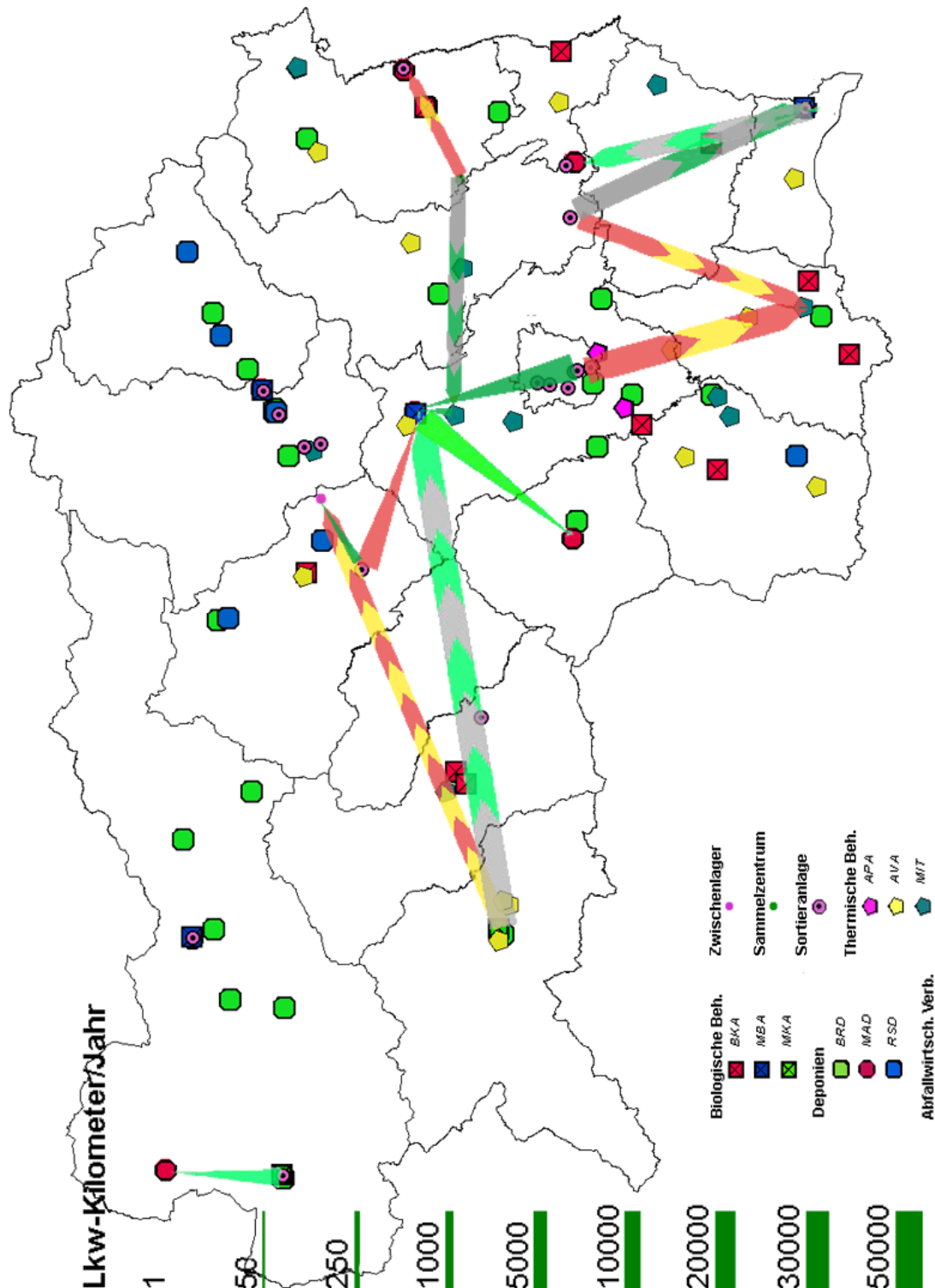


Abbildung 16: Rotteprodukt sowie Grob- und Feinfraktion in LKW-Zug-Kilometern

6 Die Kostenrechnung für die LKW-Züge

6.1 Die Methode

Zur Berechnung der Kosten von Logistikketten verfügt die FH-JOANNEUM/FZT über eine für diesen Zweck entwickelte Software mit einer graphischen Oberfläche. Das Programm entnimmt einer Access-Datenbank Maschinendaten (bei einem LKW

beispielsweise das höchstzulässige Gesamtgewicht, das Eigengewicht, die Anschaffungskosten etc.) und Gleichungen. Diese werden dann automatisch in ein komfortables Rechenprogramm umgewandelt:

Abbildung 17: Das Kostenrechnungsprogramm

Die Abbildung 17 zeigt das Beispiel einer LKW-Kalkulation. Eine Tabelle in der Datenbank enthält die Namen der Tabelle mit den Formeln für die Kalkulation und den zu verwendenden Tabellen mit den Daten des eingesetzten Equipments (siehe Abbildung 18). Die Tabelle enthält neben den Namen der verwendeten Tabelle auch die Information, wie das Pop-Up-Menü beschriftet werden soll (z.B. mit „Sattelaufleger“ und welchen Namen jene Variablen in den Formeln der Kalkulation haben, die Nummer des ausgewählten Gerätes angeben (z.B. „a“ oder „z“).

ID	Name	Formeltabelle	NameEqTab1	NameEqTab2	IndEqTab1	IndEqTab2	Equipmenttabelle1	Equipmenttabelle2
1	Lastwagenzug	LkwZug	Lkw	Lkw-Anhänger	z	a	LkwTab	AnhTab
2	Sattelzug	SatZug	Sattelschlepper	Sattelaufleger	z	a	SatTab	AufTab

Abbildung 18: Die Daten für die Kalkulation

Im Pop-Up-Menü links oben in Abbildung 17 wählt man den Namen der Kalkulation, darunter stehen in weiteren Menüs verschiedene Fahrzeuge bzw. Gerätschaften zur Auswahl.

Bis zu sechs Inputvariablen (z.B. die Fahrleistung oder der Treibstoffpreis) können verwendet werden, um die gewünschten Szenarien zu kalkulieren. Sollten andere

Inputvariablen als die angegebenen gewünscht werden, lassen sich diese im Fenster rechts oben auswählen. Dort sind auch die verwendeten Parameter einsehbar. Parameter unterscheiden sich in dieser Software von den Variablen dadurch, dass sie nicht änderbar sind – sie sollen für fix vorgegebene Daten wie etwa Steuersätze oder Gewichtsobergrenzen oder kalkulationstechnisch notwendige Werte verwendet werden. Variablen dagegen sind jene Größen, die der Unternehmer anpassen kann oder die sich häufig ändern (z.B. der Treibstoffpreis). Des Weiteren ist es möglich, Ja/Nein- bzw. Entweder/Oder-Entscheidungen als Checkbox (z.B. „Kombiverkehr“) oder zwei Radiobuttons (z.B. „Werks- oder Gewerbeverkehr“) in die Oberfläche zu integrieren.

Rechts unten ist es möglich bis zu sechs Ergebnisse auszugeben. Welche der Formeln ihre Ergebnisse ausgeben sollen, wird in der Formeltabelle bestimmt:

Vari	Was	Woher	Wert	GUI
PAusl	Auslastung des Personals	Variable	0.9	0
BnK	Betriebsnotwendiges Kapital	Formel	(AKL+AKA+TP)/2	0
Brl	Bruttolohn	Variable	1676.52	I
EZ	Durchschn. Einsatzzeit	Variable	240	0
KmJ	Durchschn. Fahrleistung pro Jahr	Variable	100000	I
TmJ	Durchschn. Transportmenge/Jahr	Variable	1000000	0
FZ	Fahreranzahl	Variable	1	I
AfA	Fixe AfA	Formel	(AKL*(1+TPr)*NDL(z))/NDL(z)*(1-LAw(z)) + (AKA*(1+TPr)*NDA(a))/NDA(a)*(1-AAw(a))	0
Kpers	Fixe Fahrpersonalkosten	Formel	(Brl+Brl*LnS)*FZ*GhZ*(1-PAusl)	E
GhZ	Gehälteranz.	Variable	12	I
KKm	Gesamt Kilometerpreis in €/km	Formel	Kv+KfK	E
GKS	Grenzwert Kfz-Steuer in to	Para	18	0
GKS2	Grenzwert2 Kfz-Steuer in to	Para	12	0

Abbildung 19: Ein Auszug aus der Formeltabelle

Die Abbildung 19 zeigt einige Zeilen aus der Formeltabelle. Die Spalte „Vari“ enthält den Namen der Inputvariable, des Parameters oder des Ergebnisses der Formel. In der Spalte „Was“ befindet sich die Information, was hier ausgerechnet werden soll, beziehungsweise definiert wird. In „Woher“ wird angegeben, woher der Wert kommt – als Parameter, Variable oder Ergebnis einer Formel. In „Wert“ stehen die Zahlen¹⁵ oder die Formeln. Die Spalte „GUI“ dient dazu, der graphischen Oberfläche¹⁶ mitzuteilen, ob die Variable auf ihr als Inputvariable oder Ergebnis aufscheinen soll. Im ersteren Fall steht darin ein „I“ im letzteren ein „E“. Für Checkboxen und Radiobuttons wird ein „C“ beziehungsweise „R“ eingetragen, alle anderen Zeilen bekommen eine Null.

Beispiel: Betrachten wir die neunte Zeile in Abbildung 19. Die fixen Fahrpersonalkosten „Kpers“ errechnen sich wie folgt:

¹⁵ Hier ist es nötig, Kommastellen wie international üblich als Punkt zu schreiben, in den Equipmenttabellen dagegen verwendet man den im deutschsprachigen Raum üblichen Beistrich.

¹⁶ Auf Englisch heißt eine graphische Oberfläche „graphical user interface“ oder kurz „GUI“.

$Kpers = BrL + BrL \times LnS \times FZ \times GhZ \times (1 - PAusl)$. Dabei steht BrL für den Bruttolohn (siehe dritte Zeile), LnS für den Lohnnebenkostensatz, FZ für die Anzahl der Fahrer, GhZ für die Anzahl der Monatsgehälter und PAusl für die Auslastung des Personals¹⁷. BrL ist mit einem „I“ in der GUI-Spalte zur Inputvariable bestimmt, Kpers mit einem „E“ als Ergebnis vorgesehen. In Abbildung 17 kann man den Bruttolohn bei den Inputvariablen sehen, die fixen Personalkosten bei den Ergebnissen.

In der achten Zeile sieht man Variablen mit einem Index, etwa „LAv(z)“ oder „Avv(a)“. Hierbei handelt es sich um Werte die aus Equipmenttabellen entnommen wurden. Die Abbildung 20 zeigt eine solche Tabelle zur Bereitstellung technischer Daten.

ID	LKW	KsvVW	sKvL	SsKLG	SsKlW	LAv	NDL
1	MERCEDES ACTROS 2540LL	32,5	0	0,0049	0,0052	0,9	11
2	MAN TG 410 A FNLLW	34	0	0,0049	0,0051	0,85	11
3	Scania R164 LB 6 x 2 480	33,5	0	0,005	0,0054	0,85	11
4	MERCEDES ACTROS 2548 LL	34,5	0	0,005	0,0054	0,9	11

Abbildung 20: Die Equipmenttabelle für die LKWs

Der Benutzer bestimmt durch die Wahl des LKWs in der graphischen Oberfläche den Wert von „z“. Die Software setzt dann in der Formel für die Fixe Abschreibung für Abnutzung („AfA“) in Abbildung 19 den z-ten Eintrag aus der Spalte LAv (Anteil der variablen Abnutzung des LKWs) in Abbildung 20 ein.

Es ist egal, in welcher Reihenfolge in der Formeltabelle die Variablen definiert werden, sofern alle in den Formeln verwendeten Variablen definiert sind und keine Divisionen durch Null vorkommen, ist die Software in der Lage, die Kalkulation durchzuführen. Die Vorteile des Programms gegenüber herkömmlichen Excel-Programmen sind:

Die graphische Oberfläche wird automatisch erstellt.

Formeln, Variablen und Parameter werden automatisch verknüpft. Die Reihenfolge ist egal.

Alle Werte und Formeln stehen nebst ihrer Bezeichnung übersichtlich in einer Tabelle.

Vorhandene Tabellen mit technischen Daten können leicht in die Access-Datenbank integriert werden. Neue Maschinen müssen als neuer Datensatz eingefügt werden.

Erweiterungen einer Kalkulation erfolgen durch einfaches Hinzufügen weiterer Zeilen.

¹⁷ Fixe Personalkosten sind nur jene, in denen das Personal nicht mit Fahren ausgelastet ist.

