

Universität für Bodenkultur
Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt
Insitut für Abfallwirtschaft



Einsatzmöglichkeiten von Geografischen Informationssystemen in der Abfallwirtschaft

Diplomarbeit
Zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur

eingereicht von
Eva Schedlberger
H057/ 9551000

Wien, 5. April 2011

Vorwort/Danksagung

Mit diesem Vorwort möchte ich mich vor allem bei jenen bedanken, die es mir nach einer mehrjährigen, privaten und beruflichen Unterbrechung ermöglicht haben, diese Arbeit fertigzustellen.

Hier sind an erster Stelle das Institut für Abfallwirtschaft der Universität für Bodenkultur, im Besonderen DI Gudrun Obersteiner und Prof. Dr. Stefan Salhofer sowie das Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation der Universität für Bodenkultur, im Besonderen Prof. Dr. Helmut Fuchs zu nennen, die mich nach langer Pause wieder unterstützt und vorwärts gebracht haben, diese Arbeit zu vollenden.

Für einen Teil der Arbeit haben mich Hr. Dr. Weltin (Saubermacher), Hr. Hamit Bilge (AVE), Hr. Eckert (A.S.A.) und Hr. DI Kloud (MA48 Wien) Einblick in ihre Prozesse und Abläufe nehmen lassen. Hiermit möchte ich mich ganz besonders für ihre Hilfe und die Zeit bedanken, die sie in ihren vollen Terminkalendern für mich gefunden haben.

Auch möchte ich mich bei den Mitarbeitern der Gemeinde Klosterneuburg, unter anderem Hr. DI Franz Lebeth und Hr. Andreas Gschirrmeister bedanken, die mich mit Daten und Informationen unterstützt haben.

Abstract

In der vorliegenden Arbeit wird die Anwendung von Geografischen Informationssystemen in der Abfallwirtschaft anhand von zwei Fallbeispielen untersucht. Im ersten Fall ist dies die Standortsuche für einen Grünschnittsammelplatz in der Gemeinde Klosterneuburg. Das zweite Fallbeispiel beschäftigt sich mit der Tourenplanung und dem Einsatz von Tourenplanungssoftware in Entsorgungsunternehmen.

Beim ersten Fallbeispiel wurden unter Berücksichtigung verschiedener Parameter (Größe des Grundstückes, Nähe zu Verkehrswegen, aktuelle Nutzung und Lage im Verhältnis zu Wohngebieten, Krankenhäusern und ähnlichen Einrichtungen) mögliche Standorte identifiziert, welche im Zuge einer Vor-Ort-Besichtigung weiter eingegrenzt wurden. Als Zusatzaspekt des GIS-Einsatzes in der Abfallwirtschaft wurde untersucht, inwiefern sich das Grünschnittpotenzial auf Basis berechneter Grünflächen ermitteln lässt. Hier hat sich gezeigt, dass diese Methode gute, mit Literaturwerten vergleichbare Ergebnisse liefert. Einschränkungen ergaben sich vor allem durch das Alter, die Unvollständigkeit sowie teilweise geringe Auflösung der verfügbaren Daten.

Beim zweiten Fallbeispiel wurden die Anforderungen von Entsorgungsunternehmen an Systeme zur Tourenplanung und die Anwendbarkeit in der Praxis untersucht. Dazu wurden mit den jeweiligen Logistikverantwortlichen Experteninterviews geführt. In der unternehmerischen Praxis hat sich für die Entsorger gezeigt, dass ohne weitreichende Anpassungen die auf dem Markt befindlichen Programme nicht anwendbar sind. Dies ist auch ein Grund dafür, dass von den vier befragten Unternehmen zum Zeitpunkt der Arbeit erst eines im Begriff ist, ein derartiges System einzuführen.

This thesis reviews the application of Geographical Information Systems in waste management by the means of two case studies. The first deals with the search for a collection site for garden wastes in the municipality of Klosterneuburg. The second case study examines route planning and the application of specialized planning software in waste management enterprises.

With the first case study a number of potential locations was identified considering various parameters such as the size of the area, proximity to roads, current use and the location in regard to residential areas, hospitals and other similar facilities. These

locations were then further narrowed down by on-site inspection. As an additional aspect of the application of GIS in waste management the evaluation of the potential of garden waste by calculating the garden areas was reviewed. This method delivered good results that are comparable to the literature values. Found limitations resulted from age, incompleteness and low resolution of the available data.

For the second case study the requirements regarding systems for route planning and their practical application for waste management enterprises was evaluated. Therefore expert interviews were conducted with the responsible logistics managers. The corporate experience of the companies has shown that the systems available on the market cannot be used without extensive customization. This is one reason why only one of four companies is in the process of implementing a system for route planning at the time of this study.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Hintergrund und Ziel der Arbeit	1
1.2 Aufbau der Arbeit	2
2. Grundlagen	4
2.1 Abfallwirtschaft.....	4
2.1.1 Rechtliche Voraussetzungen.....	4
2.1.2 Regionale Abfallwirtschaft	5
2.1.3 Abfallmengen.....	6
2.1.3.1 <i>Abfallmengen Klosterneuburg</i>	7
2.2 Geografische Informationssysteme.....	9
2.2.1 Definition und Entwicklung	9
2.2.2 Komponenten eines GIS	10
2.2.2.1 <i>Hardware</i>	11
2.2.2.2 <i>Software</i>	11
2.2.2.3 <i>Daten</i>	11
2.2.2.4 <i>Anwender</i>	12
2.2.3 Layer- oder Ebenenprinzip	13
2.2.4 Objektklassenprinzip.....	14
2.2.5 Datentypen	15
2.2.5.1 <i>Rasterdaten</i>	15
2.2.5.2 <i>Vektordaten</i>	16
2.2.5.3 <i>Sachdaten</i>	17
2.2.5.4 <i>Hybride Strukturen</i>	17
2.2.5.5 <i>Geodatenmanagement</i>	17
2.2.6 Global Positioning System (GPS).....	18
2.2.6.1 <i>GPS Grundlagen</i>	18
2.2.6.2 <i>GPS in der Abfallwirtschaft</i>	19
2.3 Entsorgungslogistik.....	20
2.3.1 Definition.....	20
2.3.2 Sammelsysteme	20
2.3.2.1 <i>Holsystem</i>	21
2.3.2.2 <i>Bringsystem</i>	21
2.3.3 Einflussfaktoren auf die Abfallsammlung	22
2.3.4 Abfallwirtschaftliche Kennzahlen	24
2.3.5 Elektronische Systeme in der Abfallwirtschaft.....	27
2.3.5.1 <i>Einsatzbereiche</i>	27
2.3.5.2 <i>Fahrzeugsysteme</i>	27
2.3.5.3 <i>Behälter-Identifikations-Systeme</i>	28
3. GIS in der Abfallwirtschaft	31
3.1 GIS-Anwendungen in der Praxis	31
3.1.1 Industrieländer.....	31
3.1.2 Entwicklungsländer.....	32
3.1.3 Kommunale Anwendungen	33
3.2 GIS als Entscheidungswerkzeug	35
3.2.1 Fallbeispiele.....	36
3.2.1.1 <i>Gefahrguttransport</i>	36
3.2.1.2 <i>Anlage zur Behandlung von radioaktivem Müll</i>	37
3.2.1.3 <i>Problemfelder und Anforderungen</i>	38
4. Tourenplanung	39

4.1	Verfahren zur Lösung von Tourenplanungsproblemen	39
4.2	Lösungsprinzipien für Tourenplanungsverfahren	40
4.2.1	Exakte Verfahren	40
4.2.2	Heuristische Verfahren	40
4.3	Kommerzielle Softwarelösungen.....	41
4.3.1	Erweiterungspakete für GIS	41
4.3.2	Stand-Alone-Tourenplanung	41
4.3.3	Ermittlung von Geokoordinaten der Abholstandorte	44
4.3.3.1	<i>Geocodierung als Dienstleistung</i>	45
4.3.3.2	<i>Geocodierung durch spezielle Software bzw. GIS-Erweiterungen</i>	45
4.3.3.3	<i>Geocodierung durch frei verfügbare Internetanwendungen</i>	46
4.3.3.4	<i>Geocodierung durch Vor-Ort-Erhebung</i>	46
4.3.4	Kartenmaterial	47
5.	Empirischer Teil.....	49
5.1	Fallbeispiel 1 – Standortfindung	49
5.1.1	Aufgabenstellung	49
5.1.2	Ausgangssituation	49
5.1.3	Zielsetzung	51
5.1.4	Grünschnitt	52
5.1.4.1	<i>Definition Bioabfall und Grünschnitt</i>	52
5.1.4.2	<i>Grünschnittsammlung</i>	54
5.1.4.3	<i>Grünschnitt Sammelmengen</i>	55
5.1.4.4	<i>Grünschnittpotenziale</i>	59
5.1.4.5	<i>Grünschnittpotenzial aus Sammelmengen und Eigenkompostierung</i>	60
5.1.4.6	<i>Berechnung der Grünflächen</i>	65
5.1.4.7	<i>Verwendete Software und Methoden</i>	65
5.1.4.8	<i>Vergleich der beiden Berechnungsmethoden</i>	72
5.1.5	Standortfindung für Grünschnitt-Sammelplatz	73
5.1.5.1	<i>Wunsch der Gemeinde</i>	73
5.1.5.2	<i>Kriterien für GIS-Analyse</i>	73
5.1.5.3	<i>Ermittelte Standorte</i>	74
5.1.6	Gegenüberstellung Standorte und Grünschnittpotenzial.....	76
5.2	Fallbeispiel 2 - Tourenplanung	81
5.2.1	Aufgabenstellung	81
5.2.2	Ausgangssituation	81
5.2.3	Zielsetzung	82
5.2.4	Entsorgungsbranche in Österreich	82
5.2.5	Experteninterview	85
5.2.5.1	<i>Definition Experteninterview</i>	85
5.2.5.2	<i>Durchführung und Auswertung</i>	85
5.2.5.3	<i>Gespräche mit Entsorgern</i>	86
5.2.5.4	<i>Fragebogen</i>	87
5.2.6	Ergebnisse der Interviews	89
6.	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	95
7.	Anhang.....	98
8.	Abbildungsverzeichnis.....	108
9.	Tabellenverzeichnis.....	109
10.	Abkürzungsverzeichnis.....	110
11.	Literaturverzeichnis	111

1. Einleitung

1.1 Hintergrund und Ziel der Arbeit

Die Verwendung von Geografischen Informationssystemen (GIS) findet immer weitere Verbreitung. So sind sie aus Naturwissenschaften und Wirtschaft nicht mehr fortzudenken. Die Möglichkeit, aus reinen Zahlenkolonnen und Tabellen durch Verknüpfung mit geografischen Daten (z.B. administrative Grenzen, Straßen) eine grafische Interpretation dieser Zahlen zu erhalten und räumliche Zusammenhänge zu erkennen, wird immer mehr genutzt. So können beispielsweise Daten aus Bodenkartierungen und Luftbildern durch Verknüpfung zur Planung der optimalen Bodennutzung verwendet werden. Demografische Daten und Wirtschaftsdaten können in Verbindung mit kleinräumigen Gebieten (z.B. Straßenabschnitte, Häuserblocks) zur genauen Marketingplanung für Unternehmen dienen. Und auch Informationen zu Verkehrsaufkommen, Straßeneigenschaften (z.B. Tempolimits, Einbahnen sowie andere Restriktionen) und Baustellen werden in Kombination mit Satellitennavigationssystemen (z.B. GPS) zur Planung von Routen im Dienstleistungsbereich und auch zur Organisation von Notfalldiensten (Rettung, Feuerwehr und Polizei) verwendet.

Auch in der Abfallwirtschaft halten GIS Einzug. Mögliche Anwendungsgebiete sind zum Beispiel die Standortplanung für Behandlungsanlagen und Deponien oder die Tourenplanung für kommunale und gewerbliche Entsorger. So kann durch genaue Kenntnis der Bodenbeschaffenheit (Bodentypen, Verlauf durchlässiger und undurchlässiger Schichten), der Geländeform, dem Grundwasserverlauf, Abgrenzung von gefährdeten Zonen (z.B. Hochwassergebiete) und der vorhandenen Besiedlung sowie der Verkehrswege der optimale Standort für eine Deponie ermittelt werden. Die Möglichkeiten zum Einsatz von GIS sind daher vielfältig, jedoch kann auch das beste Programm nur durch Verwendung einwandfreier Daten ein brauchbares Ergebnis liefern. Daher ist der Datenbeschaffung und -aufbereitung besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Mit dieser Diplomarbeit soll die Praktikabilität des Einsatzes von GIS als Entscheidungswerkzeug im Bereich Abfallwirtschaft und -logistik gezeigt werden. Dabei werden zwei wesentliche Bereiche der Abfallwirtschaft herausgegriffen. Einerseits die Ermittlung geeigneter Standorte unter Zuhilfenahme von vorhandenen

Daten in einer Gemeinde und andererseits die Tourenplanung für gewerbliche und kommunale Entsorger. Im Bereich der Standortanalyse werden GIS in anderen Bereichen (z.B. im Einzelhandel) schon lange eingesetzt, um optimale Standorte unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Faktoren zu ermitteln. Mit dieser Arbeit sollen die Möglichkeiten gezeigt werden, wie in Gemeinden mit den bereits vorhandenen Daten und Werkzeugen solche Fragestellungen für den Bereich der Abfallwirtschaft gelöst werden können. Dabei wird auch auf die Problematik der Datenverfügbarkeit und -qualität eingegangen.

In Bezug auf die Tourenplanung stellen vor allem die gestiegenen Anforderungen an Entsorgungsunternehmen und die daraus resultierenden gestiegenen Kosten einen Grund dar, spezielle Systeme zur Optimierung der Logistik einzusetzen. So machen beispielsweise Gesetzesänderungen (z.B. Verpflichtung zur Abfallbehandlung, Recycling, komplexe Sammelbestimmungen), gestiegene Treibstoffpreise, verstärkte Konkurrenz und die Internationalisierung der Abfallwirtschaftsbranche eine Optimierung auch der Abfallsammlung notwendig. Dabei kann nach Dornbusch et al. (2000) eine EDV-gestützte Tourenplanung in Verbindung mit ID- und Verwegungssystemen ein optimales Planungs- und Einsatzinstrument für den Bereich Abfallsammlung und -transport bilden.

In der vorliegenden Arbeit wird daher vor allem die Frage betrachtet, inwieweit sich GIS oder eine spezielle Tourenplanungssoftware zielbringend in einem Entsorgungsbetrieb einsetzen lassen und ob die auf dem Markt verfügbaren Systeme die Anforderungen der Entsorger erfüllen. Um die Realität dabei möglichst gut abzubilden, wurden im Zuge von Experteninterviews die Logistikverantwortlichen von österreichischen Entsorgungsunternehmen befragt, welche Erwartungen sie an den Einsatz von Software zur Tourenplanung haben bzw. welche Erfahrungen bereits damit gemacht wurden.

1.2 Aufbau der Arbeit

Im Folgenden werden der Aufbau der Arbeit sowie die verwendeten Methoden kurz erläutert.

Im Kapitel **Grundlagen** wird neben den abfallwirtschaftlichen Voraussetzungen und der Abfallwirtschaft in Niederösterreich und Klosterneuburg im Speziellen auch auf die Funktionsweisen und Prinzipien von Geografischen Informationssystemen eingegangen. Weiters werden der Bereich der Entsorgungslogistik betrachtet und

Sammelsysteme, abfallwirtschaftliche Kennzahlen und elektronische Systeme in der Abfallsammlung erläutert.

Das Kapitel **GIS in der Abfallwirtschaft** beschäftigt sich mit den Anwendungsmöglichkeiten dieser Systeme und zeigt einige Anwendungsbeispiele und auch die Probleme, die bei der Verwendung von GIS als Entscheidungswerkzeug auftreten können.

Mit dem Kapitel **Tourenplanung** wird schließlich auf die Problemstellung der Planung von Sammeltouren in der Abfallwirtschaft eingegangen und welche Bedeutung die Vorarbeiten, wie beispielsweise die Ermittlung von Geokoordinaten für Behälterstandorte und die Auswahl des passenden Kartenmaterials, haben.

Der **empirische Teil** enthält die Vorgehensweise zu den beiden Fallbeispielen sowie die dabei durchgeführten Berechnungen, Experteninterviews und die jeweiligen Ergebnisse.

- Standortfindung für einen Grünschnittsammelplatz in Klosterneuburg (NÖ)
Hierbei wird mit Hilfe von in der Gemeinde vorhandenen Daten und einem Standard-GIS ein möglicher Standort für eine Grünschnittsammelstelle ermittelt. Dabei wird auch das anfallende Potenzial für Grünschnitt in der Gemeinde berücksichtigt und es werden 2 Methoden verglichen, um dieses Potenzial zu ermitteln. Dazu werden Literaturwerte herangezogen und Werten gegenübergestellt, die auf Basis der Grünflächen ermittelt wurden. Dabei soll auch die Eignung der Methode zur Berechnung der Grünflächen bewertet werden.
- Einsatz von Tourenplanungssoftware in der Abfallwirtschaft
Um einen Überblick über den Einsatz von GIS und Tourenplanungssoftware in Entsorgungsunternehmen und die Eignung dieser Systeme für den täglichen Einsatz zu bekommen, wurden mit Logistikverantwortlichen in österreichischen Entsorgungsunternehmen Experten-Interviews geführt. Dabei wurden auch die Erwartungshaltung der Unternehmen und ihre Anforderungen an derartige Systeme untersucht.

Die Ergebnisse werden in der **Zusammenfassung und Schlussfolgerung** abschließend nochmals dargestellt und diskutiert.

2. Grundlagen

2.1 Abfallwirtschaft

2.1.1 Rechtliche Voraussetzungen

„Abfallwirtschaft ist keine konkrete Maßnahme, sondern ein ordnendes Prinzip. Sie ist das zielbewusste Ordnen aller den Abfall betreffenden Maßnahmen, insbesondere die Vermeidung und Verringerung von Abfällen, deren Verwertung und deren Entsorgung unter Berücksichtigung der Einflüsse auf die Umwelt – ökologische Kriterien – und der Wirtschaftlichkeit – ökonomische Kriterien.“

(Begriffsdefinition nach Prof. Kemmerling in Lechner & Huber-Humer (2004))

Erst Ende des 20. Jahrhunderts haben sich die modernen Sichtweisen und Definitionen der Abfallwirtschaft etabliert. So fand das Vermeidungs- und Verwertungsgebot als bestimmendes Element erst 1990 seinen Eingang im österr. Abfallwirtschaftsgesetz. (Lechner & Huber-Humer, 2004)

Das österreichische Abfallwirtschaftsgesetz (AWG, 2002) definiert die Ziele und Grundsätze in Abschnitt 1, §1 im Sinne des Vorsorgeprinzips und der Nachhaltigkeit.

Dabei gelten die Grundsätze der

1. Abfallvermeidung;
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung;
3. Recycling;
4. sonstige Verwertung, z.B. energetische Verwertung;
5. Beseitigung.

In dieser Reihenfolge liegt auch die Priorität zuerst bei der Vermeidung der Abfälle und darin enthaltener Schadstoffe, außerdem sollen nicht vermeidbare Abfälle möglichst optimal wiederverwendet und dann verwertet werden, z.B. stofflich oder thermisch und die daraus anfallenden Restabfälle sollen möglichst reaktionsarm und schadstoffarm abgelagert werden.

Um nun diesen Grundsätzen zu folgen, ist u.a. der Transport von Abfällen notwendig. Im Zuge der Abfallsammlung, welche das AWG 2002 in §2 Abs. 5 als das „Einsammeln von Abfällen durch Abholung, Entgegennahme oder rechtliches Verfügen über die Abholung oder Entgegennahme durch einen beauftragten Dritten“ definiert, ist auch die „vorläufige Sortierung und vorläufige Lagerung der Abfälle zum Zwecke des Transports zu einer Behandlungsanlage“ eingeschlossen.

Laut §23 Abs. 3 hat die Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung umweltgerecht zu sein. Für Sammelsysteme bedeutet dies auch, dass sie dem Stand der Technik zu entsprechen haben (§29, Abs. 4). Daher ist eine optimierte Sammlung sowohl von Seiten des Umweltschutzes als auch der Technik relevant und natürlich auch aus wirtschaftlichen Gründen für Unternehmen, die im nationalen und internationalen Wettbewerb stehen, ein wichtiges Thema.

2.1.2 Regionale Abfallwirtschaft

Das AWG 2002 definiert in Abschnitt 1, §8 Abs. 2 mit dem Bundes-Abfallwirtschaftsplan ein System, welches neben einer Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft auch die notwendigen Informationen, Strategien und Vorgaben zum Betrieb von Behandlungsanlagen, deren Infrastruktur sowie den notwendigen Sammelsystemen liefert, welche der Erreichung der Ziele und Grundsätze des AWG 2002 dienen.

Zum Zeitpunkt dieser Arbeit liegt aktuell der Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006 als vierte Fortschreibung vor.

Die Länder legen ihrerseits jeweils Landes-Abfallwirtschaftspläne fest, die bezüglich der Anlagen der Beseitigung nicht gefährlicher Abfälle in den Bundes-Abfallwirtschaftsplan aufgenommen werden.

Mit dem AWG 2002 wurden den Ländern vor allem Kompetenzen im Bereich der nicht-gefährlichen Siedlungsabfälle in Bezug auf ihre Abfuhr, der Regelung von Pflichtbereichen, der landesabfallrechtlichen Planungsbefugnisse, dem einschlägigen Abgabewesen, sowie hinsichtlich Regelung über Abfallwirtschaftsverbände zugesprochen (NÖ Abfallwirtschaftsplan, 2005).

Die Aufgabe der Gemeinden ist laut NÖ Abfallwirtschaftsplan (2005) grundsätzlich die Vollziehung des NÖ AWG 1992, diese gesetzliche Verpflichtung wurde jedoch zu einem großen Teil an die Abfallverbände übertragen. Hierzu gehören v.a. die Öffentlichkeitsarbeit, Umsetzung von Abfallvermeidungsstrategien, Schaffung einheitlicher Voraussetzungen im Bereich der Sammlung und Behandlung bzw. Vermarktung von Altstoffen, Bioabfall und Problemstoffen. Und zusätzlich noch die Errichtung und der Betrieb von Behandlungsanlagen für Siedlungsabfälle, Sperrmüll, kompostierbare Abfälle, Altstoffe und Restmüll. In Niederösterreich ist die Zugehörigkeit zu einem der Abfallverbände nicht verpflichtend. So gehört eine Reihe

von Gemeinden, darunter auch die im Rahmen der Arbeit betrachtete Gemeinde Klosterneuburg, zu keinem Verband.

Alle Gemeinden sind verpflichtet, jährlich einen Bericht zur Abfallsituation zu erstellen (AWG NÖ, 1992 § 4 Abs. 3). Aus diesen Daten wird der jährliche Abfallwirtschaftsbericht erstellt. Die in dieser Arbeit verwendeten Daten zu Abfallmengen stammen, sofern nicht anders angegeben, aus diesem Datenbestand. Abb. 1 zeigt eine Übersichtskarte der einzelnen Regionen, Abfallverbände sowie Nicht-Verbandsgemeinden.

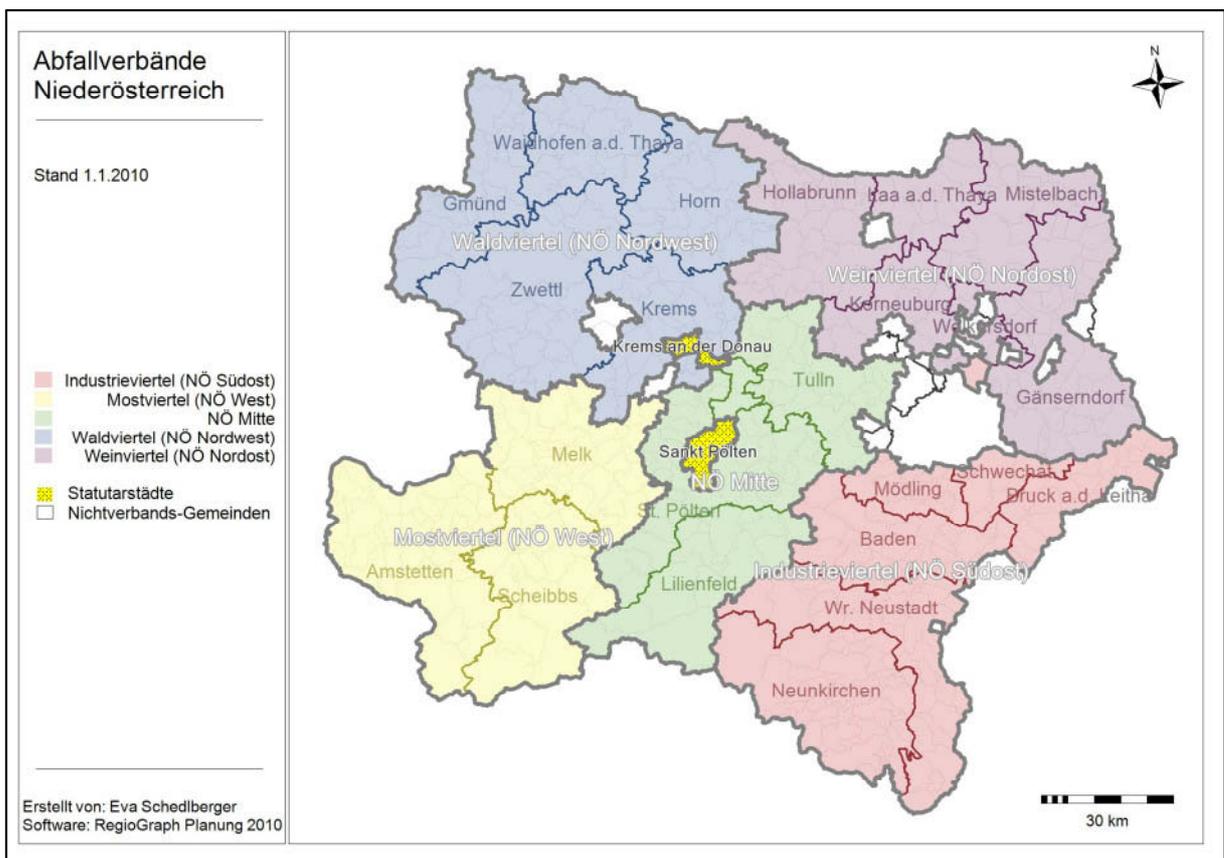


Abb. 1 Übersicht Verbandsgemeinden (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009), eigene Darstellung

2.1.3 Abfallmengen

Für die Erhebung der Abfallmengen, die Verwertung und Entsorgung werden in Österreich Daten aus statistischen Erhebungen (z.B. Grüne Berichte, Landes-Abfallwirtschaftspläne und -berichte, Berichte einzelner Abfallwirtschaftsverbände), Unterlagen der österreichischen Verwaltung, aus fachlichen Studien, von der Wirtschaftskammer Österreich, von fachlichen Institutionen (z.B. Statistik Austria), von Betreibern von Anlagen zur Verwertung und Beseitigung von Abfällen, von Branchenrecyclinggesellschaften (z.B. ARA) sowie aus Datenbanken des Umweltbundesamtes herangezogen. (Bundesabfallwirtschaftsplan, 2006)

Im niederösterreichischen Abfallwirtschaftsbericht stammen die Daten von den Verbänden bzw. Gemeinden aus der kommunalen Sammlung. Abb. 2 zeigt die Entwicklung der Restabfallmengen in NÖ seit 1998.

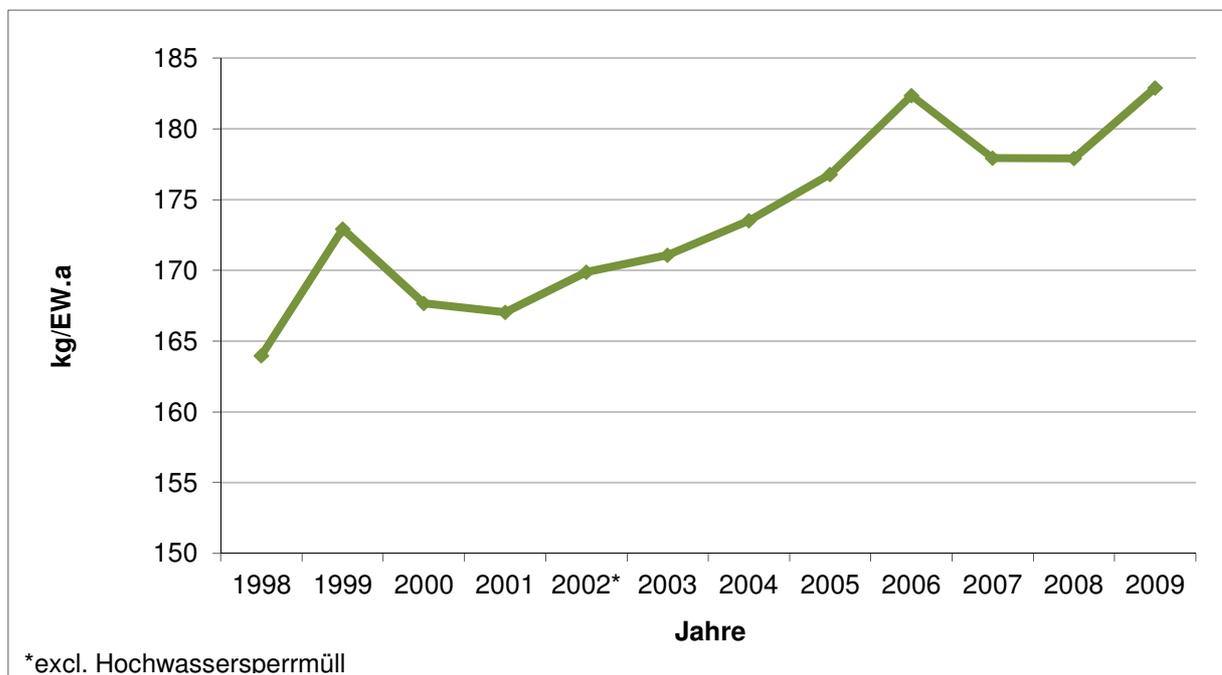


Abb. 2 Entwicklung Restabfallmengen 1998-2009 (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009), eigene Darstellung

Bezüglich der Restabfallmengen sollte bis 2004 die Größenordnung des Jahres 1998 – 250.000 Tonnen, umgerechnet 164 kg/EW.a – nicht überschritten werden (NÖ Abfallwirtschaftskonzept, 2000). Diese Menge ist jedoch bereits 2002 auf knapp 170 kg/EW.a (Rest- und Sperrmüll, exklusive des Hochwassersperrmülls) gestiegen und erreichte 2009 mit knapp 183 kg/EW.a Rest- und Sperrmüll einen weiteren Höchststand.

2.1.3.1 Abfallmengen Klosterneuburg

Die Gemeinde Klosterneuburg gehört keinem der Abfallwirtschaftsverbände in NÖ an und die Sammlung der Abfälle wird von der Gemeinde selbst, bzw. von externen Firmen durchgeführt. Die folgende Tabelle zeigt vergleichend die Abfallmengen aus 2000 bzw. 2009. Für die vorliegende Arbeit sind die Mengen an Biomüll und vor allem Grün-, Strauch- und Baumschnitt von Interesse, da diese in die Berechnung des Grünschnittpotenzials im zweiten Fallbeispiel einfließen. Tab. 1 zeigt, dass die Mengen an Grünschnitt im Jahr 2009 mit 159,7 kg/EW.a beträchtlich höher lagen als noch im Jahr 2000 mit 107,1 kg/EW.a. Im Detail wird die Grünschnittsammlung Kapitel 5.1.4.3 behandelt.

Abfallart	2000 (t)	2000 (kg/EW.a)	2009 (t)	2009 (kg/EW.a)
Restmüll	3.582,9	144,4	4.291,4	167,9
Biomüll	3.391,0	136,6	3.177,6	124,3
Grün-, Strauch- und Baumschnitt	2.657,0	107,1	4.080,61	159,7
Altpapier	2.262,1	91,2	2.609,9	102,1
Altglas	797,4	32,1	907,4	35,5
Dosen (2009: Verpackungsmetalle)	104,7	4,2	87,1	3,4
Verpackung Kunststoff u. Verbundstoffe (2009: Leichtfraktion (lt. Verpackungs-Verordnung))	373,2	15,0	484,7	19,0
Sperrmüll*	1.318,0	53,1	1.408,9	55,1
Alttextilien	56,0	2,3	57,8	2,3
Speiseöl	6,4	0,3	11,0	0,4
Haushaltsschrott (Eisen) (2009: Nichtverpackungsmetalle (Sperrmüllschrott, Alteisen, ...))	552,2	22,3	427,8	16,7
Elektroschrott (+ Fernseh-, Kühlgeräte u. Leuchtstoffröhren) (2009: Elektroaltgeräte)	51,9	2,1	281,9	19,0
Sondermüll	58,0	2,3	k. A.	k. A.
Altöl	11,7	0,5	k. A.	k. A.
Altreifen o. Felgen	16,7	0,7	35,6	1,4
Batterien nass	23,4	0,9	20,1	0,8
* excl. Sperrmüllholz und Holz Recyclingplatz				
Einwohner mit Hauptwohnsitz Volkszählung 2001: 24.816 (Quelle: Statistik Austria)				
Einwohner mit Hauptwohnsitz 1.1.2009: 25.557 (Quelle: Statistik Austria)				

Tab. 1 Abfallmengen Klosterneuburg 2000, 2009, Auszug (Abfallwirtschaftsbericht Klosterneuburg, 2000), (Abfallwirtschaftsbericht Klosterneuburg, 2009)

2.2 Geografische Informationssysteme

2.2.1 Definition und Entwicklung

„... a GIS is a powerful set of tools for collecting, storing, retrieving at will, transforming and displaying spatial data from the real world for a particular set of purposes“ (Burrough & McDonnell, 1998).

Dementsprechend kann eine gültige Definition eines GIS als raumbezogenes Informationssystem folgendermaßen lauten:

„Ein raumbezogenes Informationssystem dient der

- Erfassung
- Speicherung
- Verarbeitung
- Darstellung

aller Daten, die einen Teil der Erdoberfläche und die darauf befindlichen technischen und administrativen Einrichtungen sowie ökologische und ökonomische Gegebenheiten beschreiben.“ (Bartelme, 2000)

Mittels eines GIS ist es dem Anwender möglich, eine Visualisierung bzw. eine Bearbeitung und Transformation von Daten, die in herkömmlicher Tabellenform vorliegen, durchzuführen und somit „Mehrinformation“ in Form einer thematischen Karte zu erhalten. Während der Entwicklung der heute typischen GIS kam es auch zu einer Beeinflussung durch andere räumlich und grafisch arbeitende Systeme, wie z.B. CAD (Computer Aided Design) oder dem Bereich Fernerkundung und Photogrammetrie.

In den Jahren 1960-1970 hat durch die vermehrte Verfügbarkeit von Daten und vor allem durch das Auftauchen der ersten Computer die Entwicklung erster einfacher GIS-Vorfahren begonnen. Diese dienten meist dazu, vorhandene Bilddaten (z.B. Luftbilder, Satellitendaten) in einem georeferenzierten Gitter darzustellen und Auswertungen, die über rein visuelle Analysen hinausgingen, zu ermöglichen. In den 70er Jahren fand dann vor allem in den USA eine rasche Entwicklung unterschiedlichster Programme statt. So wurden zum Beispiel mit SYMAP, GRID und INGRID Programme entwickelt, die das Übereinanderlegen mehrerer Folien mit jeweils unterschiedlichen Informationen und daraus entstehende Überschneidungen simulieren konnten. Mittels eines Sets von Analysemodulen konnten somit einfache Auswertungen erzeugt werden. (Burrough & McDonnell, 1998)

Mit fortschreitender Computertechnologie wurden auch die GIS-Programme immer umfangreicher in ihren Funktionen. Neben der gestiegenen Rechnerleistung, welche die raschere Verarbeitung der Daten ermöglichte, war es vor allem auch die ständig steigende Kapazität der Speichermedien, welche überhaupt erst die Verarbeitung immer komplexerer und umfangreicherer Daten zuließ. Kostengünstigere PCs taten ihr Übriges zur Verbreitung von GIS außerhalb von staatlichen Institutionen und Universitäten.

Von Anfang an wurden GIS in den unterschiedlichsten Bereichen verwendet – Geologie, Hydrologie, Landvermessung, Photogrammetrie, Fernerkundung, Bodenwissenschaften, Raum- und Stadtplanung um nur einige zu nennen. Heute finden sich u.a. auch Anwendungen im Wirtschaftsbereich (Marketing- und Vertriebsplanung, Standortplanung) und im privaten Leben (Adresssuche im Internet, Routenplanung am Heim-PC). Mit der Verbreitung von Internetanschlüssen und v.a. Breitbandinternet-Verbindungen sind auch sogenannte WebGIS immer stärker in den Vordergrund getreten. Da v.a. für die Übertragung der Kartendaten bzw. der grafischen Informationen leistungsstarke Leitungen notwendig sind, finden sich WebGIS Anwendungen erst in den letzten Jahren auch immer mehr im wirtschaftlichen Bereich (z.B. Filialfinder im Internet, Standort-Analysetools für Handelsunternehmen, welche über webbasierte Oberflächen und externe Kartenserver laufen). Aber auch für Privatanwender gibt es vielfältige Möglichkeiten, Karten und GIS-Funktionen im Internet zu nutzen – z.B. Google, Bing, Yahoo, Map24, Open Street Map etc.