Neue Kalkulationen werden durch einen neuen Eintrag in der Tabelle „Kalkulationen“ erstellt. Vorhandene Equipmenttabellen können verwendet werden, gegebenenfalls sind neue hinzuzufügen. Anschließend ist nur noch die Formeltabelle zu schreiben.

6.2 Die Kostenrechnung in WasteNet

Die im Kapitel 6.1 beschriebene Software wurde verwendet, die kilometer- und zeitabhängigen Kosten der LKW-Fahrten für die GIS-Kalkulation zu berechnen. In die kilometerabhängigen Kosten wurden hauptsächlich Erfahrungswerte und technische Daten aus den „lastauto omnibus-Katalogen“¹⁸ von 2003 -2005 verwendet. Die Kalkulation geht stark ins Detail, es wurden Anhänger und Zugmaschine bzw. LKW einzeln kalkuliert und bei jedem verwendeten Modell individuelle Daten verwendet. Die Modelle unterscheiden sich speziell durch die Anschaffungskosten, die geschätzte Nutzungsdauer¹⁹, den Verbrauch an Treibstoff, Reifen, und diversen Hilfsstoffen sowie den Wartungskosten. Andere Kosten wie Steuern, Versicherung und Garagenkosten sind entweder gewichtsabhängig oder für alle Fahrzeuge einheitlich. Die Kosten des Personals werden mit dem Kollektivlohn kalkuliert. Wir haben 12 Monatgehälter + Lohnnebenkosten von 100 %²⁰ angenommen.

Weitere wichtige Annahmen sind die jährliche Kilometerleistung von 150.000km, ein Gemeinkostenzuschlag von 3 % und die neunzigprozentige Auslastung des Personals mit Fahren.

Für einen LKW-Zug (ohne Container) ergeben sich somit ein Zeitkostensatz von 21 €/Stunde und ein durchschnittlicher Kilometerkostensatz von 67 Cent/km. Letzterer enthält neben den direkt kilometerabhängigen Kosten auch die Fixkosten und die Gemeinkosten. Bei einer angenommenen Durchschnittsgeschwindigkeit 50km/h ergibt sich damit ein Stundenkostensatz von € 54,50²¹ bzw. € 1,09 pro Kilometer²².

¹⁸ lastauto omnibus-Katalog, ETM EuroTransportMedia Verlags- und Veranstaltungs-GmbH

¹⁹ Die Schätzungen erfolgten anhand der Analyse des europäischen Marktes für gebrauchte Nutzfahrzeuge. Es wurde nach einem Zusammenhang zwischen Hersteller, Alter, Kilometerstand und dem Preis der Angebote gesucht. Die daraus gewonnenen Erfahrungen werden in der Kalkulation verwendet. In Anbetracht von durchaus üblichen 10-12 Jahren Nutzungsdauer besteht allerdings durchaus die Möglichkeit einer gewissen Qualitätssteigerung oder –senkung bei der Haltbarkeit der Geräte.

²⁰ Darin sind das 13. und 14. Monatsgehalt inkludiert.

²¹ 50km*67Cent = €33,50.- zuzüglich €21.- für eine Arbeitsstunde des Fahrers

²² Dieses mal inklusive Fahrer.

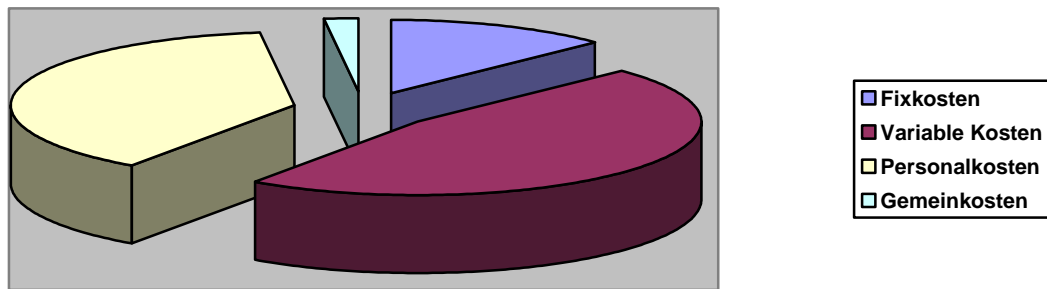


Abbildung 21: Die Kostenaufteilung bei 50km/h Durchschnittsgeschwindigkeit

Dies ist nur ein Rechenbeispiel. Die Kosten im werden im Projekt mit GIS kalkuliert und dort hat jeder Streckenabschnitt eine eigene Durchschnittsgeschwindigkeit. Zusätzliche Kosten wie Mauten und Roadpricing werden ebenfalls im GIS eingebunden und sind in der vorliegenden Kalkulation daher nicht berücksichtigt.

7 Aufbereitung der Daten für die GIS-Bearbeitung

GIS (geografische Informationssysteme) dient zur Analyse von geografischem Datenmaterial und vor allem zur übersichtlichen Darstellung von logischen Zusammenhängen.

Für das Projekt WasteNet gilt das im besonderem.

Im Folgenden wird die Vorgangsweise im Bereich GIS beschrieben.

7.1 *Produktion des Straßennetzes*

Als Basis für die Aufbereitung dient das GIS Straßennetz des Landes Steiermark.

Dieses beinhaltet Höherrangige Strassen wie Autobahnen und Schnellstrassen genauso wie B- und L-Landesstrassen. Teilweise sind im verwendeten Netz vom Land Steiermark auch Wege berücksichtigt, die hierarchisch unter Landesstrassen einzuordnen sind.

Um eine genaue Routenplanung auf Basis des vorhandenen Netzes durchzuführen, bedarf es bestimmter Voraussetzungen in der Aufbereitung des Netzes und genauer bedarfsgerechter Attributierung der einzelnen Wegeabschnitte.

7.1.1 Aufbereitung der Netzkanten

Das vorhandene digitale Netz muss vorerst so bearbeitet werden, dass eine hindurchgehende Routenplanung möglich wird. Das zur Verfügung gestellte Netz bestand aus multiplen Polylinien, die zu einer unzusammenhängenden Routenplanung führen können. Sie wurden dazu allesamt in „normale“ Polylinien umgewandelt. Anschließend wurde das Netz dahingehend bereinigt, dass die Abschnittszahl reduziert wurde. Damit kann die Berechnungszeit verkürzt werden.

Eine zweite Herausforderung bestand darin die hohe Auflösung des bestehenden Netzes zu nutzen.

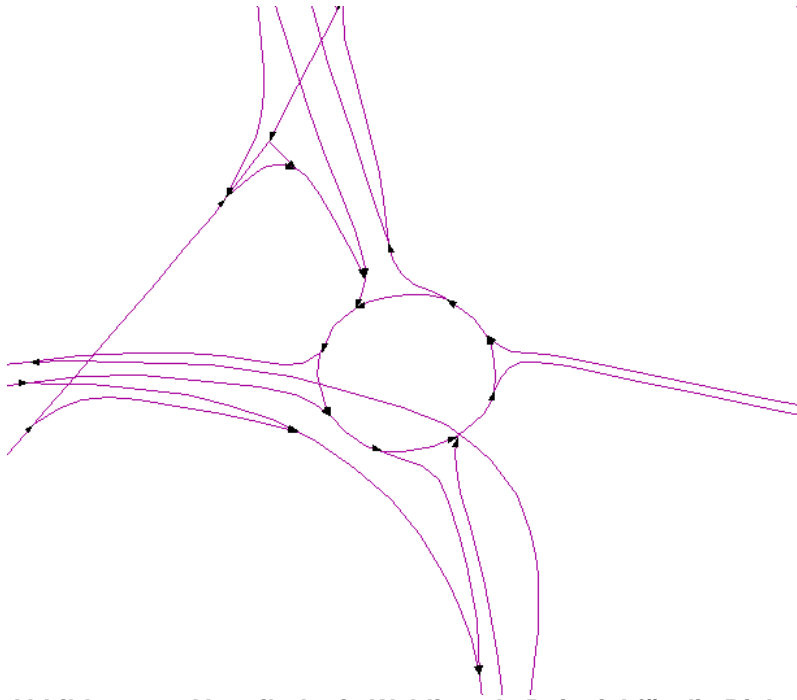


Abbildung 22: Verteilerkreis Webling als Beispiel für die Richtungstrennung von Kanten

Vor allem bei Autobahnen musste die Richtungstrennung der Fahrbahnen berücksichtigt werden, da damit Auf- und Abfahrten nur an bestimmten auch tatsächlich vorhandenen Stellen berücksichtigt werden können.

Gleichzeitig war es notwendig nicht vorhandene Aktualisierungen vorzunehmen. Dabei handelt es sich um fehlende Straßen und Straßenabschnitte, Kreisverkehre oder Auf- und Abfahrten von Autobahnen und Schnellstrassen.

7.1.2 Zuweisung von Kantenattributen

Für eine möglichst realitätsnahe Routenberechnung muss zum einen auf die Struktur der Attributbelegung und zum anderen auf die Attributbelegung selbst geachtet werden.

Den einzelnen Abschnitten wurden Straßenkategorien und dazugehörige Durchschnittsgeschwindigkeiten zugewiesen.

Straßenbezeichnung	Kategorie
Autobahn	A
Schnellstraße	S
B-Landesstraße	B

L-Landesstraße	L
Wege	W
Ortsstraßen	O
Auf- und Abfahrten von Autobahnen und Schnellstraße	E
Kreisverkehr	K
Parkplatz	P

Tabelle 15: Attribute von Straßenabschnitten

Von den zugewiesenen Attributen lassen sich in Folge unter Berücksichtigung der Länge die Fahrtkosten und die Fahrtdauer berechnen.

7.2 Verknüpfung einer Datenbank mit dem GIS-Netz

Um einen raschen Austausch von Daten zu ermöglichen wurden Access-Datenbanken mit dem GIS verknüpft. Man ändert die Grunddaten in einem Accessformular und verarbeitet diese dann direkt im GIS-System.

Attribute	Value
GESCHWA	85
EMG	13,175
GESCHWS	85
EMB	11,17
GESCHWB	40
STKOSTEN	21
GESCHWL	30
VKM	0,67
GESCHWW	20
GESCHWO	25
GESCHWE	55
GESCHWK	5
GESCHWP	1
RP	0,273

Abbildung 23: Geschwindigkeits- und Kostenattribute für das steirische Straßennetz

Die im Access angegebenen Werte sind Durchschnittsgeschwindigkeiten und Kostensätze.

Eine kurze Beschreibung dazu in der folgenden Tabelle.

Bezeichnung	Beschreibung
GESCHWA	Durchschnittsgeschwindigkeit Autobahn in [km/h]
GESCHWS	Durchschnittsgeschwindigkeit Schnellstraße in [km/h]
GESCHWB	Durchschnittsgeschwindigkeit B-Landesstraße in [km/h]
GESCHWL	Durchschnittsgeschwindigkeit L-Landesstraße in [km/h]
GESCHWW	Durchschnittsgeschwindigkeit Wege in [km/h]
GESCHWO	Durchschnittsgeschwindigkeit Ortsstraße (nur für Graz) in [km/h]
GESCHWE	Durchschnittsgeschwindigkeit Auf- und Abfahrten von Autobahnen und Schnellstraßen in [km/h]
GESCHWK	Durchschnittsgeschwindigkeit Kreisverkehr in [km/h]
GESCHWP	Durchschnittsgeschwindigkeit Parkplatz in [km/h]
RP	Roadpricing (Lkw-Maut) für Autobahnen und Schnellstraßen in [€]
EMG	Extramautsatz ²³ für den Gleinalmtunnel in [€]
EMB	Extramautsatz für den Bosrucktunnel in [€]
STKOSTEN	Stundenkosten für den Betrieb eines LKW's in [€]
VKM	Variable Kosten eines Lkw Betriebes pro km in [€/km]

Tabelle 16: Beschreibung der Geschwindigkeits- und Kostenzuweisungen

Die angegebenen Werte lassen sich ändern und werden anschließend im GIS in einem Netzbildungsprozess verarbeitet. Erst danach stehen die geänderten Werte für eine Routenplanung zur Verfügung.

7.3 Der Routenplanungsprozess

In den Routenplanungsvorgang gehen vorhin angegebene Werte ein. Optimiert wird auf minimale Fahrtkosten. Genauso könnten Routen auf minimale Fahrzeit oder die

²³ Extramautsatz: Bei Extramautsätzen wie bei Tunnels werden die Kosten für das „normale“ Roadpricing und der zusätzlich anfallenden Maut getrennt.

kürzeste Fahrtstrecke berechnet werden. Gleichzeitig werden die anderen Werte als Zusätzliche Information ausgegeben.

Ist also eine Route auf minimale Kosten optimiert worden so werden die dazugehörigen Werte Fahrzeit, Roadpricing Kosten und Weglänge angegeben.

7.4 Durchführung der Routenberechnungen

Für das Projekt wurden zwei verschiedene Straßennetze berücksichtigt. Einmal nur das steirische Straßennetz und andererseits das österreichische Straßennetz, wobei dieses nicht sehr dicht geflochten ist.

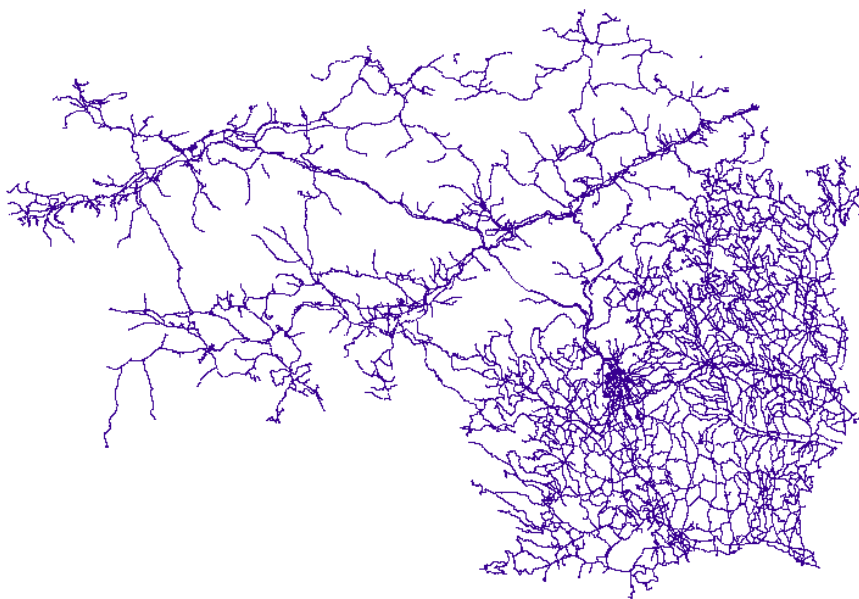


Abbildung 24: Das steirische Straßennetz

Das steirische Straßennetz beinhaltet teilweise auch Straßen, die in der Hierarchie unterhalb der L-Landesstraßen angesiedelt sind. Aufgrund oftmals sehr abgelegener Abfallwirtschaftsanlagen ist das eine Voraussetzung für realitätsnahe Routenberechnungen.

Das österreichische Straßennetz beinhaltet Autobahnen, Schnellstraßen und B-Landesstraßen. Aufgrund der großen Entfernungen zu Zielen außerhalb der Steiermark ist ein genaueres Straßennetz nicht notwendig.

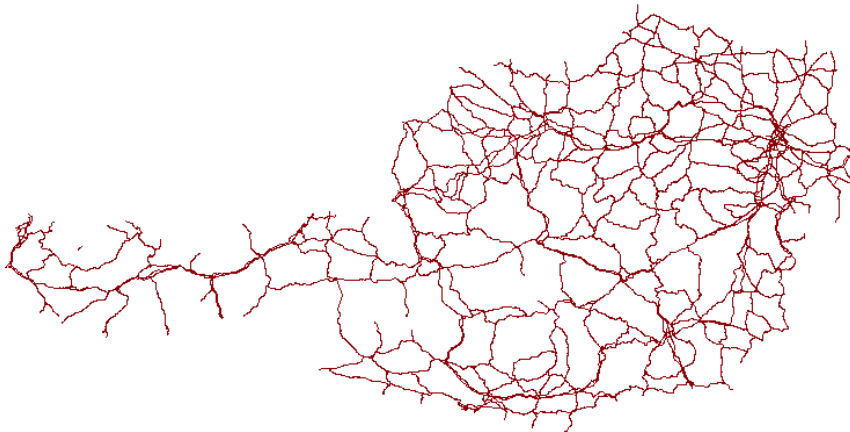


Abbildung 25: Österreichisches Straßennetz

Die Attributzuweisung erfolgt extra für jedes Netz. Die Tabelle für das steirische Straßennetz wurde bereits in Abbildung 23 dargestellt.

Anschließend noch das Access Attributformular für das österreichische Straßennetz. Es beinhaltet mehr Extramautangaben wie z.B. für den Tauerntunnel (EMT) oder die Brennerautobahn (EMBR).

Kosten1			
GESCHWA	85	EMB	11,17
GESCHWS	85	EMT	15,769
GESCHWB	40	EMK	16,17
GESCHWL	30	EMBR	39,845
GESCHWW	20	EMA	23,532
GESCHWE	55	STKOSTEN	21
GESCHWK	5	VKM	0,67
GESCHWP	1		
RP	0,273		
EMG	13,175		

Datensatz: 1 von 1

Abbildung 26: Geschwindigkeits- und Kostenattribute für das österreichische Straßennetz

Die Routenberechnung kann nun für jede einzelne Route durchgeführt werden. Die Ausgabe kann für jede einzelne Route erfolgen wobei der Weg genau nachgezeichnet wird. Für dieses Projekt wurde die Darstellung in einer „Origin-Destination“ Matrix gewählt, die als grafische Ausgabe eine Verbindungslinie zwischen Quell- und Zielpunkt ausgibt. Die Werte der einzelnen Routen werden in

einer Tabelle (Matrize) angegeben. Im Anschluss ein Auszug aus der Fahrtentabelle für steiermarkinterne Verkehre.

Name	VON	NACH	Kosten [€]	Roadpricing [€]	Weglänge [m]	Fahrzeit [Min]	TONNEN [to]	FRAKTION
6010119 - 6010119	6010119	6010119	0,00	0,00	0	0,00	747,750	1
6010119 - 6061001	6010119	6061001	40,46	5,71	35878	44,96	31523,540	3
6010119 - 6102901	6010119	6102901	47,09	9,98	45407	37,29	11125,300	2
6010130 - 6010119	6010130	6010119	0,00	0,00	0	0,00	42712,000	1
6020203 - 6130108	6020203	6130108	25,64	0,00	21119	41,29	155,100	1
6020302 - 6130108	6020302	6130108	25,76	0,00	18277	45,94	101,700	1
6020409 - 6130108	6020409	6130108	18,01	2,25	16015	20,77	1913,000	1
6020503 - 6130108	6020503	6130108	30,45	0,00	25697	48,08	50,300	1
6020703 - 6130108	6020703	6130108	49,30	0,00	43972	74,26	147,500	1
6020910 - 6130108	6020910	6130108	11,78	0,00	8835	20,27	3141,200	1

Tabelle 17: Auszug aus der Fahrtenbeziehungstabelle innerhalb der Steiermark

Siehe dazu auch Abbildung 27. Die siebenstelligen Zahlenangaben in der Spalte „Name“, welche die Transportbeziehungen angeben und in den Spalten „VON“ und „NACH“ entsprechen Anlagennummern. Die gesamte Fahrbeziehungsmatrize ist im Anhang zu finden.

Für Müllverkehre zu Destinationen, die außerhalb der Steiermark liegen lässt sich hier die gesamte Tabelle angeben. Die grafische Darstellung findet sich unter Abbildung 28.

Name	VON	NACH	Kosten [€]	Roadpricing [€]	Weglänge [m]	Fahrzeit [Min]	TONNEN	FRAKTION
6010119 - 4171301	6010119	4171301	250,56	45,70	225567	243,73	11125,3	2
6120201 - 4171301	6120201	4171301	127,02	0,00	120397	180,60	296,27	2
6120202 - 4171301	6120202	4171301	127,02	0,00	120397	180,60	1496,07	2
6122309 - 4171301	6122309	4171301	123,11	18,95	106406	136,46	9621,61	2
6150603 - 3214101	6150603	3214101	247,93	19,42	235341	296,52	5895,69	3

Tabelle 18: Fahrtenbeziehungstabelle für Fahrten, die aus der Steiermark in andere Bundesländer führen

Auf Basis dieser Fahrbeziehungsmatrizen lassen sich Analysen durchführen.

Müllverkehre österreichweit mit Steiermarkbezug

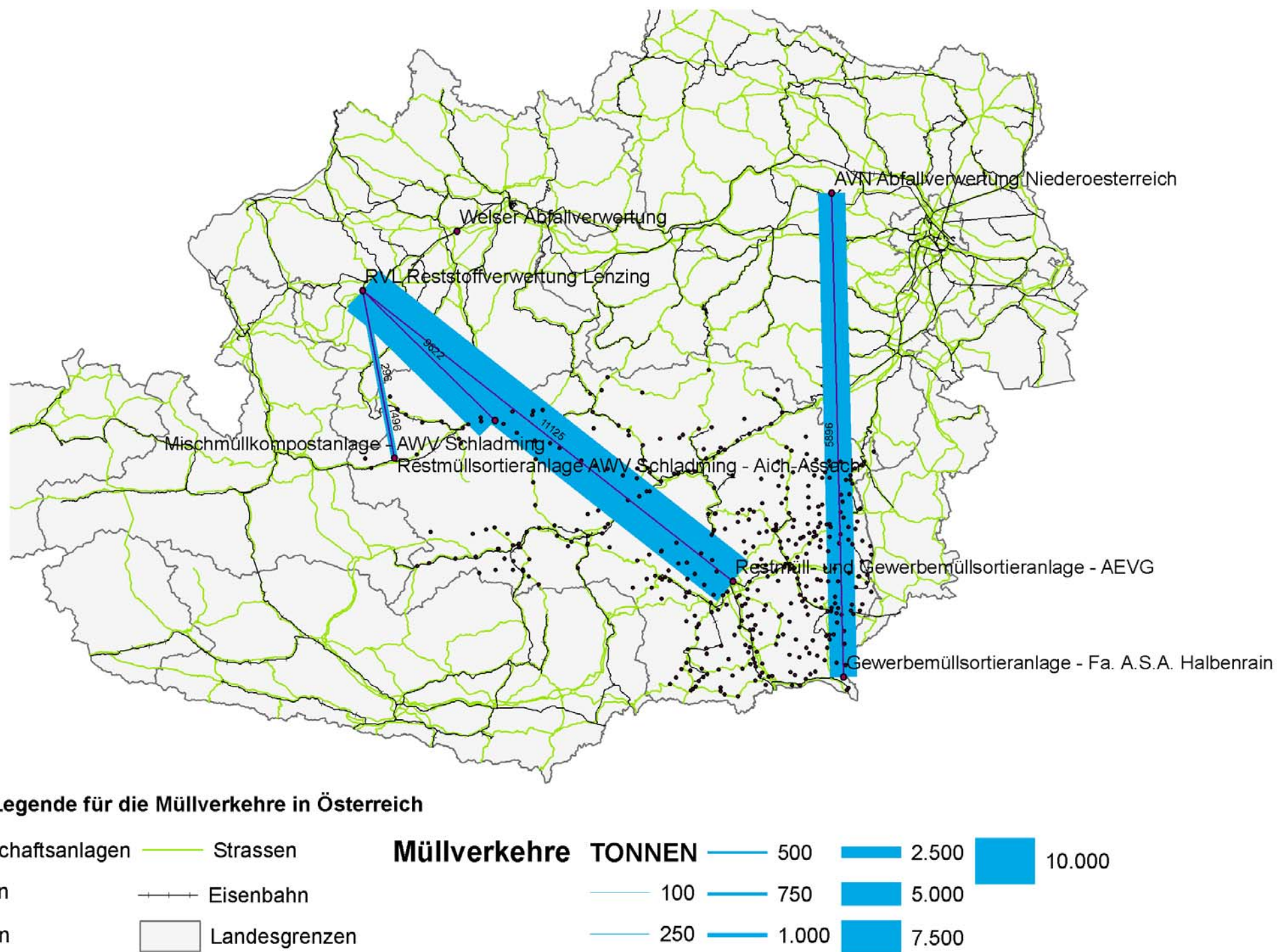


Abbildung 28: Grafische Ausgabe der Transportbeziehungen aus der Steiermark in andere österreichische Bundesländer mit Angabe von Mengen in Tonnen

7.5 Analyse der Fahrbeziehungen

Auf Basis der vorhin beschriebenen Grundlagen und der erarbeiteten Mengengrundlage lassen sich die Verkehrsvorgänge analysieren.