2.2.2 Komponenten eines GIS

In einem geografischen Informationssystem kommt es laut Bill (1999a) zur Verlinkung von 4 Hauptbestandteilen, nämlich:

- Hardware
- Software
- Daten
- Anwender

Diese Bestandteile sind eng miteinander verknüpft. Im Kern des Systems befinden sich die Daten, aus welchen von Personen unter Zuhilfenahme von Soft- und Hardware, für die Auftraggeber relevante Informationen extrahiert werden. (Bill, 1999a)

2.2.2.1 *Hardware*

Die Hardware umfasst neben dem PC, Server oder Mobilgerät, die dem Datenmanagement dienen, auch Inputgeräte wie zum Beispiel Maus, Tastatur, Digitizer, GPS-Gerät oder Scanner. Und um die verarbeiteten Daten nicht nur am Monitor visualisieren zu können, dienen Drucker, Festplatten, CD-ROMs oder Plotter als Output Geräte. Durch Einbindung des PCs in ein Netzwerk ist es möglich, Daten gemeinsam zu nutzen bzw. durch Aufteilung der Rechenleistung auch größere Datensätze in akzeptablen Zeiträumen zu bearbeiten. (Bill (1999a) und Burrough & McDonnell (1998))

2.2.2.2 *Software*

Die Software ist das eigentliche GIS-Programm zur Analyse, Verwaltung und Interpretation der Daten (Bill, 1999a). Beispiele für häufig genutzte GIS sind ArcGIS von ESRI, MapInfo von Pitney Bowes oder GeoMedia von Intergraph. Professionelle GIS-Programme wenden sich an den versierten Nutzer und erlauben umfangreiche Programmierungen, entweder in einer speziell für das Programm entwickelten Sprache (z.B. Avenue) oder in letzter Zeit vermehrt in Standardprogrammiersprachen (Python in neueren ESRI Produkten). Desktop-GIS werden vor allem von Anwendern verwendet, die mit den bereits vorhandenen Instrumenten und Daten Auswertungen vornehmen wollen. Mit dem Aufkommen des Internet wurden auch sogenannte Internet GIS Viewer und Web-Applikationen (WebGIS) entwickelt, die es ermöglichen, auf einem Server generierte Karten zu betrachten und darin zu navigieren bzw. diese auch zu bearbeiten und eigene Daten damit zu verknüpfen und zu analysieren. Eine weitere Variante sind CAD-GIS, um GIS-Funktionalitäten erweiterte CAD-Programme. GIS-Toolbox (Komponentensoftware) und diverse ergänzende GIS-Module sind ebenfalls in Verwendung (BTU GIS Report, 2000). Neben professionellen, kostenpflichtigen Programmen finden sich auch diverse Open-Source-Projekte wie z.B. GRASS oder JUMP. Diese erlauben auf Grund Ihrer offenen Programmierung Zugriff auf die Quelldateien und können unter Public License Bedingungen kostenfrei genutzt werden.

2.2.2.3 *Daten*

GIS können Daten aus unterschiedlichsten Quellen und Formaten verarbeiten. So können geografische Daten in Form von Landkarten, Luftbildern, Satellitenfotos, Digitaldaten aus der Photogrammetrie, Text oder Tabellendaten vorliegen. Diese

Daten werden innerhalb des GIS in Datenbanken gespeichert. Neben geografischen Daten werden im GIS auch Sachdaten, die einen räumlichen Bezug aufweisen, verwendet. So können dies zum Beispiel Namen, Attribute oder andere Werte sein. Mit den Geometriedaten (Raster- und Vektordaten s. Kapitel 2.2.5) wird die absolute und relative Lage von Objekten im Raum beschrieben. Die Attributdaten (Sachdaten) beschreiben die nicht-geometrischen, thematischen Eigenschaften der Objekte. Neben der Beschreibung der Lagen (Geometrie) werden auch die räumlichen Beziehungen (Topologie) zwischen Objekten festgehalten. Die Verwaltung der geografischen Daten und Sachdaten wird über das DataBase Management System (DBMS) geregelt. (Bill (1999a) und Burrough & McDonnell (1998))

2.2.2.4 Anwender

Die Anwender stellen Hardware, Software und Daten eines GIS zur Verfügung. Weiters werden die Anforderungen an die Hard- und Software, sowie an die Daten von den Usern bzw. Auftraggebern, je nach den zu lösenden Aufgaben definiert.

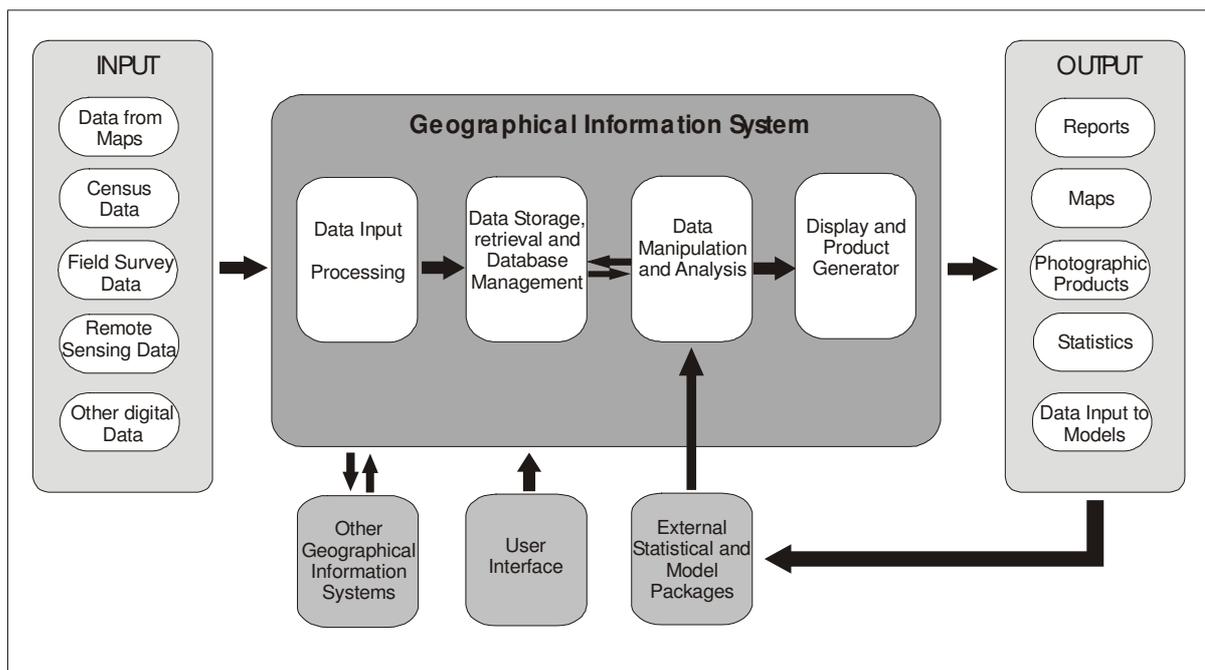


Abb. 3 Basismodule eines geografischen Informationssystems nach Fischer & Nijkamp (1993)

In Bezug auf die Lebensdauer der einzelnen Komponenten (Hardware, Software und Daten) gab es in den letzten Jahrzehnten zum Teil große Änderungen, wie die nachstehende Tabelle zeigt:

	Lebensdauer	
	(Bill, 1999a)	(Fuchs, 2009)
Daten	25-70 Jahre	Von sehr kurz bis extrem lang
Software	7-15 Jahre	5-10 Jahre
Hardware	3-5 Jahre	3-5 Jahre

Tab. 2 Übersicht Lebensdauer von GIS-Komponenten; Vergleich 1999-2009, eigene Darstellung
 Bezüglich der Kosten ist heute Hardware als die günstigste der drei Komponenten zu sehen. Die Software ist hier bereits meist teurer und am teuersten sind Daten (z.B. hochauflösende Satelliten- und Luftbilder). In der Literatur wird als typisch vorkommende Verteilung der Kosten oft folgendes Verhältnis angegeben:

Hardware : Software : Daten = 1 : 10 : 100

nach Czimer (2001) in Toth (2007)

Vor allem in Hinsicht auf die Lebensdauer der Daten hat sich eine starke Unterscheidung ergeben. So sind manche Daten (z.B. Echtzeit-Positionsdaten mittels GPS) bereits innerhalb von Sekunden veraltet. Andere Daten (z.B. geologische Informationen) sind jedoch auf Jahrtausende gleichbleibend. Auch die Entwicklungszyklen von Software sind kürzer geworden. Lediglich die Geschwindigkeit, in der neue Hardware wieder veraltet, ist annähernd gleich geblieben.

2.2.3 Layer- oder Ebenenprinzip

Ein GIS ist typischerweise in Schichtform aufgebaut. Die Bezeichnung dieser Schichten variiert je nach Software (Layer, Theme, Relation, Feature Class,...). Im Folgenden wird immer der Ausdruck Layer verwendet. Jeder Layer enthält Informationen des gleichen Phänotyps. Zum Beispiel Informationen über Bodenart, administrative Grenzen, Wasserläufe oder Standorte. Durch Kombination dieser Layer, die natürlich deckungsgleich sein müssen, entsteht die Gesamtkarte. Die Deckungsgleichheit wird über den Maßstab, Ursprung und Richtung der einzelnen Layer definiert. Es lassen sich Layer unterschiedlichen Inhalts vereinigen, so können auch Raster- und Vektordaten übereinandergelegt werden (z.B. Luftbildlayer und Layer mit Grundstücksgrenzen – s. Abb. 4).

Abfragen (Queries) können entweder nur auf einem Layer stattfinden (welche Gebiete entsprechen dem Typ „Betriebsgebiet“) oder durch alle Layer hindurch

gemacht werden, um zu untersuchen, ob bestimmte Kriterien, die vom User definiert werden, an einer Stelle des Untersuchungsgebiets von allen Layern erfüllt werden. Z.B. welche Gebiete entsprechen dem Typ „Betriebsgebiet“ und/oder beinhalten einen Standort Typ „Tankstelle“ und/oder liegen in der Nähe einer Autobahn. Die Zusammenhänge werden erst durch Kombination der Layer sichtbar und Analysen können in einem weiteren Ergebnislayer, welcher die Resultate der vorangegangenen Abfragen (Zugehörigkeiten, Flächenverschnidungen, ...) enthält, gespeichert werden. Um die Layer miteinander in Verbindung zu setzen ist ein Querverweis zwischen den Layern, beziehungsweise die Existenz von Objekten in verschiedenen Layern notwendig.

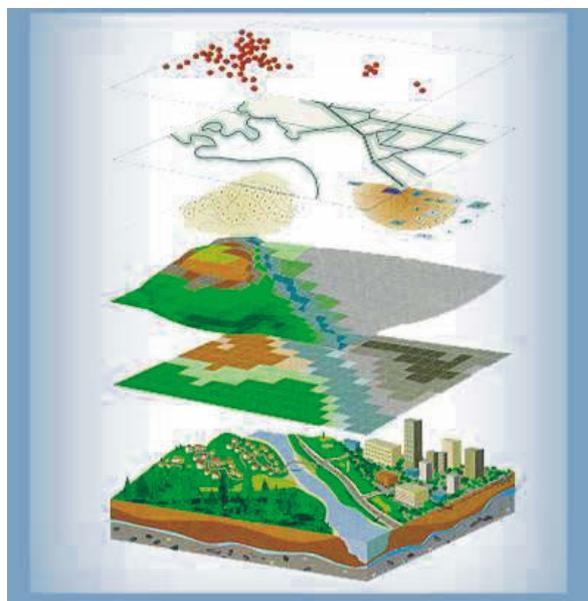


Abb. 4 Layeraufbau eines GIS (Saginaw County: About GIS - Introduction to GIS, 2003)

2.2.4 Objektklassenprinzip

Neben dem Layerprinzip kann noch ein weiteres Prinzip der Einteilung unterschieden werden. Dies beruht auf der Einteilung der existierenden Datenobjekte in Klassen und wird dementsprechend Objektklassenmodell (Bill, 1999a) bzw. ER-Approach – Entity-Relation-Approach – bezeichnet (Bartelme, 2000). Und zwar geht man in diesem Fall von sogenannten Entitäten bzw. Objekten aus. Diese sind eindeutig identifizierbar und mit bestimmten Eigenschaften ausgestattet, die sie von anderen Entitäten unterscheiden. Diese Entitäten können im Weiteren zu Entitätsklassen (Objektklassen) zusammengefügt werden, sofern Sie über die gleichen Eigenschaften verfügen. So können zum Beispiel unterschiedliche Gebäude zur Klasse Häuser zusammengefasst werden. Innerhalb einer Klasse werden bestimmte

Attribute definiert, welche je nach Entität unterschiedliche Werte annehmen können. Zwischen den Entitätsklassen und den Entitäten können nun Zusammenhänge in Form von Relationen bestehen (z.B. Standort Tankstelle XY liegt in Postleitzahlgebiet 4550 und wird von Pächter Z betreut).

2.2.5 Datentypen

Allgemein wird eine grundsätzliche Unterscheidung in Raster- und Vektordaten, sowie Sachdaten vorgenommen. Bill (1999a) fasst Raster- und Vektordaten zu Geometrie- und Topologie-Daten zusammen. Die Geometrie bezieht sich auf die Form und relative Lage der Objekte. Die Topologie besagt, dass zwischen Punkten und Linien eine gegenseitige Beziehung besteht. Weiters führt er zusätzlich den Typus der Grafikdaten an. Diese beziehen sich auf Ableitungen aus Raster- und Vektordaten und stellen z.B. Farben, Füllungen, Linienstile oder Textarten dar. Im Folgenden werden Raster-, Vektor- und Sachdaten näher erläutert.

2.2.5.1 Rasterdaten

Rasterdaten basieren auf der Darstellung in Form eines Rasters, wo jede Datenzelle nur einen Wert einnehmen kann und keine bestimmte Richtung besitzt. Eine Ordnung in einem Raster erfolgt nur nach der Position der Pixel (Punkte) in einer Matrix. Die Pixel zueinander haben keine Information, ob eine Linie, ein Punkt oder eine Fläche nachgebildet wird. Daher ist keine logische Verbindung zwischen Bildelementen möglich. (Bill, 1999a)

Typische Vertreter von Rasterdaten sind z.B. Bildaufnahmen (Satelliten- oder Luftbildaufnahmen). Hier hat ein Pixel neben der Information, welche Position es im Grid einnimmt, z.B. noch die Information, welchem Farbwert es entspricht. Aus der Gridanordnung ergibt sich auch eine der größten Einschränkungen - und das ist die Auflösung. Der Detailgrad einer Rasterkarte steht und fällt mit Ihrer Rasterauflösung. So ist es zwar möglich, die Karte in einer gröbereren Auflösung darzustellen, jedoch können feinere Strukturen, als die in der Basisauflösung gegebenen, nicht mehr dargestellt werden.

Als Vorteile können die einfache Struktur angeführt werden, sowie die daraus resultierende einfache Datenerfassung, welche kurze Erfassungszeiten ermöglicht. Jedoch entstehen durch die Anordnung im Raster große Datenmengen, die wiederum einen hohen Rechenaufwand bedingen. (Bill, 1999a)

2.2.5.2 Vektordaten

Im Gegensatz zu Rasterdaten enthalten Vektordaten, wie schon der Name sagt, Informationen zu Ordnung und Richtung. Die Grundstrukturen sind Knoten (Punkte), Kanten (Linien) und Flächen, wobei Flächen als geschlossener Linienzug dargestellt werden. Durch diese Betrachtungsweise ist es leicht, eine logische Strukturierung und einen Objektbezug herzustellen. Auch besteht der Nachteil einer Begrenzung der Auflösung, wie bei den Rasterdaten, durch die linienhafte Betrachtung nicht. Jeder Punkt kennt seine genauen Koordinaten innerhalb des Systems (x, y). Da Linien als Verbindung zweier Punkte dargestellt werden, ist auch hier der genaue Anfangs- und Endpunkt bekannt.

Diskrete, eindeutig identifizierbare Einheiten werden im Vektorformat dargestellt. Da alle Objekte eine eindeutige ID in Form eines Identifikationsschlüssels besitzen, ist eine Verknüpfung mit vielen Attributen kein Problem. Die geringen Datenmengen bedingen kurze Rechenzeiten, jedoch sind als Nachteil hohe Erfassungszeiten zu nennen. (Bill, 1999a)

Als typische Strukturen für Vektordaten können die oben bereits erwähnten Punkt-, Linien- und Flächenobjekte genannt werden, welche in Objektklassen zusammengefasst und nach Netzwerk- oder relationalen Modellen organisiert werden.

Heute unterstützen moderne GIS sowohl Vektor- als auch Rasterdaten und nutzen die Vorteile beider Datentypen.

Vektor		Raster
+	Speicherplatz	-
-	Analysefunktionen	+
+	Overlays und Verschneidungen	+
+	Nachbarschaftsbeziehungen, räumliche Operatoren	-
+/-	Datenaustausch	+/-
+	Thematik, Attribute	-

Tab. 3 Übersicht Vor- und Nachteile Vektor- vs. Rasterdaten, (Fuchs, 2009)

2.2.5.3 Sachdaten

Als Sachdaten werden üblicherweise die Attribute der geometrischen Daten, also thematische Daten verstanden. Dies können Zahlensammlungen, Messwerte, Bezeichnungen, Eigenschaften etc. sein. Die Sachdaten werden meist über den Identifikationsschlüssel mit den geometrischen Daten verknüpft und sind in eigenen Datenbanken gespeichert. Die Strukturen von Sachdaten sind meist nicht normiert. Jedoch sollte auf eine möglichst platzsparende und auch optimal verwertbare Struktur geachtet werden. Das bedeutet, dass überflüssige Elemente, die keine zusätzliche Information enthalten, vermieden werden. Dadurch ergibt sich auch eine Optimierung des Speicherplatzbedarfs, da Doppeleinträge nicht vorhanden sind (Redundanzfreiheit).

2.2.5.4 Hybride Strukturen

Als hybride Strukturen bezeichnet Bill (1999a) eine Kombination von Vektor-, Sach- und Rasterdaten. Häufig finden sich Vektor- Sachdaten Kombinationen bzw. Raster-Sachdaten Kombinationen. Die Vektordaten werden dabei häufig in einem Netzwerk dargestellt und die Sachdaten liegen in Form von unabhängigen Tabellen vor.

2.2.5.5 Geodatenmanagement

Die immer umfangreicher werdenden Datenbestände im Bereich Geodaten erfordern ein effektives Datenmanagement, welches neben den großen Datenmengen auch für Aktualität und Redundanzfreiheit zuständig ist. Fuchs & Mattiuzzi (2010) definieren vier Hauptfunktionen im Umgang mit räumlicher Information (s. Tab. 4).

Erfassung	Verwaltung, Speicherung	Analyse	Visualisierung
Vermessung	Datenbanken	Räumliche Prozessmodellierung	Mit digitalen Techniken (Perspektivansichten, Animationen, Virtuelle Realität,...)
Photogrammetrie	Meta-Datenbanken	räumliche Simulation	Kartografie
Luftbildinterpretation		Bilddatenverarbeitung	WebGIS
Fernerkundung		Geostatistik	
Übernahme existierender Daten			

Tab. 4 Übersicht Funktionen Geodatenmanagement, eigene Darstellung nach Fuchs & Mattiuzzi (2010)

Als Datenquellen finden sich zu einem großen Teil öffentliche Stellen, welche wie z.B. das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) in Österreich eine Vielzahl von Daten in digitaler Form erzeugen, verwalten und bereitstellen. Das BEV ist in Österreich überdies für die Führung des Katasters verantwortlich und stellt damit und mit den topografischen Landeskarten die Grundlage für die österreichische Geodateninfrastruktur dar.

Weitere Daten werden von den einzelnen Bundesländern erzeugt bzw. von den Gemeinden für das jeweilige Gemeindegebiet gesammelt und verwaltet.

Neben den öffentlichen Stellen finden sich eine Vielzahl an kommerziellen Anbietern von Geodaten, welche teilweise sehr spezielle Daten anbieten (z.B. Prospekt-Verteil-Rayone der Post) oder auch universell verwendbare Daten (z.B. detaillierte Straßendaten für Navigationszwecke und Stadtpläne). In den letzten Jahren hat sich außerdem eine weitere Quelle für Daten entwickelt. Open Source Projekte basieren auf der Teilnahme einer Vielzahl von Usern, welche z.B. für Open Street Map¹ (OSM) jeweils einen kleinen Teil der Daten erheben. Die Bearbeitung und Evaluierung der Daten findet dann über die gesamte Nutzergruppe statt und die Daten werden vereinheitlicht und gesamt zur Verfügung gestellt.

2.2.6 Global Positioning System (GPS)

Der Einsatz von GPS ist mittlerweile weit verbreitet. Ob im Pkw als Navigationssystem oder aber zur genauen Positionsbestimmung von Lkws in Speditionsunternehmen gibt es viele Anwendungen im Straßenverkehr.

2.2.6.1 GPS Grundlagen

Die nachfolgende Beschreibung stammt von Trabant (2005):

Das Globale Positionierungssystem (GPS) ist ein Navigationssystem, welches mittels moderner Satellitentechnik und Informationsverarbeitung die aktuelle Position beliebiger Objekte bis auf wenige Meter genau ermittelt. Die Bestimmung der Position erfolgt durch Messung der Laufzeiten der Signale zwischen Objekt, Satellit und beim Differential-GPS einem festen bekannten Bezugspunkt (Referenzstation). Aus diesen Messdaten wird durch Berechnung der Entfernung Satellit, Bezugspunkt und Objekt die aktuelle Position bestimmt. Dieses Navigationssystem weist eine weltweit hohe Verfügbarkeit auf, unabhängig von geografischer Lage und Zeit. Es

¹ <http://www.openstreetmap.org/>

stellt ein präzises Verfahren zur Orts-, Richtungs- und Entfernungsbestimmung dar. Die so gewonnenen Daten Ort und Zeit können mit der entsprechenden Software vielfältig genutzt werden. Ortsbestimmungen mit einer Abweichung kleiner als 1m sind bereits möglich. Eine Genauigkeit, die für die unterschiedlichen Einsatzbereiche in der Entsorgungswirtschaft ausreicht. Abb. 5 zeigt das Funktionsprinzip zur Ortsbestimmung mittels GPS.

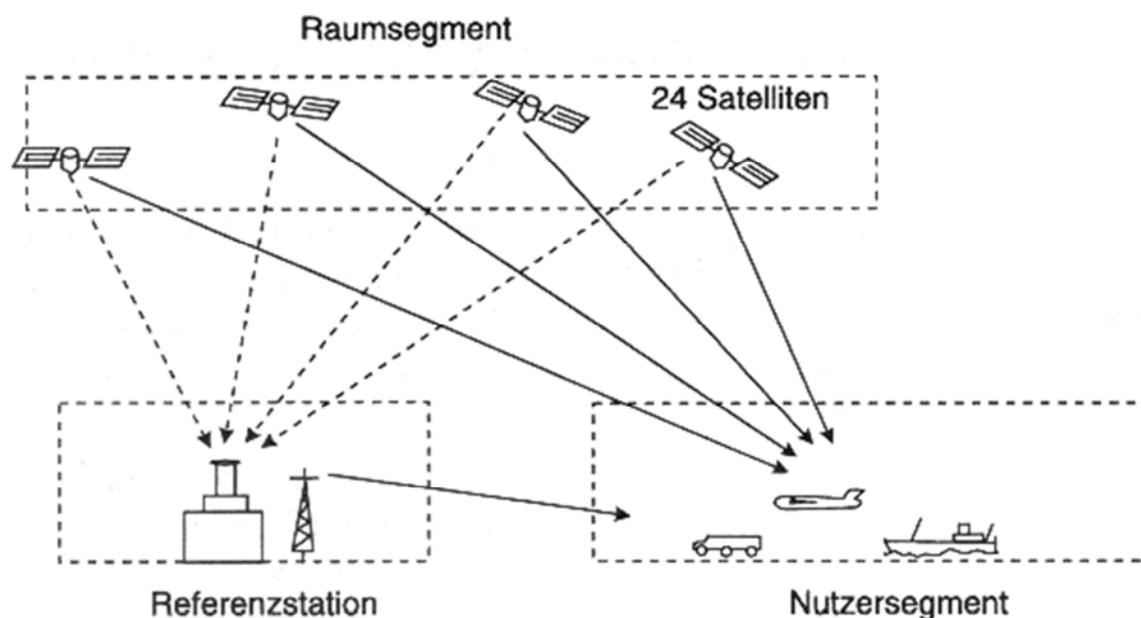


Abb. 5 Schematische Darstellung des Funktionsprinzips eines Differential-GPS (Mansfeld, 1998)

Ein GPS-System besteht im Wesentlichen aus einem Sende-/Empfangsgerät und einer Antenne zur Bestimmung der Fahrzeugposition, dem Bordcomputer zur Speicherung der Positionskoordinaten in Abhängigkeit von der Zeit und zur weiteren Verarbeitung. Ein Bedienterminal mit Monitor vervollständigt das System.

2.2.6.2 GPS in der Abfallwirtschaft

Über Schnittstellen können GPS-Daten in ein GIS übernommen und dargestellt werden. So können beispielsweise mittels GPS aufgezeichnete Positionen von Sammelbehältern in einem GIS exakt auf einer Karte dargestellt werden (z.B. Altglas-Sammelbehälter, welche keine eindeutige Adresse besitzen, die in ein GIS eingelesen werden kann). Aber auch Daten zu Touren können aufgezeichnet und anschließend ausgewertet werden. Durch Übertragung der Fahrzeugposition in Echtzeit (z.B. über Mobilfunk) zur Zentrale kann dies für die optimale Disposition von kurzfristig eintreffenden Aufträgen genutzt werden (z.B. im Containergeschäft). Weitere relevante Anwendungen von GIS und GPS in der Abfallwirtschaft werden in

den folgenden Kapiteln beschrieben. Eine Nachverfolgung von Fahrzeugen und Aufzeichnung der jeweils aktuellen Positions- und Bewegungsdaten zur Erfassung von Fahrzeiten, Ladezeiten, Pausen etc. ist ebenfalls möglich und auch Bestandteil der meisten Logistik-Software-Pakete.

2.3 Entsorgungslogistik

2.3.1 Definition

Bei der Begriffsdefinition finden sich in der Literatur generell übereinstimmende Meinungen. So wird die Entstehung des Begriffes auf die Erweiterung des Logistikbegriffes in Betrieben zurückgeführt. Dort waren lange Zeit nur die Beschaffung, Produktion und Distribution die Kernthemen der Logistik. Mit der Einbeziehung der Entsorgung in die inner- und außerbetrieblichen Abläufe wurde dieser Logistikbegriff vervollständigt. (Arnold, 2008)

Generell finden sich die Themen der Versorgungswirtschaft auch in der Entsorgungswirtschaft wieder – nach Salhofer (2001):

- Aufgabe der Planung, Durchführung und Kontrolle
- Waren (materielle Ebene) und Information (nichtmaterielle Ebene)
- Effizienz und Effektivität

Salhofer (2001) unterscheidet neben der betrieblichen Entsorgungslogistik, deren Gegenstand die Abfälle aus der betrieblichen Produktion sind, auch die kommunale Entsorgungslogistik, welche sich v.a. mit Abfällen aus Haushalten beschäftigt. Beide haben ähnliche Zielsetzungen, was die rechtlichen, ökonomischen und ökologischen Ziele betrifft. Die tatsächliche Sammlung und der Transport der Abfälle stellen in diesem System der Entsorgungslogistik nur einen Teilbereich dar.

2.3.2 Sammelsysteme

„Kommunale Sammelsysteme sind das Bindeglied zwischen dem Abfallerzeuger (Haushalte und ähnliche Einrichtungen) und den Einrichtungen zur Verwertung und Entsorgung seiner Abfälle.“ (Salhofer, 2004)

Prinzipiell wird in der Abfallwirtschaft zwischen zwei verschiedenen Sammelsystemen unterschieden: Hol- und Bringsystemen. In der Praxis werden beide meist ergänzend eingesetzt.

2.3.2.1 *Holsystem*

Beim Holsystem werden, für den Bürger oder Betrieb am bequemsten, die Behälter von einem Entsorger (Kommune oder beauftragtes Entsorgungsunternehmen) am Standort (dem entsprechenden Grundstück) abgeholt. Typischerweise kommen im Holsystem normierte Behälter, welche eine effiziente Entleerung ermöglichen, zum Einsatz. Von Seiten des Entsorgers bedeutet das Holsystem einen entsprechenden logistischen Aufwand, da die Behälterentleerung möglichst effizient und mit wenig Störung für die Anrainer erfolgen soll.

In Österreich wird das Holsystem für die meisten Abfallarten (Restmüll, Altpapier, Biotonne (Küchenabfälle und Grünschnitt), Gelbe/r Tonne/Sack (Leichtverpackungen)) eingesetzt. Dabei werden die Behälter in einem gleichbleibenden Rhythmus geleert. Im städtischen Bereich erfolgt die Leerung meist einmal pro Woche – in Großstädten bei größeren Wohnanlagen oft auch mehrmals in der Woche. Im Gegensatz dazu erfolgt eine Abholung in ländlichen Gebieten oft auch nur alle 4-6 Wochen. Variationen des Abholrhythmus finden sich z.B. beim Biomüll, wenn hier während der Wintermonate aufgrund des geringeren Anfalls an Grünschnitt der Abstand zwischen den Abholterminen von beispielsweise 14-tägig auf monatlich umgestellt wird.

2.3.2.2 *Bringsystem*

Im Gegensatz zum Holsystem werden die Abfälle beim Bringsystem vom Erzeuger zu einer zentralen Sammelstelle gebracht. Dies bedeutet, dass für den Bürger ein zusätzlicher Aufwand (Transport) entsteht. Die Sammelstellen können entweder Sammelninseln sein, welche sich in fußläufiger Distanz zum Wohnort befinden (z.B. Altglas, Altpapier) oder spezielle Sammelzentren (z.B. Altstoffsammelzentrum für Sperrmüll, gefährliche Abfälle, sperrigen Grünschnitt etc.), welche mit dem Pkw oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar sind.

Zwar fällt in diesem Fall der Transportaufwand durch die Abholung durch die Kommune weg, jedoch fallen vor allem bei größeren Sammelzentren entsprechende Kosten für die Errichtung, Instandhaltung sowie das vor Ort tätige Personal an. Jedoch gewährleistet die Anwesenheit von ausgebildetem Personal auch eine sortenreine, korrekte Trennung der Altstoffe (Salhofer, 2004).

Für Sperrmüll gibt es sowohl Hol- als auch Bringsysteme. Holsysteme stellen den Bürgern einen oder mehrere Termine im Jahr zur Verfügung, an denen am

Straßenrand abgestellter Sperrmüll eingesammelt wird. Beim Bringsystem kann der Bürger ganzjährig Sperrmüll zu Sammelstellen wie Müllplätzen und Altstoffsammelzentren bringen.

Abb. 6 zeigt eine Übersicht verschiedener Sammelsysteme, nach der Sammeltechnik und der Art der Sammlung, wie sie in der Abfallwirtschaft eingesetzt werden.

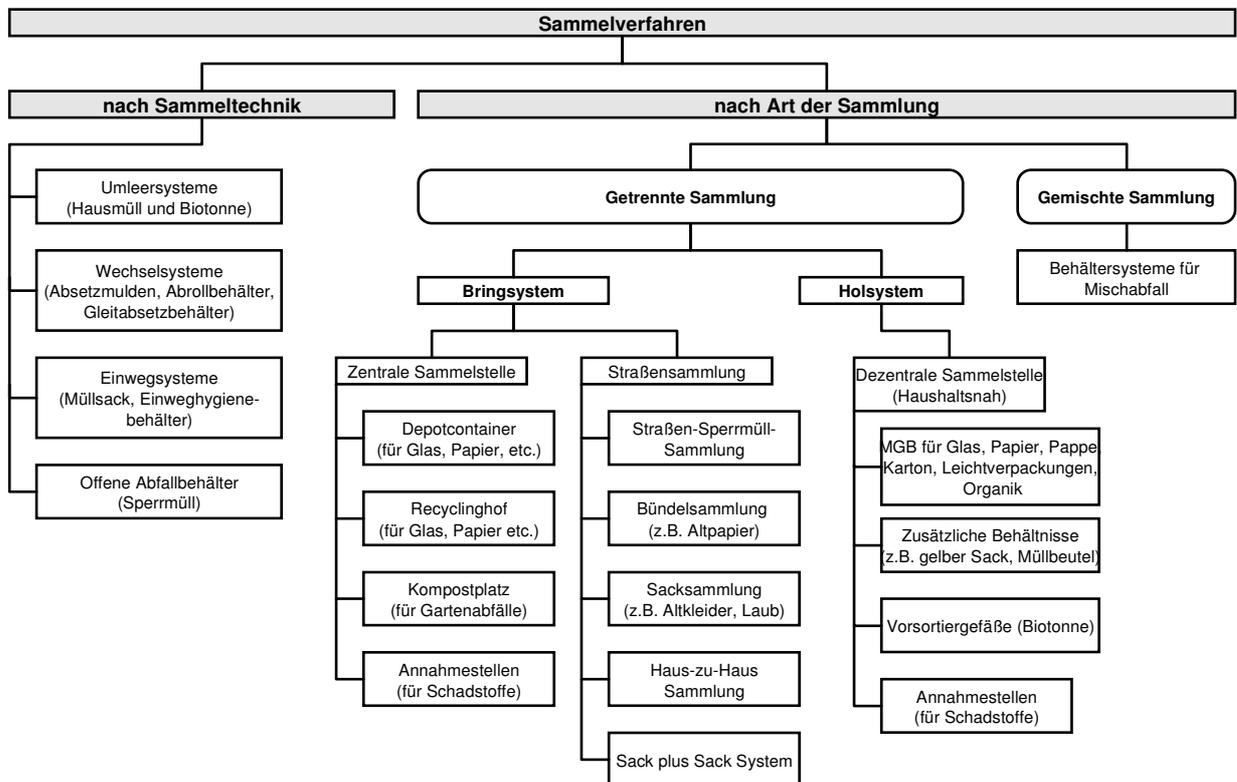


Abb. 6 Übersicht verschiedener Sammelverfahren (Kapsa, 2010) (MGB...Müllgroßbehälter)

2.3.3 Einflussfaktoren auf die Abfallsammlung

Dornbusch et al. (2000) identifizieren typische Probleme sowie Verbesserungsvorschläge im Bereich der modernen Abfallwirtschaft:

Vor allem steigende Kosten durch immer differenziertere Sammelbedingungen (neue Technologien, neue Gesetzgebung bezüglich getrennter Sammlung und Recycling) sind hier zu nennen. Weiters verlangen die zunehmende Internationalisierung der Abfalltransporte und die längeren Transportwege durch weit von der Sammelstelle entfernte Behandlungsanlagen von den Entsorgern eine strikte Kostenoptimierung. Eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit kann beispielsweise durch folgende Maßnahmen erfolgen:

- effizientere Erfassung – Müllschleusen in Großwohnanlagen (mit Identifikations-Chip),
- variable Arbeitszeitmodelle zur Senkung der Fixkosten,

-
- neue Fahrzeugtechnologien (Seitenlader, Wechselaufbauten, etc.),
 - Streckung der Abfuhrintervalle,
 - Reduzierung von Mannschaftsstärken,
 - Optimierung der Erfassungssysteme (satellitengestützte Füllstandsmessungen an Depotcontainern – z.B. Berliner Stadtreinigung: Kosteneinsparung von 15% bei der Altpapierfassung),
 - EDV-Einsatz (Managementinformationssysteme, Optimierung der Prozessabläufe). EDV-gestützte Tourenplanung kann in Verbindung mit ID- und Verwegungssystemen ein optimales Planungs- und Einsatzinstrument für den Bereich Abfallsammlung und -transport bilden.

Dornbusch et al. (2000)

Neben dem EDV-Einsatz sind einige der oben angeführten Punkte ebenfalls für die Tourenplanung relevant – Abfuhrintervalle, Arbeitszeiten und die Verwendung von Erfassungssystemen können zu einer Optimierung der Touren und somit Kostenersparnis führen.

Generell wird die Effizienz der Sammlung nach Mallee (2003) von folgenden Parametern beeinflusst:

- Bereitstellungsquote (Anteil der zu leerenden Behälter an den Gesamtbehältern)
- Spezifisches Füllgewicht
- Durchschnittliche Geschwindigkeit bei Verbindungsfahrten
- Dauer Umschlag/Entsorgung
- Kapazität Ferntransport
- Rüstzeit
- Anzahl und Lage der Standorte
- Sammelleistung (geleerte Behälter je Zeiteinheit)

Weitere Einflussfaktoren stellen auch die Siedlungsumgebung und –dichte dar.

Salhofer et al. (2002) haben die Einflüsse auf die Sammelsysteme untersucht und dabei als einen wichtigen Faktor die Siedlungs- und Entsorgungsstruktur angeführt.