Um eine statistische Aussagekraft vor allem in Hinblick auf die Transportbeziehungen zu bekommen wird eine Klasseneinteilung nach Entfernung der Destinationen vorgenommen. Insgesamt gibt es Steiermark intern 433 Destinationen bzw. Transportbeziehungen. Davon leitet sich die Klassenanzahl nach folgender Formel ab.

$$k \approx \sqrt{n}$$

k..... Klassenanzahl

n..... Größe der Grundgesamtheit

Demzufolge: $n=433$ und $k \approx \sqrt{433} \approx 21$

Die Spannweite der Stichprobe umfasst den Bereich vom minimalen zum maximalen Wert.

$$R_n = x_{\max} - x_{\min}$$

R_n Spannweite

x_{\max} ... Maximalwert

x_{\min} ... Minimalwert

$$R_n = 214932km - 0km = 214932km$$

$$w \approx \frac{R_n}{k}$$

w..... Klassenbreite

$$w \approx \frac{214932km}{21} \approx 10234km$$

7.5.1 Verteilung der gefahrenen Kilometer bzw. Meter in der Steiermark

Die Betrachtungen beziehen sich ausschließlich auf die Steiermark. Das bedeutet, dass auch keine Verkehre, die nur ihre Quelle oder nur ihr Ziel in der Steiermark haben beinhaltet sind. In der Statistik werden nur Destinationen bzw.

Verkehrsbeziehungen angegeben und keine Anzahl der Fahrten. (Folgt im nächsten Kapitel)

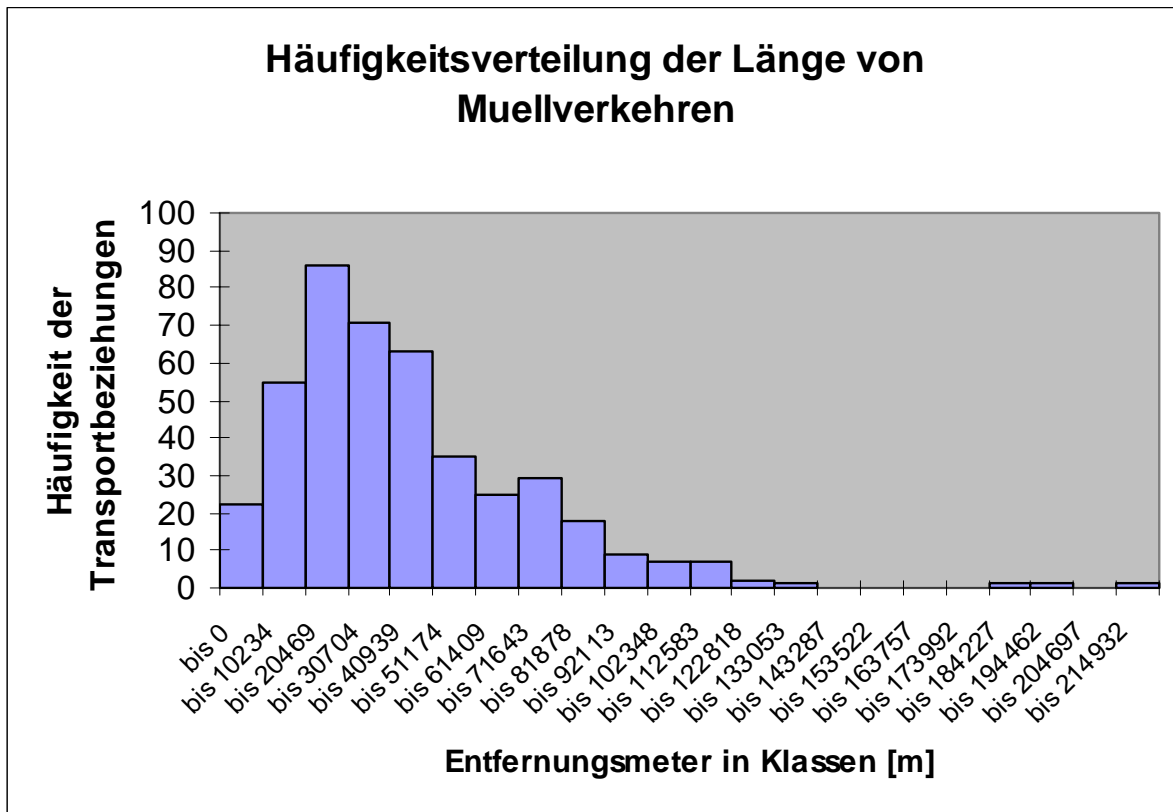


Abbildung 29: Absolute Häufigkeit der kalkulierten Fahrkilometer von Transportbeziehungen in der Steiermark

Abbildung 29 zeigt, dass die Anzahl von Destinationen mit der Entfernung abnimmt. Obiges Histogramm zeigt aber auch, dass in der Klasse zwischen ca. 20 km und 30 km die häufigsten Verbindungen existieren. Im unmittelbar lokalen Bereich zwischen 0 und 20 km ist der Anteil ein relativ geringer.

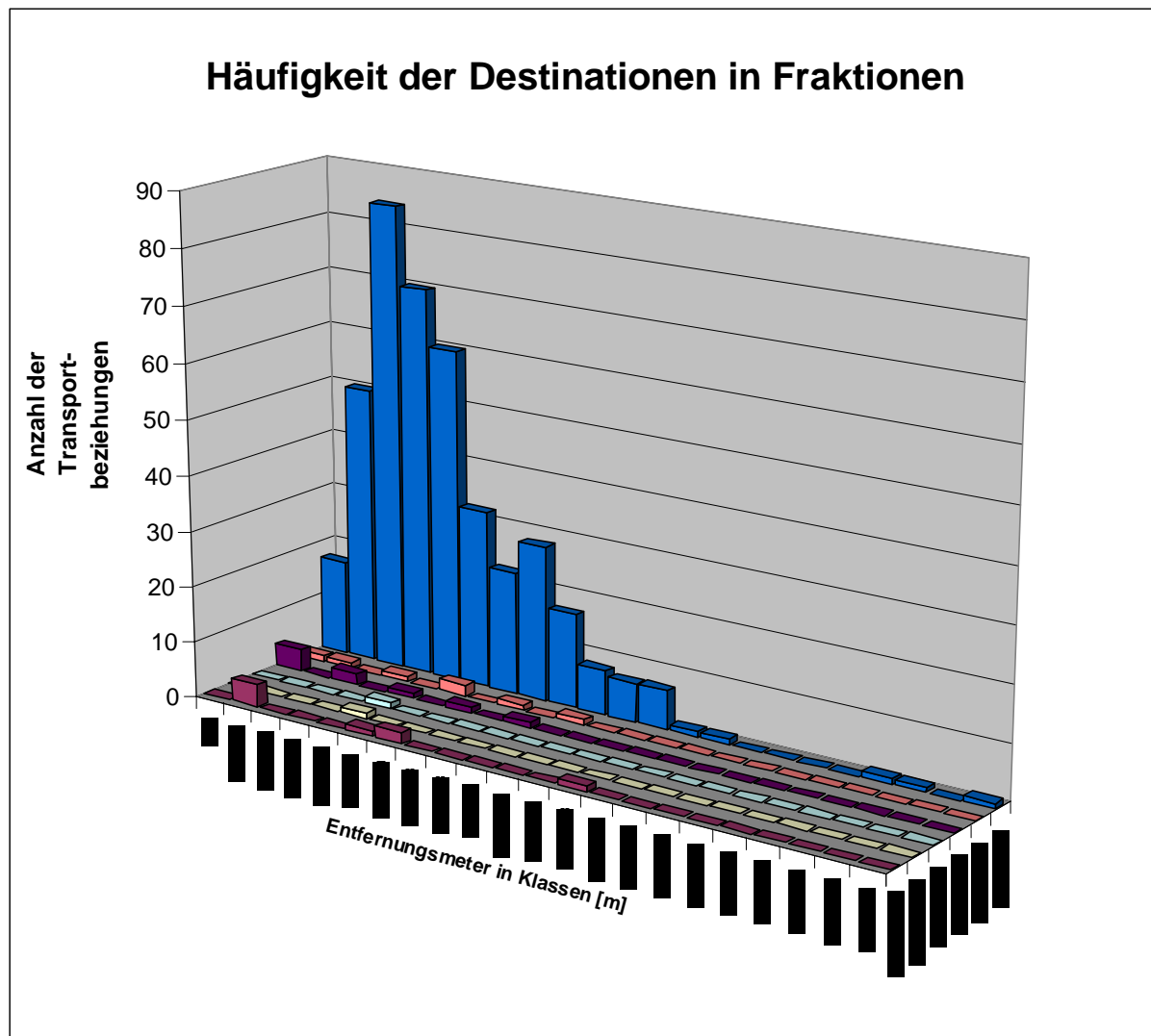


Abbildung 30: Absolute Häufigkeit der kalkulierten Fahrkilometer von Transportbeziehungen in der Steiermark nach Fraktionen

Wie in Abbildung 30 erkennbar entfällt der Großteil der Destinationen (Beziehungen von A nach B) auf die Fraktion 1, auch was höhere Kilometerklassen betrifft.

7.5.2 Anzahl der Fahrten nach Entfernung

Vorherige Grafiken hatten keinen Bezug auf die Lkw Fahrten. In der nächsten Darstellung wird die Anzahl der Lkw-Fahrten (2 vollbeladene Container auf einem Lkw-Zug) auf die pro Fahrt zurückgelegten m bezogen.

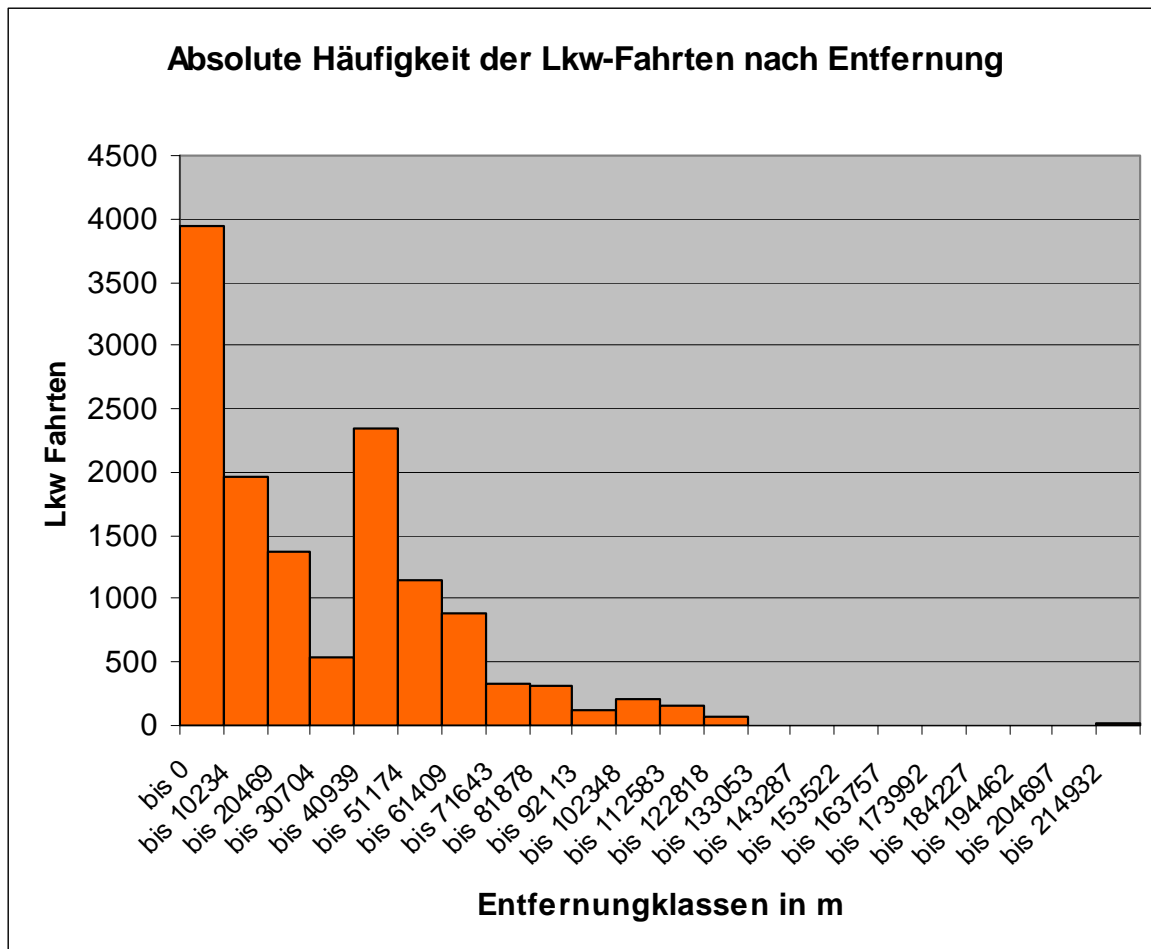


Abbildung 31: Absolute Häufigkeit der Lkw-Fahrten je Entfernungsklasse

Gut erkennbar ist, dass es zwei „Peaks“ gibt aber insgesamt die Anzahl der Fahrten über die Entfernung abnimmt.