Bezüglich der Siedlungsstruktur haben bereits Gallenkemper & Doedens (1994) eine Unterscheidung getroffen in:

- Citygebiete (innerstädtische Bebauung mit hohem Gewerbeanteil)
- Geschlossene Mehrfamilienhausbebauung
- Offene Mehrfamilienhausbebauung (sechsgeschossig und mehr)

- Offene Mehrfamilienhausbebauung (drei- bis fünfgeschossig)
- Drei- bis Sechsfamilienhausbebauung
- Ein- bis Zweifamilienhausbebauung
- Aufgelockerte Ein- und Zweifamilienhausbebauung (Streusiedlungen)
- Aufgelockerte Ein- und Zweifamilienhausbebauung (Einzelgehöfte)

Die Gründe für eine Unterscheidung liegen laut Salhofer (2001) unter anderem in den unterschiedlichen Abfallpotenzialen, den zum Teil stark unterschiedlichen Entfernungen sowie den Unterschieden im sozialen Verhalten.

Auch für die Tourenplanung stellt die Siedlungsstruktur einen wichtigen Faktor dar. So ist in innerstädtischen Strukturen die klassische Routenplanung weniger für die Zeit- und Kapazitätsplanung relevant als in ländlichen Gebieten mit weiten Distanzen zwischen den zu entleerenden Behältern innerhalb des Entsorgungsgebietes.

2.3.4 Abfallwirtschaftliche Kennzahlen

Für eine Messung der eigenen Leistungen und deren Optimierung ist es für Entsorger notwendig, entsprechende Kennzahlen² zu ermitteln, welche eine Beurteilung bzw. Vergleichbarkeit einzelner Verfahren oder Optionen ermöglichen.

Der Einsatz von Kennzahlen als Benchmarking in der Abfallwirtschaft wird auch in der Literatur vielfach beschrieben (vgl. Toth (2007), Verheyen (2005), (Bilitewski & Günter (2005)).

Eine Vielzahl der Kennzahlen, die in der Abfallwirtschaft ermittelt werden, finden Verwendung in der Tourenplanung und Logistik. So beschreibt Toth (2007) 70 verschiedene Kennzahlen für die unterschiedlichen Planungsphasen in der Entsorgungslogistik, die mehr oder weniger direkt mit der Tourenplanung verknüpft sind (s. 0)

² Kennzahlen haben eine besondere Aussagekraft für bestimmte Zustände, Eigenschaften oder Leistungen eines Systems oder dessen Umwelt. Die aussagekräftigeren Verhältniszahlen sind ein wichtiges Element wirksamen Managements, z.B. Grundlage für Controlling und Leistungsvergleiche (Benchmarking). (Website Berlin.de, 2008)

Strategische Planung		Taktische Planung		Operative Planung	
Größe des Entsorgungsgebietes	GIS	Abfallaufkommen		Abfallaufkommen nach Straßenlänge	GIS
Größe des Entsorgungsreviers	GIS	Spezifisches Abfallaufkommen		Anzahl der Sammelbehälter	
Entfernung des Abfallbehandlungsortes	GIS	Behältervolumendichte	GIS	Behältergrößenverteilung	
Entfernung der Deponie	GIS	Behälter pro Ladepunkt	GIS	Anzahl der Sammelbehälterleerungen	
Entfernung der Umschlagstation	GIS	Einwohner pro Sammelbehälter		Bereitstellungsgrad	
Einwohnerzahl		Spezifisches Behältervolumen		Inhaltsgewicht	
Einwohnerdichte	GIS	Spezifisch genutztes Behältervolumen		Auslastung der Fahrzeuge	
Behälterdichte	GIS	Füllgrad der Sammelbehälter		Fahrzeit	GIS, GPS
Anzahl der Behälterstandorte	GIS	Abfallzusammensetzung		Sammelzeit	GIS, GPS
Behälterstandortdichte	GIS	Fehlwurfquote		Netto-Sammelzeit	GIS, GPS
Anzahl der Ladepunkte	GIS, GPS	Raumgewicht des Abfalls		Ladezeit	GIS, GPS
Ladepunktdichte	GIS, GPS	Schüttgewicht des Abfalls		Zwischenfahrzeit	GIS, GPS
		Größe der Lademannschaft		Umfahrzeit	GIS, GPS
		Antransportzeit der Sammelbehälter	GIS, GPS	Transportzeit	GIS, GPS
		Antransportweg der Sammelbehälter	GIS	Sonstige Zeit	GIS, GPS
		Arbeitszeit	GIS, GPS	Verhältnis der Soll- und Ist-Arbeitszeit	
		Kippzeit		Fahrstrecke	GIS, GPS
		Deponieaufenthaltszeit	GIS, GPS	Sammelweg	GIS, GPS
		Entladezeit	GIS, GPS	Sammelstrecke	GIS, GPS
		Länge der Pause	GIS, GPS	Zwischenfahrweg	GIS, GPS

Strategische Planung		Taktische Planung		Operative Planung	
		Rüstzeit		Umfahrweg	GIS, GPS
		Wartungszeit		Transportweg	GIS, GPS
		Transportgeschwindigkeit	GIS, GPS	Sammelleistung der Fahrzeuge	
		Umfahrgeschwindigkeit	GIS, GPS	Sammelleistung des Ladepersonals	
		Zwischenfahrgeschwindigkeit	GIS, GPS	Verhältnis der Zwischenfahrzeit zur Netto-Sammelzeit	
		Sammelgeschwindigkeit	GIS, GPS	Verhältnis des Zwischenfahrweges zum Sammelweg	
		Kraftstoffverbrauch		Verhältnis der Umfahrzeit zur Sammelzeit	
		Diverse Kosten		Verhältnis des Umfahrweges zum Sammelweg	
				Verhältnis der Netto-Sammelzeit zur Fahrzeit	
				Verhältnis der Sammelstrecke zur Fahrstrecke	

GIS, GPS.... für die Ermittlung dieser Kennzahlen werden GIS bzw. GPS eingesetzt

Tab. 5 Auflistung von relevanten Kennzahlen in der Entsorgungslogistik aus Toth (2007)

Die umfangreichen technischen Möglichkeiten lassen es mittlerweile zu, Unmengen an Kennzahlen zu ermitteln, welche gespeichert und ausgewertet werden können. Jedoch ist zu beachten, dass ein Zuviel an Daten auch zur „Überfrachtung“ der damit befassten Mitarbeiter führen kann. In weiterer Folge sind sinkende Akzeptanz und im schlimmsten Fall auch eine Verschlechterung des Datenstandes durch mangelnde Sorgfalt bei der Datensammlung und -auswertung möglich. Einschränkend ist noch anzumerken, dass eine steigende Anzahl von Parametern zwar die Qualität der Tourenplanung erhöht, jedoch das Kosten/Nutzen-Verhältnis durch den erhöhten Aufwand genau beachtet werden muss. So erwähnt auch Verheyen (2005) die Problematik, dass nur Kennzahlen, welche zeitnah und ohne großen Aufwand

erzeugt werden können, im Betrieb auch langfristig und kontinuierlich verwendet werden.

2.3.5 Elektronische Systeme in der Abfallwirtschaft

Um die notwendigen Daten zur Berechnung der oben genannten Kennzahlen zu erfassen, können verschiedenste elektronische Systeme eingesetzt werden. Sie erlauben beispielsweise die automatisierte Sammlung von Daten, welche weiterverarbeitet in die Tourenplanung und –optimierung einfließen.

2.3.5.1 Einsatzbereiche

Elektronische Systeme können über den gesamten Betriebsbereich der Abfallwirtschaft die bereits angesprochenen Optimierungen und Kostenreduktionen ermöglichen. Dies beginnt bei der Ausstattung der Sammelfahrzeuge und reicht über die Erhebung der Sammeldaten in Echtzeit und die Tourenplanung bis zur Sammlung von Leistungsdaten für Benchmark-Systeme.

Dornbusch (2005) zählt beispielsweise folgende Systeme zu einem umfassenden Konzept für die Abfallsammlung:

- Behälteridentifikationssysteme (insbesondere zur Behälterverwaltung und Tourenplanung),
- eine optimierte Vor- und Nachbearbeitung der Logistik durch automatisierte Leistungsdatenerfassung (z.B. Bordcomputer mit GPS-Datenerfassung),
- die grafische Unterstützung durch GIS sowie
- EDV-gestützte Kontrollinstrumente (Managementinformationssysteme und Qualitätssicherung)

Die Möglichkeiten beim Einsatz von elektronischen Systemen haben sich in den letzten Jahren rapide entwickelt. Von einfachen Bordcomputern ohne Display bzw. mit einfachen Beeinflussungsmöglichkeiten durch den Operateur (z.B. Lkw-Fahrer) bis zu hochkomplexen, vernetzten Systemen mit TFT-Displays und Kameras sowie der elektronischen Markierung von Sammelgefäßen (Strichcode, RFID-Chip) (vgl. Trabandt (2005), Silvan (2005)).

2.3.5.2 Fahrzeugsysteme

Abb. 7 zeigt, welche Möglichkeiten sich durch die Vernetzung im Bereich des Fahrzeugbaus ergeben. So können verschiedenste Messsysteme am Fahrzeug angebracht und die daraus ermittelten Daten zentral gesammelt und ausgewertet

werden. Die Übertragung der erhobenen Fahrzeugdaten erfolgt meist via Mobilfunk und GPS-Ortung, so können der aktuelle Standort sowie der Ladungsstand und Ent- und Beladevorgänge in Echtzeit an die Zentrale übermittelt werden.



Abb. 7 CleANopen System im HALLER X2i, aus Silvan (2005)

Zur optimalen Einbindung und Vernetzung der Fahrzeugelektronik werden standardisierte Übertragungssysteme verwendet, welche aufgrund der entsprechenden normierten Schnittstellen eine Interoperabilität ermöglichen. Im Kfz-Bereich ist dies beispielsweise der sog. CAN-BUS (Controller-Area-Network-BUS) (Silvan, 2005).

Ein zu beachtender Nachteil ergibt sich jedoch aus der immer komplexeren Elektronik in den Fahrzeugen – die Fehleranfälligkeit steigt vor allem beim Einsatz unterschiedlicher Systeme bzw. die Fehlersuche und -diagnose gestaltet sich durch die hohe Anzahl möglicher Fehlerquellen schwieriger.

2.3.5.3 Behälter-Identifikations-Systeme

Um eine vollständige Erfassung von Daten zu ermöglichen, ist es notwendig, auch alle Sammelbehälter mit eindeutigen IDs zu versehen, um alle in der Behälterdatenbank hinterlegten Daten auch entsprechend während oder nach der Sammeltour zu aktualisieren.

Die beiden häufigsten ID-Systeme sind Strichcode und RFID-Chips³.

Besonderheiten Strichcode:

- Wird von Mitarbeiter mittels Lesegerät (Handscanner) eingelesen und gespeichert
- Jede Tonne hat ihren eigenen Strichcode; Daten können mit Zeitmessung kombiniert werden
- Verschmutzung/Abnutzung des Strichcodes erschwert die Ablesung. Die daraus resultierenden Fehlermeldungen erfordern eine manuelle Korrektur, was wiederum einen höheren Zeitaufwand bedeutet.
- Fälschungssicherheit ist nicht gegeben
- Automatische Ablesung durch ein Lesegerät am Sammelfahrzeug schwierig, da die Position des Strichcodes an jeder Tonne immer exakt sein muss.

Besonderheiten RFID-Chip:

- Ablesung ist entweder per Handscanner oder automatisch (Identsystem am Fahrzeugheck) möglich (eine exakte Positionierung wie beim Strichcode ist nicht notwendig)
- Beim Chip können mehr Informationen abgespeichert/abgelesen werden
- RFID Chip muss geschützt am Sammelbehälter montiert sein (kann nachträglich erfolgen oder bereits bei der Erzeugung des Behälters fix vorgesehen sein)
- Kein Verschmutzungsproblem wie bei Strichcode
- derzeit technisch noch aufwändiger und kostenintensiv
- Wenn der Chip nicht auslesbar ist, muss eine Alternativ-Identifizierung vorgesehen sein (z.B. eindeutige Behälternummer ist direkt am Behälter angebracht und kann manuell ins System eingegeben werden)

Als besondere Variante sind aktive Sender zu sehen, welche von sich aus ein entsprechendes Signal senden. Dabei ist von den Mitarbeitern keine Aktion bezüglich des Auslesens (Handscanner etc.) mehr nötig. Auch muss der Empfänger nicht am Fahrzeug in direkter Nähe zum entleerenden Behälter montiert sein, sondern kann auch an einer anderen, geschützten Stelle positioniert sein. Die

³ **R**adio **F**requency **I**dentification (Identifizierung per Funk) ist die Technologie zur berührungs- bzw. drahtlosen Erkennung von Informationen mit Hilfe von Funkwellen. Ein RFID-System setzt sich zusammen aus einem Transponder und einem Erfassungs-/Lesegerät. (T-Systems: Beschreibung RFID, 2008)

aktiven Sender haben jedoch einen wichtigen Nachteil: sie benötigen Energie (in Form von Batterien) und müssen somit regelmäßig gewartet werden, was wiederum Kosten verursacht. Deshalb werden sie von Entsorgern nur bei teuren Wechselcontainern eingesetzt.

Beiden Systemen gemeinsam ist, dass das Personal eine entsprechende Ausbildung im Umgang mit Lesegerät und für den Fall von Problemen (Unlesbarkeit von Strichcode/Chip) benötigt. Eine Kombination mit Wiegesystemen oder GPS ist bei beiden Optionen möglich. Die gesammelten Daten können entweder im Bordcomputer gespeichert oder in Echtzeit ausgelesen und an die Zentrale übermittelt werden.

3. GIS in der Abfallwirtschaft

Durch Festlegung der Rahmenbedingung im Abfallwirtschaftsgesetz ist eine optimale Sammlung, Verwertung und Entsorgung von Abfällen vorgeschrieben. Geografische Informationssysteme können nun in unterschiedlichen Bereichen als Informationstool bzw. als Entscheidungshilfe eingesetzt werden um diese Rahmenbedingungen zu erfüllen.

Sowohl öffentliche Einrichtungen wie Gemeinden als auch privatwirtschaftliche Unternehmen (z.B. Entsorger) können diesbezüglich vom GIS-Einsatz profitieren.

3.1 GIS-Anwendungen in der Praxis

3.1.1 Industrieländer

Durch Gesetzesänderungen (z.B. getrennte Sammlung, Verpflichtung zur Behandlung von Abfällen, Ablagerung nur auf entsprechenden Deponien, genaue Dokumentation von gefährlichen Abfällen) und notwendige Kostenoptimierungen (z.B. stark gestiegene Treibstoffpreise, verstärkte Konkurrenz) haben elektronische Optimierungssysteme auch in der Abfallwirtschaft in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Komplexe Sammelbestimmungen bezüglich Wertstoffsammlung und Recycling sowie die geänderten Anforderungen bei der Ablagerung von Abfällen haben in Österreich eine Neuorientierung vor allem beim Abfalltransport nötig gemacht. So hat sich die Sammlung historisch von einem einfachen „aus dem Weg schaffen“ der anfallenden Abfälle zu einem bedeutenden Wirtschaftszweig mit einer Vielzahl an Akteuren und daraus resultierender Konkurrenzierung entwickelt. Gewachsene Systeme bei der Sammlung kommunaler Abfälle können oft nicht mehr mit den neuen Anforderungen und dem Wachstum von Städten und Orten mithalten. Und durch den Eintritt in neue Märkte (z.B. Osteuropa) bzw. die Übernahme von anderen Unternehmen finden Entsorgungsunternehmen Strukturen vor, welche integriert bzw. die an bestehende Abläufe angepasst werden müssen. Dies birgt ein hohes Optimierungspotenzial. Aber auch in anderen Ländern ist der Transport von z.B. gefährlichen Abfällen ein Thema für die Anwendung von geografischen Informationssystemen, welche optimale Routen mit möglichst geringer Beeinträchtigung der Bevölkerung ermitteln sollen.

Bousonville (2002) nennt aufgrund sich ändernder rechtlicher und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen in der Abfallwirtschaft u.a. folgende Gründe, warum der Planungsprozess häufiger durchzuführen ist:

- Mülltrennung führt zu erhöhtem Sammel- und Transportaufwand.
- Getrennte Verwertung/Vorbehandlung führt zu neuen Stoffströmen.
- Die Privatisierung der kommunalen Sammlung erfordert bessere Kostentransparenz.

So ist die Kostentransparenz im kommunalen Bereich v.a. in Bezug auf die verantwortungsvolle Verwendung von Steuergeldern ein wichtiger Punkt. Und private Entsorger wiederum müssen bei der Vergabe von kommunalen Aufträgen diese Informationen liefern können. Kosten sollen daher mittels entsprechender Maßnahmen kontrolliert bzw. reduziert werden. Mallee (2003) und Dornbusch et al. (2000) beschreiben dazu Optimierungsansätze (s. auch Kap. 2.3.3). Häufig ist auch die über Jahrzehnte gewachsene Struktur bei der Entsorgung nicht mehr zeitgemäß (geänderte Siedlungsstrukturen, Straßenverläufe, etc.) und muss dementsprechend optimiert bzw. neu geplant werden.

3.1.2 Entwicklungsländer

Im Gegensatz zu Ländern im industrialisierten Westen sehen sich die Entwicklungs- und Schwellenländer mit anderen Problemen konfrontiert. So ist das rapide Wachstum von Städten durch Landflucht und zunehmende Industrialisierung ein massives Problem in der Abfallwirtschaft. Die existierenden Sammelsysteme können mit dem raschen Wachstum der Bevölkerung und den damit steigenden Mengen an Abfällen oft nicht Schritt halten. Ogra (2003) nennt als durchschnittlichen Effizienzgrad kommunaler Abfallentsorgung 60%, gekoppelt mit einem durchschnittlichen Wachstum der städtischen Bevölkerung von 3.6% (in Dehradun, Hauptstadt des Bundesstaats Uttarakhand, Indien). Weiters sind die öffentlichen Stellen meist nur mit geringen finanziellen Mitteln ausgestattet. Daher sind Optimierungswerkzeuge, welche Verbesserungen mit möglichst geringem Kapitalbedarf ermöglichen, sehr wichtig.

Weitere Hürden neben den finanziellen Einschränkungen finden sich im Bereich der Datensammlung und des Datenmanagements. So sind für manche Stadtteile oder Siedlungen (z.B. Slums, illegale Siedlungen) oft keine bzw. nur schlechte Kartendaten (analog oder digital) vorhanden. Als Beispiel sei die Entwicklung einer

GIS-Applikation für Bangalore (Indien) genannt (Shanmugan, 2005). Hier wurden die Health Wards der Stadt (Bangalore ist in 277 Health Wards unterteilt) als Zielgebiet für eine nachhaltige Abfallwirtschaft herangezogen. Als größtes Projekt und als größte Hürde galt die Beschaffung und Implementation von digitalen Kartendaten. Weiters wurden Daten zu Mülltonnen, Müllmengen, Entleerungsrouten etc. integriert. Hauptziele des Projektes waren neben der Optimierung der Organisation auch eine Erhöhung der Sammelmenge und Einsparungen an Treibstoffkosten bei der Sammlung durch optimierte Routen. Außerdem wurde die Möglichkeit geschaffen, standardisierte Reporte auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen zu erstellen.

3.1.3 Kommunale Anwendungen

Einige der wichtigsten Anwendungen für GIS finden sich im kommunalen Bereich. Durch digitale Kataster und Grundstückskarten sowie digitalisierte Ver- und Entsorgungspläne gibt es auf kommunaler Ebene eine Vielzahl an verwertbaren Datengrundlagen. Dies ermöglicht neben einfachen Informationsabfragen wie z.B. „welches Grundstück grenzt an Straße A und wer ist der Besitzer?“ auch weitergehende Analysen, welche neue Daten erzeugen (z.B. „Erzeugung von Schutzzonen um besondere Strukturen, wie ein Krankenhaus oder Altenheim“). Kommunale Systeme verbinden z.B. Auto-CAD mit ArcGIS und ermöglichen es, unterschiedliche Datenbestände aus verschiedenen Bereichen in ein übergeordnetes System einzubinden. Dies vereinfacht Abfragen und Verwaltungsaufgaben und reduziert sowohl personellen als auch finanziellen Aufwand. Typische Themenbereiche, welche mit kommunalen GIS bearbeitet werden können sind: Grundstückskataster und Grundbuch, Gebäudebestand, Naturbestand, Flächenwidmungsplan, kommunale Leitungssysteme, Straßen und Infrastruktur.

Im Bereich der Abfallentsorgung einer Gemeinde können mit einem GIS alle Strukturen visualisiert und mit Daten hinterlegt werden. So kann eine Aufstellung der Recyclinghöfe und der Sammelinseln erstellt werden, welche Auskunft über die Art der dort gesammelten Abfälle und Entleerungsintervalle gibt. Gleiches gilt natürlich auch für die kommunale Müllentsorgung. Hier können die Standorte der Mülltonnen, sowie deren Anzahl, Kapazität und Typ (Restmüll- oder Biotonne etc.) im GIS verwaltet und laufend aktualisiert werden. Daraus lassen sich weiterführend Informationen zu den Kosten der Entsorgung, Optimierungen sowie Änderungen in der Struktur entnehmen. Diese Informationen können in weiterer Folge auch genutzt

werden, um in Bürger-Informationssystemen (z.B. Gemeinde-Websites) aktuelle, abrufbare Informationen zu liefern (wann findet die nächste Biotonnen-Entleerung statt, wo finde ich die nächstliegende Altstoff-Sammelinsel, wann und wo wird eine Sammlung für Sperrmüll angeboten, etc.).

Bill (1999b) nennt als Beispiel eines GIS-gestützten Abwicklungs- und Planungssystems für die Hausmüllentsorgung folgende EDV-gestützten Verarbeitungen:

- Auftragsbearbeitung (An-, Ab- und Ummeldungen bei Behältern)
- Tonnenverwaltung
- Gebührenbescheiderstellung (Rechnungswesen, Kontierung)
- Satzungsvollzug (Bearbeitung der Gebühren, Bußgeldbescheide)
- Tourenplanung
- Periodische Statistiken

Diese Auflistung ist auch zum jetzigen Zeitpunkt noch gültig. Veränderungen gibt es hier vor allem in der Tiefe und dem Detailgrad der einzelnen Punkte. Wo früher periodische Statistiken oft nur monatlich einfache Übersichten erforderten ist heute vielfach ein Abrufen von Kennzahlen in Echtzeit notwendig. Ebenso ist bei der Tonnenverwaltung (bzw. Behälterverwaltung) neben der Information über das Volumen und den Standort des Behälters auch eine Füllstandsmessung mit Benachrichtigung, wann ein Behälter zu leeren ist, möglich.

So kann für Abfallwirtschaftsberichte theoretisch jederzeit durch eine entsprechende Abfrage der aktuelle Datenstand einer bestimmten Region oder auch nur einer Sammelstelle abgerufen werden und diese Daten auch in ihrem geografischen Kontext (Lage der Sammelstelle, Größe der Region) betrachtet werden.

Essentiell für diese Anwendungen sind vollständige, redundanzfreie Datenbestände. Vor allem die kommunalen Daten aus unterschiedlichen Quellen wie Hoch- und Tiefbau, Katasterwesen, Grundstücksdatenbanken sowie demografische Daten auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen können somit zueinander in Bezug gebracht und ausgewertet werden.

Vor allem in großen Städten und Kommunen finden sich GIS in der Abfallwirtschaft. Schilcher & Donaubaue (2002) geben die Marktdurchdringung von GIS in Deutschland bei Großstädten mit mehr als 100.000 Einwohnern mit über 90% an. Im Gegensatz dazu lag die Durchdringung bei Landkreisen und Gemeinden in Bayern im Jahr 2000 erst bei ca. 20-25%. Aufgrund der hohen Kosten schließen sich

kleinere Kommunen oft zusammen, um entsprechende Systeme zu implementieren oder nutzen die Dienstleistungen externer Betreiber in Form von Auswertungen oder Auskünften (Bayrisches Staatsministerium der Finanzen, 2003).

3.2 GIS als Entscheidungswerkzeug

Neben der Aufgabe umfangreiche Datenbestände – sowohl Geodaten als auch Sachdaten – zu verwalten und eine einheitliche Organisation derselben zu gewährleisten, bieten sich GIS auch als sogenannte Decision Support Systeme (DSS) an. Im speziellen spricht man in diesem Fall von Spatial (räumlichen) DSS.

Vor allem die Möglichkeiten, welche sich durch die steigenden Fähigkeiten der Softwarepakete hinsichtlich Datenmanagement und -analyse in den letzten Jahren ergeben haben, sind hier zu nennen.

Jedoch ergibt sich auch das Problem, dass für eine optimale Entscheidungsfindung auch die entsprechenden Daten vorhanden sein müssen.

Keenan (1997) sieht GIS nur als Teil von DSS – z.B. als Analysis Information System – da ein GIS keine Unterstützung für problemspezifische Modelle bietet und nicht wie ein klassisches DSS einen speziellen Typ von Entscheidungen unterstützt. Dennoch werden von Keenan (1997) verschiedene Entscheidungsträger als Zielgruppe für den Einsatz von GIS gesehen. So z.B. die klassischen GIS-Anwender in den Umweltwissenschaften, bei der Routen- und Standortplanung sowie im Marketing.

Vorteile von GIS

- Unterschiedlichste Kriterien können berücksichtigt werden.
- Variationen verschiedenster Szenarien können analysiert werden.
- Verwendbarkeit von Daten aus unterschiedlichen Quellen möglich (z.B. CAD-Daten aus dem Hoch-, Tiefbau, demografische Daten, Grundstücksdaten des digitalen Katasters, Umweltdaten, etc.).

Nachteile von GIS

- Falsche Vorgehensweise (siehe Fallbeispiele auf den folgenden Seiten) kann auch bei Verwendung der modernsten Systeme zu falschen Ergebnissen führen.
- Jedes Ergebnis ist nur so gut wie die verwendeten Basisdaten.
- V.a. im kommunalen Bereich muss für die betroffenen Parteien eine Möglichkeit geschaffen werden, die Ergebnisse zu verstehen.

Anforderungen an GIS:

- Daten aus unterschiedlichen Quellen und in verschiedenen Formaten müssen analysierbar sein.
- Implementierung von anderen DSS Komponenten – z.B. unterschiedlichen Modellen erforderlich.

3.2.1 Fallbeispiele

Im Folgenden werden zwei Fallbeispiele für die Anwendung von GIS als Entscheidungswerkzeuge vorgestellt. Diese stehen stellvertretend für die Probleme, die beim Einsatz von GIS auftauchen können.

3.2.1.1 Gefahrguttransport

Erkut (1998) beschreibt die Vorgehensweise bei der Planung der optimalen Route für den Transport gefährlicher Stoffe zur Abfallbehandlungsanlage Swan Hills in Alberta, Canada. Hierbei werden auch die notwendigen Schritte im Entscheidungsfindungsprozess betrachtet. Die Ermittlung der relevanten Ziele, die Quantifizierung sowohl der Ziele als auch der Kriterien und schließlich das Abwägen der einzelnen Kriterien. Erkut (1998) identifiziert zwei typische Problemfelder im Rahmen der Entscheidungsfindung:

- Technische Probleme (z.B. die Sammlung und Verarbeitung der Daten)
- Subjektive Beeinflussung von Entscheidungen (z.B. durch äußere Einflüsse, Unternehmenskultur etc.).

Diese Problemfelder können durch den gezielten Einsatz von DSS und auch GIS angesprochen und verringert bzw. vermieden werden.

Im vorliegenden Fallbeispiel, der Planung der optimalen Route – mit den Hauptkriterien eines möglichst geringen Gefährdungspotentials sowie geringer Transportkosten – werden neben Straßendaten auch demografische Daten und Daten über Unfallhäufigkeiten auf den Straßen miteinbezogen.

In einer ersten Studie, welche nur auf die Unfallhäufigkeiten Rücksicht nahm, wurde eine optimale Route ermittelt, welche die negativen Auswirkungen auf die Bevölkerung durch mögliche Unfälle der Gefahrguttransporte minimierte, indem Straßenabschnitte mit hoher Unfallwahrscheinlichkeit bei der Berechnung vermieden wurden. In einer zweiten Studie, welche zusätzlich die Problematik einer Evakuierung der Bevölkerung aus dem Umfeld eines verunglückten Gefahrguttransports

berücksichtigte, wurden die Ergebnisse der ersten Studie jedoch widerlegt und eine völlig neue Routenführung vorgeschlagen.

In seiner Arbeit führt Erkut (1998) auch die geringe Toleranz bei der Verwendung mehrerer Kriterien an. Z.B. unterschieden sich die Routen bei der Verwendung unterschiedlicher Kriterien (z.B. Bevölkerungsdichte, Unfallhäufigkeit, Nähe zu Gewässern) zum Teil stark und die Verwendung eines oder mehrerer zusätzlicher Kriterien verschlechterte das Ergebnis in Bezug auf die Minimierung des ersten Kriteriums signifikant.

Er unterscheidet auch zwischen alltäglichen Anwendungen und langfristigen strategischen Entscheidungen, wobei im zweiten Fall mit der Anwendung eines Standard-GIS keine optimalen Ergebnisse zu erwarten sind, da diese nicht die entsprechende Komplexität bei der Modellbildung aufweisen.

3.2.1.2 Anlage zur Behandlung von radioaktivem Müll

Das Beispiel von Monmonier (1995) beschäftigt sich mit der kontroversen Suche nach dem optimalen Standort für eine Anlage zur Behandlung von radioaktivem Müll im Staat New York.

In diesem Fall hatte sich die zuständige Behörde für eine aus ihrer Sicht neutrale Top-Down Vorgehensweise entschieden.

Mit Hilfe eines Raster-GIS sollten in einem ersten Schritt geeignete Standorte ermittelt werden und aus diesen in einer zweiten Stufe dann durch intensive Vor-Ort Untersuchungen der optimale Standort für die Anlage gefunden werden.

Auch hier tauchten unterschiedliche Probleme bezüglich Daten und Vorgangsweise auf:

- grobe räumliche Auflösung des Raster-GIS (viele prinzipiell geeignete Gebiete wurden von vorneherein ausgeschlossen)
- Einflussfaktoren waren teilweise irrelevant oder es wurde ihnen zu starke Bedeutung beigemessen (z.B. der durchschnittliche, jährliche Niederschlag war für das Planungsgebiet unerheblich)
- Für die Berechnung von Transportdistanzen wurden Luftlinienberechnungen verwendet (Gebirgszüge und Naturschutzgebiete wurden somit ignoriert)
- Zu alte geografische Daten (die Luftbilder waren 10 Jahre alt – daher kam es zu einer Verfälschung bei der Beurteilung des Entwicklungsstandes der Gebiete)

- Gewichtungsfaktoren schienen zum Teil willkürlich gewählt und Sensitivitätsanalysen mit veränderten Gewichtungen wurden ignoriert.
- Objektive, selbstdefinierte Richtlinien wurden von den zuständigen Behörden nicht eingehalten.

Auch mit der Öffentlichkeit kam es wiederholt zu Problemen, da das verwendete proprietäre GIS nicht mit anderen, weiter verbreiteten Systemen kompatibel war und daher ein Nachvollziehen der Entscheidungen für andere Behörden bzw. die Öffentlichkeit nicht möglich war. Schließlich wurden die Daten nur zögerlich veröffentlicht und dadurch Misstrauen bei anderen Parteien geschürt.

3.2.1.3 Problemfelder und Anforderungen

Fasst man die typischen Probleme der einzelnen Bereiche zusammen, so können aus den beiden vorher genannten Fallbeispielen folgende Schlüsse gezogen werden.

Daten:

- Detailgrad entsprechend der Anforderungen wählen (z.B. zu grobe räumliche Auflösung vermeiden)
- Alle relevanten Daten müssen berücksichtigt werden (und diese müssen konsistent, redundanzfrei und aktuell sein)
- Die Daten müssen korrekt eingesetzt werden (Luftlinien vs. tatsächliche Straßenkilometer)

GIS/DSS-Modelle:

- Sollen eine optimale Datenverwaltung ermöglichen (keine proprietären Systeme, offene Standards sollen verwendet werden)
- Sollen an die Anforderungen angepasst sein (strategische bzw. alltägliche Anwendungen)
- Alle relevanten Faktoren müssen identifiziert und eingesetzt werden (Evakuierungsdaten zusätzlich zu Bevölkerungsdichte und Unfallhäufigkeiten)

Äußere Einflüsse:

- Öffentlichkeit soll von Anfang an mit einbezogen werden
- Keine „Geheimniskrämerei“ der Entscheidungsfinder
- Intelligente Beteiligung aller Parteien

4. Tourenplanung

In der Abfallwirtschaft hat die optimale Tourenplanung einen hohen Stellenwert. Historisch gesehen erfolgte bei vielen Entsorgern die Tourenplanung manuell, indem bei gewachsenen Systemen immer wieder neue Standorte zugefügt wurden, bis eine Tour nicht mehr in der max. erlaubten Zeit (Arbeitszeit) abgefahren werden konnte. Eine Unterstützung in der Planung erfolgte oft nur durch Papier-Landkarten und es wurde sehr stark auf die Erfahrung der Fahrer und des Entleer-Personals vertraut. Erst mit der Einführung von leistungsstarken Computern und GIS wurden erste automatische Tourenplanungssysteme entwickelt.

4.1 Verfahren zur Lösung von Tourenplanungsproblemen

Tourenplanung beschäftigt sich mit der Lösung von Reihenfolge- und Zuordnungsproblemen. In welcher Reihenfolge soll eine bestimmte Anzahl Standorte abgefahren werden, um die gesamte gefahrene Strecke so kurz wie möglich zu halten bzw. was ist die ideale Reihenfolge, um eines oder mehrere andere Kriterien (z.B. geringste Kosten, maximale Kapazität, Zeitbeschränkungen) zu erfüllen? Diese Fragestellungen werden als Tourenplanungsprobleme bezeichnet (Bousonville, 2002). Man unterscheidet prinzipiell kanten- und knotenorientierte Tourenplanungsprobleme. Als kantenorientiertes Problem (auch Chinese Postman Problem genannt) kann im Bereich der Abfallwirtschaft die Sammlung im Holsystem in innerstädtischen Gebieten gesehen werden. Hier ist vor allem der Straßenzug (die Kante) für die Reihenfolge der Sammlung relevant und weniger der einzelne Müllsammelbehälter (der Knoten). Im ländlichen Bereich, bzw. bei der Sammlung von betrieblichen Abfällen stehen die Standorte der Behälter im Vordergrund. Dieses Problem wird daher als knotenorientiert (oder auch Travelling Salesman Problem) bezeichnet. Es können jedoch Tourenplanungsprobleme in der Abfallwirtschaft auch generell als knotenorientiertes Problem angesehen werden, da so die einzelnen Standplätze der Behälter und ihre individuellen Entleer-Intervalle besser berücksichtigt werden können (Medwedeff, 2000).

Paessens (1991) und Scheuerer (2004) identifizieren bei der Lösung von Problemen in der Tourenplanung neben dem Reihenfolgeproblem noch ein weiteres Teilproblem: das Zuordnungsproblem (die Zuordnung der Kunden zu Fahrzeugen

bzw. Touren). Liegt bereits eine Zuordnung der Kunden zu den Fahrzeugen vor, so reduziert sich das Problem auf die Lösung entsprechender Reihenfolge- bzw. Rundreiseprobleme (Scheuerer, 2004).

4.2 Lösungsprinzipien für Tourenplanungsverfahren

4.2.1 Exakte Verfahren

Alle möglichen Varianten der Verbindung der Punkte werden berechnet und daraus die optimale Route ermittelt. Diese Variante ist ab einer gewissen Anzahl von Knoten extrem aufwändig und erfordert entsprechende Rechenkapazitäten. Obwohl diese in den letzten Jahren ständig gewachsen sind, finden exakte Verfahren in der Routenplanung so gut wie keine Verwendung.

4.2.2 Heuristische Verfahren

Da exakte Verfahren sehr aufwändig zu berechnen sind und ab einer gewissen Anzahl an Knoten nicht mehr in Relation zum Rechenaufwand stehen, werden heuristische Verfahren (Näherungsverfahren) eingesetzt. Diese erbringen bei vertretbarem Aufwand ein möglichst optimales Ergebnis.

In der Literatur (vgl. Domschke & Drexl (1991), Scholl et al. (1997), Domschke et al. (1996)) finden sich typische Vertreter der heuristischen Verfahren, z.B.:

- Branch&Bound: das Problem wird in Teilbereiche verzweigt und die Berechnung erfolgt entlang der Äste anhand der Beschränkung, dass ein Teilbereich nicht mehr weiter verfolgt wird, wenn die Lösung nicht besser als eine schon Bekannte ist,
- Tabu Search: anhand von Restriktionen in einer Tabu-Liste werden bereits erzeugte Lösungen und solche, die keine Verbesserung des Ergebnisses liefern, gespeichert und somit ausgeschlossen,
- genetische Algorithmen: durch Erzeugung von Lösungs-Populationen können durch Kreuzung guter Algorithmen untereinander neue, bessere Lösungen errechnet werden.

Andere Algorithmen nehmen die Natur zum Vorbild und basieren z.B. auf dem Verhalten von Ameisen bei der Nahrungssuche, welche Duftspuren anlegen und wo die am stärksten ausgeprägte Duftspur, die von den Ameisen am häufigsten genutzt wird, auch die optimale Route darstellt. (Boysen, 2005)

Für die Planung von Touren können auch je nach Anforderungen sowohl exakte als auch heuristische Verfahren verwendet werden. So verwendet das System SOKRATES (Scheuerer, 2004) bei weniger als 7 Standorten ein exaktes Verfahren (dies erfordert vom System $7!^4$ also 5.040, Durchläufe) und bei mehr Standorten wird eine heuristische Vorgehensweise gewählt.

4.3 Kommerzielle Softwarelösungen

4.3.1 Erweiterungspakete für GIS

Für das weitverbreitete geografische Informationssystem ArcView bzw. ArcGIS der Firma ESRI gibt es verschiedenste Extensions, welche Berechnungen und Analysen für spezifische Fragestellungen erlauben. Zu diesen gehört auch der Network Analyst (AVNA) bzw. ArcLogistics Route als Spezialversion von ArcGIS. (ESRI.com, 2010)

Mit Hilfe dieser Erweiterung können optimale Routen bezogen auf bestimmte Kriterien (Weglänge, Reisekosten, etc.) ermittelt werden.

Für MapInfo Professional gibt es MapInfo Routing J Server, das wie der oben genannte AVNA Routenberechnungen nach unterschiedlichsten Kriterien ermöglicht. (Pitney Bowes: MapInfo, 2010)

Die Erweiterungen können, wie z.B. der Network Analyst sowohl zur Analyse von Netzwerken und Zusammenstellung von Touren verwendet werden als auch für die tatsächliche Routenplanung mit Abbiegevorschriften und Fahrtanweisungen.

4.3.2 Stand-Alone-Tourenplanung

Da Tourenplanung in der Praxis ein sehr komplexes Feld darstellt, sind die Standardfunktionen, wie sie ein Add-On bietet, oft nicht ausreichend. Daher wurden für den Einsatz bei Transportunternehmen spezielle Softwarepakete entwickelt, welche auf die besonderen Anforderungen der einzelnen Branchen besser eingehen können.

Die meisten dieser Produkte bieten neben der reinen Tourenplanung noch eine Vielzahl weiterer Anwendungsmöglichkeiten – v.a. im Bereich Fuhrparkmanagement, Echtzeit-GPS-Überwachung sowie integrierter Reporting- und Controlling-Funktionen, um die Effizienz weiter zu steigern.

⁴ Fakultät von $7!$: Eine mathematische Funktion, welche das Produkt aller Zahlen kleiner oder gleich der Angegebenen bildet. $7! = 1*2*3*4*5*6*7=5.040$

Wie bei vielen GIS-Anwendungen gibt es auch im Bereich der Tourenplanung mittlerweile entsprechende Web-Services, welche eine Planung und Nutzung der Funktionen ohne vor Ort installierte Software erlauben, bzw. eine mobile Nutzung ermöglichen. Hierbei wird auf entsprechende Karten-Server zugegriffen, welche die kompletten Straßendaten enthalten.

Generell unterscheidet die Literatur zwei verschiedene Systemtypen für Tourenplanungssysteme (Bilitewski & Günter, 2005):

- die spezialisierten Systeme – eine eigenständige Software mit einfacher Struktur und Bedienbarkeit. Der Datenaustausch ist von den vorhandenen Schnittstellen abhängig. Hierbei gibt es keine direkte Verknüpfung zu anderen Unternehmensbereichen, wie Personalverwaltung, Auftragsbearbeitung oder Buchhaltung. Daher ist auch die Beantwortung komplexer, bereichsübergreifender Fragestellungen nur schwer bis gar nicht möglich.
- Systeme mit integrierter Struktur – diese lassen sich in bereits vorhandene Betriebsstrukturen komplett integrieren und ermöglichen die Abbildung komplexer Vorgänge im Gesamtsystem. Diese Systeme zeichnen sich durch eine zentrale Datenbankstruktur aus, die Schnittstellenprobleme vermeidet.

Abb. 8 zeigt schematisch die Unterschiede in der Struktur der beiden Varianten.

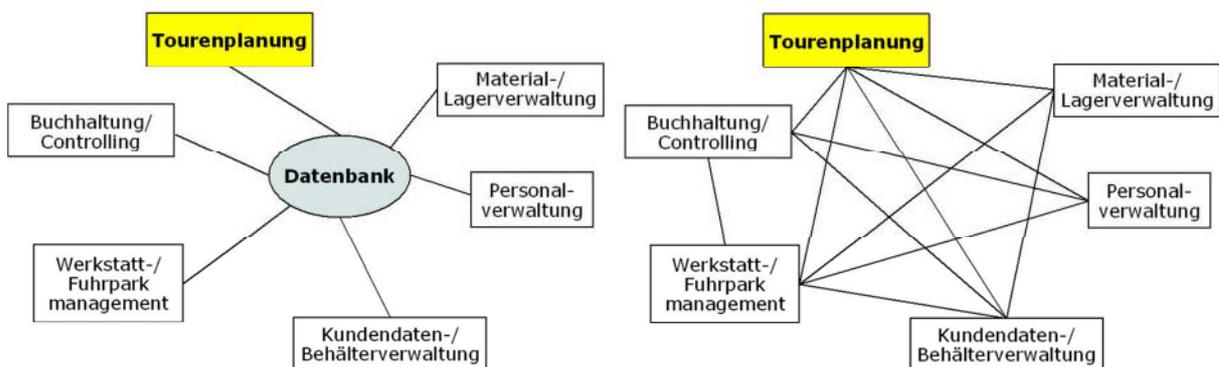


Abb. 8 Unterschied Struktur spezialisierte und integrierte Systeme (Bilitewski & Günter, 2005)

Der folgende Überblick listet die jeweiligen Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme auf:

	Spezialisierte Systeme	Integrierte Systeme
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - Einfache Bedienung - Einfache Struktur - Kostengünstig - Praxiserprobt 	<ul style="list-style-type: none"> - Zentrale Datenhaltung - Datenaustausch über definierte Schnittstellen möglich - Analysen über alle Firmenbereiche möglich
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - Datenaustausch abh. von vorhandenen Schnittstellen - Keine zentrale Datenhaltung - Erweiterungsmöglichkeiten eingeschränkt 	<ul style="list-style-type: none"> - Zum Teil nur bedingte Praxiserfahrung - Komplexer in Aufbau u. Bedienung - Teuer

Tab. 6 Übersicht der Vor- und Nachteile von spezialisierten und integrierten Systemen; eigene Zusammenfassung nach Trabandt (2005) und Bilitewski & Günter (2005)

Bei den am Markt befindlichen Systemen kann grundsätzlich zwischen Logistiksoftware für Speditionen/Dienstleister allgemein auf der einen und spezieller Logistiksoftware für die Abfallwirtschaft auf der anderen Seite unterschieden werden. Die Produkte für die Abfallwirtschaft wenden sich an kommunale Entsorger und/oder Entsorger im Bereich Containerdienste. Typische Funktionen der Produkte für Entsorger umfassen:

- Behältermanagement (teilw. in Verbindung mit Behälter ID-Systemen)
- Wiege- und Identifikationssysteme (entweder bereits integriert oder über Module/Schnittstellen mit externen Systemen möglich)
- Fahrzeugdatenbanken für verschiedene Aufbauten und Kapazitäten
- Automatische Tourenplanung (teilw. mit Unterscheidung in strategische und operative Planung, Anpassung bestehender Touren)
- Navigation und Routenplanung (über zusätzliche Module, externe Navigationsgeräte)
- Anbindung an Telematik/GPS
- Kartenauswertungen der Touren
- Kennzahl-Aufzeichnung
- Echtzeit-Disposition

Neben diesen Funktionen, die für die Tourenplanung relevant sind, bieten die Systeme oft auch:

- Auftragsverwaltung
- Personalplanung für Fahrer und Sammelmanschaften
- Nachweisverwaltung

Neben der Abfallentsorgung werden auch die Aufgaben der Straßenreinigung und des Winterdienstes von einigen Software-Anbietern angesprochen und somit die typischen Aufgabenbereiche der kommunalen Entsorger abgedeckt.

Bei der eigentlichen Tourenplanung bieten einige Systeme die Berücksichtigung von Restriktionen an (z.B. zeitliche Beschränkungen bei der Sammlung, Gewichts- und Höhenbeschränkungen auf Straßenabschnitten, Verkehrsbehinderungen in Echtzeit). Diese Funktionen sind jedoch stark von der Verfügbarkeit von Daten abhängig. So sind erst seit kurzem detaillierte Straßenkarten speziell für Lkw, welche Fahrverbote und Gewichts- und Höhenbeschränkungen berücksichtigen, am Markt.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Möglichkeit des Einlesens (Geocodieren) von Standorten. Einige Programme bieten integrierte Tools, welche auf Basis der Kundenadressen die korrekten Koordinaten und damit die Position auf der Karte ermitteln können. Ist dies nicht der Fall, müssen die Adresslisten extern verortet werden um sie auf einer Karte darstellen zu können.

4.3.3 Ermittlung von Geokoordinaten der Abholstandorte

Zur genauen Analyse der Abholstandorte ist es unerlässlich, diese exakt zu verorten. Auf Basis der bekannten Adressen (Straße, Hausnummer) gibt es verschiedene Möglichkeiten, die notwendigen Koordinaten zu ermitteln. Als eine Besonderheit in der Abfallwirtschaft kommt bei der Verortung von Behälterstandorten erschwerend hinzu, dass Behälter oft keine „klassische“ Adresse besitzen, sondern in der Behälterdatenbank nur mit Beschreibungen hinterlegt sind (z.B. „gegenüber Hausnummer 14“) bzw., dass eine Hausnummer nicht notwendigerweise den tatsächlichen Abholstandort darstellt (z.B. sind in großen Wohnanlagen die Eingangstüren, auf welche sich Adress-Koordinaten beziehen, oft an anderer Stelle als die Müllbehälter selbst). Typische Methoden zur Ermittlung von Geokoordinaten sind:

- Geocodierung als Dienstleistung
- Geocodierung durch spezielle Software bzw. Erweiterungen von regulären GIS
- Geocodierung mittels frei verfügbarer Internetprogramme
- Geocodierung durch Vor-Ort-Erhebung

Im Folgenden werden die einzelnen Punkte näher betrachtet.

4.3.3.1 *Geocodierung als Dienstleistung*

Die Ermittlung von Geokoordinaten stellt für viele Unternehmen einen wichtigen Punkt in ihrer Filialanalyse, Kundenbetreuung, Neukundenakquise und anderen Marketingaktionen dar. Spezialisierte Geomarketing-Anbieter haben daher entsprechende Adressdatenbanken und Abgleichalgorithmen entwickelt, welche eine möglichst rasche und genaue Zuordnung von Koordinaten zu Kundendatenbanken erlauben.

Schwierigkeiten bei dieser Art der Zuordnung können durch eine schlechte Qualität der Kundenadressdatenbank entstehen. Zwar erlauben die Algorithmen eine gewisse Toleranz bei der Schreibweise von Straßennamen, jedoch kann schlechte Qualität der Kundendaten zu erhöhtem Aufwand bei der Geocodierung führen. Oftmals muss zu einer exakten Zuordnung manuell nachgebessert werden. Dies verursacht entsprechend höhere Kosten.

Die Berechnung der Geocodierungskosten variiert unter den Anbietern. So verlangen die meisten eine Basispauschale und die Zuordnungen werden nach Anzahl der Adressen gestaffelt. Andere Unternehmen verlangen zwar keine Pauschale, liegen jedoch beim Staffelpreis höher.

Neben der reinen Dienstleistung bieten einige Unternehmen sogenannte Online-Geocoder an, bei denen im Voraus für ein bestimmtes Kontingent an Adressdatensätzen bezahlt wird und die eigentliche Geocodierung über eine Onlinedatenbank und ein entsprechendes lokal installiertes Programm erfolgt. Diese Vorgehensweise bietet sich vor allem dann an, wenn über einen gewissen Zeitraum immer wieder neue Adressen hinzukommen, welche dann sofort geocodiert werden können, ohne jedes Mal erneut auf die Dienstleistungen des Anbieters zurückgreifen zu müssen (d.h. kein Zeitverlust bei Beauftragung und Abwicklung). In solchen Fällen ist dies auch meist der günstigere Weg, da die Kosten für eine Bearbeitungspauschale wegfallen. Neben den eigentlichen Kosten für die Geocodierung (das entsprechende Kontingent) fallen bei dieser Variation immer noch Kosten für den Client (die lokal installierte Software) an.

4.3.3.2 *Geocodierung durch spezielle Software bzw. GIS-Erweiterungen*

Auf dem Markt erhältliche Routing/Geo-Software bzw. Erweiterungen von regulären GIS-Paketen ermöglichen ebenfalls die Ermittlung von Koordinaten. Als Beispiel sei

hier die Software MapPoint⁵ genannt. Diese hat entsprechende Straßendaten im Hintergrund und erlaubt durch Eingabe der Adresse eine oft hausnummerngenaue Bestimmung. Hier können entweder ganze Adresslisten verortet werden oder auch für bestimmte Einzeladressen die Geokoordinaten ausgelesen werden. Auch in Standard-GIS Programmen wie z.B. ArcGIS kann, sofern die entsprechenden Straßendaten vorliegen, eine Geocodierung auf dieser Basis vorgenommen werden. Grundlage für eine exakte Verortung ist hierbei natürlich immer die entsprechende Adress-Datenbank im Hintergrund.

4.3.3.3 *Geocodierung durch frei verfügbare Internetanwendungen*

Im Internet verfügbare Routenplaner verfügen oft über eine zusätzliche Anzeige der Koordinaten einer Adresse. Beispielsweise die Seite [acme.mapper⁶](http://mapper.acme.com/), welche auf Google Maps basiert. Vielen Internet-Services gemein ist, dass sie nur die Eingabe einer Adresse auf einmal erlauben und daher für eine große Anzahl von z.B. Kundenadressen nicht geeignet sind, da der Zeitaufwand der Ermittlung zu groß wäre. Services, welche die Verortung von mehreren hundert oder tausend Adressen erlauben, sind oft kostenpflichtig. Eine Seite, welche die automatische Verortung ganzer Adresslisten erlaubt, ist [BatchGeo⁷](http://www.batchgeo.com/de/). Die Seite finanziert sich über Spenden und greift entweder auf Google oder Yahoo Maps zurück. Eine Mischform aus Dienstleistung und Internetanwendung stellen online zugängliche Adressdatenbanken dar, welche gegen Entgelt zur Geocodierung verwendet werden können. Dies ist vor allem dann interessant, wenn eine Kundendatenbank rasch wächst und die Geocodierung „on demand“ notwendig ist.

4.3.3.4 *Geocodierung durch Vor-Ort-Erhebung*

Bei dieser Methode werden die entsprechenden Koordinaten vor Ort mittels geeigneter technischer Hilfsmittel ermittelt. Dies kann durch Standard GPS-Geräte geschehen, welche die Koordinaten aufzeichnen und ein anschließendes Auslesen am PC erlauben. Dabei werden die einzelnen Standorte angefahren und die jeweilige genaue Position bestimmt. Dies kann von Vorteil sein, wenn z.B. das verfügbare Straßenmaterial, mit welchem Dienstleister, Software oder Internetanwendungen arbeiten, nicht ausreichend ist und somit keine genaue Positionsbestimmung auf

⁵ Mappoint: Business Mapping Software von Microsoft (Microsoft, 2011)

⁶ <http://mapper.acme.com/>

⁷ <http://www.batchgeo.com/de/>

diesem Weg möglich ist. Um den Aufwand für diese Variante möglichst gering zu halten, bietet sich z.B. bei Entsorgungsfahrten an, die Koordinaten im Zuge einer normalen Entsorgungstour zu ermitteln um diese dann für die zukünftige Planung zu verwenden. Der Zeitaufwand bei dieser Variante bedingt auch eine eingeschränkte Anwendungsmöglichkeit.

Generell sind die Ergebnisse der ersten drei Varianten sehr stark von der Qualität der zur Verfügung stehenden Straßendaten abhängig. Zwar hat es hier in den letzten Jahren starke Verbesserungen gegeben, jedoch sind im ländlichen Bereich oft nur straßen- bzw. straßenabschnittsgenaue Daten verfügbar. Hausnummerngenau liegen die Daten meist nur in Städten vor. Durch die zunehmende Verbreitung von Navigationssystemen werden diese Daten laufend immer weiter verbessert und erweitert. Als kommerzielle Anbieter genauer Straßendaten in Österreich sind zwei international tätige Firmen am Markt – Navteq⁸ und Teleatlas⁹. Die meisten Softwareprodukte und Internetlösungen verwenden Daten eines der beiden Anbieter.

4.3.4 Kartenmaterial

Ein weiterer Punkt, welcher die Anwendung von Routenplanungssystemen vor allem in der Anfangszeit stark limitierte und oft nur annähernd realistische Berechnungen zuließ, ist die Qualität der vorhandenen Straßendaten. Hierbei sind vor allem drei Punkte ausschlaggebend:

- Vollständigkeit: die Digitalisierung des Straßennetzes erfolgt nach der Priorität der Straßenverbindungen – zuerst stehen in jedem Land die wichtigsten Verbindungs- und Durchzugsstraßen, sowie die großen Städte zur Verfügung. Das niederrangige Straßennetz bzw. detaillierte Ortspläne kleinerer Städte folgen erst später. Dies stellt bei Überland-Logistik, wo von einem Lager zum nächsten transportiert wird, kein allzu gravierendes Problem dar. Ist jedoch eine hausnummerngenaue Zuordnung notwendig, erschweren fehlende Straßendaten eine realistische Planung erheblich.
- Detailgrad: eine nur ungenaue Zuordenbarkeit von Hausnummern zu Straßendaten stellt ein Problem bei Planungen dar, die exakte Adressen

⁸ **Navteq** (**NAVTEQ**, bis Februar 2004: Navigation Technologies (Navtech)) ist ein börsennotierter US-amerikanischer Anbieter von Geodaten zum Einsatz in Navigationsgeräten. (Wikipedia.org: Navteq, 2011)

⁹ **Tele Atlas** ist ein niederländisch-belgisches Unternehmen mit Sitz in Gent, das digitale Karten für Geoinformationssysteme (GIS), Standortbezogene Dienste *Location Based Services* (LBS) und für Navigationssysteme herstellt. (Wikipedia.org: Teleatlas, 2011)

berücksichtigen müssen. Hierbei hat sich in den letzten Jahren eine massive Verbesserung des Kartenmaterials ergeben.

- Zielgruppen: die typische Zielgruppe für Straßendaten sind die Pkw-Fahrer, die ihr Navigationssystem damit bestücken möchten. Daher sind die erhobenen Daten auch vor allem auf die Bedürfnisse dieser Zielgruppe ausgerichtet. Für Lkws stellen sich jedoch ganz andere Fragen. So sind vor allem Restriktionen wie Gewicht, Höhe und zeitliche Einschränkungen bzw. generelle Lkw-Fahrverbotszonen relevant. Diese Informationen sind in den standardisierten Kartendaten nicht enthalten. Die Kartenhersteller reagieren mittlerweile darauf und bieten spezielle Daten für Lkw-Logistik an. Mit steigender Nachfrage werden auch immer mehr zusätzliche Informationen wie Kurvenradien, Steigungen oder spezifische Abbiegeverbote integriert (Business Geomatics, 07/2008).

Je genauer, vollständiger und korrekter das Kartenmaterial ist, desto besser können Wegzeiten und somit auch Wegkosten berechnet werden.

5. Empirischer Teil

Der empirische Teil der Arbeit umfasst zwei Fallbeispiele, an denen die Einsatzmöglichkeiten von GIS in der Abfallwirtschaft sowie deren Einschränkungen untersucht wurden. Beim ersten Fallbeispiel handelt es sich um die Suche nach einem geeigneten Standort für die Grünschnittsammlung in der niederösterreichischen Gemeinde Klosterneuburg. Das zweite Fallbeispiel beschäftigt sich mit der Frage der Tourenplanung und deren Unterstützung durch GIS in der Abfallwirtschaft anhand von Entsorgungsunternehmen in Österreich.

5.1 Fallbeispiel 1 – Standortfindung

5.1.1 Aufgabenstellung

Aufgabe war die Ermittlung möglicher Standorte für die Grünschnittsammlung der Stadtgemeinde Klosterneuburg mittels eines Geografischen Informationssystems.

5.1.2 Ausgangssituation

Die Stadtgemeinde Klosterneuburg ist an das Institut für Abfallwirtschaft der Universität f. Bodenkultur herangetreten, um einen Entlastungsstandort für die Grünschnitt- und eventuell Sperrmüllsammlung zu finden. Im Industrie/Gewerbegebiet existiert seit 1990 ein Recyclinghof, der bisher für diesen Zweck genutzt wird. In den letzten Jahren hat sich die Kapazität jedoch als nicht ausreichend erwiesen – vor allem im Bereich Grünschnitt ergaben sich Probleme. Diese sind nicht nur auf die zu kleine Fläche zurückzuführen, sondern vor allem auch auf die geografischen Verhältnisse in Klosterneuburg (s. auch Abb. 9). Der Recyclinghof liegt in der Nähe des Bahnhofs – in der Nähe der Donau und somit weitab von den Katastralgemeinden¹⁰, die in den Seitentälern liegen. Hier gab es laut Gemeindeverwaltung Klosterneuburg vor allem Beschwerden aus Kierling, Maria Gugging und Weidling.

Die Bewohner dieser Katastralgemeinden müssen lange Wege aus den Tälern heraus zum Recyclinghof in Kauf nehmen. So wäre der Recyclingplatz von St. Andrä Wördern für die Bewohner von Gugging viel näher als der Klosterneuburger Platz –

¹⁰ Katastralgemeinden entsprechen dem Geltungsbereich des jeweiligen örtlichen Grundbuchs. Damit ist die Katastralgemeinde die kleinste bundesrechtliche Verwaltungseinheit (abgesehen von Wahlsprengeln). (Wikipedia.org: Katastralgemeinden, 2011)

jedoch darf dieser von den Klosterneubern nicht genutzt werden. Weiters kommt es durch die steigende Beanspruchung des Recyclinghofs zu Verkehrsproblemen, da ein großer Teil der Zubringer den Grünschnitt mit einem Pkw-Hänger-Gespann abliefern. Neben dem erhöhten Verkehrsaufkommen im Zentrum (der Anlieferverkehr aus den Katastralgemeinden muss durch das Ortszentrum) kommt es auf dem Recyclingplatz selbst aufgrund knapper Platzverhältnisse und enger Zu- und Abfahrten v.a. im Sommer zu Problemen.

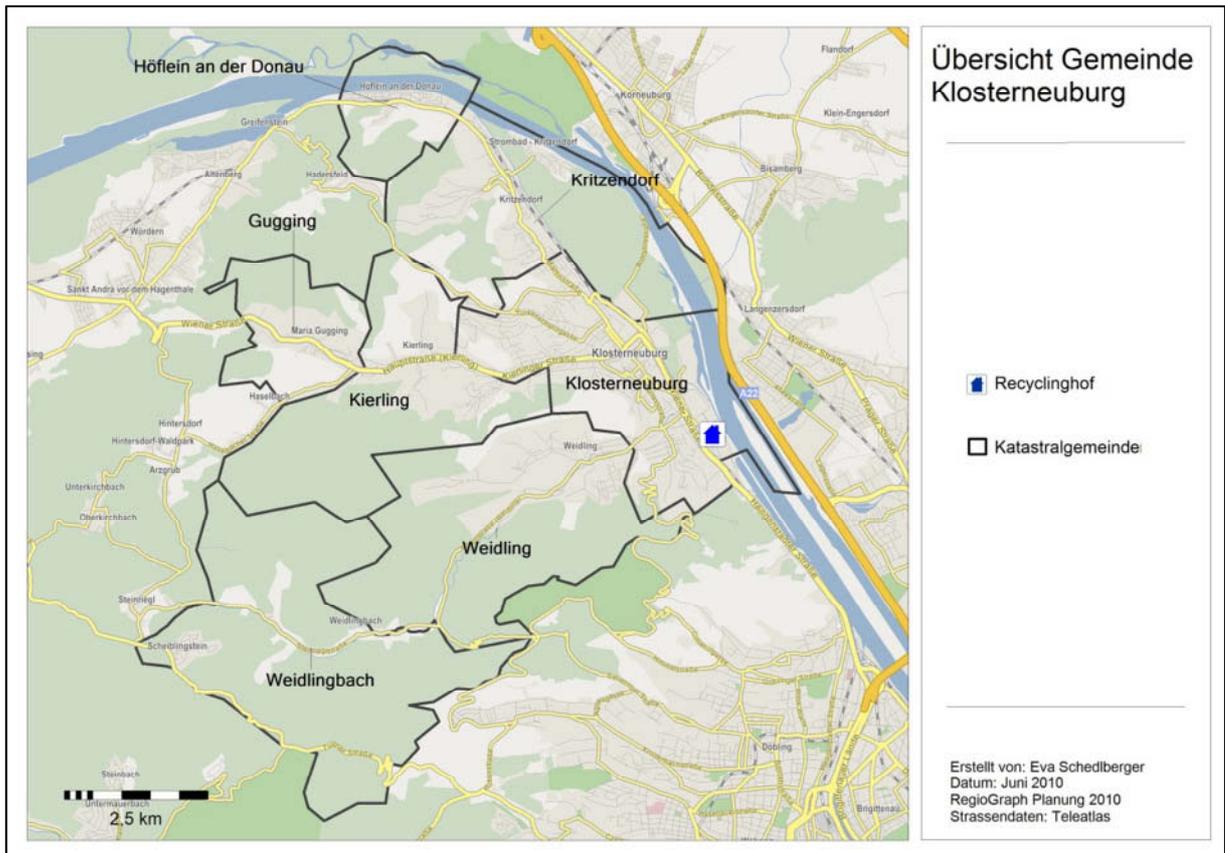


Abb. 9 Übersicht Gemeinde Klosterneuburg, eigene Darstellung

Neben der Erfassung des Restmülls, der Biotonne und der Altpapiersammlung, welche im Holsystem erfolgen, werden folgende Fraktionen im Bringsystem erfasst:

- Grünschnitt am Recyclinghof
- Altstoffe am Recyclinghof (z.B. Pappe, Altglas, Altpapier, Dosen, Textilien, Eisenschrott, unbehandeltes Holz, Styropor, Autoreifen, Elektroaltgeräte, Plastikleergebinde und Plastikfolien)
- Sperrmüll am Recyclinghof
- Sammelstellen im ganzen Gemeindegebiet für Dosen, Glas und Verpackungen

- und einmal jährlich eine mobile Aktion auf einem Parkplatz in Scheiblingstein für Sperrmüll, Grünschnitt und gefährliche Abfälle aus Haushalten. Diese erfolgt mit Kranwagen, 2 Lkw und 3 Mann Personal. Der Flächenbedarf hierfür beträgt ca. 400-500m². Dies ist jedoch aus Personalgründen nicht für die anderen Katastralgemeinden möglich. Außerdem wird ein fixer Platz für Grünschnittcontainer gewünscht.

Laut Auskunft von Gemeindemitarbeitern verteilen sich die Grünschnittmengen zu 1/3 auf Klosterneuburg-Stadt und zu 2/3 auf die Katastralgemeinden. Eigenkompostierung wird von der Gemeinde in Form einer Reduktion der Müllgebühren gefördert, außerdem steht ein geförderter Häckseldienst zur Verfügung. Dieser wird jedoch nur von Wenigen in Anspruch genommen (s. Kap. 5.1.4.2).

5.1.3 Zielsetzung

Mit den GIS-Daten der Gemeinde (GemGIS, ArcView-Dateien) soll die Praktikabilität des Einsatzes eines GIS zur Standortfindung gezeigt werden.

Von der Gemeinde wurden folgende Daten zur Verfügung gestellt: alle Datum 2001

- Bebauungsplan
- Flächenwidmungsplan
- Dachflächen
- Straßen
- Lage Altstoffsammelinseln, Bauhof, Kompostieranlage, Recyclinghof
- Landschaftsrahmenplan
- Höhenlinien
- Luftbilder

Weiters wurden folgende Daten verwendet:

- Einwohner- und Haushaltsdaten 2001-2009 auf Katastralgemeinde- und Gemeindeebene (Statistik Austria, 2011)
- Gesammelte Grünschnittmengen (Auskunft Gemeinde Klosterneuburg)

Die Standortentscheidung wurde auch durch eine Berechnung der potenziell anfallenden Grünschnittmengen in den einzelnen Katastralgemeinden unterstützt.

Im Folgenden wird nun näher auf die Sammlung von Grünschnitt in Niederösterreich und Klosterneuburg im Speziellen eingegangen.

5.1.4 Grünschnitt

5.1.4.1 *Definition Bioabfall und Grünschnitt*

Fricke et al. (1994) definieren sowohl Bioabfall als auch Grünschnitt (dieser wird dort als Grünabfall bezeichnet. Zur besseren Lesbarkeit wird in weiterer Folge immer der Begriff Grünschnitt verwendet), wobei als Bioabfälle getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle bezeichnet werden. Davon wird der Grünschnitt durch Art des Materials sowie Art der Sammlung unterschieden. Im Gegensatz zur für Bioabfälle typischen Sammlung im Holsystem wird Grünschnitt meist im Bringsystem gesammelt. Als Grünschnitt werden Abfälle aus öffentlichen Anlagen (z.B. Gras- und Rasenschnitt, Baum- und Strauchschnitt, Straßenbegleitgrün und sortierte Friedhofsabfälle), forstwirtschaftliche Abfälle (Astwerk, Windbruch, Rinde), landwirtschaftliche Abfälle (verdorbenes Heu und Stroh, Mist) und privat angelieferte Pflanzenabfälle (Laub, Gras, Baum- und Strauchschnitt) bezeichnet.

Betrachtet man nur jenen Teil des Bioabfalls und Grünschnitts, welcher aus privaten Haushalten stammt, muss allerdings zwischen jenem Teil, der als

- nicht-sperriger Grünschnitt auch mit der Biotonne gesammelt wird, bzw. der auch über Eigenkompostierung¹¹ entsorgt wird, sowie dem
- sperrigen Grünschnitt, der dann zu entsprechenden Sammelstellen gebracht wird, unterschieden werden.

Das heißt, Grünschnitt ist in Bezug auf die obige Definition von Fricke et al. (1994) als sperriger Grünschnitt und als Teilmenge des Bioabfalls (als nicht sperriger Grünschnitt) zu sehen. So beschreibt z.B. auch Raninger (1995) die Bioabfälle aus Haushalten „als all jene Abfälle, welche potenziell über die Biotonne entsorgt werden“. Neben den reinen Küchenabfällen sind dies auch nicht sperrige pflanzliche Rückstände aus den Hausgärten wie Laub, Strauch- und Grasschnitt. (Raninger, 1995). Im Gegensatz dazu stehen Garten- und Parkabfälle, welche „pflanzliche Rückstände aus dem privaten und kommunalen Bereich“ sind, „deren Sammlung über die Biotonne weitestgehend nicht möglich ist. Darunter fallen alle sperrigen Grünabfälle, sowie Laub, Gras-, Baum- und Strauchschnitt aus den Hausgärten und den kommunalen Parkanlagen der Gemeinden“ (Raninger, 1995).

¹¹ „Eigenkompostierung ist die zulässige Herstellung und Verwertung von Komposten aus biogenen Abfällen einzelner Haushalte und Hausgärten bzw. Schrebergärten auf den zugehörigen Liegenschaften.“ (Bundesabfallwirtschaftsplan, 2006)

Im Niederösterreichischen Abfallwirtschaftsbericht werden die biogenen Abfälle nur global definiert.

„Kompostierbare (biogene) Abfälle: Müll überwiegend pflanzlichen Ursprungs, der einer Kompostierung (z.B. methodische Umwandlung in Komposterde, Verrottung, Vergärung) zugeführt werden kann.“

(NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009)

Diese Trennschärfe beim Grünschnitt stellt bei der Berechnung des Potenzials für die Grünschnittsammlung bzw. auch beim Vergleich der Literaturwerte eine der größten Schwierigkeiten dar. So wird einerseits das entstehungsseitige Potenzial von Gartenabfällen betrachtet, wobei hier sowohl der sperrige als auch der nicht-sperrige Grünschnitt anfallen. Bei der Sammlung bzw. Eigenkompostierung werden diese beiden Fraktionen dann vermischt erfasst. So gelangt ein Teil des nicht-sperrigen Grünschnitts sowohl in die Biotonne bzw. kann auch bei der Grünschnittsammlung anfallen bzw. wird er der Eigenkompostierung zugeführt. Ähnliches gilt für den sperrigen Grünschnitt. Dieser kann teilweise in die Biotonne gelangen, ein großer Teil wird über die Grünschnittsammlung getrennt erfasst und es wird ein Teil auch der Eigenkompostierung zugeführt (nachdem das Material gehäckselt wurde). Lederer (2006) hat in einer Untersuchung von Tiroler Gemeinden u.a. das Vorhandensein von Grünschnitt im Bioabfall erhoben. Hier wurde zwar bei manchen Gemeinden nicht-sperriger Grünschnitt in der Biotonne entsorgt, sperriger Grünschnitt wurde jedoch in keiner Gemeinde gefunden. Lederer (2006) erklärt dies u.a. mit der Art der Sammlung und der Größe der Sammelbehälter (Biotonne bzw. Papiersäcke zur Sammlung).

Ein Teil der Gartenabfälle (sowohl sperrige als auch nicht-sperrige) verbleibt auch immer im Grünflächenbereich, dieser ist ebenfalls nur schwer abzuschätzen. Abb. 10 zeigt eine Übersicht dieser unterschiedlichen Wege. Da in Klosterneuburg die Biotonne als Sammelsystem eingesetzt wird, kann davon ausgegangen werden, dass hier auch nicht-sperriger Grünschnitt und teilweise sperriger Grünschnitt auf diesem Weg gesammelt wird.

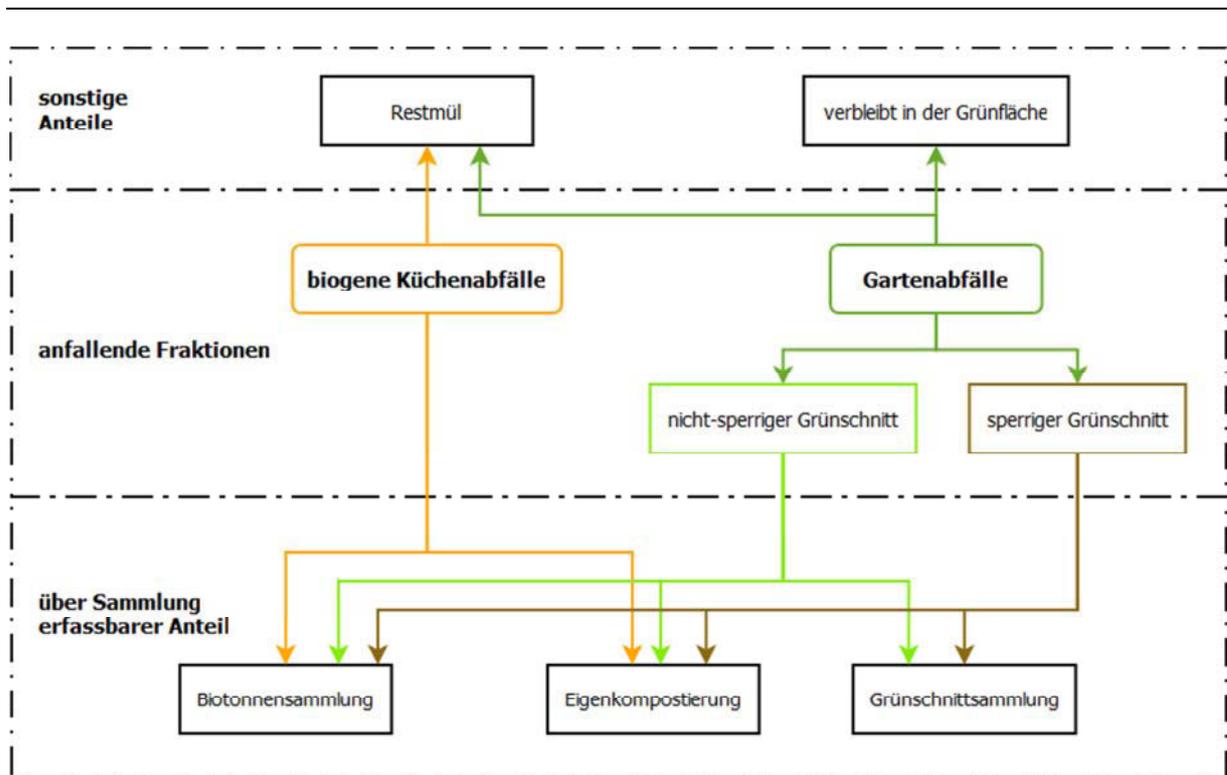


Abb. 10 Übersicht der möglichen Sammlungs- und Entsorgungswege bei biogenen Abfällen, eigene Darstellung

5.1.4.2 Grünschnittsammlung

Für die Grünschnittsammlung gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Bringsysteme (Sammelzentren, Mistplätze etc.)
- Holsysteme (ähnlich Sperrmüll an fixen Terminen oder nach Bedarf)
- Zusätzlich werden in vielen Gemeinden auch Häckseldienste zur Unterstützung bei der Eigenkompostierung angeboten.

Im Gegensatz zur Sammlung von Küchenabfällen und nicht-sperrigem Grünschnitt über die Biotonne, welche im Holsystem erfolgt, stellt die Sammlung von sperrigem Grünschnitt im Bringsystem die übliche Variante dar. Im Folgenden wird dies anhand der Grünschnittsammlung der Stadt Köln erläutert (vgl. Abfallwirtschaftsbetriebe Köln (2011)).