Anschließend die Analyse mit Fraktionen.

Klassen in [m]	Fraktion 1	Fraktion 2	Fraktion 3	Fraktion 5	Fraktion 10	Fraktion 12
bis 0	2362	463	1126			
bis 10235	903	27				1038
bis 20470	1096		270			
bis 30705	472	72				
bis 40939	707		1608	8	22	
bis 51174	212	884				59
bis 61409	181		543			155
bis 71644	234	89				
bis 81879	207		113			
bis 92114	67	55				
bis 102349	202					
bis 112583	160					
bis 122818	5					73
bis 133053	8					
bis 143287						

bis 153522	
bis 163757	
bis 173992	
bis 184227	7
bis 194462	4
bis 204697	
bis 214932	10

Tabelle 19: Anzahl der Lkw-Fahrten nach Entfernungsklassen

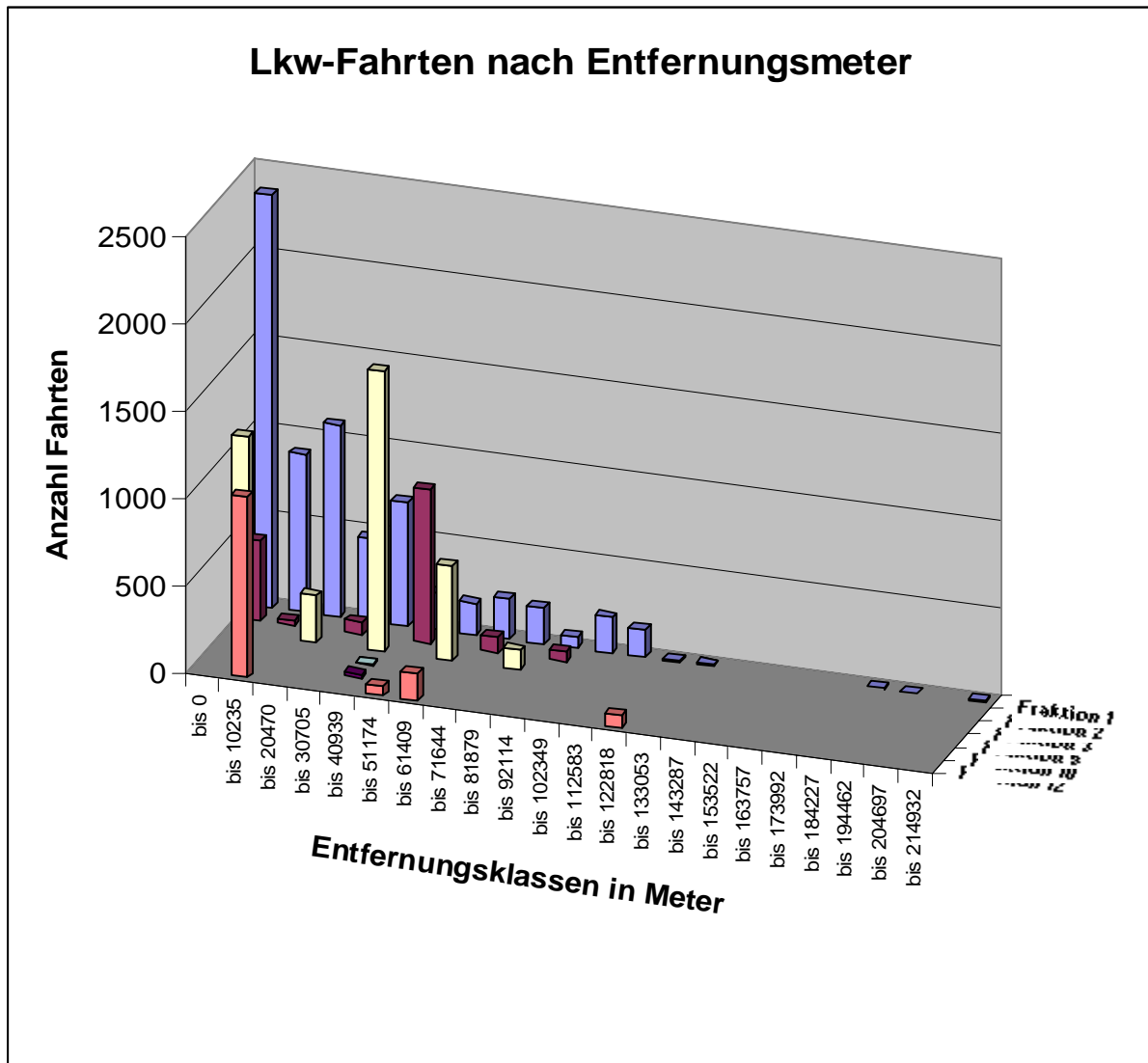


Abbildung 32: Anzahl der Lkw-Fahrten nach Entfernungsklassen

7.5.3 Entfernungen und Transportleistung

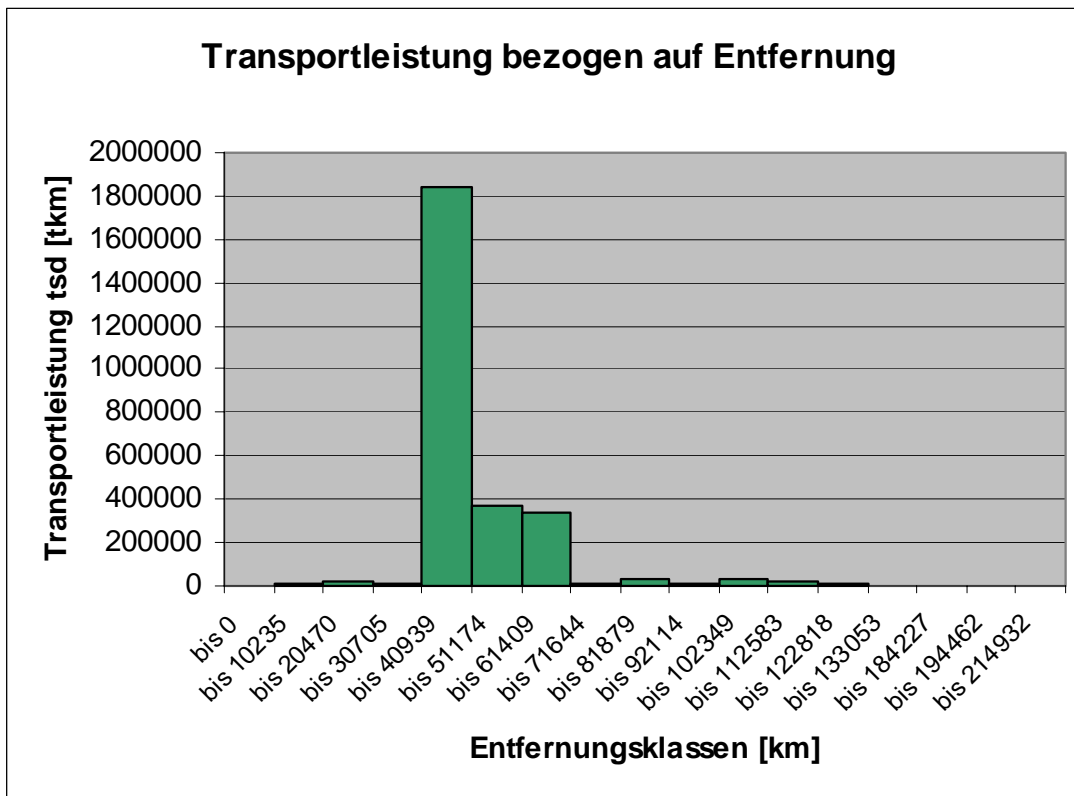


Abbildung 33: Transportleistung bezogen auf die Entfernung der Destinationen

Bei Analyse der Transportleistung stellt sich eindeutig ein Schwergewicht in der Entfernungsklasse 30 bis 40 km ein. Um einen genaueren Einblick zu bekommen wird die Transportleistung den einzelnen Fraktionen zugeordnet. Fraktion 3 hat den mit Abstand größten Anteil vorzuweisen. (Siehe dazu auch Abbildung 34 und Tabelle 20)

Klassen	Fraktion 1	Fraktion 2	Fraktion 3	Fraktion 5	Fraktion 10	Fraktion 12
bis 0	0	0	0	0	0	0
bis 10235	13123	6	0	0	0	2343
bis 20470	9295	0	10201	0	0	0
bis 30705	8523	2436	0	0	0	0
bis 40939	20367	0	1818654	34	289	0
bis 51174	3658	366944	0	0	0	3390
bis 61409	4086	0	312073	0	0	17723
bis 71644	3986	10605	0	0	0	0
bis 81879	10651	0	18506	0	0	0
bis 92114	1108	5232	0	0	0	0
bis 102349	30803	0	0	0	0	0
bis 112583	17078	0	0	0	0	0
bis 122818	46	0	0	0	0	12463
bis 133053	147	0	0	0	0	0
bis 184227	144	0	0	0	0	0
bis 194462	56	0	0	0	0	0
bis 214932	413	0	0	0	0	0

Tabelle 20: Transportleistung nach Entfernung und Fraktion

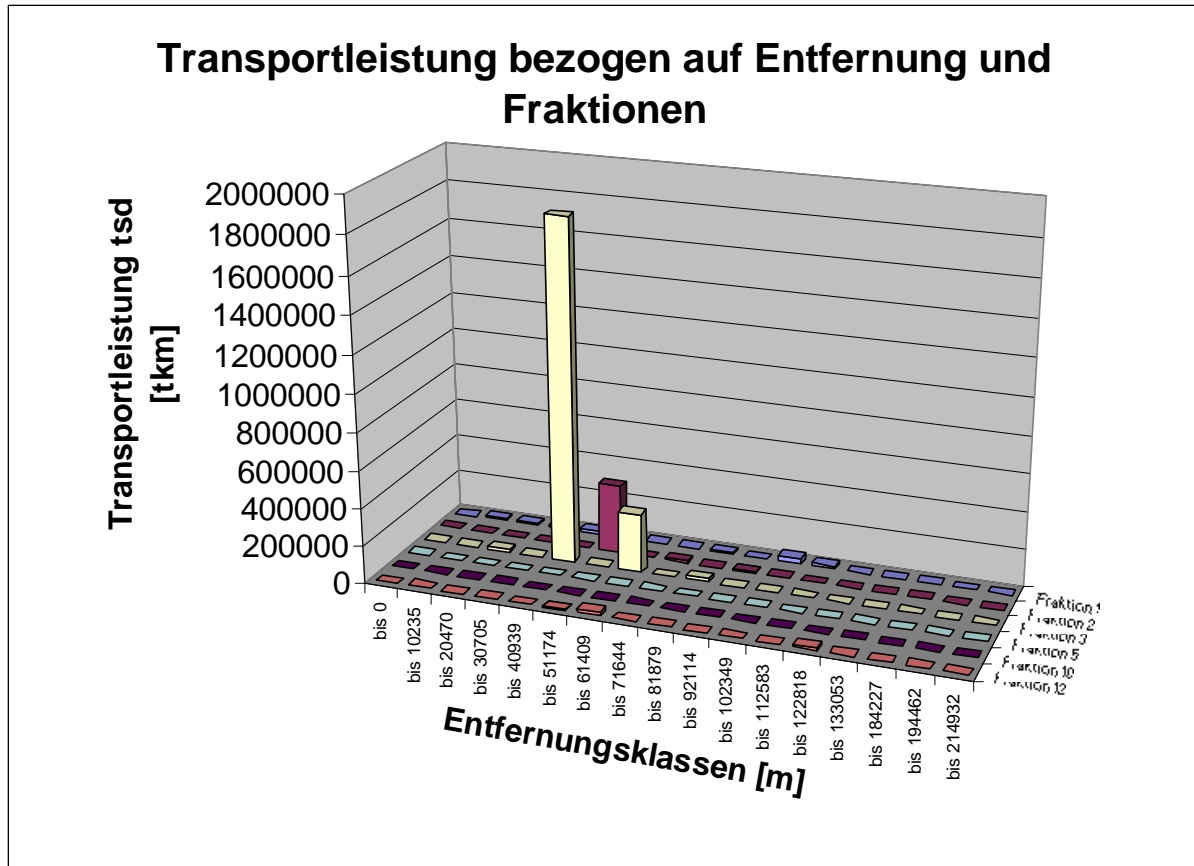


Abbildung 34: Transportleistung bezogen auf die Entfernung der Destinationen nach Fraktionen