In Köln ergänzen sich verschiedene Varianten der Grünschnittsammlung:

- Sammlung im Bringsystem: die Bürger können ihren Grünschnitt – max. 1m³ kostenlos zu einem der beiden Abfall-Center bringen. Da dieser Dienst nur für Kölner gedacht ist, muss ein Personalausweis vorgelegt werden.
- Regelmäßige Abholung: zweimal jährlich wird an bestimmten Terminen (Frühjahr und Herbst) Grünschnitt bei den Bürgern abgeholt – der Bedarf muss jedoch im Vorhinein angemeldet werden, um eine entsprechende

Tourenplanung zu ermöglichen. Dieser Dienst erfolgt kostenlos. Menge: bis zu 3m³.

- Abholung nach Bedarf: diese ist immer am ersten Montag jedes Monats möglich. Die Bürger können sich für die Abholung unabhängig von den Fixterminen anmelden und den anfallenden Grünschnitt abholen lassen. Dieser Dienst ist kostenpflichtig und je m³ werden 16,30 Euro verrechnet.
- Spezialservice zur Laubentsorgung: Laubentsorgung mit Laubsauger (nur Laub, kein Grünschnitt – ca. 30 Euro je m³) sowie Abholung von Laub in Säcken (ca. 11 Euro für den ersten 100 Liter Sack; ca. 4 Euro für jeden weiteren).

Diese Art der Sammlung bietet sich vor allem in Großstädten an, in kleineren Städten und Gemeinden würden die Kosten den Rahmen sprengen – der Bedarf an derartigen Dienstleistungen ist meist nicht gegeben. So wird z.B. in Klosterneuburg, der Häckseldienst lt. Aussage der Gemeinde nur selten in Anspruch genommen. In Summe wurde der Dienst im Jahr 1999 97-mal und im Jahr 2000 85-mal von Bürgern angefordert (Gemeinde Klosterneuburg, 2000). Daher ist in kleineren Städten dem Bringsystem der Vorzug zu geben. Wichtig ist für die Bürger aber eine möglichst frei zugängliche Abgabestelle für Grünschnitt (ganztägig und auch am Wochenende). Im Gemeindeverband Krems (NÖ) sind beispielsweise die Strauchschnittsammelstellen der Altstoffsammelzentren von März bis Ende November ganztägig zugänglich (GV Krems, 2010).

5.1.4.3 *Grünschnitt Sammelmengen*

Der NÖ Abfallwirtschaftsbericht zeigt die über die Biotonne gesammelten Abfälle (also Küchenabfälle und nicht-sperrigen Grünschnitt) und getrennt davon die Menge sperrigen Grünschnitts, der über die Grün- bzw. Strauchschnittsammlung erfasst wird. Hier betragen die Mengen bei der Biotonne im Jahr 2009 143.963 Tonnen an biogenem Abfall (89,7 kg/EW.a¹²). Im Jahr 2001 waren es noch 119.471 Tonnen (77,6 kg/EW.a¹³). Über die Strauchschnittabfuhr wurden 2001 53.000 Tonnen (34,4 kg/EW.a) erfasst – im Jahr 2009 waren es bereits 113.082 Tonnen (70,5 kg/EW.a). Insgesamt wurden im Jahr 2009 160,1 kg/EW über die Biotonnen- und Strauchschnittabfuhr gesammelt. (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009)

¹² Einwohnerzahl 1.1.2001: 1.539.416 (Statistik Austria, 2011)

¹³ Einwohnerzahl 1.1.2009: 1.605.122 (Statistik Austria, 2011)

Abb. 11 zeigt die Entwicklung der Sammelmengen je Einwohner von 2001 bis 2009 wobei der starke Anstieg des Strauchschnittanteils hervorzuheben ist. Eine mögliche Erklärung für den Anstieg wäre beispielsweise das Verbot der Verbrennung biogener Materialien (BioVVG, 1993). Damit bzw. mit der Novelle von 2010, welche die Inhalte dieses Gesetzes in das Bundesluftreinhaltegesetz (BLRG, 2010) überträgt, war es u.a. nicht mehr erlaubt, Gartenabfälle auf privaten Grundstücken durch Verbrennen zu entsorgen. Außerdem ist durch die Bioabfallverordnung die getrennte Sammlung biogener Materialien verpflichtend, wenn diese nicht der Eigenkompostierung zugeführt werden (Bioabfallverordnung, 1994).



Abb. 11 Sammelmengen Biotonne und Strauchschnitt je Einwohner 2001-2009 in Niederösterreich (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009), eigene Darstellung

Neben der Biotonne und der Strauchschnittsammlung sind noch weitere Verwertungs- bzw. Entsorgungswege für Grünschnitt möglich: Eigenkompostierung, Fehlwürfe in den Restmüll sowie die illegale Entsorgung (Puck & Szlezak, 2003). In den Abfallwirtschaftsberichten des Landes Niederösterreich sind diese rechnerischen Anteile bis zum Jahr 2005 auch angeführt. Die Fehlwürfe in den Restmüll betragen sehr konstant immer zwischen 6 und 7%. Die illegale Entsorgung wird als mengenmäßig unbekannt angegeben und als Teilmenge der rechnerischen Eigenkompostierung angenommen. (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2005)

Ein Vergleich der Bioabfall-Sammelmengen der niederösterreichischen Verbände zeigt, dass Klosterneuburg hier mit 124,3 kg/EW.a zu den Spitzenreitern gehört (s. Abb. 12).

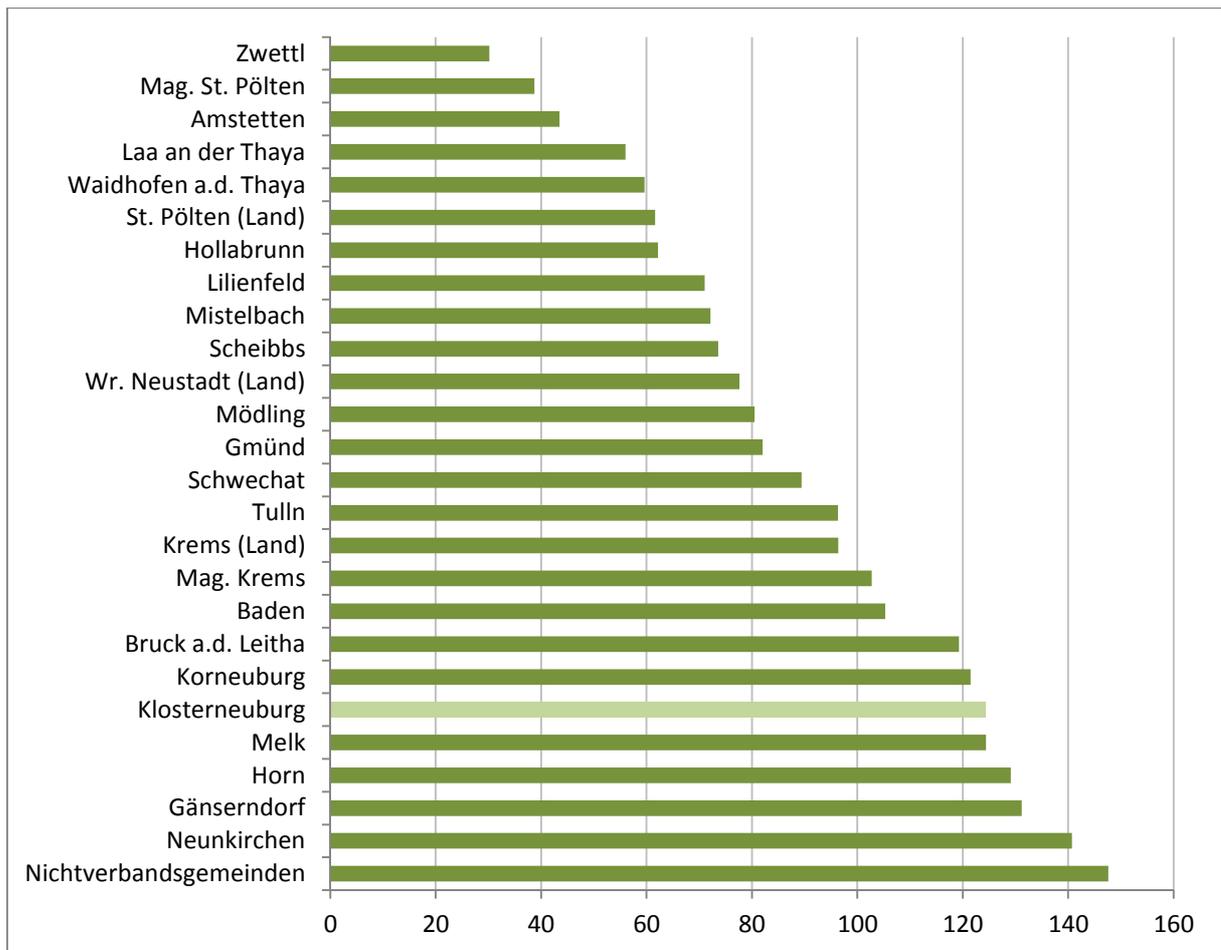


Abb. 12 Übersicht der Bioabfall-Sammelmengen (ohne Grünschnitt) der niederösterreichischen Verbände im Jahr 2009 in kg/EW.a (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009), eigene Darstellung

Zu den Mengen an Grünschnitt gibt es für das Jahr 2009 keine vergleichenden Daten, daher wurden die Daten einiger Bezirke aus dem Jahr 2000 gegenübergestellt (s. Abb. 13). Dabei zeigt sich, dass Klosterneuburg im Bereich der biogenen Abfälle sehr hohe Sammelmengen aufweist. Bei den Grünschnitt-Sammelmengen liegt nur St. Pölten (143,4 kg/EW.a) über Klosterneuburg (107,1 kg/EW.a). Nur in Korneuburg, mit 93,8 kg/EW.a, findet sich ein ähnlich hoher Grünschnittwert wie in Klosterneuburg. Da diese Angaben zu den Grünschnittsammelmengen auch immer kommunalen Grünschnitt (z.B. öffentliche Grünanlagen, Parks) enthalten, kann dies den hohen Wert für St. Pölten erklären. Für Klosterneuburg wurden die kommunalen Grünschnittmengen ab dem Jahr 2004 separat erhoben und betragen im Schnitt (2004-2010) 10% der Sammelmenge. In ganz Niederösterreich wurden im Jahr 2000 nur 32,9 kg/EW.a an Grünschnitt gesammelt.

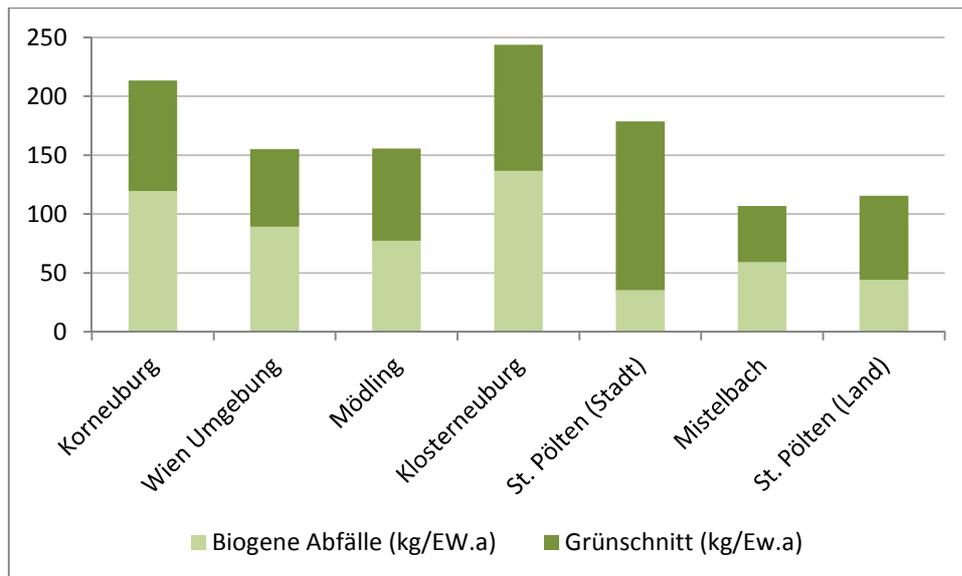


Abb. 13 Übersicht der Grünschnitt-Sammelmengen ausgewählter niederösterreichischer Bezirke und Klosterneuburg im Jahr 2000 (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2000) und (Gemeinde Klosterneuburg, 2000), eigene Darstellung

Die Entwicklung der Mengen an Grünschnitt in Klosterneuburg im Vergleich zu den Mengen gesammelten Strauchschnitts in Niederösterreich ist in Abb. 14 dargestellt.

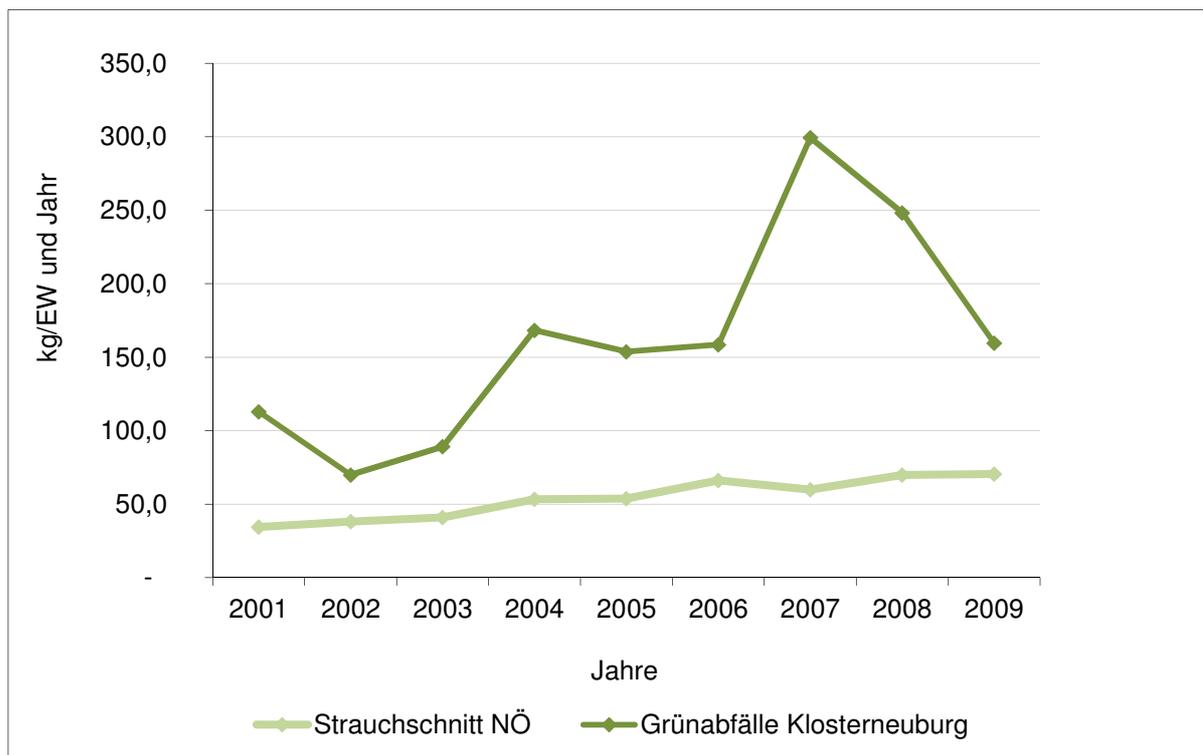


Abb. 14 Sammelmenge Strauchschnitt in NÖ und gehäckselter Grünschnitt in Klosterneuburg 2001-2009 (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009); (Gemeinde Klosterneuburg, 2009), eigene Darstellung

Die großen Mengen für Klosterneuburg in den Jahren 2007 und 2008 in obiger Grafik sind nach Informationen der Gemeinde auf milde Winter zurückzuführen, in denen

viele Baumschnitarbeiten durchgeführt wurden. Klosterneuburg liegt aber auch ohne diese Höchstwerte immer deutlich über den niederösterreichischen Durchschnittswerten.

Betrachtet man die durchschnittlichen Mengen je Einwohner in Klosterneuburg und Niederösterreich, so ergeben sich die Werte in Tab. 7.

	Klosterneuburg		Niederösterreich	
	2000 (kg/EW)	2009 (kg/EW)	2000 (kg/EW)	2009 (kg/EW)
Bioabfälle + nicht sperriger Grünschnitt	136,6	124,3	76,9	89,7
Sperriger Grünschnitt	107,1	159,7	32,9	70,5
Gesamt	243,7	254,0	109,8	160,1

Tab. 7 Sammelmengen je Einwohner, Klosterneuburg und Niederösterreich, eigene Berechnung (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009), (Gemeinde Klosterneuburg, 2009)

Im Vergleich zum langjährigen Verlauf zeigt sich, dass die gesammelten Mengen an Grünschnitt starken Schwankungen unterliegen (s. Anh. 1).

Als langjähriges Mittel (2000-2009) für Grünschnitt ergeben sich 156,7 kg/EW.a in Klosterneuburg und 54,1 kg/EW.a in Niederösterreich. Zu diesem großen Unterschied ist zu sagen, dass die Verbände in Niederösterreich sehr stark schwankende Grünschnitt-Sammelmengen aufweisen und z.B. in Neunkirchen ein anderes Sammelsystem im Einsatz ist, bei dem Grünschnitt nicht separat gesammelt und somit auch nicht separat erfasst wird (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2000).

5.1.4.4 Grünschnittpotenziale

Abfallpotenziale dienen in der Abfallwirtschaft als wichtige Steuergröße um das System hinsichtlich der Sammlung, Behandlung und Verwertung planen zu können. Salhofer (2004) sieht in „Art und Menge der anfallenden oder zukünftig zu erwartenden Abfälle die Grundlage für die Gestaltung von Sammelsystemen, die Planung von Verwertungskapazitäten oder die Dimensionierung von Behandlungsanlagen wie mechanisch-biologische Behandlungsanlagen, Verbrennungsanlagen oder Deponien.“ Dementsprechend ist auch die Ermittlung des Grünschnittpotenzials hinsichtlich eines Standortes für die Sammlung von Bedeutung.

Zur Ermittlung der Potenziale wurden zwei Methoden verglichen.

- Ein berechnetes Grünschnittpotenzial auf Basis von Literaturwerten für Eigenkompostierung und tatsächlichen Sammelmengen.
- Berechnung über Grünflächen, die mit einem GIS ermittelt wurden und durchschnittlich anfallende Grünschnittmengen je m² und Jahr (basierend auf Literaturwerten).

5.1.4.5 *Grünschnittpotenzial aus Sammelmengen und Eigenkompostierung*

Raninger (1995) ermittelt das Potenzial an Gartenabfällen rechnerisch als das Gesamtpotenzial aus biogenen privaten Abfällen abzüglich des abgeschätzten Potenzials für Bioabfall aus Haushalten. Hier wird auch auf die bereits erwähnte Trennschärfeproblematik der Gartenabfälle gegenüber dem Bioabfall aus Haushalten hingewiesen.

Für das Gesamtpotenzial weisen Literaturwerte sehr unterschiedliche Zahlen auf. Dies ist zum Teil durch unterschiedliche Einflussfaktoren bedingt. Gallenkemper & Doedens (1994) nennen als Hauptfaktoren das spezifische Behältervolumen, den Anteil der Eigenkompostierung, die Teilnehmerquote sowie die Siedlungsstruktur. Dabei werden städtische Bereiche mit nur kleinen oder gar keinen Gartenflächen bzw. ländliche Strukturen mit hohem Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern und dazugehörigen Gartenflächen unterschieden. Als Kennzeichen für die Siedlungsstruktur kann der Anteil an Einfamilienhäusern herangezogen werden. Dieser liegt in Klosterneuburg laut Gebäude- und Wohnungszählung 2001 der Statistik Austria bei 93% (Statistik Austria, 2011). Daher werden nur Literaturwerte für ländliche Gebiete bzw. Haushalte mit Garten in den Vergleich miteinbezogen.

Eine Übersicht von Literaturwerten für Gesamtpotenziale und Sammelpotenziale von Bioabfällen liefert Tab. 8.

Gesamtpotenzial			
	Küchenabfälle (kg/EW.a)	Gartenabfälle (kg/EW.a)	Gesamt (kg/EW.a)
OÖ HH mit Garten; Scharff, 1993 in Raninger (1995)	90	176	266
Wien HH mit Garten (Raninger, 1995)	k. A.	k. A.	175
Durchschnittwert Österreich HH mit Garten (Raninger, 1995)	90	170	260
Ländliche Gebiete (Wiemer & Sprick, 1996)	50-80	249-415	299-495
Städtische Gebiete (Schrebergärten) (Wiemer & Sprick, 1996)	50-80	71-119	121-199
Sammelpotenzial			
			Gesamt (kg/EW.a)
1-2 Familienhäuser (Gallenkemper & Doedens, 1994)	k. A.	k. A.	140-180
Streusiedlungen (Gallenkemper & Doedens, 1994)	k. A.	k. A.	115-165
Ländliche Gebiete; Lechner, 1993 in Raninger (1995)	k. A.	k. A.	160
Landkreise; Bilitewski, 1994 in Raninger (1995)	k. A.	k. A.	80-180
Sammelmengen			
	Bioabfälle	Grünschnitt	Gesamt
Klosterneuburg (Mittelwert 2000-2009) (Gemeinde Klosterneuburg, 2009)	127,1 ¹⁴	156,7	283,8

Tab. 8 Übersicht Literaturwerte zu Bioabfallpotenzialen für ländliche Siedlungsstrukturen bzw. HH mit Garten, eigene Darstellung

Diese Literaturwerte zeigen die großen Schwankungsbereiche sowohl beim Gesamtpotenzial als auch beim Sammelpotenzial. Die Sammelmengen für Klosterneuburg befinden sich jedoch noch weit über diesen und sind eher mit den Gesamtpotenzialswerten vergleichbar.

Wiemer & Sprick (1996) erhoben in einem Feldversuch im Saarland die Leistung der Eigenkompostierung durch Gegenüberstellung der Potenziale sowie erfassbaren Mengen. Die erfassbaren Anteile setzen sich aus der Biotonnensammlung bzw. der

¹⁴ Mittelwert der Werte für 2000, 2007, 2008 und 2009

Organikmenge im Restmüll zusammen. Tab. 9 zeigt in einer Gegenüberstellung die Daten für verschieden strukturierte Gebiete im Überblick.

	städtisch/verdichtete Bebauung		städtisch/geschlossene Bebauung		ländlich	
	Potenzial					
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Gartenabfall (kg/EW.a) ¹⁵	71	119	102	170	249	415
Küchenabfall (kg/EW.a) ¹⁶	50	80	50	80	50	80
Summe (kg/EW.a)	121	199	152	250	299	495
	erfasste Organikmengen					
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Biotonne (kg/EW.a) ¹⁷	53	53	56	56	72	72
Restmüll (kg/EW.a)	66	66	39	39	57	57
Summe (kg/EW.a)	119	119	95	95	129	129
	Leistung der Eigenkompostierung					
Eigen- kompostierung (kg/EW.a)	2 bis 80 ¹⁸		57 bis 155		170-366	

Tab. 9 Leistungsfähigkeit der Eigenkompostierung in verschieden strukturierten Gebieten in kg/EW.a (Feldversuch Saarland) (Wiemer & Sprick, 1996)

Gallenkemper & Doedens (1994) bemessen die Menge für die Eigenkompostierung mit 15-80 kg/EW.a. Übereinstimmend erwähnt die Literatur, dass bei angeschlossener Biotonne trotzdem immer noch ein mehr oder weniger großer Anteil der Bioabfälle der Eigenkompostierung zugeführt wird (vgl. Gallenkemper & Doedens (1994), Raninger (1995), Wiemer & Sprick (1996)). In Deutschland wurden so beispielsweise in einem Landkreis von Grundstücken mit Eigenkompostierung noch 60-80% der Menge an Bioabfall über die Biotonne entsorgt, welche bei Haushalten ohne Eigenkompostierung erfasst wurde (Gallenkemper & Doedens, 1994).

¹⁵ Mittlere Gartengröße und Haushaltsgröße nach Befragungsergebnissen, Nachwuchsrate min.=1,5kg Organik/m².a, max.=2,5kg Organik/m².a

¹⁶ Min.=50kg/EW.a; max.=80kg/EW.a

¹⁷ Ohne Papierfraktion und Störstoffe

¹⁸ z.T. Eigenkompostierung in ausgelagerten Kleingärten

Um nun das Grünschnittpotenzial für Klosterneuburg zu bestimmen, wurde mit Hilfe der oben angeführten Literaturwerte, der Sammelmengen und Restmüllanalysen ein theoretisches Potenzial für Biomüll bzw. Grünschnitt (Gartenabfälle) berechnet.

Tab. 10 zeigt die Ermittlung der Potenziale für Klosterneuburg als Summe der tatsächlichen Sammelmengen (2000-2009), des Restmüllanteils (aus Restmüllanalysen) sowie der Eigenkompostierung (Literaturwerte).

Dabei wurden zuerst die Gesamtpotenziale für Bioabfälle (Küchenabfälle und nicht-sperriger Grünschnitt) und sperriger Grünschnitt berechnet, da bei der Sammlung in der Biotonne und im Restmüll diese beiden Fraktionen gemischt erfasst werden.

Für die Werte der Eigenkompostierung wurde ein Mittelwert von städtisch/geschlossener Bebauung und ländlicher Struktur (s. Tab. 9) verwendet.

Um nun die Küchenabfälle aus dem Gesamtpotenzial herauszurechnen, wurde auf Basis von Literaturwerten ein durchschnittliches Potenzial für die Biotonnen-Sammlung sowie der Anteil der Lebensmittelfraktion im Restmüll auf Basis der Restmüllanalysen 2005/2006 in Niederösterreich berücksichtigt.

Sammlung (kg/EW.a)	Bioabfälle	Grünschnitt	Gesamt	Quelle
	127,1 ¹⁹	156,7	283,8	Gemeinde Klosterneuburg (Mittelwert Sammel-mengen 2000-2009)
Restmüllanteil (kg/EW.a)			57,0	(Wiemer & Sprick, 1996)
			25,0	(Raninger, 1995)
			21,7	(Obersteiner & Schneider, 2006)
			34,1²⁰	(Obersteiner & Schneider, 2006) Klosterneuburg
Eigenkompostierung (kg/EW.a)²¹				(Wiemer & Sprick, 1996)
Min.			114,0	
Max.			261,0	
Gesamt min			431,9	kg/EW.a
Gesamt max.			578,9	kg/EW.a
Abzüglich Küchenabfälle aus Biotonne			65,0	(Wiemer & Sprick, 1996); (Gallenkemper & Doedens, 1994)
Abzüglich Anteil Lebensmittel/Küchenabfälle im RM (20,1 Masse-%)			32,6	(Obersteiner & Schneider, 2006) Klosterneuburg
Gartenabfälle min.			366,9	kg/EW.a
Gartenabfälle max.			513,9	kg/EW.a

Tab. 10 Berechnung der Gartenabfallpotenziale aus Literatur- und Sammelwerten für Klosterneuburg, eigene Darstellung

Das Ergebnis sind Werte von 366,9 kg/EW.a als Minimalwert und 513,9 kg/EW.a als Maximalwert für das Potenzial an Gartenabfällen. Diese Werte werden als Vergleichswerte zu den Ergebnissen der nachfolgenden Grünflächenberechnung verwendet.

¹⁹ Enthält neben Küchen- und Speiseabfällen auch nicht-sperreigen Grünschnitt

²⁰ Spezifische Menge biogene Abfälle im Restmüll aus der Restmüllanalyse Niederösterreich 2005/2006 für Klosterneuburg; Anteil in Masse-%: 21,0

²¹ Mittelwert für städtisch/geschlossene Bebauung und ländliche Bebauung (s. Tab. 9)

5.1.4.6 *Berechnung der Grünflächen*

Als weitere Methode wurde das Grünschnittpotenzial über die Fläche ermittelt. Dazu wurden folgende Annahmen getroffen:

- Relevant ist die Menge, welche bei Privathaushalten anfällt (da die Sammelstellen nur von diesen genutzt werden sollen) – kommunale Flächen (Parkflächen, öffentliche Grünanlagen, etc.) werden bei dieser Berechnung nicht berücksichtigt.
- Es wurde davon ausgegangen, dass Grünschnitt von Privathaushalten vor allem in den als Wohn-, Kern, sowie Kleingartengebieten gewidmeten Gemeindeflächen anfällt. Nicht berücksichtigt wurden Betriebs- und Agrargebiete sowie Grüngürtel, Ödland, Lagerplätze, Parks, Sportflächen, Campingplatz und Forstgebiete.

Um nun die potentiellen Mengen abschätzen zu können, wurden bei den oben genannten Gebieten jeweils die Dachflächen von der Gesamtfläche subtrahiert, um auf diese Weise die Gartenfläche zu ermitteln.

5.1.4.7 *Verwendete Software und Methoden*

Die Berechnung erfolgte mit dem Geoinformationssystem ArcEditor von ESRI mit den vorhandenen Daten der Gemeinde Klosterneuburg. Dazu wurden die einzelnen Schritte der Bearbeitung im sogenannten ModelBuilder zusammengefasst.

Der ModelBuilder erlaubt es, Ablaufmodelle zu erstellen, indem bestimmt wird, welche Daten (z.B.: Feature Classes) als Input verwendet werden und mit welchen Geoverarbeitungswerkzeugen diese Daten bearbeitet und analysiert werden. Die Verkettung der Werkzeuge erfolgt, genauso wie die der Ausgangsdaten, sehr einfach via Drag&Drop in das Modell und sie sind in der sogenannten Toolbox bereits vorhanden. Zusätzlich können weitere Operationen mittels Programmcode (Python) integriert werden. Das komplette Modell aus mehreren Operationen und mit verschiedenen Features kann anschließend in einem Durchlauf gerechnet werden und die Ergebnisse werden als separate Feature Class abgespeichert.

Folgende Schritte wurden durchgeführt:

- Aus den Widmungsflächen wurden die drei relevanten Typen selektiert:
Wohn-, Kern und Kleingartengebiet
- Verschneiden (Intersect) mit den Katastralgemeinden, um Flächen, welche über Katastralgemeindegrenzen reichen, zu trennen.

- Berechnung der neuen, nach Katastralgemeindegrenzen getrennten Flächen
- Verschneiden (Intersect) von Kern- und Kleingartengebiet mit den Dachflächen. Dadurch werden Dachflächen, die über die Gebietsgrenze ragen (s. rote Markierung in Abb. 15), abgeschnitten.

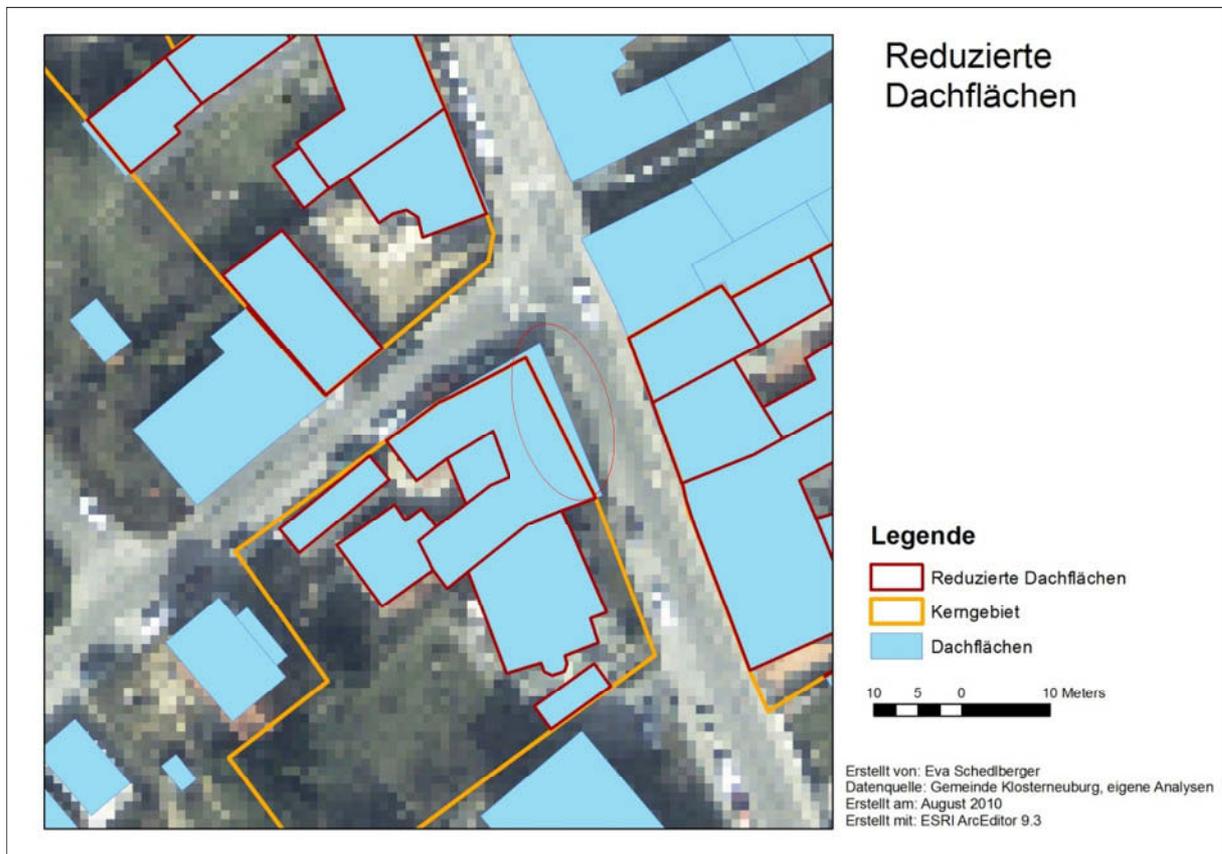


Abb. 15 Detailausschnitt Klosterneuburg, reduzierte Dachflächen, eigene Darstellung

- Berechnung der neuen Dachflächen ohne Überstand.
- Übertragung (Spatial Join) der Dachflächen (Anzahl und Flächensumme) in die Kern- und Kleingartengebiete bzw. Katastralgemeinden
- Die Wohnflächen werden separat bearbeitet. Da bei vielen als Wohngebiet gewidmeten Flächen lt. Luftbild noch landwirtschaftliche Nutzung stattfindet, d.h. dort auch keine Dachflächen zu finden sind, werden um die Dachflächen in den Wohngebieten Pufferflächen (mit einem bestimmten Radius) erzeugt.

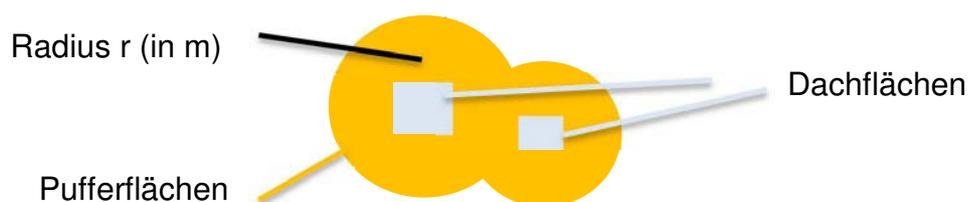


Abb. 16 Schematische Darstellung der Dachflächen und zugehörigen Pufferflächen, eigene Darstellung

- Damit und mit der folgenden Ausschneide-Funktion (Clip) wird die relevante Grünfläche bestimmt. Um zu ermitteln, welcher Wert (in m) für die Pufferberechnung am besten geeignet ist, wurden zuerst verschiedene Puffer berechnet (10, 15, 20, 25 und 30m). Die daraus errechneten Flächen wurden mit manuell abgegrenzten Ergebnissen verglichen. Bei der manuellen Abgrenzung wurden alle Wohngebietsflächen, welche lt. Luftbild eine landwirtschaftliche Nutzung erkennen ließen oder die eindeutig keine Gartenfläche darstellten, abgeteilt und entfernt. Als Unsicherheits-Faktoren bei dieser manuellen Abgrenzung sind die unvollständige Abdeckung des Gemeindegebietes mit Luftbildern bzw. deren geringe Auflösung zu nennen. Daher kann dieser Wert auch nur genutzt werden um die Puffer vom Maximalwert her zu begrenzen.

Puffer (Radius r)	Grünfläche (m²)
10m	3.623.836
15m	4.578.539
20m	4.976.211
25m	5.382.595
30m	5.534.384
Manuell bearbeitet	5.121.781

Tab. 11 Ergebnisse der Pufferberechnungen und der manuell abgegrenzten Fläche, eigene Darstellung

Tab. 11 zeigt die Ergebnisse und es ist ersichtlich, dass die beiden Werte für die 25m und 30m Puffer über den manuell abgegrenzten Flächen liegen.

Da aufgrund der teilweise fehlenden Luftbilder nicht alle irrelevanten Flächen ausgeschlossen werden konnten, wird der nächst-niedrigere Puffer-Wert von 15m für die weiteren Berechnungen und Vergleiche herangezogen. Der 10m Radius kann als zu gering ausgeschlossen werden, da aufgrund der häufigen Hanglage von Grundstücken in Klosterneuburg die Gärten oft eine schmale, langgestreckte, rechteckige Form aufweisen und sich weiter als 10m einen Hang hinauf erstrecken können.

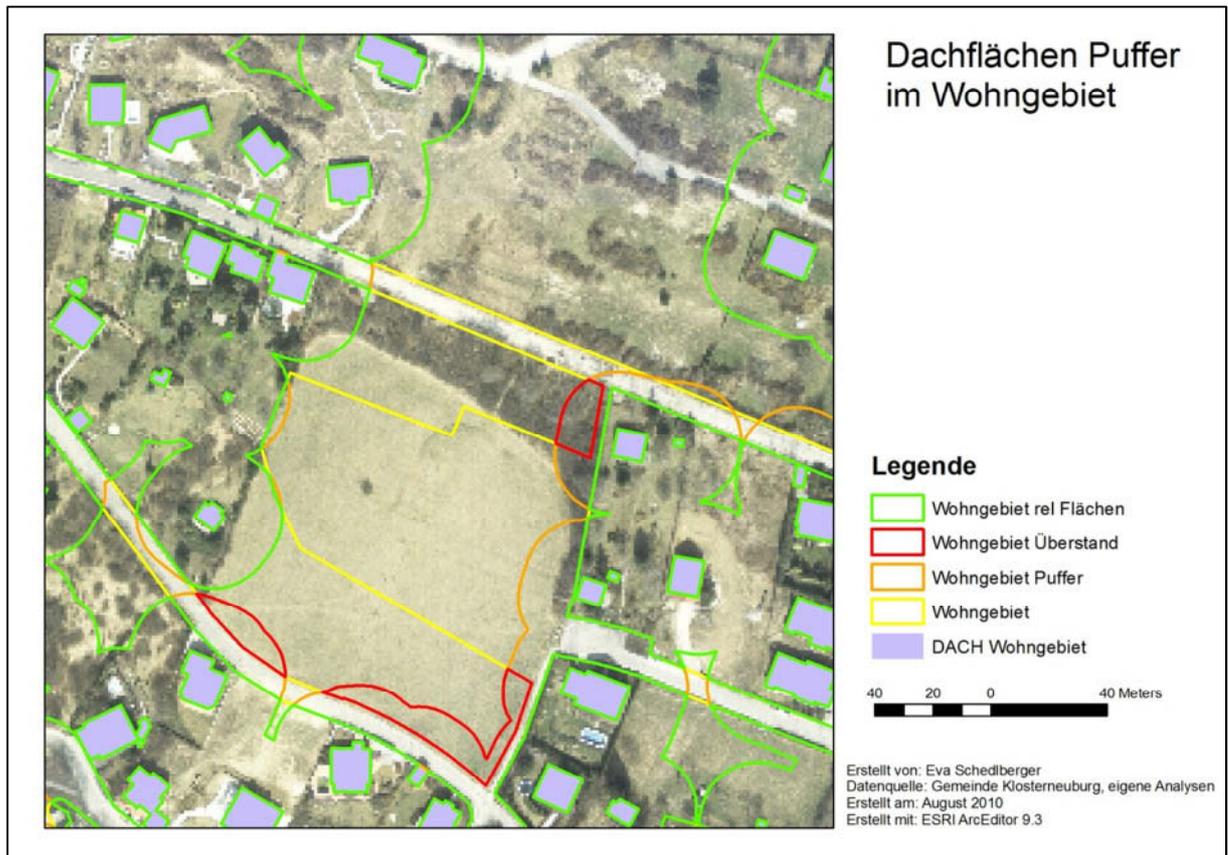


Abb. 17 Detailausschnitt Klosterneuburg, gepufferte Dachflächen (20m Radius) und Überstand, eigene Darstellung

In Abb. 17 ist bei den gepufferten Bereichen auch deutlich zu sehen, dass der Puffer teilweise in ein anderes Wohngebiet reicht (rot umrandete Flächen) bzw. der Puffer auch über Straßen und andere Flächen reicht (orange umrandete Flächen). In einem weiteren Schritt wurden diese Flächen separiert (Multipart) und nur die relevanten Flächen, welche eine Dachfläche beinhalten, selektiert (s. Abb. 18, grüne Flächen).

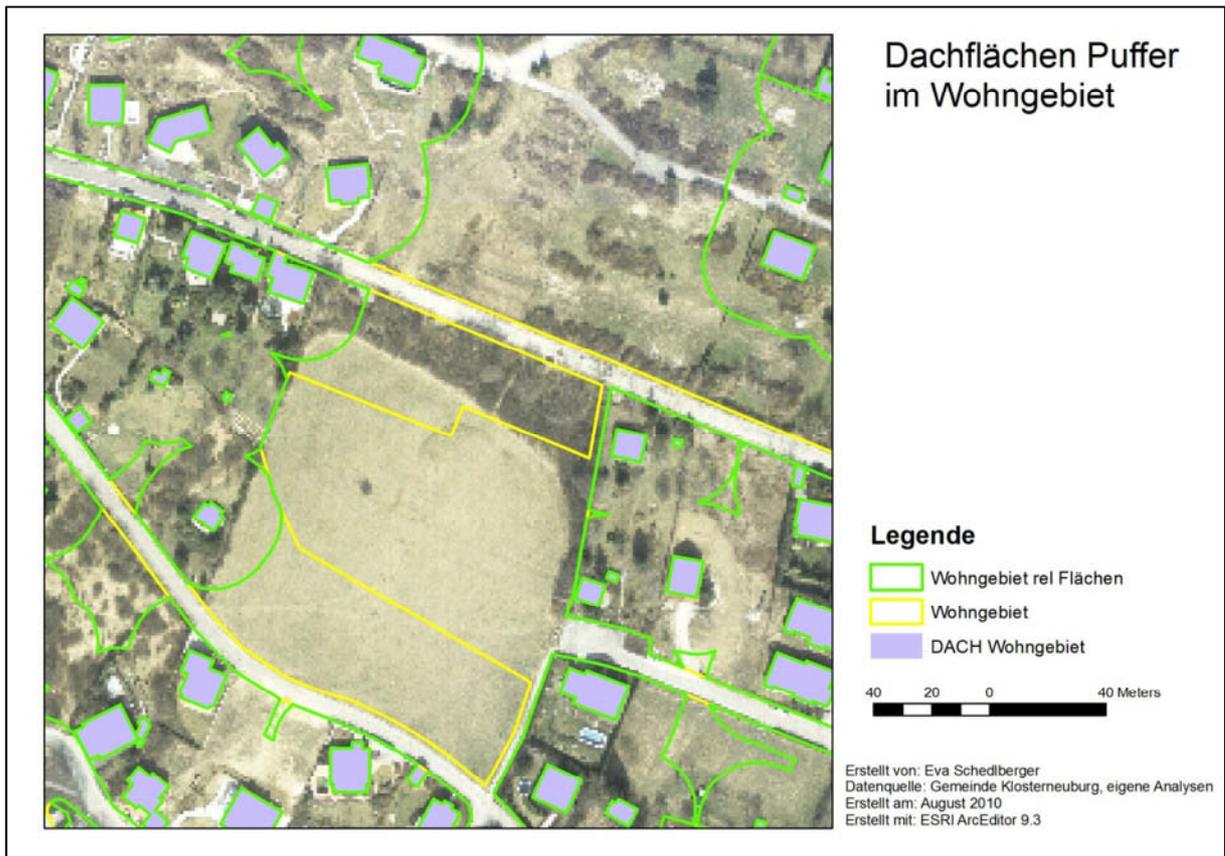


Abb. 18 Detailausschnitt Klosterneuburg, gepufferte Dachflächen, 20m Radius, eigene Darstellung
 Für weitere Überstände bzw. Einbuchtungen wurde angenommen, dass sich diese die Waage halten bzw. vernachlässigbar sind.

- Da es bei den Widmungsflächen nicht nur Dachflächen gibt, welche die Grünflächen reduzieren, sondern auch eine Reihe weiterer versiegelter Flächen (Zufahrten, Swimming Pools, Höfe, etc.) wurde ein Weg gesucht, diese Flächen ebenfalls zu berücksichtigen. Dazu wurden bei ausgewählten Gebieten (jeweils 10 Flächen für Wohn- und Kerngebiet, sowie 3 Kleingartenflächen) über die Luftbilder zusätzliche, reduzierende Flächen identifiziert (s. Abb. 19). Dies ergab eine durchschnittliche Reduktion dieser Gebiete um 15% (Kerngebiete), 9% Wohngebiete) und 11,4% (Kleingärten). Der hohe Wert bei den Kleingartenflächen stammt daher, dass in den Geodaten diese inklusive der Zufahrts- und Verbindungswege enthalten sind. Eine Tabelle mit den Werten für die einzelnen Flächen findet sich in Anh. 2. Die Wohn-, Kern- und Kleingartengebiete wurden anschließend um diesen Anteil reduziert in die weitere Flächenberechnung aufgenommen.

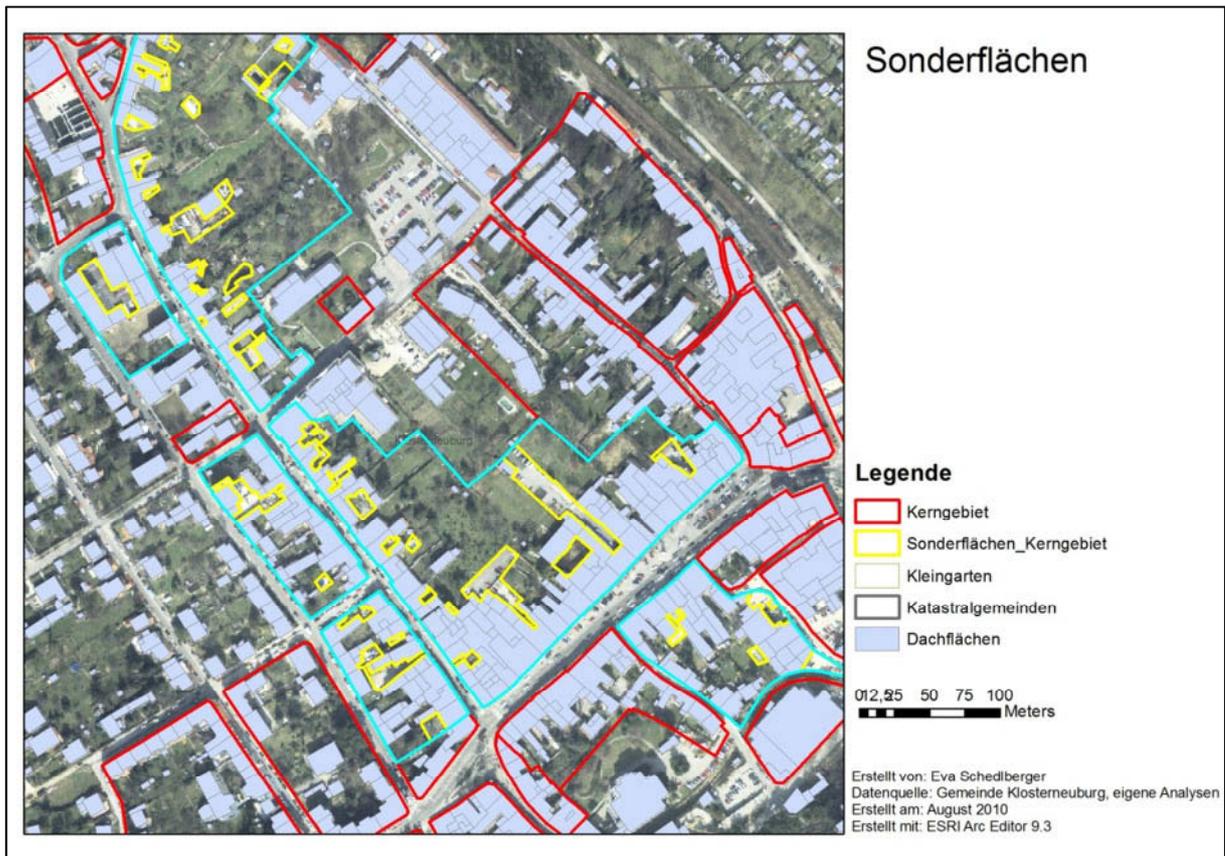


Abb. 19 Detailausschnitt Klosterneuburg, zusätzliche versiegelte Flächen Kerngebiet (gelb umrandete Flächen), eigene Darstellung

Anschließend wurde berechnet, wie viele m^2 Grünfläche sich in den Katastralgemeinden befinden. Der Anteil der Grünflächen je Kategorie betrug für Klosterneuburg für die Kerngebiete 48%, für Wohngebiete 68% und für Kleingartengebiete 77%. Innerhalb der Katastralgemeinden gab es kaum starke Abweichungen mit Ausnahme von Höflein/Donau. Hier lag der Wert für die Kerngebiete mit 33% relativ weit unter dem Gemeindevwert. Dies ist auf die besonders kompakte Bebauung dieser Bereiche zurückzuführen.

Durch Verknüpfung mit den Einwohnerdaten konnte so eine durchschnittliche Grünfläche pro Einwohner ermittelt werden. Im letzten Schritt wurde die durchschnittlich zu erwartende Menge an Grünschnitt in die Berechnung miteinbezogen. Die Literatur gibt zur Ermittlung der Grünschnittmengen sehr unterschiedliche Zahlen an. Fricke et al. (1994) nennen $0,5-4,0 \text{ kg/m}^2$ Gartenfläche und Jahr als anfallende Menge. Gallenkemper & Doedens (1994) schätzen das Potential an Gartenabfällen mit $1,5-3,5 \text{ kg/m}^2$ Gartenfläche und Jahr. Wiemer & Sprick (1996) geben die jährliche, flächenbezogene Grünmasseproduktion von Gartenpflanzen in einer Größenordnung von $1,5-2,5 \text{ kg/m}^2$ Gartenfläche an. Für die

Berechnungen wurde schließlich ein Minimalwert von 1,5kg/m² und ein Maximalwert von 2,5kg/m² verwendet. Die Ergebnisse für Klosterneuburg und die Katastralgemeinden (Summe Kern- Wohn- und Kleingartengebiete) finden sich in Tab. 12. Die Werte für den Minimal- bzw. Maximalwert variieren in den einzelnen Katastralgemeinden zum Teil beträchtlich. Dies liegt vor allem an der unterschiedlichen Siedlungsdichte und der daraus resultierenden Grünfläche. So ist die Katastralgemeinde Klosterneuburg (der zentrale Gemeindeteil mit dichter Verbauung) mit 273,4 kg/EW.a als Minimalwert am unteren Ende der Skala zu finden. Am anderen Ende liegt die Katastralgemeinde Weidlingbach, welche mit einem Minimalwert von 913,4 kg/EW.a den absolut höchsten Wert zeigt. In dieser Katastralgemeinde ist fast ausschließlich lockere Bebauung mit Ein- und Zweifamilienhäusern zu finden und es gibt auch keine als Kerngebiet gewidmeten Flächen. Da Klosterneuburg einen sehr hohen Anteil an Nebenwohnsitzen hat (im Gemeindeschnitt 18% - wobei die Werte für die einzelnen Katastralgemeinden nach Daten der Statistik Austria zwischen 11% und 30% liegen), wurde in einem zusätzlichen Schritt noch die spezifische Grünschnittmenge je Haupt- und Nebenwohnsitzfall berechnet.

Katastral- gemeinde	Grünschnitt min. (kg/EW.a)	Grünschnitt max. (kg/EW.a)	Grünschnitt min. (kg/EW.a)	Grünschnitt max. (kg/EW.a)
Einwohner	Einwohner Hauptwohnsitz ²²		Einwohner Haupt- u. Nebenwohnsitz ²³	
Maria Gugging	310,2	516,9	275,6	459,3
Höflein a/D	418,1	696,8	302,3	503,8
Kierling	337,7	562,8	278,5	464,2
Klosterneuburg	273,4	455,7	232,8	388,0
Kritzendorf	563,9	939,8	392,8	654,6
Weidling	389,0	648,3	326,2	543,7
Weidlingbach	913,4	1.522,3	640,0	1.066,7
Gesamt	344,8	574,6	283,1	471,9

Tab. 12 Ergebnisse der Berechnung der Grünschnittpotenziale über Grünflächen und GIS, eigene Darstellung

²² Einwohnerzahl Hauptwohnsitz Volkszählung 2001: 24.797 (Quelle: Statistik Austria)

²³ Einwohnerzahl Haupt- und Nebenwohnsitz Volkszählung 2001: 30.195 (Quelle: Statistik Austria)

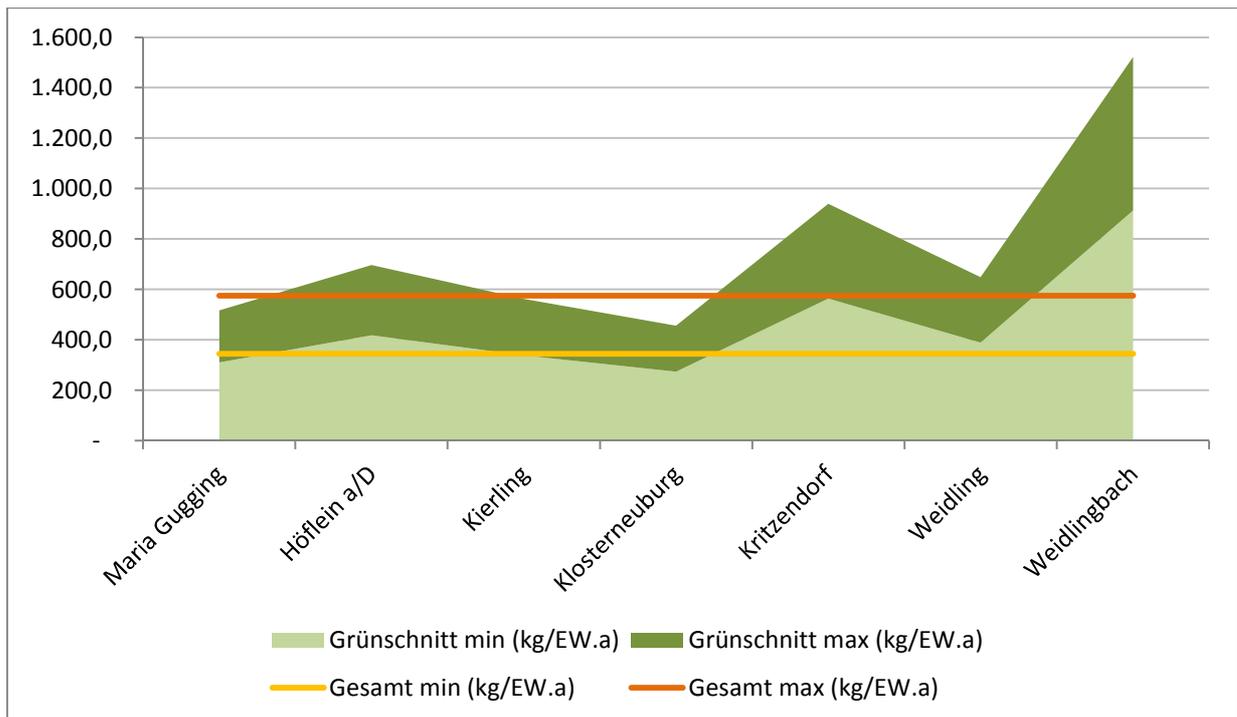


Abb. 20 Übersicht der spezifischen Grünschnittmengen je Katastralgemeinde und der Werte für Klosterneuburg gesamt (in kg/EW.a), eigene Darstellung

5.1.4.8 Vergleich der beiden Berechnungsmethoden

Stellt man nun die beiden Ergebnisse der Berechnung des Grünschnittpotenzials gegenüber, so lässt sich erkennen, dass der Wertebereich bei der Berechnung der Flächen weiter ist (von 344,8 bis 574,6 kg/EW.a) als die Ergebnisse auf Basis der Literaturdaten (von 366,9 bis 513,9 kg/EW.a). Abb. 21 zeigt aber auch, dass die Wertebereiche vergleichbar sind.

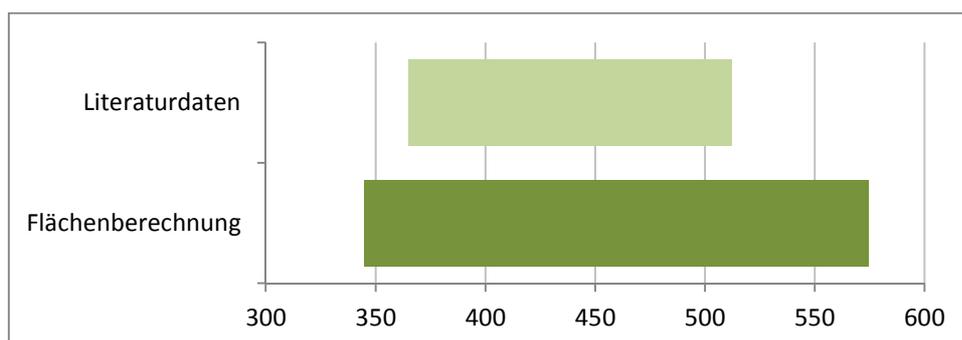


Abb. 21 Vergleich der Ergebnisse der beiden Methoden (Wertebereich in kg/EW.a), eigene Darstellung

So betragen die Mittelwerte für die beiden Verfahren:

- Literaturmethode: 440,4 kg/EW.a
- Flächenberechnung: 459,7 kg/EW.a

Betrachtet man die Extremwerte die bei der Methode der Flächenberechnung entstehen, so zeigt die Literatur, dass Werte von über 700 kg/EW.a für ländliche Gebiete durchaus im Bereich des Möglichen sind (Wiemer & Sprick, 1996).

Als Fazit ist festzustellen, dass die Berechnung über die Flächen verwendet werden kann. Ausschlaggebend für vergleichbare und realistische Resultate ist hier vor allem die Genauigkeit, mit der sich die Grünflächen abgrenzen lassen und hier ist vor allem auf die Qualität der verwendeten Geodaten hinzuweisen.

5.1.5 Standortfindung für Grünschnitt-Sammelplatz

Wie bereits unter 5.1.1 beschrieben, war aufgrund von Verkehrs- und Platzproblemen die alleinige Grünschnittsammlung am Recyclinghof für die Gemeinde Klosterneuburg nicht ausreichend. Daher wurden ein oder mehrere alternative Standorte gesucht.

5.1.5.1 Wunsch der Gemeinde

Im Zuge von Besprechungen wurden die Wünsche und Anforderungen der Gemeinde an einen möglichen Standort definiert. Im Folgenden sind die relevanten Punkte aufgelistet, wobei hier nicht nur eine reine Grünschnittsammlung, sondern eine erweiterte Sammlung mit zusätzlichen Möglichkeiten für weitere Fraktionen angedacht wurde.

- Ein fixer Platz für Grünschnitt (1 Box), Metallschrott, ev. Sperrmüll (3-4 Boxen – behandeltes Holz, unbehandeltes Holz, Fenster-Türstöcke)
- Flächenbedarf für 3-5 Boxen: 300-500m²
- Sollten zusätzlich noch Problemstoffe gesammelt werden – Räumlichkeiten mind. 5x6m
- Öffnungszeiten nur Freitag und Samstag (um Personalkosten zu sparen)
- Da in Gugging und Kierling keine gemeindeeigenen Grundstücke vorhanden sind, würden Grundstücke mit Widmung Industrie bevorzugt werden.

5.1.5.2 Kriterien für GIS-Analyse

Für die Analyse in einem GIS (ArcView/ArcEditor von ESRI) wurden die Daten aus dem gemeindeeigenen System (GemGIS) übernommen und einer ersten, einfachen Analyse unterzogen. Diese erste Prüfung der vorhandenen Daten zur Flächenwidmung ergab, dass der Wunsch der Gemeinde nach einer Fläche mit Widmung Industrie nicht realisierbar war, da keine freien Flächen mit dieser

Widmung zur Verfügung standen. Daher wurden in Absprache mit der Gemeinde neue Möglichkeiten gesucht und im weiteren Verlauf der Analysen Brachflächen berücksichtigt.

Definition Brachfläche lt. Landschaftsrahmenplan der Gemeinde:

- Acker brach (GIS-Kennung: AB)
- Ruderalfläche (GIS-Kennung: RUD)
- Weide, Wiese brach (GIS-Kennung: WWB)
- Weide, Wiese brach, Gehölz (GIS-Kennung: WWBG)

Weitere Kriterien, welche sich aus den Anforderungen der Gemeinde ergaben:

- Mindestfläche des Grundstückes 300m²
- Die Fläche soll direkt an eine Straße grenzen um möglichst einfache Zu- und Abfahrt für die Bürger zu gewährleisten und auch eine problemlose Abholung der Abfälle mit Lkws zu erlauben. Dabei muss es sich um eine öffentliche, befestigte Straße handeln. Feldwege oder Privatstraßen werden nicht berücksichtigt. Die Nähe zur Bundesstraße wird aus oben genannten Gründen ebenfalls bevorzugt, daher werden Gebiete im „Hinterland“ der Täler ausgeschieden.
- Es soll kein Wohn- oder Kerngebiet berührt werden, um die Geruchs- und Lärmbelästigung der Anrainer so gering wie möglich zu halten.
- Die Flächen sollen eben sein und keine Geländeneigung aufweisen
- Pufferbereiche um Sondergebiete (Krankenhaus, Schulen, Kloster etc.) von 100m Umkreis sollen nicht berührt werden, um eine eventuelle Geruchs- und Lärmbelästigung so gering wie möglich zu halten.

Die Auswahl erfolgt in der Software ESRI ArcEditor über stufenweise Selektion nach den oben genannten Kriterien.

5.1.5.3 *Ermittelte Standorte*

Im Zuge der oben genannten Selektionsschritte mittels GIS wurden 33 mögliche Flächen als Standorte identifiziert. Diese wurden bei weiterer Analyse – durch Gespräche mit Verantwortlichen der Gemeinde – auf 7 „High Potential-Standorte“ reduziert. Tab. 13 zeigt die einzelnen Schritte sowie die jeweilige Anzahl der resultierenden Flächen.

Selektionsschritt	Anzahl Flächen
Ausgangsbasis: Flächen vom Typ AB, RUD, WWB, WWBG	787
Fläche grösser 300m ² 100m Puffer um Sonderflächen werden nicht berührt Wohn- und Kerngebiet werden nicht berührt	326
An einer höherrangigen Straße liegend	33
Erstgespräch mit Gemeinde Klosterneuburg	7

Tab. 13 Eingrenzung der möglichen Flächen, eigene Darstellung

Gründe für das Ausscheiden der übrigen 26 Standorte waren u.a. die Lage im Wasserschutzgebiet oder in unmittelbarer Nähe zu niedrigen Stromleitungen, was eine Abholung der Container per Lkw erschwert bzw. unmöglich gemacht hätte. Bei einigen Gebieten war zwar die Fläche ausreichend, jedoch wiesen diese Grundstücke eine ungünstige Form (zu schmal und lang) auf.

Die finalen 7 Standorte (s. Abb. 22 und Tab. 14) wurden schließlich bei einer Vor-Ort-Besichtigung (Fotos der Erhebung s. Anh. 3) nochmals dokumentiert.

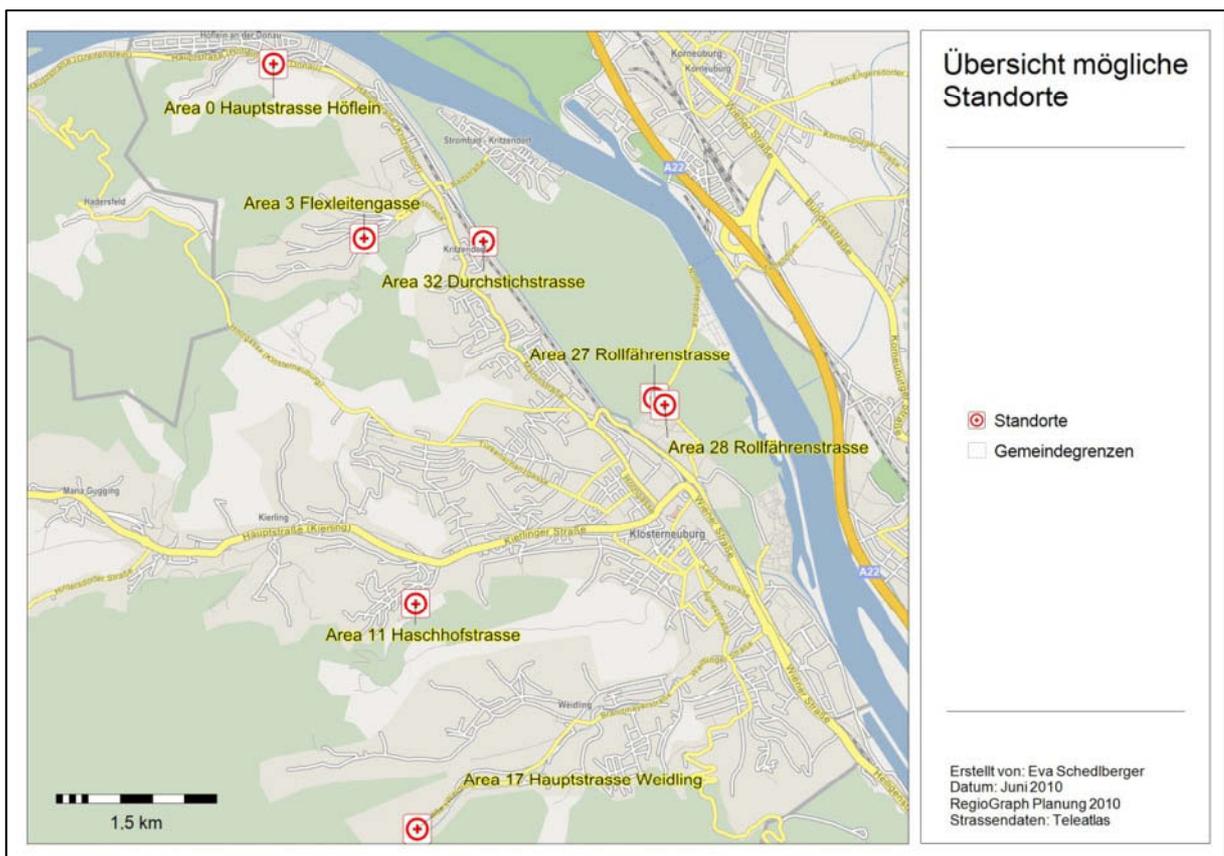


Abb. 22 Übersicht Ergebnis Standortsuche, eigene Darstellung

ID	an Straße	Typ	Fläche (m ²)	Anmerkungen
0	Hauptstraße Höflein	RUD	2.980	gute Lage, Einfahrt neben Feuerwehr, wird bereits als Lagerplatz genutzt
3	Flexleitengasse	WWBG	10.935	Teilw. Hanglage, schwer erreichbar
11	Haschhofstraße	WWBG	1.562	Zufahrt eher problematisch, eigentliche Fläche schwer erreichbar
17	Hauptstraße Weidling	WWBG	7.938	Parkplatz von Buschenschank wäre ideal, schwer erreichbar
27	Rollfährnstraße	RUD	2.186	Fläche scheint benutzt zu werden
28	Rollfährnstraße	RUD	2.302	wird bereits zur Ablagerung genutzt
32	Durchstichstraße	RUD	1.065	in Betriebsgebiet, gute Erreichbarkeit

Tab. 14 Übersicht der finalen Standorte, eigene Darstellung

5.1.6 Gegenüberstellung Standorte und Grünschnittpotenzial

Um eine weitere Entscheidungshilfe für die Standortwahl zu haben, wurde auch das in Kap. 5.1.4.6 ermittelte Grünschnittpotenzial berücksichtigt.

Dazu wurden um den Standort des Recyclinghofes Erreichbarkeitszonen erzeugt. Dies erfolgte mit der Software RegioGraph Planung 2010²⁴. Dieses Desktop GIS erlaubt es, anhand der im Programm enthaltenen Straßendaten von Teleatlas und den darin enthaltenen Informationen zu

- Geschwindigkeit
- Länge der Straßenabschnitte sowie
- Einbahnregelungen und Fahrverboten

sogenannte Fahrzeitzonen zu berechnen. Die Zonen gehen von einem Ursprungspunkt aus und bilden jene Fläche ab, deren Randpunkte in einer bestimmten Zeit erreicht werden können. Die Größe dieser Zonen (in Minuten) sowie deren Anzahl werden im Programm eingegeben. Für Klosterneuburg wurden 3 Zonen mit 10, 20 und 30 Minuten Fahrzeit erzeugt.

Abb. 23 zeigt diese Zonen eingefärbt und die Gemeindegrenze von Klosterneuburg als schwarze Linie. Es ist gut erkennbar, dass fast das gesamte Gemeindegebiet von den drei Zonen abgedeckt wird. Nur ein kleiner Teil im Südwesten, die Ortschaft Scheiblingstein (Teil der Katastralgemeinde Weidlingbach) ist nicht in diesem

²⁴ Das Programm der deutschen GfK Geomarketing GmbH ist spezialisiert auf Geomarketing-Fragestellungen in den Businessbereichen Marketing, Vertrieb, Controlling und Unternehmensstrategie. (Wikipedia.org: RegioGraph, 2011)

Zeitraum erreichbar. Anhand dieser Zonen und der ebenfalls im Programm enthaltenen Siedlungsflächen in den Katastralgemeinden wurde angenommen, dass der Grünschnitt nur auf den Siedlungsflächen anfällt. Und zwar gleichmäßig über die jeweilige Siedlungsfläche einer Katastralgemeinde verteilt. Dann wurden die Fläche der Siedlungsflächen sowie ihr Anteil an den jeweiligen Fahrzeitzonen berechnet. Diese Berechnungen können mittels einfacher Werkzeuge in RegioGraph durchgeführt werden. In Tab. 15 sind die Katastralgemeinden und Zonen aufgelistet. So liegt beispielsweise ein Großteil vom Klosterneuburger Zentrum (74%) innerhalb der 10 min Zone. In dieser fällt auch ca. 37% des Grünschnittpotenzials an. In der Zone über 30 min liegt knapp über die Hälfte der Katastralgemeinde Weidlingbach aber hier fallen nur mehr 3% des Grünschnitts an. Der größte Teil des Grünschnitts, 55% fällt in der Zone zwischen 10 und 20 min an.

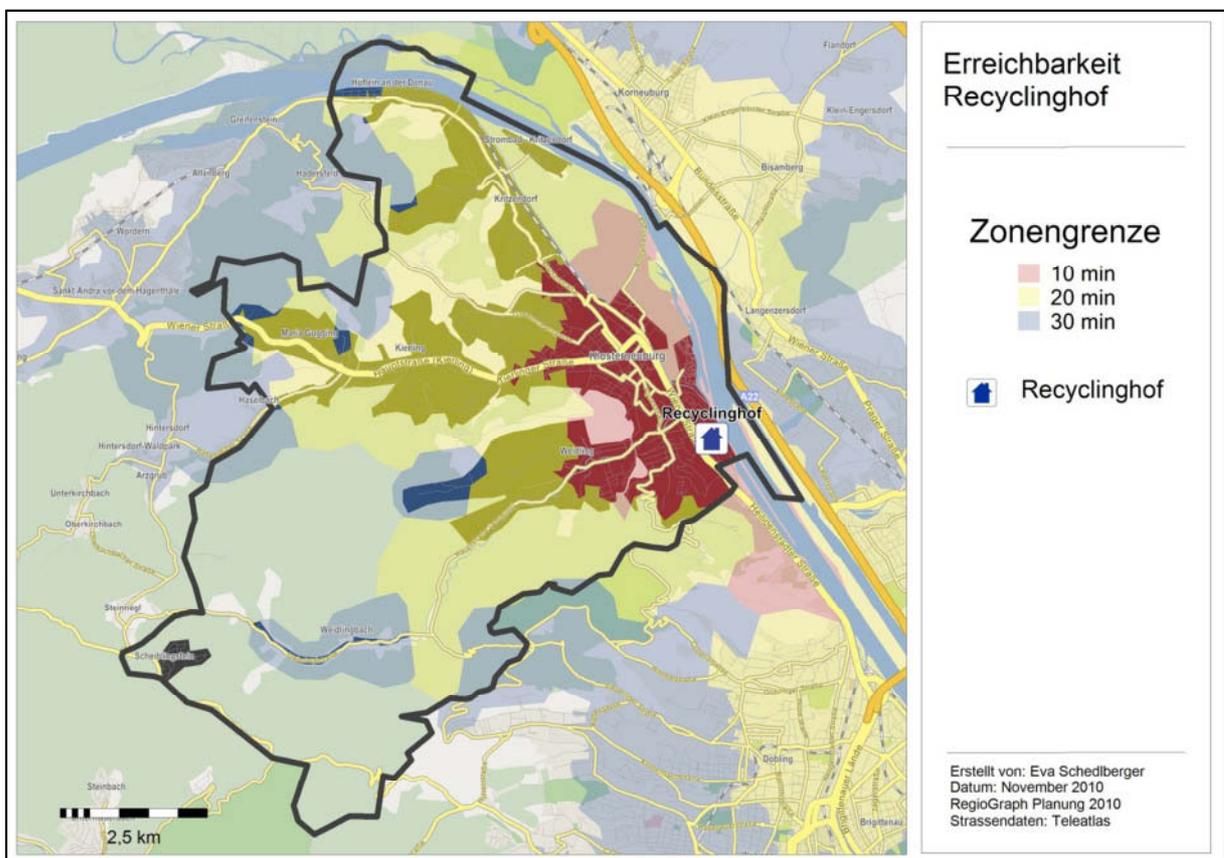


Abb. 23 Darstellung der Fahrzeitzonen mit Ursprung Recyclinghof, eigene Darstellung

Zonen- grenze	Katastralgemeinde	Anteil der Katastralgemeinde in der Zone	Anteil Grünschnitt
bis 10min			37%
	Klosterneuburg	74%	
	Weidling	26%	
bis 20min			55%
	Höflein an der Donau	83%	
	Kierling	100%	
	Klosterneuburg	26%	
	Kritzendorf	98%	
	Maria Gugging	84%	
	Weidling	62%	
bis 30min			6%
	Höflein an der Donau	17%	
	Kritzendorf	2%	
	Maria Gugging	16%	
	Weidling	12%	
	Weidlingbach	44%	
30min +			3%
	Weidlingbach	56%	

Tab. 15 Übersicht der Fahrzeitzone und Katastralgemeinden, eigene Darstellung

Bezüglich der Standortentscheidung kann auf Basis dieser Ergebnisse angenommen werden, dass Grundstücke in der Innenstadt von Klosterneuburg selbst nicht sehr gut geeignet sind, da ein Großteil dieser Katastralgemeinde bereits sehr gut vom Recyclinghof aus erreichbar ist. Weidlingbach auf der anderen Seite ist sehr weit vom Recyclinghof entfernt, hier fällt im Vergleich nur wenig Grünschnitt an. Stellt man nun die im vorigen Schritt ermittelten Standorte dem in der jeweiligen Katastralgemeinde anfallenden Grünschnitt gegenüber, so können die am besten geeigneten Standorte ermittelt werden (s. Abb. 24).