7.6 Vergleich Steiermark interner und Österreich bezogene Verkehre

Nach außerhalb der Steiermark führen nur wenige Verkehre. (Siehe dazu Tabelle 18)

	Verbindungen Steiermark intern	Verbindungen Steiermark nach Außen
Anzahl der Verbindungen	433	5

Tabelle 21: Anzahl der Verbindungen

FRAKTION	Tonnen Steiermark intern	Tonnen Steiermark nach Außen
1	131986	0
2	31118	22539
3	71701	5896
5	145	0
10	427	0
12	25925	0

Tabelle 22: Transportierte Tonnen

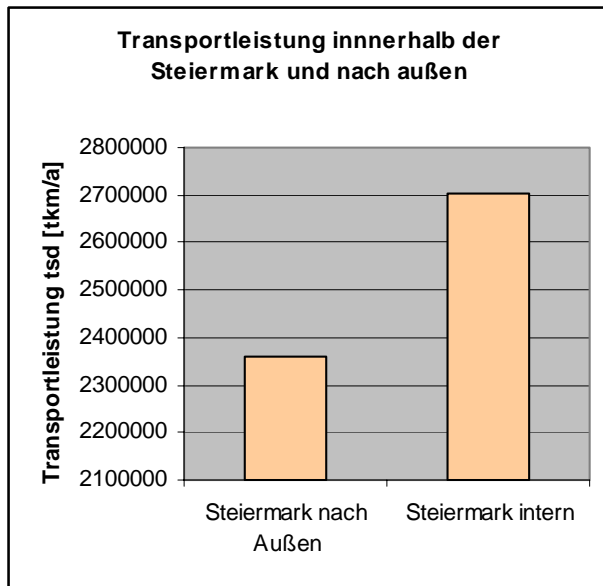


Abbildung 35: Transportleistung Vergleich Steiermark intern und nach außen

Die Gesamtmenge innerhalb der Steiermark ist zwar wesentlich höher, aufgrund der wesentlich höheren Transportentfernungen zu Destinationen außerhalb der Steiermark, liegen die Transportleistungen aber nicht sehr weit voneinander entfernt.

8 Folgerungen und mögliche Maßnahmen

Nach Sicht der Statistiken und den dazugehörigen Grafiken, fällt auf, dass zum einen sehr oft überschneidende Verkehre im regionalen Bereich und zum anderen Sehr lange Verkehre mit großen Mengen gegeben sind.

Am leichtesten und sinnvollsten ist es zweifelsohne Verkehre mit großen Mengen auf möglichst effiziente und umweltschonende Art und Weise abzuwickeln.

Derzeit handelt es sich um Transporte nach Lenzing, Dürnrohr oder Wels zur Verbrennung. Grundsätzlich darf natürlich auch gefragt werden, ob nicht grenzüberschreitend, wie z.B. in Slowenien eine nähere Gelegenheit gegeben ist.

Zum allergrößten Teil werden die Verkehre zu den Verbrennungskraftwerken derzeit auf der Straße geführt. Vor allem im Sinne der Effizienz aber auch der Umwelt ist eine Verlagerung auf den Verkehrsträger Schiene denkbar. Die Entfernungen mit an die 200km und die Mengen lassen eine solche Verlagerung sinnvoll erscheinen.

Für diese Absicht als besonders interessant erscheint die Verbindung Graz – Lenzing.

Aus den allgemeinen Statistiken und Grafiken lässt für Graz ein Anfall für die thermische Verwertung von ca. 11.000 Tonnen ausmachen. Bei Berücksichtigung der Mengen der Fa. Saubermacher ist eine gesamte Menge von in Summe mindestens 24.000 Tonnen im Jahr anzunehmen.

Das entspricht einer täglich anfallenden Müllmenge von 100 t. (bezogen auf 240 Werkzeuge pro Jahr)

Bei einer angenommenen Dichte des thermisch verwertbaren Abfalls von 250 [kg/m³] und einem nutzbaren Containervolumen von 48 [m³]. Bei angenommener vollständiger Beladung eines Containers ergibt das somit ein Ladegewicht von 12 [t] pro Container. Im Gegensatz zum LKW-Transport gilt das Limit von 9,8 Tonnen Beladung pro Container²⁴ hier nicht, denn dieses basierte auf den höchstzulässigen Gesamtgewichten für LKW-Züge im nicht-kombinierten Verkehr.

Mit 600 [t] Ladegewicht für einen Zug ergibt sich eine Beladung mit 50 Container pro Zug.

Unter den oben genannten Annahmen könnte man damit von 40 Ganzzügen pro Jahr ausgehen. Das entspricht beinahe einem Zug pro Woche.

²⁴ Siehe dazu das Kapitel 5.2.1.

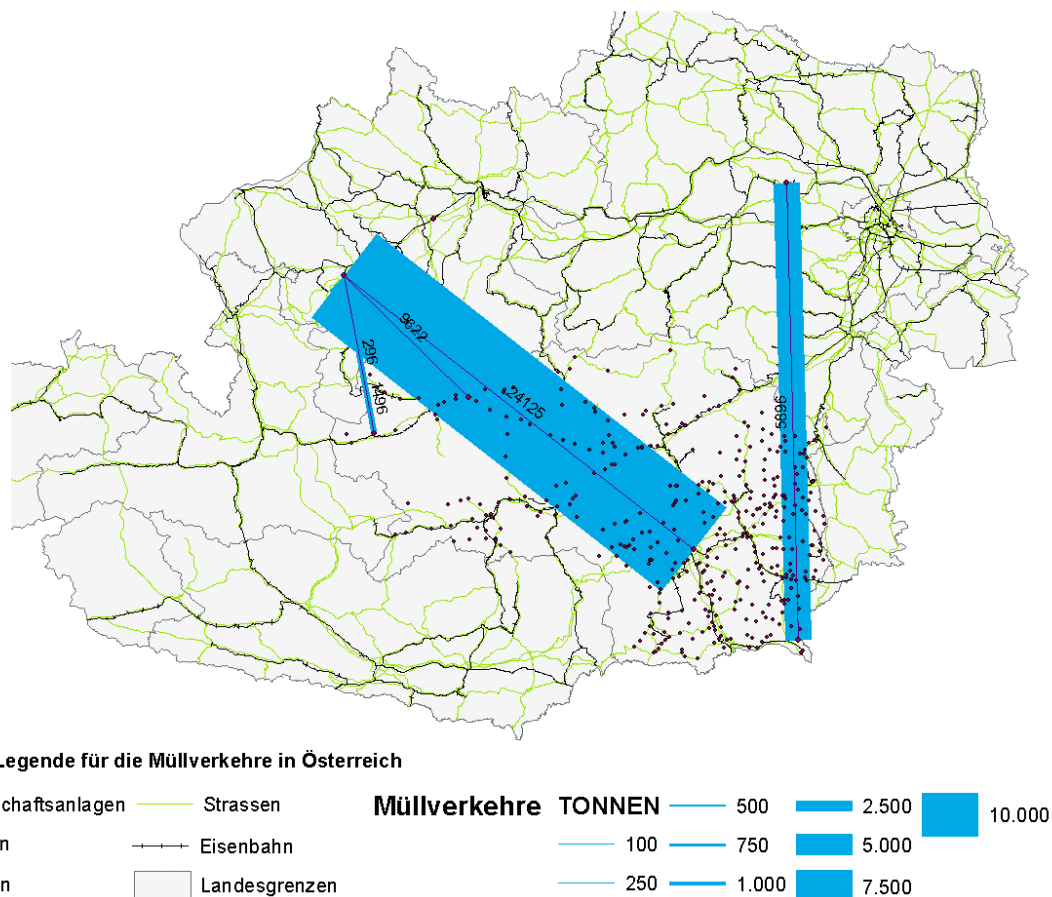


Abbildung 36: Müllverkehre aus der Steiermark inkl. zusätzlicher Graz–Lenzing Mengen

8.1 Ausblick

Auf Basis vorhin angeführter Zahlen wäre es sinnvoll einen gebündelten Bahnverkehr von Graz nach Lenzing zu konzipieren.

Es bedarf dazu der Betrachtung folgender Punkte:

mögliche Gestaltung des Anschlussgleises in Graz

Ausgestaltung der befestigten Manipulationsfläche

Zusammenstellung des Zuges inkl. Container

Logistisches Konzept für die Beladung und den Transport

Infrastrukturbedarf und Entladung in Lenzing

Kosten und Finanzierung des Systems (inkl. Fördermöglichkeiten)

9 Anhang

Stoffflussanalyse als Input-Output Analyse

Die Stoffflussanalyse im Müllmanagement kann auch als Input-Output Analyse gesehen werden. Die Funktionsmechanismen sind im Wesentlichen die gleichen.

So kommt es z.B. zum Einsatz von Transferkoeffizienten die die Umwandlung der Faktorgüter in die Outputgüter und deren anschließende Verteilung beschreibt.

Der Transferkoeffizient $k_{x,j}$ bezeichnet also die Fraktion des gesamten in den Prozess eingeführten Stoffes x , der in das Outputgut j transferiert wird.

Die Summe der Transferkoeffizienten aller Outputgüter muss immer 1 ergeben.

Im Endeffekt kann die I/O-Analyse in eine Stoffbuchhaltung überführt werden.

Dies entspricht einer periodisch mengenmäßigen Erfassung der wichtigsten Güter- und Stoffflüsse eines Systems. Die grundlegende Annahme der Stoffbuchhaltung ist, dass man anhand einiger ausgewählter Schlüsselprozesse auf die Stoffflüsse des Gesamtsystems schließen kann.

Systemdefinition

Mit Hilfe der Systemdefinition wird ein Ersatzbild der Wirklichkeit erstellt, welches dann als Modell bezeichnet werden kann.

Die Stoffflussanalyse spielt sich innerhalb des definierten Systems mit den dementsprechenden Inputs und Outputs in das bzw. aus dem System ab.

Besonders wesentlich für die langfristigen Effekte sind die letzten Senken von Stoffen.

Ort dieser „letzten Senke“ können die Hydro-, Pedo-, Litho- oder Atmosphäre sein. Jedenfalls geht man dabei von einem Verbleib des Stoffes über einen Zeitraum von mehr als 10.000 Jahren aus.

Grundsätzlich ist bei der Systemdefinition auf folgende Punkte zu achten:

Prozesse innerhalb des Systems müssen bilanziert werden. Solche außerhalb des Systems werden nicht bilanziert.

Eindeutige Verknüpfung der einzelnen Prozesse über die Güterflüsse und eindeutige Benennung der Güterflüsse sind Grundlage für ein Funktionieren der Stoffstromanalyse

Der Bilanzierungszeitraum beträgt üblicherweise 1 Jahr.

Prozesse

Prozesse in der Stoffstromanalyse können häufig als Transformationsprozesse, Lagerung, oder Transport usw. gesehen werden. Die einzelnen Vorgänge können auch als Subprozesse bzw. Subsysteme wie eine Baumaterialienbilanz oder eine Wasserbilanz betrachtet werden.

Transformationsprozesse

In diesem Prozesstyp werden die eingeführten Güter physikalisch und/oder chemisch verändert. Es entstehen Produkte mit neuen physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften. Beispiele für Transformationsprozesse sind die Papierherstellung oder die Müllverbrennung.

Prozess Transport

Ein Prozess vom Typ Transport verändert den Standort eines Gutes, ohne dessen physikalische und chemische Eigenschaften zu verändern.

Prozess Lagerung

Güter werden an einem Standort aufbewahrt, um sie zu einem späteren Zeitpunkt für eine Nutzung wieder zu entfernen oder um sie biochemischen Prozessen, wie z.B. einer Deponierung, zu überlassen.

Allgemeine zu beachtende Punkte

Bei der Berechnung und Untersuchung von Prozessen sind zwei physikalische Gesetze zu beachten:

Massenerhaltung

Energieerhaltung (1. Hauptsatz der Thermodynamik: Energieerhaltung)

In die Prozesse nicht miteinbezogen werden Produktion und Erhaltung von Maschinen, Verkehrswegen etc., weil die Umweltwirkung vernachlässigbar eingeschätzt wird.

Der Auswahl der Stoffe kommt wesentliche Bedeutung zu. Ein Indikatorstoff hilft zu verstehen, was für die gegenwärtige Fragestellung wichtig ist. Chlor z.B. ist ein wesentlicher Indikator für PVC in einer Region.