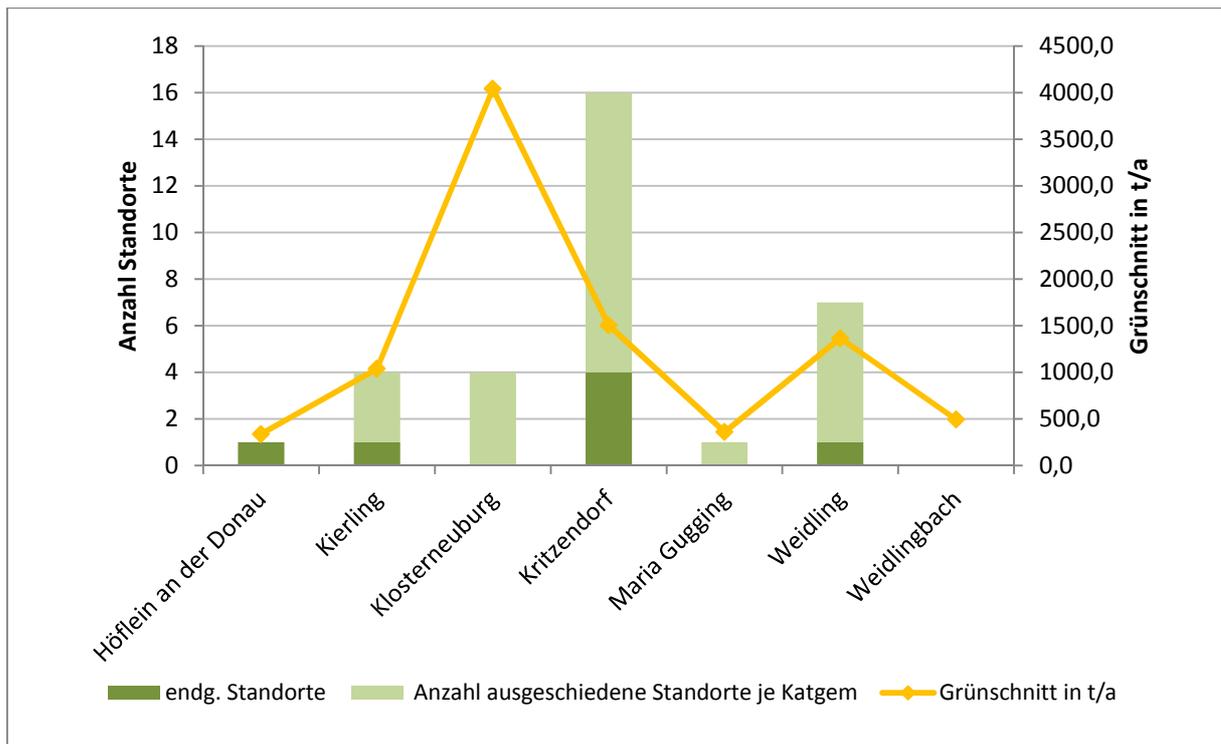


Abb. 24 Gegenüberstellung der Standorte je Katastralgemeinde und Grünschnittpotenzial, eigene Darstellung

Die Grünschnittmenge in Klosterneuburg selbst ist am höchsten. Wie schon erwähnt, wird diese Katastralgemeinde aber bereits vom Recyclinghof selbst abgedeckt. Es wurden hier auch keine Standorte in die endgültige Auswahl übernommen. Die Katastralgemeinden Höflein, Maria Gugging und Weidlingbach haben nur sehr wenig bis keine möglichen Standorte und dazu noch ein geringes Potenzial und sind daher auch als nicht relevant zu bezeichnen. Für die Standortentscheidung interessant sind somit noch Kierling, Kritzendorf und Weidling. Der Standort in Weidling zeigt allerdings die für Klosterneuburg typische Problematik, dass, um ihn aus anderen Ortsteilen zu erreichen, durch das Zentrum gefahren werden muss. Für Weidling und auch Weidlingbach kann jedoch der Recyclinghof-Standort als ausreichend bezeichnet werden. Ähnliches gilt für den Standort in Kierling. Dieser könnte als „Puffer“ den Verkehr aus Gugging abfangen und eventuell auch Verkehr aus Klosterneuburg selbst abziehen. Als Standorte mit dem höchsten Potenzial verbleiben somit jene in Kritzendorf (s. rote Markierungen Abb. 25).

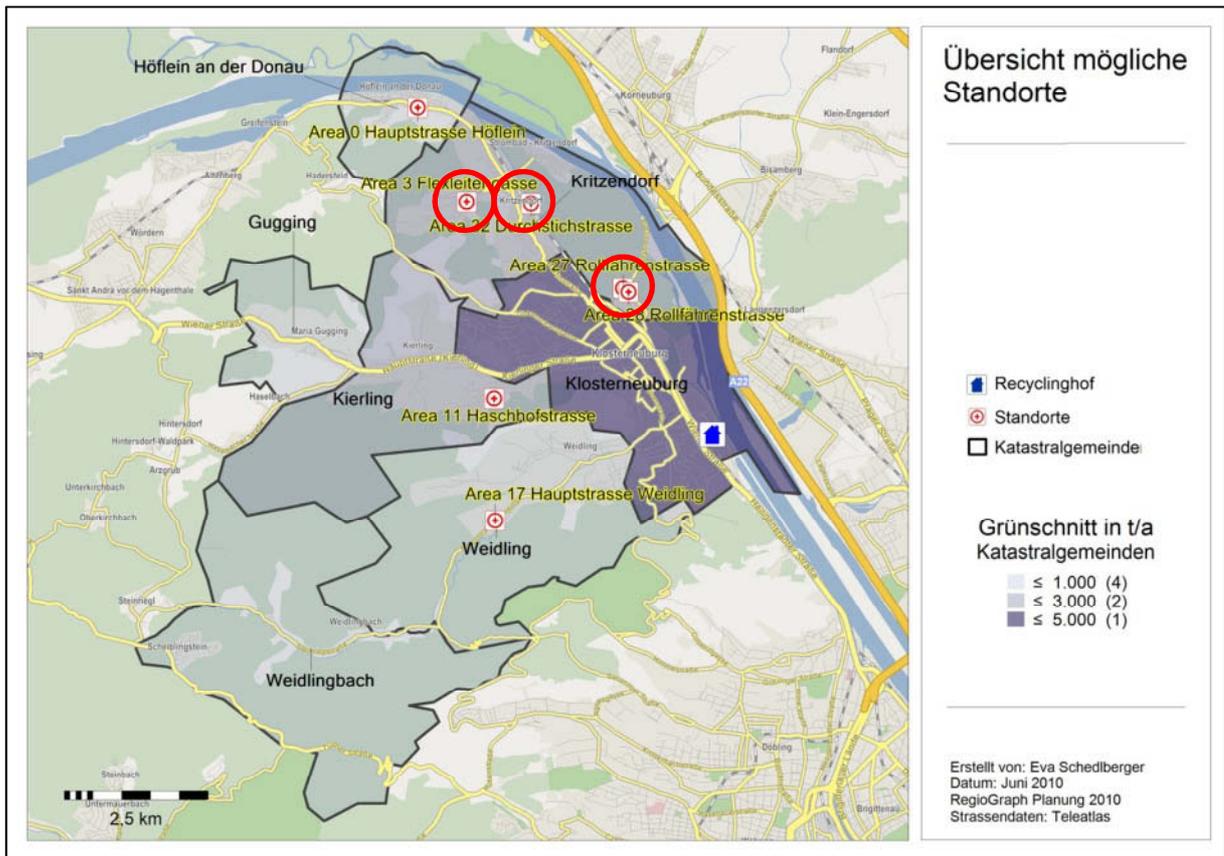


Abb. 25 Übersicht Standorte und Grünschnittpotenzial in den Katastralgemeinden, eigene Darstellung
Die finalen 7 Standorte wurden im Zuge einer Gemeinderatssitzung in Klosterneuburg präsentiert. Aus Kostengründen wurde aber von der Gemeinde im Nachhinein beschlossen, keinen zusätzlichen Standort zu errichten.

5.2 Fallbeispiel 2 - Tourenplanung

5.2.1 Aufgabenstellung

Die Anwendbarkeit von Standard-GIS mit entsprechenden Erweiterungen ist nur bedingt für den praktischen Einsatz in der Entsorgungslogistik geeignet. So bieten Standard-GIS wie ArcGIS zwar die Möglichkeit der Tourenplanung und -optimierung, sind aber nur bedingt in die operativen Prozesse eines Unternehmens integrierbar. Wenn es darum geht, nicht nur einmalig neue Touren zu planen, sondern diese auch laufend anzupassen bzw. die Planung von regulären Touren der kommunalen Entsorgung mit der auf Abruf laufenden Planung von Containerdiensten in einem System zu kombinieren, sind spezielle Software-Tools überlegen.

Um diese Anforderungen und Einschränkungen besser bestimmen zu können, wurden Experteninterviews mit Entsorgern durchgeführt. Die Gesprächspartner waren jeweils die Logistikverantwortlichen von Entsorgungsunternehmen. Diese Unternehmen sind regional, bzw. überregional in Österreich tätig und übernehmen die Entsorgung sowohl von kommunalen Restmüll und betrieblichen Abfällen im regelmäßigen Abholrhythmus, sowie Containerdienste für die Sammlung von Schüttgut (wie Bauabfällen etc.) auf Abruf.

Im Fall der kommunalen Restmüll-Sammlung werden die Entsorger dabei von Kommunen beauftragt, die vorgeschriebene Sammlung der Abfälle durchzuführen.

Die Interviews wurden anhand eines Leitfadens (s. Anh. 4) geführt, aufgezeichnet und anschließend transkribiert und ausgewertet.

5.2.2 Ausgangssituation

Trotz einer großen Anzahl an Softwarelösungen speziell für Entsorger ist der Einsatz dieser Tools in Österreich noch nicht weit verbreitet. Einerseits stellen diese Softwarepakete eine nicht unbeträchtliche Investition dar und sind somit nur für große kommunale Entsorger oder überregional tätige Unternehmen finanzierbar. Andererseits haben die Entsorger über die Jahre hinweg für ihre gewachsenen Strukturen eigene Methoden der Tourenplanung und -verwaltung entwickelt.

Jedoch kommt es auch hier in den letzten Jahren zu einem Umdenken. Entsorgungsunternehmen sind gewachsen, haben durch Zukäufe andere, kleinere Unternehmen übernommen und müssen deren Kunden und Aufträge nun in die eigenen Strukturen übernehmen. Weiters ist der steigende Konkurrenzdruck und

somit die Notwendigkeit, alle Möglichkeiten zur Kostenoptimierung zu nutzen, um wettbewerbsfähig zu bleiben, ein wichtiger Punkt. Nicht zuletzt sind auch die immer spezifischeren rechtlichen Sammelbestimmungen einzuhalten und daher die Sammlung anzupassen.

5.2.3 Zielsetzung

Basierend auf der Fragestellung, ob und wie Tourenplanungs-Tools von österreichischen Entsorgern verwendet werden, soll herausgefunden werden, in wie weit die am Markt befindlichen Produkte für die Entsorger relevant sind bzw. welche Anforderungen die Entsorger an derartige Produkte haben. Für die Interviews wurden drei große österreichische Entsorgungsunternehmen sowie ein großer kommunaler Entsorger herangezogen.

5.2.4 Entsorgungsbranche in Österreich

Die Entsorgungswirtschaft stellt in Österreich einen bedeutenden Wirtschaftszweig dar und ist aufgrund der geltenden Entsorgungsstrategie in Österreich in allen Wirtschaftsbereichen und auch für private Haushalte relevant. Die Prämissen des Abfallwirtschaftsgesetzes der Vermeidung, Verwertung und Behandlung bedingen eine entsprechend starke rechtliche Reglementierung der Branche und ihrer Aktivitäten nicht nur in Österreich. So gibt es beispielsweise in Deutschland ca. 800 Gesetze, mehr als 2.800 Verordnungen und ca. 4.700 Verwaltungsvorschriften in diesem Bereich (Institut für Strategieanalysen, 2009).

Die Haupttätigkeiten der Branche sind Transport, Sammeln, Sortieren, Containerservice und Beratung (Kössler et al., 2004). Die Entsorgungsbranche gliedert sich laut ÖNACE²⁵ in vier Bereiche:

E - Wasserversorgung und Abfallentsorgung (ÖNACE 2008)

- 36 - Wasserversorgung (ÖNACE 2008)
- 37 - Abwasserentsorgung (ÖNACE 2008)
- 38 - Abfallbehandlung (ÖNACE 2008)
- 39 - Beseitigung v. Umweltverschmutzungen (ÖNACE 2008)

(Statistik Austria - Klassifikationsdatenbank, 2008)

²⁵ Wirtschaftstätigkeitenklassifikation der EU (Statistik Austria - ÖNACE, 2008)

Insgesamt sind in der Branche knapp 2.000 Unternehmen mit ca. 17.500 Beschäftigten tätig (s. Tab. 16). Davon beschäftigen sich 700 Unternehmen mit der Abfallbehandlung, welche auch den Transport beinhaltet.

	Zahl der Unternehmen	Beschäftigte insgesamt
Jahr	2008	2008
ÖNACE-Gliederung		
36 - Wasserversorgung (ÖNACE 2008)	589	2.322
37 - Abwasserentsorgung (ÖNACE 2008)	687	2.534
38 - Abfallbehandlung (ÖNACE 2008)	700	12.586
39 - Beseitigung v. Umweltverschmutzungen (ÖNACE 2008)	6	126
E - Wasserversorgung und Abfallentsorgung (ÖNACE 2008)	1.982	17.568

Tab. 16 Übersicht Entsorgungsbranche Österreich nach Anzahl Betrieben und Beschäftigten (Statistik Austria, 2010)

Innerhalb der Branche dominieren einige wenige Unternehmen – ca. 10% der Betriebe hatten 2004 einen Marktanteil von 30-40% (Kössler et al., 2004). Betrachtet man die Unternehmensgrößen, so zeigt sich, dass große Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern nur einen sehr geringen Anteil ausmachen (s. Abb. 26).

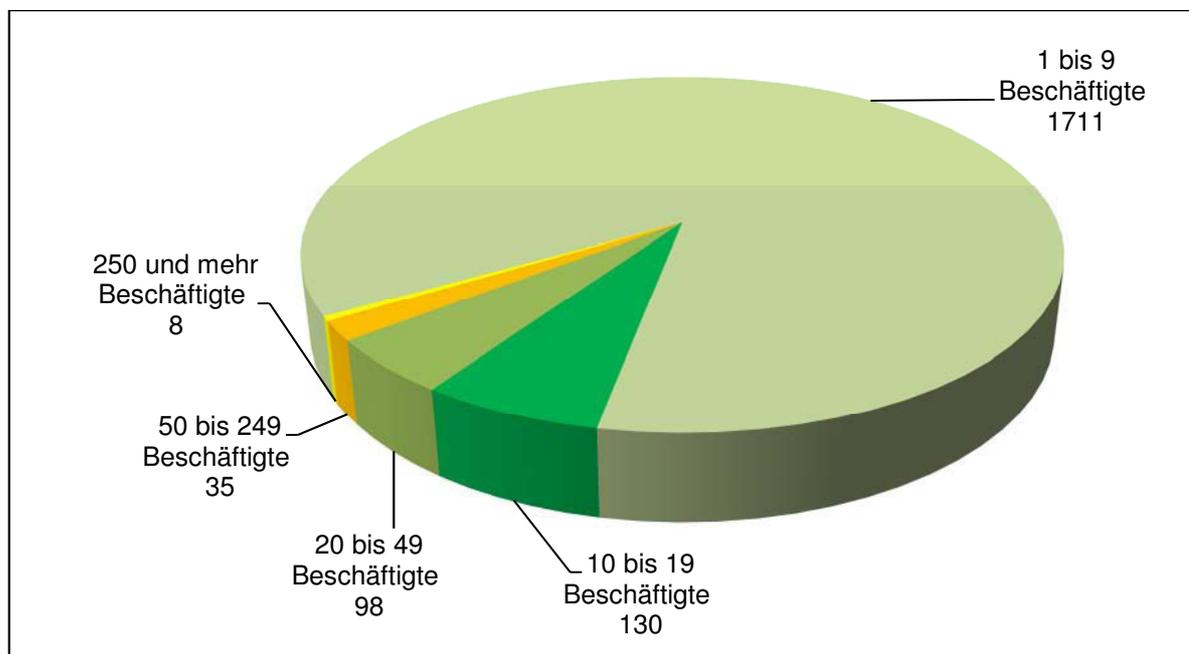


Abb. 26 Überblick der Unternehmen in der Entsorgungsbranche (ÖNACE Gruppe E) nach Anzahl der Beschäftigten im Jahr 2008 (Statistik Austria, 2010), eigene Darstellung

Der Großteil der Unternehmen sind Kleinst- und Kleinunternehmen mit max. 9 Beschäftigten. Diese konzentrieren sich vor allem auf die Sammlung und den Transport von Abfällen (Kössler et al., 2004).

Eine Erhebung (IFES - Institut für empirische Sozialforschung, 2006) zeigt, dass knappe 30% der Unternehmen ihren Schwerpunkt im Bereich der Kehr-, Wasch- und Räumdienste haben. Weitere 21% sind vor allem in der Sammlung, 8% in der Kanalaräumung, 7% in der Entrümpelung und 6% in der Altfahrzeugverwertung tätig. Der Rest ist mit je ca. 1% in der thermischen Verwertung, der Klärschlammbehandlung, der Wartung/Entsorgung von Mobilklos sowie der Erzeugung von Ersatzbrennstoffen tätig.

Als Kunden finden sich zum Großteil die Industrie, Gewerbe und der Handel, gefolgt von den Kommunen und Abfallwirtschaftsverbänden sowie Haushalten (s Abb. 27).

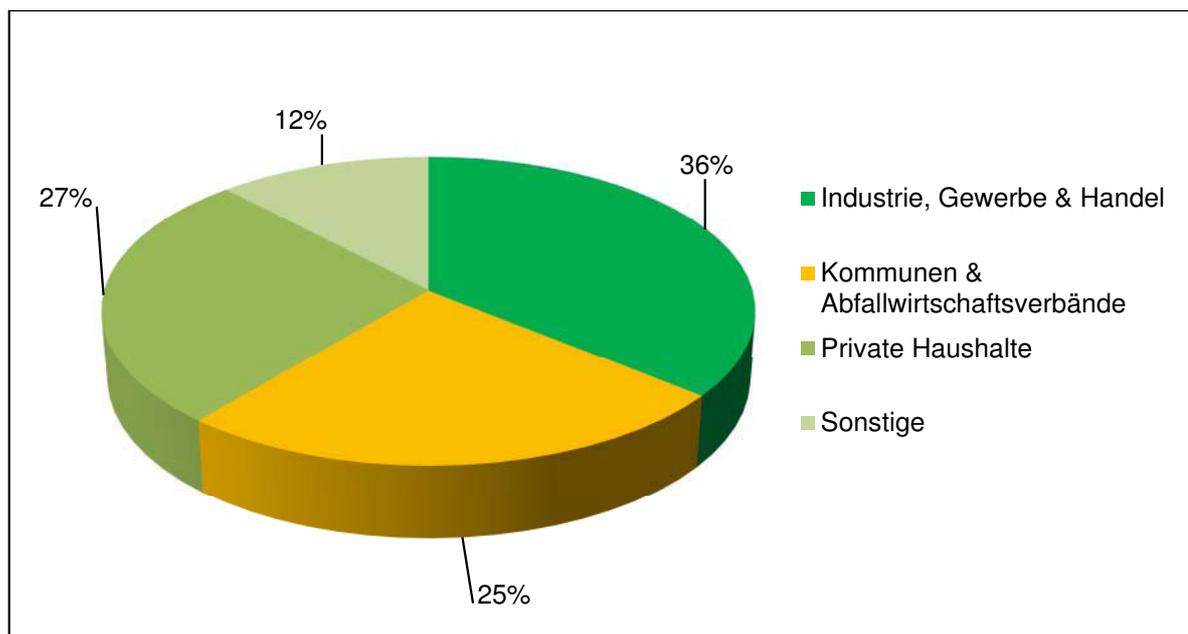


Abb. 27 Aufteilung der Kunden der Entsorgungsbranche (IFES - Institut für empirische Sozialforschung, 2006), eigene Darstellung

Generell sieht sich die Entsorgungsbranche in Österreich unter starkem Druck – vor allem durch die zahlreichen rechtlichen Änderungen und Vorgaben und auch durch starken Wettbewerb, welcher zusätzlich durch rückläufige Abfallmengen verstärkt wird (vgl. IFES - Institut für empirische Sozialforschung (2006), Institut für Strategianalysen (2009), Kössler et al. (2004)).

Dieser Druck wirkt sich natürlich auf die Bemühungen der Unternehmen aus, möglichst kostenoptimiert zu wirtschaften. Dabei spielt die Logistik sowie deren Optimierung eine wichtige Rolle.

5.2.5 Experteninterview

Um die Sichtweise der Entsorgungsunternehmen in Bezug auf Tourenplanung und Unterstützung durch entsprechende Systeme zu dokumentieren und analysieren, wurde auf das Hilfsmittel des Experteninterviews zurückgegriffen.

5.2.5.1 *Definition Experteninterview*

Das Experteninterview kann als „Mischform zwischen einem offenen und einem strukturierten Gespräch mit Hilfe eines vorab konstruierten Leitfadens“ verstanden werden (Kels, 2006). Miegl & Näf (2005) definieren das Experteninterview wie folgt: „Im Gegensatz zur quantitativen Sozialforschung zählen die Experteninterviews aufgrund der kleinen Anzahl der Befragten – manchmal wird es nur eine Person sein – und aufgrund der Offenheit der Fragen, zu den qualitativen Methoden der Sozialforschung.“

Wie schon der Name vermuten lässt, kommt der Rolle des Experten große Bedeutung zu. Miegl & Näf (2005) sehen als Experten Personen, die aufgrund

- einer besonderen Ausbildung,
- ihrer Stellung in einer Institution

gesellschaftlich eine bestimmte Rolle haben und an Entscheidungsprozessen beteiligt sind. Eine ähnliche Einteilung findet sich in der Gliederung des Expertenwissens in Betriebswissen (als Repräsentanten einer Organisation) und Kontextwissen (über das Handeln einer Zielgruppe) (Universität Greifswald, 2010).

Als Kennzeichen von Expertenkompetenz können Miegl & Näf (2005) zufolge die „geringe Bedeutung von persönlichen Generalfertigkeiten, die strikte Bereichsabhängigkeit der Expertenleistung und die langjährige Erfahrung“ gesehen werden.

„Experte = jemand, der/die aufgrund langjähriger Erfahrung über bereichsspezifisches Wissen/Können verfügt“ (Miegl & Näf, 2005).

Im Unterschied zur quantitativen Sozialforschung werden Experten auch nicht durch Stichproben ermittelt, sondern bewusst ausgewählt (Universität Greifswald, 2010).

5.2.5.2 *Durchführung und Auswertung*

„Das Experteninterview liefert Erkenntnisse zu schwer zugänglichen Wissensbeständen von Experten und somit Informationen über Entscheidungsprozesse, Handlungspraxen, formelle und informelle Abläufe, Routinen und Erfahrungen.“ (Kels, 2006)

Die Experten antworten frei auf Fragen aus einem vordefinierten und strukturierten Fragebogen. Es gibt hierbei keine vordefinierten Antwortmöglichkeiten, aus denen ausgewählt wird. Der Fragebogen bzw. Leitfaden dient hier vor allem als Richtlinie für den Interviewer. Dieser Fragebogen muss alle relevanten Fragen enthalten und auch Rücksicht auf eventuelle Richtungsänderungen im Gespräch nehmen – z.B. dass zwar Fragen zu Vor- und Nachteilen einer Tourenplanungssoftware enthalten sind aber nicht berücksichtigt wird, dass im Unternehmen eventuell noch gar keine Software eingesetzt wird.

Mieg & Näf (2005) beschreiben als typischen Ablauf der Verwendung von Experteninterviews den Weg von der leitenden Forschungsfrage über die Aufstellung der Hypothesen, die Auswahl der Experten, die Erstellung des Fragebogens bis zur Durchführung und anschließenden Auswertung der Interviews.

Die praktische Durchführung des Interviews hat zwei wesentliche Bereiche:

- Die technische Ausrüstung muss ein problemloses Aufzeichnen des gesamten Gesprächs ermöglichen (z.B. mit einem digitalen Diktiergerät, welches die Tonaufnahmen in einem üblichen Format – z.B. mp3 – speichert).
- Der Interviewer muss mit dem Experten das Gespräch auf Augenhöhe führen können, was entsprechende sachliche Vorkenntnisse voraussetzt. (Kels, 2006)

Die Auswertung des Interviews erfolgt meist durch Transkription des gesamten Gespräches und Paraphrasieren. Dies umfasst die „Reduktion der Komplexität und das Erkennen von Mustern“ (Universität Greifswald, 2010).

Dazu werden die Fragen und Antworten jeweils Fragegruppen/Überschriften zugeordnet um auch eine Vergleichbarkeit der einzelnen Interviews zu gewährleisten. Im Anschluss ist es möglich, die anfangs gestellten Hypothesen zu prüfen.

5.2.5.3 *Gespräche mit Entsorgern*

Für die Experteninterviews wurden drei große, überregional agierende Entsorgungsunternehmen (A.S.A., AVE und Saubermacher) sowie ein großer kommunaler Entsorger (MA48 Wien) ausgewählt. Es wurden deshalb nur große Unternehmen ausgewählt, da die relevanten Tools zur Tourenplanung vor allem für

große Unternehmen geeignet sind bzw. aufgrund der Investitionskosten auch nur für große Unternehmen finanzierbar sind.

Bei den Unternehmen wurden jeweils die Verantwortlichen für die Tourenplanung/Logistik ausgewählt. Die Interviews selbst wurden immer vor Ort in den Unternehmen in den Büros der Verantwortlichen durchgeführt. Die Dauer betrug zwischen 25 und 45 Minuten reine Interviewzeit.

5.2.5.4 Fragebogen

Für die Entwicklung des Fragebogens wurden einige Leitfragen vorab definiert:

- Wie läuft die Tourenplanung bei Entsorgern ab?
- Kennen und verwenden Entsorger die am Markt befindlichen Systeme?
- Entsprechen die Systeme den Anforderungen der Entsorger?
- Sind sie damit zufrieden, sofern bereits ein System im Einsatz ist?
- Wo sehen sie Probleme beim Einsatz eines Systems?
- Sind derartige Systeme für die Entsorger überhaupt relevant?

Aus diesen Kernfragen wurden die weiteren Fragen für den Fragebogen entwickelt.

Dabei wurden reine Entscheidungsfragen (ja/nein) und Suggestivfragen vermieden.

Im Fragebogen wurde auch darauf Rücksicht genommen, dass ein Unternehmen eventuell noch keine Software für die Tourenplanung einsetzt.

Das Ablaufschema der Fragen zeigt Abb. 28. Der gesamte Fragebogen im Detail findet sich in Anh. 4.

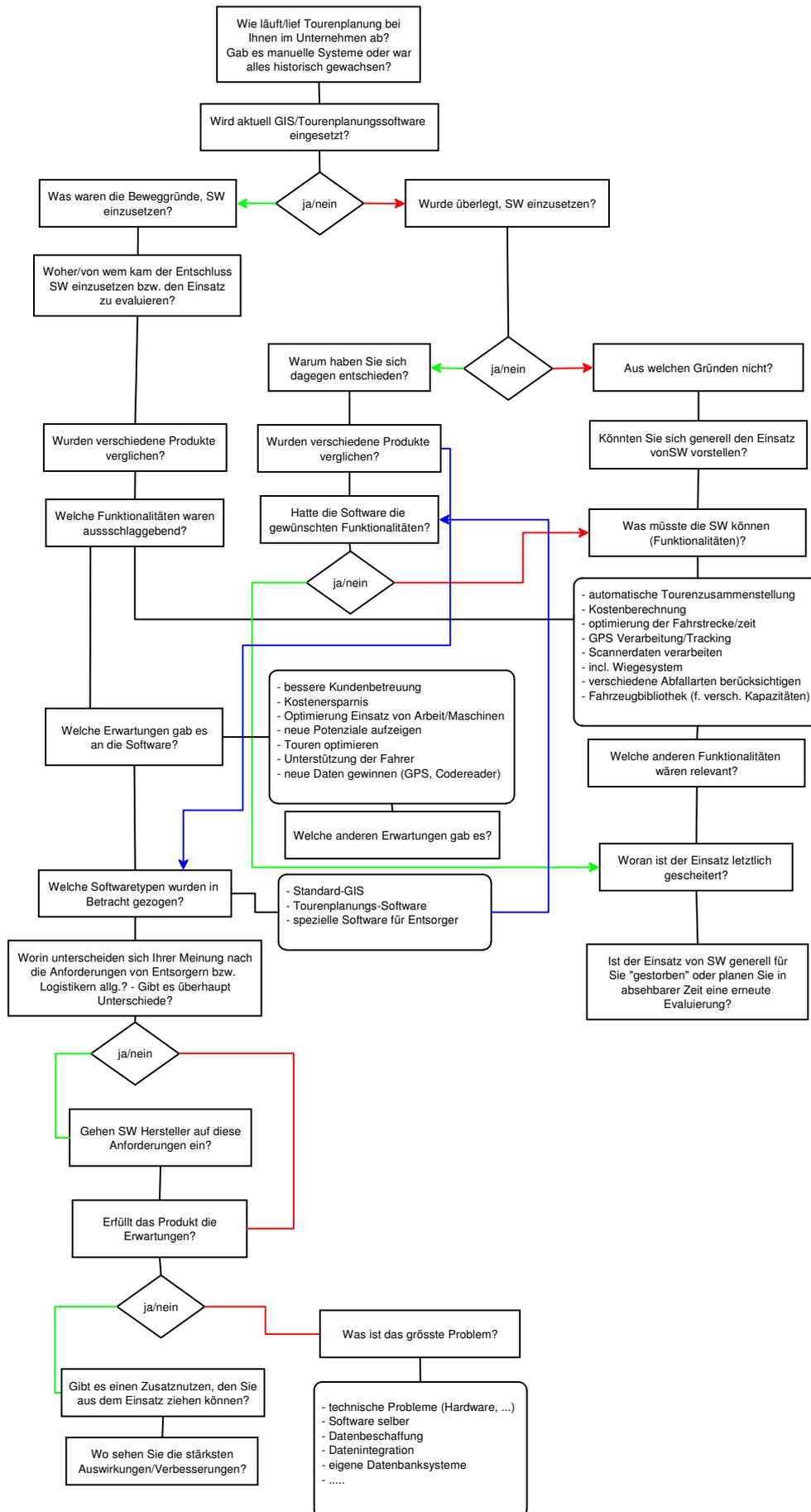


Abb. 28 Ablaufschema des Fragebogens für die Experteninterviews, eigene Darstellung

5.2.6 Ergebnisse der Interviews

Für die Auswertung wurden alle vier Interviews komplett transkribiert. Dies erfolgte über die freie Software f4²⁶ in Form von Word-Dokumenten. Die Antworten wurden anschließend in eine Tabelle übertragen und dabei den jeweils relevanten Fragegruppen zugeteilt. Tab. 17 zeigt diese Fragegruppen und die Zusammenfassung der jeweiligen Antworten aller vier Interviewpartner.

Fragegruppe	Zusammenfassung der Antworten
Ist bereits ein System im Einsatz?	Nur eines von vier Unternehmen hat bereits ein System. In einem Unternehmen hat die Einführung keinen hohen Stellenwert.
Wurde schon überlegt, ein System einzusetzen?	Bei den beiden anderen wird jedoch ein Einsatz überlegt bzw. ist in Planung.
Warum wird noch nichts eingesetzt?	Verschiedene Systeme wurden evaluiert. Produkte am Markt entsprechen nicht den Erwartungen.
Wie sieht Tourenplanung derzeit aus bzw. wie hat sie sich entwickelt?	Klassische Tourenplanung erfolgt auf Basis von Listen mit Behältern (Adressen) ohne Unterstützung durch GIS. Teilweise wird für die Erstellung neuer Touren auch mit Landkarten (Papierkarten) gearbeitet. Gewachsene Strukturen - Planung lebt von der Erfahrung der Disponenten. Touren werden in der Praxis optimiert.
	Es sind Warenwirtschaftssysteme im Einsatz (z.B. SAP Waste).
	Es werden bereits Kennzahlen gesammelt - oft ohne geografische Unterstützung. Diese Kennzahlen werden teilweise außerhalb aller anderen Systeme mit z.B. Excel geführt und ausgewertet. Kennzahlen sammeln und auswerten ist für alle ein Thema.
	Erste Überlegungen für den Einsatz eines speziellen Systems begannen bei einem Unternehmen bereits 2001.
Wie häufig werden Touren geändert?	Je nach Tourentyp (Unterscheidung v.a. kommunal bzw. gewerblich) erfolgt die Planung einmal jährlich (kommunal) bzw. als Mischform (gewerblich) mit Planung und auf Abruf. V.a. im kommunalen Bereich herrscht eine sehr konservative Vorgehensweise was Änderungen betrifft.
	Neuplanungen nur bei gravierenden Änderungen der Tour, ansonsten werden neue Behälter in bestehende Touren integriert. Bei Gewerbetouren gibt es ständig Anpassungen und es wird auch in Echtzeit zugeordnet. Diese Zuordnungen auf Abruf erfolgen v.a. durch Erfahrung des Disponenten manuell.

²⁶ <http://www.audiotranskription.de/f4.htm>

Fragegruppe	Zusammenfassung der Antworten
Wird die Notwendigkeit für ein System gesehen?	Manuelle Planung ist fehleranfällig (Fehlerquelle Mensch). Außerdem ist die Qualität der Planung hinsichtlich Effizienz nicht gesichert. Fehler in der Ausführung/Planung führen auch zu Kundenunzufriedenheit. Jedoch wird auch die Sinnhaftigkeit der Berücksichtigung aller Eventualitäten kritisch gesehen. Generell wird der Erfahrung der Mitarbeiter ein sehr hoher Stellenwert eingeräumt.
	Es sind zwar viele Daten im Unternehmen vorhanden, jedoch fehlt die logische Verknüpfung mit der Planung.
Wo werden mögliche Probleme gesehen?	Aufwendige Vorarbeiten - v.a. exakte Verortung von Behältern
	Ein großer Teil der Vorarbeiten besteht in der Pflege und Aufbereitung der bestehenden Daten (Behälterdatenbank, Fahrzeugdaten, Kundenzuordnungen etc.). Die Fehleranfälligkeit eines allumfassenden Systems wird kritisch betrachtet - eine komplette Umstellung als aufwändig und risikoreich gesehen.
Ist der Einsatz generell vorstellbar?	Generell können sich alle Unternehmen den Einsatz eines speziellen Systems vorstellen
Wurden schon andere Systeme evaluiert?	Es wurden auch bereits von allen immer wieder Systeme evaluiert.
	Bisher jedoch meist noch bessere Ergebnisse mit manueller Planung. Viele Tools sind nicht ausgereift genug für den praktischen Einsatz. In einem Unternehmen war geplant, ein zusätzliches Telematik-Tool einzusetzen - praktische Umsetzung aber derzeit fraglich.
Was ist/war der Grund für die Evaluierung/Suche?	Die wirtschaftliche Lage sowie der zunehmende Konkurrenzdruck auch aus dem Ausland werden als Grund für die Suche nach einem System angeführt.
	Kostengründe, zunehmende Komplexität der internen Strukturen, welche eine manuelle Planung fast nicht mehr möglich machen, sind weitere Gründe. Raschere Reaktionszeiten bei kurzfristigen Anfragen werden erhofft. In einem Unternehmen werden GPS-Tracker bei Bedarf zur Tourkontrolle eingesetzt.
Welche Systemtypen wurden evaluiert?	Es gibt am Markt nur einen sehr kleinen Anbieterkreis, der für die Anforderungen der Entsorger in Frage kommt. Die meisten können nicht alle Wünsche abdecken - es wird daher nach dem Bestmöglichen gesucht. Die fehlende Branchenkenntnis der Anbieter wird ebenfalls angemerkt. Ein Standardsystem würde bevorzugt werden.
Was sind wichtige Softwarefunktionen?	Aktuelles, für Lkw-routing geeignetes Kartenmaterial steht ganz oben, typische Routingfunktionen werden als Standardfunktion vorausgesetzt. Touraufzeichnung ist ein weiterer Punkt, um z.B. im Fall von Urlaubs- oder Krankenvertretungen dem Ersatzfahrer die passende Führung zu geben.