Anschließend das „Zeigepotenzial“ einiger Indikatorstoffe:

C..... Indikator für energetisches Abfallverwertungspotenzial; Beitrag zum Treibhauseffekt

N..... Indikator für Nährstoffmanagement und Entrophierung

Pb... Indikator für die Schadstoffbelastung

Grobbilanz

Die Grobbilanz ist der 2. bzw. 3. Schritt in der Systemdefinition. Sie beinhaltet auch eine Sensitivitätsanalyse.

Anbei das Beispiel einer Massenbilanz in einem Prozess:

$$\sum_i Input_i = \sum_j Output_j + \Delta Lager$$

Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse untersucht den Einfluss der Parameter beziehungsweise ihrer Schwankungen auf die Systemvariablen.

Es stellt sich die Frage, welches die wichtigsten bzw. sensibelsten Systemparameter für eine Systemvariable oder für ein gesamtes System sind.

Welche Punkte sind besonders zu beachten:

Das Verständnis

Die Steuerung

Die Optimierung

Durch die Identifikation der besonderen Hebel im System lässt sich das Modell unter Umständen vereinfachen. Parameter mit vernachlässigbarem Einfluss können weggelassen werden.

Berechnung und Bilanzierung der Massenflüsse

Folgende Schritte sind einzuhalten:

Ermittlung der Güterflüsse und der Stoffkonzentration

Bilanzierung der Güterflüsse. Es handelt sich dabei um Berechnung, Abgleich und Kalibrierung der Daten

Berechnung der Stoffflüsse durch Multiplikation der Güterflüsse mit den Stoffkonzentrationen

Bilanzierung der Stoffflüsse. Das ist im Wesentlichen Abgleich und Kalibrierung der Daten

Die Kalibrierung erfolgt durch die Gegenüberstellung der Input- zu den Outputdaten.

Die Genauigkeit von Güter- bzw. Stoffbilanzen sollte bei $\pm 20\%$ liegen. Höhere Genauigkeit bedeutet einen großen Mehraufwand.

Ermittlung der Transferkoeffizienten

Die Transferfunktion ist als eine lineare Funktion definiert mit den Transferkoeffizienten als Konstante und beschreibt die Verteilung eines Inputgutes innerhalb eines Prozesses auf verschiedene Outputgüter.

$$k_{x,j} = \frac{Output_{x_j}}{\sum_i Output_{x_i}}$$

Dies entspricht der Menge des einen Outputgutes durch die Summe der Menge aller Outputgüter.

Szenarios bzw. Simulation

Dieser Schritt wird manchmal für die Beschreibung und Abschätzung verschiedener Entwicklungen eingesetzt.

Diese gehen in folgende Richtungen:

Wirtschaftstrends

Regulatorische Maßnahmen (Gesetze, Grenzwerte)

Verfahrenstechnische Änderungen.

Unterschieden wird u.a. nach Art der Änderung der Systemparameter.

Stationäre Modellierung: Die zu verändernden Parameter des Ist-Zustandes werden durch einen neuen Wert ersetzt oder mit einem Faktor multipliziert.

Dynamische Modellierung: Für die zu verändernden Parameter wird eine mathematische Gleichung höherer Ordnung definiert.

Mögliche Bewertungsansätze für die Stoffflussanalysen

Die Basis ist jeweils eine Güter- bzw. Stoffbilanz.

Grenzwertansatz: Emissionsgrenzwerte werden herangezogen (in der Regel für gasförmige und flüssige Stoffe). Feste Reststoffe und Emissionen der Verfahren

können nicht ausreichend durch Stoffkonzentrationen beurteilt werden, da z.B. eine Grenzwertüberschreitung eines Reststoffes durch Verdünnung mit anderen Materialien vermieden werden kann. Dies widerspricht den Grundsätzen der Abfallwirtschaft. Es ist daher notwendig, sowohl bei den Emissionen als auch den festen Reststoffen die Frachten der Stoffe zu berücksichtigen!

Geogen/anthropogener Referenzansatz: Dabei wird der Einfluss anthropogener Flüsse und Lager auf die korrespondierenden geogenen Flüsse und Lager untersucht.

Anthropogen induzierte Materialströme dürfen die globalen Pufferspeicher in den Stoffkreisläufen der Umwelt in ihrer Größe nicht ändern.

Anthropogene Materialflüsse dürfen die lokale Assimilationsfähigkeit nicht übersteigen und sollen die Schwankungsbreite geogener Flüsse nicht überschreiten.

Eine Änderung < 1-10% der geogenen Flüsse und Reservoirs können als im gesicherten Bereich ablaufend angenommen werden.

Für die Durchführung braucht man das Maß des kritischen Volumens.

$$V_{i,j} = \frac{E_{i,j}}{GW_j}$$

i..... eine Technik, ein Prozess oder ein System

j..... ein Schadstoff, der in die Luft, das Wasser oder den Boden abgegeben wird

$V_{i,j}$... Kritisches Volumen für den Schadstoff j bei der Technik i

E.... freigesetzte Menge des Schadstoffes j durch Technik i

GW_j . geeigneter Grenzwert für den Schadstoff j

Das kritische Volumen $V_{i,j}$ ist ein Maß dafür, wie viel das betrachtete Umweltmedium (Luft, Wasser, Boden) mit dem Schadstoff j verunreinigt werden kann, ohne dass die betrachtete Grenzkonzentration für den Schadstoff j überschritten wird.

Es verknüpft auch die Emissionsseite mit der Immissionsseite. Mit dem Ansatz der kritischen Volumina können verschiedene (Schad)stoffe zueinander in Beziehung gesetzt werden und deren kritische Einzelvolumina zu einem kritischen Gesamtvolumen aggregiert werden.

$$V_i = \sum_{j=1}^n V_{i,j}$$

V_i Kritisches Volumen für eine bestimmte Technik, einen Prozess oder ein System unter Berücksichtigung aller Schadstoffe $j=1, \dots, n$ durch diese Technik.

V_i gibt die Belastung durch alle Schadstoffe, die durch die Anwendung einer Technik emittiert werden, wider.

Ansatz Stoffkonzentrierungseffizienz SKE: Stoffe können mehrheitlich verdünnt oder konzentriert werden. Z.B. Cadmium wird bei einer Müllverbrennungsanlage im Reingas verdünnt und in der Flugasche konzentriert.

Die Frage ist nun ob das System mehrheitlich verdünnt oder konzentriert. Die Bewertung erfolgt mit Hilfe der statistischen Entropie, welche die Streuung der Verteilung quantifiziert.

Materialinput pro Serviceeinheit (MIPS): Maß für den aggregierten Massenfluss an Gütern, der durch eine Dienstleistung entsteht. Der gesamte Lebenszyklus ist zu betrachten. Diese Materialbilanz gliedert die Inputs in fünf Kategorien:

Abiotische und biotische Rohstoffe

Bodenbewegungen

Wasser

Luft

Life Cycle Assessment (LCA): LCA oder Ökobilanzen sind ursprünglich Methoden um die Umweltauswirkungen von Produkten zu bestimmen.

Bei einer Kombination von SFA und LCA werden einzelne Umweltwirkungskategorien für die Bewertung ausgewählt.

Methode der ökologischen Knappheit: Sie geht davon aus, dass jedes Umweltmedium nur bis zu einem bestimmten Grad mit Schadstoffen belastet werden darf. Daraus geht der Ökofaktor als Knappheitsfaktor hervor:

$$\text{Ökofaktor} = \frac{1(UBP)}{F_k} \cdot \frac{F}{F_k} \cdot c \left[\frac{ÖP}{g} \right]$$

F aktueller Fluss (g) pro Zeiteinheit

F_k kritischer Fluss (g)

ÖP... Ökopunkte

UBP. Umweltbelastungspunkte

c..... dimensionsloser Faktor (10^{12})

Kumulierter Energieaufwand (Kea): Dieser gibt die Gesamtheit des primärenergetisch bewerteten Aufwands an, der in Zusammenhang mit der Herstellung (KEA_H), Nutzung (KEA_N) und Entsorgung (KEA_E) eines Produktes oder einer Dienstleistung entsteht.

$$KEA = KEA_H + KEA_N + KEA_E$$

Bei diesem Konzept ist es sehr wichtig die Bilanzgrenzen genau festzulegen. Das Ergebnis wird in Joule angegeben.

ECO-Indikator 99: Vor allem entwickelt für Designer (Planer) und Produktmanager. Gearbeitet wird dabei mit Ökopunkten und Umweltbelastungspunkten.

Stoffbuchhaltung

Hat es bereits eine Stoffflussanalyse gegeben so kann man darauf aufbauend eine Stoffbuchhaltung weiterführen.

Allgemeine und abschließende Bemerkungen zur Stoffflussanalyse

Wenn die Abfallwirtschaft nach stofflichen Gesichtspunkten ausgerichtet wird, können Stoffe effizienter umweltverträglicher und Ressourcen schonender bewirtschaftet werden.

Das Wissen um den Beitrag der Abfallwirtschaft zum Stoffhaushalt Österreichs ist sehr wichtig. Die Entscheidungsträger in der Abfallwirtschaft müssen deren letzte Senke kennen und das langfristige Verhalten der Stoffe in diesen Senken abschätzen können. Ein sehr hoher Prozentsatz der in Österreich gebrauchten Schwermetalle Cadmium und Quecksilber laufen über die Abfallwirtschaft, insbesondere den brennbaren Abfällen. Thermische Verfahren müssen daher speziell für diese Stoffe geeignet sein.

Die SFA eignet sich in mehrererlei Hinsicht um Aussagen zu treffen:

Prognose bzw. Ex-ante-Evaluierung

Die SFA eignet sich, um frühzeitig Gefährdungen der Ziele der Abfallwirtschaft zu erkennen. (z.B. um Festzustellen, welche Mengen an FCKW in Zukunft anfallen)

Ein Messen der Effizienz von Maßnahmen am gesamten Stoffhaushalt verhindert, dass mit vergleichsweise hohem Aufwand vergleichsweise niedrige Erfolge erzielt werden. Außerdem kann man mit SFA die Richtigkeit einer Maßnahme überprüfen.

Mit Hilfe der SFA können folgende Bilanzen erstellt werden:

Güterbilanz

Energiebilanz

Schadstoffbilanz

Rohstoffbilanz

Die SFA ist ein sehr gutes Instrument um der UVP (Umweltverträglichkeitsprüfung) die notwendigen Grunddaten zu liefern.

Beispielprozess mit Transport

Die Systemdefinition gestaltet sich folgendermaßen:

Zeitlich: 1 Jahr

Räumlich: Standort des Unternehmens (Bei mehreren Standorten sollten auch mehrere Systemgrenzen definiert werden). Miteinbezogen werden sollten auch Transportvorgänge.

Das stark vereinfachte System:

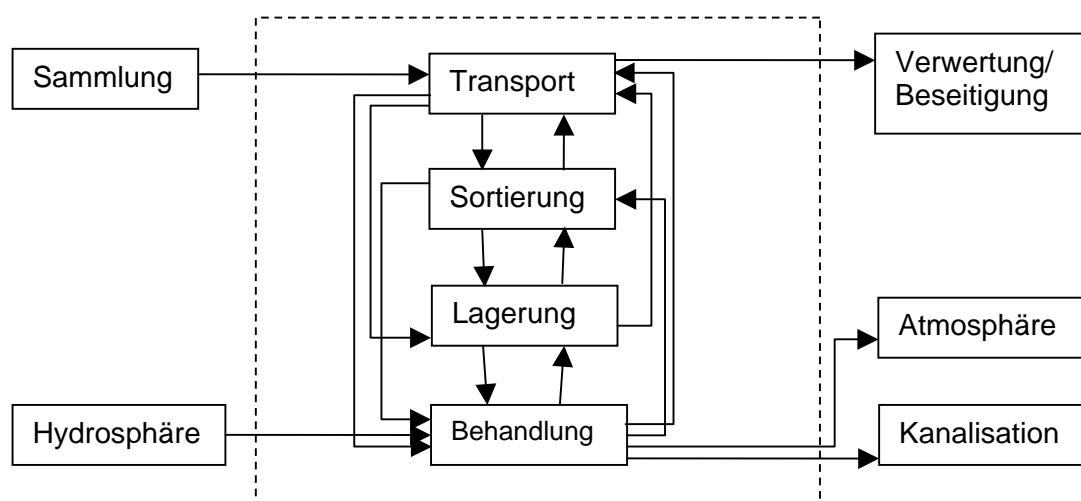


Abbildung 37: Transportsystem

In diesem Beispiel ist die Deponie als Prozess nicht berücksichtigt.

Prozess Transport: Der Standort der Güter wird verändert ohne, dass physikalische und chemische Eigenschaften verändert werden.

Übernahme

Sammlung

Abtransport der Abfälle

Wägung

Ab- bzw. Umladen auf die Anlage

Beim Abtransport aus dem Betrieb läuft obiger Prozess mehr oder weniger umgekehrt ab.

Prozess Lagerung: Der Prozess der Lagerung hat logistische Gründe und beinhaltet üblicherweise keine chemische oder physikalische Veränderung. Wenn in Ausnahmefällen chemische od. physikalische Veränderung vorhanden sind, sollte man besser einen zusätzlichen Lagerungsprozess einführen.

Schlussfolgerungen zum gezeigten System:

Zentrale Güterflüsse können mit der SFA bestimmt werden. Bzgl. Übersichtlichkeit oder Detaillierungsgrad muss auf die jeweilige technische Machbarkeit im Betrieb Rücksicht genommen werden.

Gleichzeitig kann man auch jene Abfälle identifizieren, die innerhalb des Systems ihre Abfallschlüsselnummer ändern. Es gibt die Möglichkeit im Zuge der Analyse Schwachstellen zu identifizieren.

Begriffsdefinitionen

Abfallgruppen nach AWG 2002

Q1 Nachstehend nicht näher beschriebene Produktions- oder
Verbraucherrückstände

Q2 Nicht den Normen entsprechende Produkte

Q3 Produkte, bei denen das Verfalldatum überschritten ist

- Q4 Unabsichtlich ausgebrachte oder verlorene oder von einem sonstigen Zwischenfall betroffenen Produkte einschl. sämtlicher Stoffe, Anlageteile usw., die bei einem solchen Zwischenfall kontaminiert worden sind
- Q5 Infolge absichtlicher Tätigkeiten kontaminierte oder verschmutzte Stoffe (z. B. Reinigungsrückstände, Verpackungsmaterial, Behälter)
- Q6 Nichtverwendbare Elemente (z.B. verbrauchte Batterien, Katalysatoren)
- Q7 Unverwendbar gewordene Stoffe (z.B. kontaminierte Säuren, Lösungsmittel, Härtesalze)
- Q8 Rückstände aus industriellen Verfahren (z.B. Schlacken, Destillationsrückstände)
- Q9 Rückstände von Verfahren zur Bekämpfung der Verunreinigung (z.B. Gaswaschschlamm, Luftfilterrückstand, verbrauchte Filter)
- Q10 Bei maschineller und spanender Formgebung anfallende Rückstände (z.B. Dreh- und Fräsespäne)
- Q11 Bei der Förderung und der Aufbereitung von Rohstoffen anfallende Rückstände (z.B. im Bergbau, bei der Erdölförderung)
- Q12 Kontaminierte Stoffe (z.B. mit PCB verschmutztes Öl)
- Q13 Stoffe oder Produkte aller Art, deren Verwendung gesetzlich verboten ist
- Q14 Produkte, die vom Besitzer nicht oder nicht mehr verwendet werden (z.B. in der Landwirtschaft, den privaten Haushalten, Büros, Verkaufsstellen, Werkstätten)
- Q15 Kontaminierte Stoffe oder Produkte, die bei der Sanierung von Böden anfallen
- Q16 Stoffe oder Produkte aller Art, die nicht einer der oben erwähnten Gruppen angehören

Beseitigungsverfahren

- D1 Ablagerungen in oder auf dem Boden (z.B. Deponien)
- D2 Behandlungen im Boden (z.B. biologischer Abbau von flüssigen oder schlammigen Abfällen im Erdreich)
- D3 Verpressung (z.B. Verpressung pumpfähiger Abfälle in Bohrlöcher, Salzdome oder natürliche Hohlräume)

D4 Oberflächenaufbringung (z.B. Ableitung flüssiger oder schlammiger Abfälle in Gruben, Teichen oder Lagunen)

D5 Speziell angelegte Deponien (z.B. Ablagerung in abgedichteten, getrennten Räumen, die gegeneinander und gegen die Umwelt verschlossen und isoliert werden)

D6 Einleitung in ein Gewässer mit Ausnahme von Meeren/Ozeanen

D7 Einleitung in Meere/Ozeane einschließlich Einbringung in den Meeresboden

D8 Biologische Behandlung, die nicht an anderer Stelle in diesem Anhang beschrieben ist und durch die Endverbindungen oder Gemische entstehen, die mit einem der in D1 bis D12 aufgeführten Verfahren entsorgt werden

D9 Chemisch/physikalische Behandlung, die nicht an anderer Stelle in diesem Anhang beschrieben ist und durch die Endverbindungen oder Gemische entstehen, die mit einem der in D1 bis D12 aufgeführten Verfahren entsorgt werden (z.B. Verdampfen, Trocknen, Kalzinieren)

D10 Verbrennung an Land

D11 Verbrennung auf See

D12 Dauerlagerung (z.B. Lagerung von Behältern in einem Bergwerk)

D13 Vermengung oder Vermischung vor Anwendung eines der in D1 bis D12 aufgeführten Verfahren

D14 Rekonditionierung vor Anwendung eines der in D1 bis D13 aufgeführten Verfahren

D15 Lagerung bis zur Anwendung eines der in D1 bis D14 aufgeführten Verfahren (ausgenommen zeitweilige Lagerung – bis zum Einsammeln – auf dem Gelände der Entstehung der Abfälle)

Verwertungsverfahren

R1 Hauptverwendung als Brennstoff oder andere Mittel der Energieerzeugung

R2 Rückgewinnung/Regenerierung von Lösemitteln

R3 Verwertung/Rückgewinnung organischer Stoffe, die nicht als Lösemittel verwendet werden (einschl. der Kompostierung und sonstiger biologischer Umwandlungsverfahren)

- R4 Verwertung/Rückgewinnung von anderen anorganischen Stoffen
- R5 Verwertung/Rückgewinnung von anderen anorganischen Stoffen
- R6 Regenerierung von Säuren und Basen
- R7 Wiedergewinnung von Bestandteilen, die der Bekämpfung der Verunreinigung dienen
- R8 Wiedergewinnung von Katalysatorenbestandteilen
- R9 Öltraffination oder andere Wiederverwendungsmöglichkeiten von Öl
- R10 Aufbringung auf den Boden zum Nutzen der Landwirtschaft oder der Ökologie
- R11 Verwendung von Abfällen, die bei einem der unter R1 bis R10 aufgeführten Verfahren gewonnen werden
- R12 Austausch von Abfällen, um sie einem der unter R1 bis R11 aufgeführten Verfahren zu unterziehen
- R13 Ansammlung von Abfällen, um sie einem der unter R1 bis R12 aufgeführten Verfahren zu unterziehen (ausgenommen zeitweilige Lagerung – bis zum Einsammeln – auf dem Gelände der Entstehung der Abfälle)

Glossar

Abfallbehandler jede Person, die Abfälle verwertet oder beseitigt

Abfallbehandlung umfasst alle Verwertungs- und Beseitungsverfahren

Abfallverwertung Abfälle sind stofflich oder thermisch zu verwerten, soweit dies ökologisch vorteilhaft und technisch möglich ist, die dabei entstehenden Mehrkosten im Vergleich zu anderen Verfahren der Abfallbehandlung nicht unverhältnismäßig sind und ein Markt für die gewonnenen Stoffe oder die gewonnene Energie vorhanden ist oder geschaffen werden kann (siehe

Abfallentsorgung Abfälle, die nicht verwertbar sind, sind je nach ihrer Beschaffenheit durch biologische, thermische oder chemisch-physikalische Verfahren sonst zu behandeln. Feste Rückstände sind möglichst reaktionsarm und konditioniert geordnet abzulagern.

Abfallbehandlung,

biologische Verfahren zur Behandlung biologisch abbaubarer Stoffe entweder in Gegenwart von Sauerstoff (aerobe Behandlung) oder unter Ausschluss von Sauerstoff (anaerobe Behandlung)

Abfallbehandlung,

thermische Die thermische Behandlung (Abfallverbrennungsanlage) ist darauf ausgerichtet, die Endlagerungsfähigkeit von Abfällen sicherzustellen und eine Mengen- oder Massenreduktion sowie den Abbau der organischen Substanzen zu erreichen.

AWG 2002 Abfallwirtschaftsgesetz des Bundes, bundesweit gültige, allgem. Regelungen für den Umgang mit Abfällen, Begriffsbestimmungen, Ziele und Grundsätze der Abfallwirtschaft. Abfallspezifisch nur hinsichtlich gefährlicher Abfälle und Problemstoffe. Ebenfalls bundesweit geregelt sind Verpackungen, Bioabfall und Baurestmassen. Noch detaillierter regeln Bundes-VOs die Bestimmungen des AWG.

Behälterwechsel-

verfahren Im Bereich der Einsammlung von Gewerbeabfällen sind neben GMB's²⁵ auch Mulden von 4 bis 7 m³ oder Großcontainer bis 20 m³ im Einsatz. Absetzkipper, Abrollkipper, Haken-, Seil- und Kettensysteme stellen hier den Standard dar. In der Regel werden diese Behälter nicht mehr von der kommunalen Müllabfuhr transportiert, sondern private Transportunternehmer übernehmen diese Aufgaben.

Deponien Anlagen, die zur langfristigen Ablagerung von Abfällen oberhalb oder unterhalb der Erdoberfläche errichtet oder verwendet werden, einschließlich betriebseigener Anlagen für die Ablagerung von Abfällen, oder auf Dauer (> 1 Jahr) eingerichtete Anlagen, die für die vorübergehende Lagerung von Abfällen genutzt werden.

Deponierung Ablagerung von endlagerfähigen Abfällen auf Dauer

Deponieverordnung Die Deponieverordnung regelt die Qualität von Abfällen, die zur Ablagerung von Abfällen nötige Ausstattung und Betriebsweise von Deponien. Anhand von verschiedenen Kriterien und Grenzwerten werden Abfälle unterschiedlichen Deponietypen zugeordnet:

Bodenaushubdeponie (für unbelasteten Bodenaushub)

²⁵ Großmüllbehälter

Baurestmassendeponie (für mineralische Baurestmassen, verunreinigte Böden)

Reststoffdeponie (im Baubereich nur in Ausnahmefällen)

Massenabfalldéponie (für Baumischabfälle, stark belastete Böden; für Reste aus der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung; die abzulagernden Abfälle dürfen einen TOC²⁶-Wert von max. 5 Gewichtsprozent aufweisen bzw. der Brennwert der Abfälle darf bei max. 6600 kJ/kg in der Trockensubstanz liegen)

Restmüll Gemischte Abfälle aus Haushalten und ähnlichen Anfallstellen, die über die öffentliche Müllabfuhr gesammelt werden. Nicht inkludiert sind dabei getrennt gesammelte Altstoffe, Verpackungen, Problemstoffe und biogene Abfälle.

Rotte Biologischer Ab- und Umbau organischer Substanz, vorwiegend im aeroben Bereich

Sammelsysteme 1. Kommunale Sammlung: durchgeführt von der entsorgungspflichtigen Körperschaft

2. Sammlung durch beauftragte Dritte: Abfuhrunternehmer wird durch die Kommune mit der Einsammlung beauftragt

3. Gewerbliche Sammlung: per Verpackungsverordnung mit der Verwertung von Verkaufsverpackungen beauftragt

4. Private Sammlungen: Altpapier- und Altkleidersammlung durch karitative Organisationen (Vereine, Kirche)

Siedlungsabfälle Abfälle aus privaten Haushalten und andere Abfälle, die auf Grund ihrer Beschaffenheit oder Zusammensetzung den Abfällen aus privaten Haushalten ähnlich sind

Systemmüll kommunaler Siedlungsabfall, bestehend aus Haus- und Gewerbemüll
Verwertung,

stoffliche ökologisch zweckmäßige Behandlung von Abfällen zur Nutzung der stofflichen Eigenschaften des Ausgangsmaterials mit dem Hauptzweck, die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe unmittelbar für die Substitution von Rohstoffen oder von aus Primärrohstoffen erzeugten Produkten zu verwenden, ausgenommen

²⁶ Total organic compounds

die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe werden einer thermischen Verwertung zugeführt.

Verwertung,

thermische Bei der thermischen Verwertung steht die Energiegewinnung sowie Energienutzung definierter Stoffe und Stoffgruppen im Vordergrund.

Tabellenanhänge

Nachfolgend werden Excel-Tabellen mit folgenden Inhalten dargestellt:

Input-Output-Tabelle (mit Vorinformationen)

Gemeindedaten

Transportmatrix von Anlage 1 nach Anlage 2

Transportmatrix von Anlage 2 nach Anlage 3

Transportmatrix von Anlage 3 nach Anlage 4

I(nput)-O(utput)-Tabelle

Umrechnungsfaktoren Fraktionen

Anlagenkapazitäten

Transporttabellen