Fragegruppe	Zusammenfassung der Antworten
	<p>Statistische Kennzahlen schon während der Planung auf Knopfdruck und auch später jederzeit abrufbar. Alle Kennzahlen sollen berücksichtigt werden und so eine vollautomatische Vorschlagsplanung ergeben, die manuell nachbearbeitet werden kann. Automatische Berücksichtigung von aktuellen Verkehrseignissen bzw. kurzfristiges Eingreifen des Disponenten soll möglich sein.</p>
	<p>Wiegesysteme sind bei neuen Fahrzeugen Standard. Behältererkennung (entweder mittels RFID oder normaler ID) wird oft bereits vom Kunden verlangt. Identifikationschips sind v.a. für höherwertige Container relevant. Tourzusammenstellung über Abfallart, Fahrzeugaufbau, Verdichtung, Kapazität.</p>
	<p>Wichtig ist, auch Zeitfenster zu berücksichtigen bzw. zeitliche Restriktionen bei der Sammlung.</p>
	<p>Echtzeiterfassung mit GPS ist oft gewünscht, jedoch auch mit Vorbehalt zu sehen (Mitarbeiterüberwachung). Ein weiteres Problem stellt der derzeitige Wildwuchs von Bildschirmen und Geräten in den Lkws selbst dar - diese können zur Überforderung der Fahrer führen. Eingaben durch die Fahrer sollen aber möglich sein - Einfachheit ist wichtig.</p>
	<p>Routing bzw. Tourenplanung nicht nur nach der kürzesten oder schnellsten Strecke sondern auch nach ökologischen Kriterien wie CO2 Ausstoß oder Treibstoffverbrauch - dazu könnten auch Höhenprofile in die Karten integriert werden.</p>
<p>Welche Erwartungshaltung besteht gegenüber einem System? Welcher Nutzen wird erwartet?</p>	<p>Haupterwartung ist die Kostenersparnis bzw. Ressourcenschonung. Auch sollen Gebietserweiterungen mit den bestehenden Ressourcen abgedeckt werden können, ohne die Notwendigkeit, neue Touren zu erstellen. Außerdem soll die Sammlung von Kennzahlen für ein internes Benchmark-System dienen. Kennzahlensammlung soll komplett automatisiert sein. Vor allem sollte sich das System in die existierenden Systeme integrieren.</p>
	<p>Möglichst große Transparenz dem Kunden gegenüber - v.a. den Kommunen, die politische Verantwortung tragen. Daher auch der Wunsch, künftige CO2 Abgaben schon im Voraus berücksichtigen zu können.</p>
	<p>Als Dienstleister steht auch immer die Kundenzufriedenheit im Vordergrund - hier sollen neben Pünktlichkeit und Verfügbarkeit auch zusätzliche Dienstleistungen künftig Wettbewerbsvorteile bringen.</p>
	<p>Eine erhöhte Planungssicherheit - weg vom reinen "Bauchgefühl". Einsparungspotenzial wird teilw. sehr kritisch gesehen (max. 5-10%).</p>

Fragegruppe	Zusammenfassung der Antworten
Wo liegen die Unterschiede der Abfallentsorger zu anderen Logistikunternehmen?	Als Hauptunterschiede zu Speditionen oder Paketdienstleistern werden bei fixen Touren die vorab oft unbekannt Mengen (unbekannter Füllstand, Bereitstellungsgrad) genannt. Auch bei Abruf ist oft die Menge nicht genau bekannt (Bauschutt). Wunsch wäre hier eine aktive Planung, welche automatisch immer eine optimale Tour erstellt. Die klassische Routenplanung wird vor allem in der kommunalen Sammlung in dichtbebautem Gebiet weniger als Thema gesehen.
	Ein weiteres Thema sind die vielen Variablen die z.B. beim Fahrzeug auftreten (unterschiedliche Aufbauten, Kapazitäten etc.) sowie verschiedene Entladepunkte je nach Abfallart, die berücksichtigt werden müssen.
Gehen die Software Hersteller auf die Anforderungen der Entsorger ein?	Alle Unternehmen haben bisher die Erfahrung gemacht, dass es nur sehr wenige Softwarefirmen gibt, welche tatsächlich die Anforderungen erfüllen könnten. Der Markt ist hier sehr klein.
	Die Anforderungen der Entsorger erfordern aber immer einen zusätzlichen Programmieraufwand, da sie sich mit den Standardfunktionen der Systeme nicht erfüllen lassen. Dies gilt auch für Hersteller, welche Systeme spezifisch für den Entsorger-Bereich anbieten.
	Obwohl die Software-Branche die Entsorger als Zielgruppe erkannt hat, werden für spezielle Systeme eher Partner in der Entwicklung gesucht (auch finanziell) als fertige Lösungen vorab zu entwickeln. Erfahrungswerte von Software Unternehmen zeigen, dass der Bedarf bei den Entsorgern aber dringender wird, da die Komplexität in der Entsorgung steigt.
Wo werden Probleme bei der Einführung gesehen?	Bei der Einführung eines Systeme werden v.a. die Arbeits- und Prozessdisziplin als kritisch gesehen, da ein komplexes Tool nur mit einwandfreien Input-Daten entsprechend hochwertige Lösungen bringen kann.
	Die Akzeptanz der Mitarbeiter - sowohl Disponenten als auch Fahrer. Stufenweise Einführung mit "Early Adoptern" im Unternehmen macht Sinn.
	Die Integration der bestehenden Datenbanken wird von 3 Unternehmen als kein großes Problem angesehen.
Welcher Zusatznutzen wird erwartet?	Durch die exakte Verortung von Behältern in der Datenbank kann diese über eine Echtzeitanbindung mit einem Stadtplan verknüpft werden. Somit sind immer die aktuellen, korrekten Behälter-Standorte für die Bürger sichtbar.
Wird GIS in anderen Bereichen eingesetzt?	Generell wird GIS (in der klassischen Form als Desktop-GIS) bereits in einigen Unternehmen eingesetzt - dort aber z.B. für Controlling und Vertriebsanalysen. Eine andere klassische Form des GIS-Einsatzes ist der Winterdienst.
Welche ersten Ergebnisse liegen bereits vor?	Als erste Ergebnisse der Einführung eines Tools wurden in einem Unternehmen bereits Wintertouren für Grünschnitt neu geplant. Da zu dieser Jahreszeit im Vergleich zu den Sommermonaten viel weniger anfällt, besteht hier ein großes Optimierungspotenzial.

Tab. 17 Ergebnisse der Experteninterviews – Zusammengefasste Antworten und zugehörige Fragegruppen, eigene Darstellung

Zusammengefasst können die Leitfragen nun folgendermaßen beantwortet werden:

- **Wie läuft die Tourenplanung bei Entsorgern ab?**

Bei fast allen erfolgt die Tourenplanung über Listen und manuell ohne Unterstützung durch spezielle Systeme. Dies ist vor allem auf die historisch gewachsenen Strukturen zurückzuführen. Ab einer gewissen Größe bzw. bei der Übernahme und Integration anderer Unternehmen stößt diese Vorgehensweise an ihre Grenzen.

- **Kennen und verwenden Entsorger die am Markt befindlichen Systeme?**

Die Experten kennen einige Systeme (es wurden auch einige bereits getestet). Da die Software-Hersteller auch auf branchenspezifischen Messen vertreten sind, ist eine Übersicht über den Markt für die Entsorger gegeben.

- **Entsprechen die Systeme den Anforderungen der Entsorger?**

Hier wurde einstimmig angemerkt, dass die Produkte in der Form, in der sie auf dem Markt sind, nicht ohne weiteres implementierbar sind. Für das Unternehmen, welches bereits ein System in der Einführungsphase hat, wurden umfangreiche Änderungen und Erweiterungen erarbeitet.

- **Sind die Unternehmen damit zufrieden, sofern bereits ein System im Einsatz ist?**

Das Unternehmen mit der Software in der Einführungsphase hat erste Auswertungen und Anpassungen erfolgreich durchgeführt. Weitere Tests wurden noch nicht durchgeführt und daher stehen Langzeiterfahrungen noch aus.

- **Wo sehen die Entsorgungsunternehmen Probleme beim Einsatz eines Systems?**

Die Implementation und Anbindung an bestehende Datenbanken wird interessanterweise von den meisten als wenig problematisch gesehen. Jedoch ist dies auch von der geplanten Integrationstiefe der Software abhängig (soll damit auch die Auftrags- und Kundenverwaltung, Personalplanung etc. durchgeführt werden). Da alle Unternehmen bereits Software für diese Aufgaben einsetzen, stellt sich die Frage, ob die Tourenplanung als externes System eingesetzt werden soll oder komplett integriert in die restliche Unternehmens-EDV. Die hohe Komplexität dieser integrierten Variante ist den Unternehmen bewusst und wird auch kritisch hinterfragt.

- **Sind derartige Systeme für Entsorgungsunternehmen überhaupt relevant?**

Bis vor kurzem wurde in den Unternehmen dieser Frage wenig Bedeutung beigemessen. Es haben allerdings alle befragten Unternehmen bereits Versuche und Tests oder zumindest erste Evaluierungen mit entsprechenden Systemen absolviert. Vor allem in Hinblick auf die verschärfte Konkurrenzsituation, die strengen rechtlichen Vorgaben und Anforderungen sind Produkte, die eine Optimierung der Abläufe auf strategischer und operativer Ebene erlauben, ein wichtiger Bestandteil der Unternehmensentwicklung.

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Anwendung von Geografischen Informationssystemen in der Abfallwirtschaft betrachtet.

Anhand von zwei Fallbeispielen wurden Einsatzmöglichkeiten von GIS untersucht. Im ersten Fall war dies eine Standortsuche für einen zusätzlichen Grünschnittsammelplatz in der Gemeinde Klosterneuburg. Das zweite Fallbeispiel beschäftigte sich mit der Tourenplanung und dem Einsatz von Tourenplanungssoftware in Entsorgungsunternehmen. Beim ersten Fallbeispiel wurde durch die Verwendung eines GIS neben dem optimalen Standort auch das Grünschnittpotenzial errechnet und mit Literaturwerten verglichen. Beim zweiten Fallbeispiel wurden Experteninterviews mit Entsorgungsunternehmen geführt, um die Anforderungen an derartige Systeme zur Tourenplanung und die Anwendbarkeit in der Praxis zu ermitteln.

Standard GIS Programme bieten einen großen Vorteil sowohl bei einmaligen Analysen als auch im täglichen Arbeiten. Vor allem in Bereichen, in denen weniger mit Echtzeitdaten (wie z.B. mit Telematik-Daten von Müllsammelfahrzeugen) sondern mehr mit „statischen“ Daten gearbeitet wird. So sind Standard GIS sehr gut geeignet um, z.B. in der Form von kommunalen GIS, Entscheidungen in Gemeinden zu unterstützen, wie im ersten Fallbeispiel der Standortsuche gezeigt wurde. In diesem Fall konnten mit Hilfe der gemeindeeigenen Daten, welche um zusätzliche, öffentlich verfügbare Demografie-Daten ergänzt wurden, sehr gute Ergebnisse mit den vorhandenen GIS Funktionen erreicht werden. Mit den in den GIS Programmen enthaltenen Programmierfunktionen böte sich hier auch die Möglichkeit, bestimmte Funktionen noch weiter zu automatisieren und die Anwendung für die User zu erleichtern.

Neben der eigentlichen Standortsuche wurde auch eine Methode zur Ermittlung von Grünschnittpotenzialen auf Basis der Grünflächen mit Ergebnissen aus der Literatur verglichen. Hier hat sich gezeigt, dass diese Methode Ergebnisse liefert, die mit den Literaturwerten vergleichbar sind. Die größten Probleme bei diesem Teil der Arbeit stellten teilweise unvollständige Datensätze, das Alter mancher Daten und die Beschränkung der Auflösung von Luftbildern dar. Dadurch wurde die genaue Abgrenzung der Grünflächen erschwert. Für zukünftige Auswertungen kann gesagt

werden, dass die Auflösung und auch die Altersproblematik jedoch nicht mehr relevant sein werden, da höhere Auflösungen bei Luft- und Satellitenbildern möglich sind und die Verfügbarkeit dieser Bilder in qualitativ hochwertiger, digitaler Form ständig verbessert wird.

Einschränkend ist festzustellen, wie das erste Fallbeispiel gezeigt hat, dass eine Vor-Ort-Untersuchung der mittels GIS ausgewählten Standorte notwendig ist. Viele qualitative Kriterien (genaue Umgebung, aktuelle Nutzung, etc.) sind auf Basis der vorhandenen Daten nicht im GIS darstellbar und dies würde daher auch die Qualität der endgültigen Ergebnisse beeinflussen.

Die gute Eignung von Standard-GIS im Einsatz einer Gemeinde kann für den Einsatz in der Tourenplanung eines Entsorgers nicht bestätigt werden, wie das zweite Fallbeispiel gezeigt hat. Hier können Standard-GIS zwar verwendet werden, um neue Algorithmen und einmalige Fragestellungen zu entwickeln und zu beantworten. Sie sind jedoch für den Einsatz im täglichen, strategischen und operativen Bereich eines Entsorgungsunternehmens wenig geeignet. Standard-GIS werden von Entsorgern teilweise als separates Tool zur einmaligen Erstellung von Touren oder in anderen Unternehmensbereichen, wie Vertrieb und Controlling, eingesetzt (z.B. zur Vertriebssteuerung und Visualisierung von Umsätzen und Kunden). Dies liegt auch daran, dass die Funktionen, welche für Entsorgungsunternehmen im operativen Bereich notwendig sind, mit einem Standard-GIS nicht ausreichend abgedeckt werden können. Es gibt auf dem Markt allerdings spezielle Tools für Unternehmen aus dem Logistik-Bereich (z.B. Speditionen, Paket-Dienstleister), welche genau für diese speziellen Aufgaben entwickelt wurden. Darunter sind auch einige Produkte, die gezielt die Entsorgungsbranche als Kunden ansprechen.

Im Zuge von Experteninterviews wurden die Wünsche und Anforderungen der Entsorger an ein Tourenplanungs-System angesprochen und in der unternehmerischen Praxis hat sich für die Entsorger gezeigt, dass ohne weitreichende Anpassungen die auf dem Markt befindlichen Programme nicht anwendbar sind. Dies ist auch ein Grund dafür, dass von den vier befragten Unternehmen erst eines im Begriff ist, ein derartiges System einzuführen. Der Wunsch nach einer Software zur Unterstützung ist aber bei allen Unternehmen gegeben. Dies wird nach den Ergebnissen der Experteninterviews vor allem durch immer komplexer werdende Unternehmensstrukturen (durch Übernahmen und Expansion), umfangreichere rechtliche Grundlagen und steigenden Kostendruck

bedingt. Hier bestünde im Verhältnis Entsorger und Software-Entwickler noch Nachholbedarf, was die praktischen Anforderungen der Branche an ein derartiges System betrifft.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Einsatz von GIS für die Standortsuche und Potenzialberechnung im kommunalen Bereich sehr gut geeignet ist. Vor allem, wenn bereits ein GIS in der Gemeinde eingesetzt wird, was in vielen größeren Gemeinden und Städten der Fall ist. In den Gemeinden sind meist auch ausreichend Daten für die Beantwortung diverser Fragestellungen vorhanden. Die Verfügbarkeit zusätzlicher Daten ist ebenfalls gegeben (z.B. demografische Daten, Luftbilder) bzw. wird diese ständig verbessert.

Im Bereich der Tourenplanung ist der Einsatz von GIS ebenfalls möglich, allerdings werden hier die Anforderungen der Entsorgungsunternehmen eher von spezialisierter Software abgedeckt. Die Interviews haben aber auch gezeigt, dass diese Spezialsysteme oft mehr versprechen als sie halten und die Entsorgungsunternehmen daher diese Systeme noch nicht einsetzen bzw. ein zielgerichtetes Arbeiten erst nach umfassenden Anpassungen durch die Softwarehersteller möglich ist.

7. Anhang

Anh. 1 Langjähriger Verlauf der Grünschnittsammelmenge Klosterneuburg [Abfallwirtschaftsbericht Klosterneuburg 2000, 2009; Information der Gemeinde Juli 2010; eigene Berechnung]

*Für die Einwohnerwerte wurde für die Jahre 1995-2000 der Wert der Statistik Austria für 2001 verwendet, da keine separaten Zahlen für diese Jahre vorlagen. Jedoch wurde mit dem Wert für 1991 (24.442 EW) verglichen und aufgrund des geringen Unterschiedes der Wert für 2001 angenommen.

Jahr	m ³	t	EW*	kg/EW
1995	4.822	1.447	24.797	58,3
1996	8.650	2.595	24.797	104,6
1997	9.656	2.897	24.797	116,8
1998	6.216	1.865	24.797	75,2
1999	10.490	3.147	24.797	126,9
2000	8.855	2.657	24.797	107,1
2001	9.330	2.799	24.797	112,9
2002	5.673	1.702	24.354	69,9
2003	7.295	2.188	24.563	89,1
2004	13.800	4.140	24.605	168,3
2005	12.710	3.813	24.806	153,7
2006	13.243	3.973	25.061	158,5
2007	25.090	7.527	25.137	299,4
2008	20.965	6.289	25.336	248,2
2009	13602	4.080	25.557	159,7

Anh. 2 Ermittlung Sonderflächen-Anteile in Wohn- Kern- und Kleingartengebieten, eigene Übersicht

Fläche ID	Typ	Gesamtfläche (m²)	Sonderflächen (m²)	Anteil
41	Kerngebiet	30137,20	3478,4	11,5%
43	Kerngebiet	6641,76	1649,8	24,8%
56	Kerngebiet	5169,72	929,9	18,0%
62	Kerngebiet	33229,52	4299,4	12,9%
64	Kerngebiet	6625,76	1334,2	20,1%
71	Kerngebiet	8763,38	1250,6	14,3%
72	Kerngebiet	6319,84	945,1	15,0%
123	Kerngebiet	6661,66	627,5	9,4%
128	Kerngebiet	17809,63	1901,2	10,7%
145	Kerngebiet	14877,79	1985,4	13,3%
Mittelwert				15,0%
1	Wohngebiet	6814,55	397,8	5,8%
5	Wohngebiet	5641,22	578,0	10,2%
6	Wohngebiet	5905,01	525,1	8,9%
191	Wohngebiet	13117,81	1245,1	9,5%
197	Wohngebiet	12451,87	1517,0	12,2%
208	Wohngebiet	15907,99	964,2	6,1%
219	Wohngebiet	6384,37	673,9	10,6%
235	Wohngebiet	15793,21	954,5	6,0%
245	Wohngebiet	20825,22	2015,9	9,7%
261	Wohngebiet	5020,56	532,4	10,6%
Mittelwert				9,0%
635	Kleingarten	34126,58	2823,11	8,3%
839	Kleingarten	36257,68	4673,76	12,9%
1037	Kleingarten	13562,77	1755,33	12,9%
Mittelwert				11,4%

Anh. 3 Ergebnisse der Standortauswahl: Bilder der sieben in Frage kommenden Grundstücke (alle Fotos eigene Aufnahmen)



Fläche ID 0 Hauptstraße Höflein



Fläche ID 3 Flexleitengasse



Fläche ID 11: Haschhofstraße – Bild 1



Fläche ID 11: Haschhofstraße – Bild 2



Fläche ID 11: Haschhofstraße – Bild 3



Fläche ID 11: Haschhofstraße – Bild 4



Fläche ID 17: Hauptstraße Weidling – Bild 1



Fläche ID 17: Hauptstraße Weidling – Bild 2



Fläche ID 17: Hauptstraße Weidling – Bild 3



Fläche ID 27: Rollfährstraße



Fläche ID 28: Rollfährstraße – Bild 1



Fläche ID 28: Rollfährstraße – Bild 2



Fläche ID 28: Rollfährstraße – Bild 3



Fläche ID 32: Durchstichstraße – Bild 1



Fläche ID 32: Durchstichstraße – Bild 2

Anh. 4 Fragebogen Experteninterview

Fragebogen – Leitfaden: Firmenname

INFO ZU FIRMA/PERSON: Name, Funktion

EINLEITUNG

Begrüßung Danke für die Zeit – kurzer Small Talk – Aufnahme des Interviews, Vertraulichkeit der Daten bestätigen

Kurze Vorstellung meinerseits: Person, Anliegen, Diplomarbeit, Thema, Inhalt, Experteninterview

Interviewpartner: Position bestätigen (Aufgabenbereich), Ablauf kurz durchgehen

Aufnahmegerät einschalten – DATUM UND ORT/PERSON NENNEN

INTERVIEW**1) Kurze Historie: Wie läuft/lief Tourenplanung bei Ihnen im Unternehmen ab?**

- a. Gab es manuelle Systeme der Planung oder war alles historisch gewachsen?
- b. Wann wurde das erste Mal überlegt, spezielle Software einzusetzen? Gab es mehrere Anläufe (z.B. bis Ansprüche erfüllt waren)
- c. Wie häufig müssen Touren geändert /angepasst werden?

2) Gibt es ein spezielles Tool für die Planung bei Ihnen?

Wenn nein, weiter mit Frage 14

3) Was waren Ihre Beweggründe, Software zu evaluieren/einzusetzen?

Wurde Kostenersparnis erhofft, Optimierung der Abläufe, Einbindung in bestehende Systeme

- a. Woher kam der Entschluss (Abteilung/Person) für die Evaluierung?
- b. Über welchen Zeitraum zog sich die Evaluierung – wurden viele verschiedene Produkte verglichen?

4) Welche Softwaretypen wurden in Betracht gezogen?

Standard-GIS

Tourenplanungssoftware allg.

Speziell auf Entsorger zugeschnittene Programme

5) Was waren die ausschlaggebenden Funktionen, die die Software mitbringen musste? Was war „nice-to-have“ aber nicht entscheidungsrelevant?

- | | |
|---------------------------------------|---|
| - automatische Tourenzusammenstellung | - incl. Wiegesystem |
| - Routenplanung | - verschiedene Abfallarten berücksichtigen |
| - Kostenberechnung | - Fahrzeugbibliothek (f. versch. Kapazitäten) |
| - Optimierung der Fahrstrecke/zeit | - weitere |
| - GPS Verarbeitung/Tracking | |
| - Scanner Daten verarbeiten | |

6) Welche Erwartungen hatten Sie an die Software und wurde diese Erwartungshaltung erfüllt?

- | | |
|--|---|
| - bessere Kundenbetreuung | - Unterstützung der Fahrer |
| - Kostenersparnis | - neue Daten gewinnen (GPS, Codereader) |
| - Optimierung Einsatz von Arbeit/Maschinen | - kurzfristige Anpassungen einbauen (Änderung d. Routen, Behälter) etc. |
| - neue Potenziale aufzeigen | - weitere |
| - Touren optimieren | |

7) Worin unterscheiden sich Ihrer Meinung nach die Anforderungen von Entsorgern und anderen Logistikern – gibt es überhaupt Unterschiede?

z.B. ein Frächter oder Paketdienstleister

8) Inwieweit gehen SW Hersteller auf Ihre Ansprüche ein?

Mit den zur Verfügung stehenden Funktionen bzw. spezieller Programmierung.

9) Welche Probleme/Hürden gab es bei der Einführung?

- *technische Probleme (Hardware, ...)*
- *Software selber*
- *Datenbeschaffung*
- *Datenintegration*
- *eigene Datenbanksysteme*

10) Wie wurde die Software von den Mitarbeitern angenommen?

11) Gibt es einen Zusatznutzen der Software, der Ihnen zu Beginn noch nicht bekannt war?

Anwendungsmöglichkeit in anderen Abteilungen o.ä.

12) Wird im Unternehmen in anderen Abteilungen ebenfalls GIS eingesetzt? Für welche Anwendungen?

13) Abschlussfrage: wo sehen Sie die stärksten Auswirkungen/Verbesserungen?

ENDE – Bedanken – Fragen an mich? – Ergebnisse/Diplomarbeit zur Verfügung stellen anbieten

14) Wurde schon einmal überlegt ein spezielles Tool einzusetzen?

Wenn nein – weiter mit Frage 19

15) Wenn ja – warum wurde dagegen entschieden – welche Gründe können Sie nennen?

16) Wurden viele verschiedene Produkte verglichen?

17) Welche Softwaretypen wurden in Betracht gezogen?

- Standard-GIS*
- Tourenplanungssoftware allg.*
- Speziell auf Entsorger zugeschnittene Programme*

18) Inwieweit gehen Software Hersteller auf Ihre Anforderungen ein? Weiter mit Frage 20

Mit den zur Verfügung stehenden Funktionen bzw. spezieller Programmierung.

19) Wenn nein – aus welchen Gründen nicht?

20) Können Sie sich den Einsatz eines Tools generell vorstellen oder spricht etwas dagegen?

21) Was wären die ausschlaggebenden Funktionen, die die Software mitbringen musste? Was wäre „nice-to-have“ aber nicht entscheidungsrelevant?

- *automatische Tourenzusammenstellung*
- *Kostenberechnung*
- *Optimierung der Fahrstrecke/zeit*
- *GPS Verarbeitung/Tracking*
- *Scanner Daten verarbeiten*
- *incl. Wiegesystem*
- *verschiedene Abfallarten berücksichtigen*
- *Fahrzeugbibliothek (f. versch. Kapazitäten)*
- *weitere*

22) Worin unterscheiden sich Ihrer Meinung nach die Anforderungen von Entsorgern und anderen Logistikern – gibt es überhaupt Unterschiede?

z.B. ein Frächter oder Paketdienstleister

23) Welche Erwartungen hätten Sie an die Software – was müsste sie Ihrem Untern. bringen?

- *bessere Kundenbetreuung*
- *Kostenersparnis*
- *Optimierung Einsatz von Arbeit/Maschinen*
- *neue Potenziale aufzeigen*
- *Touren optimieren*
- *Unterstützung der Fahrer*
- *neue Daten gewinnen (GPS, Codereader)*
- *kurzfristige Anpassungen einbauen (Änderung d. Routen, Behälter) etc.*
- *weitere*

24) Woran ist der Einsatz letztlich gescheitert?

25) Ist der Einsatz von SW generell für Sie "gestorben" oder planen Sie in absehbarer Zeit eine erneute Evaluierung?

26) Wird im Unternehmen in anderen Abteilungen ebenfalls GIS eingesetzt? Für welche Anwendungen?

ENDE – Bedanken – Fragen an mich? – Ergebnisse/Diplomarbeit zur Verfügung stellen anbieten

8. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Übersicht Verbandsgemeinden (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009), eigene Darstellung	6
Abb. 2	Entwicklung Restabfallmengen 1998-2009 (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009), eigene Darstellung	7
Abb. 3	Basismodule eines geografischen Informationssystems nach Fischer & Nijkamp (1993)	12
Abb. 4	Layeraufbau eines GIS (Saginaw County: About GIS - Introduction to GIS, 2003)	14
Abb. 5	Schematische Darstellung des Funktionsprinzips eines Differential-GPS (Mansfeld, 1998) ...	19
Abb. 6	Übersicht verschiedener Sammelverfahren (Kapsa, 2010) (MGB...Müllgroßbehälter)	22
Abb. 7	CleANopen System im HALLER X2i, aus Silvan (2005)	28
Abb. 8	Unterschied Struktur spezialisierte und integrierte Systeme (Bilitewski & Günter, 2005)	42
Abb. 9	Übersicht Gemeinde Klosterneuburg, eigene Darstellung.....	50
Abb. 10	Übersicht der möglichen Sammlungs- und Entsorgungswege bei biogenen Abfällen, eigene Darstellung	54
Abb. 11	Sammelmengen Biotonne und Strauchschnitt je Einwohner 2001-2009 in Niederösterreich (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009), eigene Darstellung	56
Abb. 12	Übersicht der Bioabfall-Sammelmengen (ohne Grünschnitt) der niederösterreichischen Verbände im Jahr 2009 in kg/EW.a (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009), eigene Darstellung	57
Abb. 13	Übersicht der Grünschnitt-Sammelmengen ausgewählter niederösterreichischer Bezirke und Klosterneuburg im Jahr 2000 (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2000) und (Gemeinde Klosterneuburg, 2000), eigene Darstellung	58
Abb. 14	Sammelmenge Strauchschnitt in NÖ und gehäckselter Grünschnitt in Klosterneuburg 2001-2009 (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009); (Gemeinde Klosterneuburg, 2009), eigene Darstellung	58
Abb. 15	Detailausschnitt Klosterneuburg, reduzierte Dachflächen, eigene Darstellung.....	66
Abb. 16	Schematische Darstellung der Dachflächen und zugehörigen Pufferflächen, eigene Darstellung	66
Abb. 17	Detailausschnitt Klosterneuburg, gepufferte Dachflächen (20m Radius) und Überstand, eigene Darstellung	68
Abb. 18	Detailausschnitt Klosterneuburg, gepufferte Dachflächen, 20m Radius, eigene Darstellung ..	69
Abb. 19	Detailausschnitt Klosterneuburg, zusätzliche versiegelte Flächen Kerngebiet (gelb umrandete Flächen), eigene Darstellung	70
Abb. 20	Übersicht der spezifischen Grünschnittmengen je Katastralgemeinde und der Werte für Klosterneuburg gesamt (in kg/EW.a), eigene Darstellung.....	72
Abb. 21	Vergleich der Ergebnisse der beiden Methoden (Wertebereich in kg/EW.a), eigene Darstellung	72
Abb. 22	Übersicht Ergebnis Standortsuche, eigene Darstellung	75
Abb. 23	Darstellung der Fahrzeitzonen mit Ursprung Recyclinghof, eigene Darstellung	77
Abb. 24	Gegenüberstellung der Standorte je Katastralgemeinde und Grünschnittpotenzial, eigene Darstellung	79
Abb. 25	Übersicht Standorte und Grünschnittpotenzial in den Katastralgemeinden, eigene Darstellung	80
Abb. 26	Überblick der Unternehmen in der Entsorgungsbranche (ÖNACE Gruppe E) nach Anzahl der Beschäftigten im Jahr 2008 (Statistik Austria, 2010), eigene Darstellung.....	83

Abb. 27 Aufteilung der Kunden der Entsorgungsbranche (IFES - Institut für empirische Sozialforschung, 2006), eigene Darstellung	84
Abb. 28 Ablaufschema des Fragebogens für die Experteninterviews, eigene Darstellung	88

9. Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Abfallmengen Klosterneuburg 2000, 2009, Auszug (Abfallwirtschaftsbericht Klosterneuburg, 2000), (Abfallwirtschaftsbericht Klosterneuburg, 2009)	8
Tab. 2 Übersicht Lebensdauer von GIS-Komponenten; Vergleich 1999-2009, eigene Darstellung ...	13
Tab. 3 Übersicht Vor- und Nachteile Vektor- vs. Rasterdaten, (Fuchs, 2009).....	16
Tab. 4 Übersicht Funktionen Geodatenmanagement, eigene Darstellung nach Fuchs & Mattiuzzi (2010).....	17
Tab. 5 Auflistung von relevanten Kennzahlen in der Entsorgungslogistik aus Toth (2007)	26
Tab. 6 Übersicht der Vor- und Nachteile von spezialisierten und integrierten Systemen; eigene Zusammenfassung nach Trabandt (2005) und Bilitewski & Günter (2005).....	43
Tab. 7 Sammelmengen je Einwohner, Klosterneuburg und Niederösterreich, eigene Berechnung (NÖ Abfallwirtschaftsbericht, 2009), (Gemeinde Klosterneuburg, 2009)	59
Tab. 8 Übersicht Literaturwerte zu Bioabfallpotenzialen für ländliche Siedlungsstrukturen bzw. HH mit Garten, eigene Darstellung	61
Tab. 9 Leistungsfähigkeit der Eigenkompostierung in verschiedenen strukturierten Gebieten in kg/EW.a (Feldversuch Saarland) (Wiemer & Sprick, 1996)	62
Tab. 10 Berechnung der Gartenabfallpotenziale aus Literatur- und Sammelwerten für Klosterneuburg, eigene Darstellung	64
Tab. 11 Ergebnisse der Pufferberechnungen und der manuell abgegrenzten Fläche, eigene Darstellung	67
Tab. 12 Ergebnisse der Berechnung der Grünschnittpotenziale über Grünflächen und GIS, eigene Darstellung	71
Tab. 13 Eingrenzung der möglichen Flächen, eigene Darstellung	75
Tab. 14 Übersicht der finalen Standorte, eigene Darstellung	76
Tab. 15 Übersicht der Fahrzeitzonen und Katastralgemeinden, eigene Darstellung	78
Tab. 16 Übersicht Entsorgungsbranche Österreich nach Anzahl Betrieben und Beschäftigten (Statistik Austria, 2010).....	83
Tab. 17 Ergebnisse der Experteninterviews – Zusammengefasste Antworten und zugehörige Fragegruppen, eigene Darstellung	92

10. Abkürzungsverzeichnis

abh.	abhängig
Anh.	Anhang
etc.	et cetera
EW	Einwohner
HH	Haushalte
i.d.R.	in der Regel
k. A.	keine Angabe
Kg	Kilogramm
kg/EW.a	Kilogramm je Einwohner und Jahr
max.	maximal
T	Tonne
teilw.	teilweise
u.a.	unter anderem
v.a.	vor allem
z.B.	zum Beispiel

11. Literaturverzeichnis

- BTU GIS Report.* (2000). Abgerufen am 05. Januar 2003 von www.bauinf.tu-cottbus.de/Education/GIS/data0001/BTU-GIS-Report.pdf
- Saginaw County: About GIS - Introduction to GIS.* (2003). Abgerufen am 14. Juli 2003 von www.saginawcounty.com/GIS/AboutGIS.htm
- Statistik Austria - Klassifikationsdatenbank.* (2008). Abgerufen am 19. Februar 2011 von http://www.statistik.at/KDBWeb//pages/Kdb_versionDetail.jsp?#4073567
- Statistik Austria - ÖNACE.* (2008). Abgerufen am 19. Februar 2011 von http://www.statistik.at/kdb/pages/beschreibung_10438.html
- T-Systems: Beschreibung RFID.* (2008). Abgerufen am 12. August 2008 von <http://www.t-systems.at/tsi/de/168280/Startseite/Glossar/M-R>
- Website Berlin.de.* (2008). Abgerufen am 12. August 2008 von <http://www.berlin.de/verwaltungsmodernisierung/glossar.html>
- ESRI.com.* (2010). Abgerufen am 10. November 2010 von <http://www.esri.com>
- Pitney Bowes: MapInfo.* (2010). Abgerufen am 10. November 2010 von <http://www.pbinsight.com/products/location-intelligence/developer-tools/desktop-mobile-and-internet-offering/routing-j/>
- Universität Greifswald.* (2010). Abgerufen am 6. Juni 2010 von http://wulv.uni-greifswald.de/DJ_LVJ/userdata/VMeth_%28j%29%20Experteninterview.pdf
- Abfallwirtschaftsbetriebe Köln.* (2011). Abgerufen am 7. Januar 2011 von <http://www.awbkoeln.de/alles-ueber-abfall/gruenschnitt-laub.html>
- Microsoft.* (2011). Abgerufen am 19. Februar 2011 von <http://www.microsoft.com/mappoint/en-us/home.aspx>
- Statistik Austria.* (2011). Abgerufen am 12. Januar 2011 von <http://www.statistik.at>
- Wikipedia.org: Katastralgemeinden.* (2011). Abgerufen am 8. Januar 2011 von <https://secure.wikimedia.org/wikipedia/de/wiki/Katastralgemeinde>
- Wikipedia.org: Navteq.* (2011). Abgerufen am 8. Januar 2011 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Navteq>
- Wikipedia.org: RegioGraph.* (2011). Abgerufen am 19. Februar 2011 von <http://de.wikipedia.org/wiki/RegioGraph>
- Wikipedia.org: Teleatlas.* (2011). Abgerufen am 8. Januar 2011 von https://secure.wikimedia.org/wikipedia/de/wiki/Tele_Atlas
- Amt der NÖ Landesregierung. (2000). *NÖ Abfallwirtschaftsbericht.* St. Pölten: Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung Umweltwirtschaft und Raumordnungsförderung (RU3).
- Amt der NÖ Landesregierung. (2000). *NÖ Abfallwirtschaftskonzept.* St. Pölten: Amt d. NÖ Landesregierung Abteilung Umweltwirtschaft und Raumordnungsförderung (RU3), Abt. Raumordnung und Regionalpolitik (RU2).

- Amt der NÖ Landesregierung. (2005). *NÖ Abfallwirtschaftsbericht*. St. Pölten: Amt d. NÖ Landesregierung; Gruppe Raumordnung, Umwelt und Verkehr; Abteilung Umweltwirtschaft u. Raumordnungsförderung (RU3).
- Amt der NÖ Landesregierung. (2005). *NÖ Abfallwirtschaftsplan*. St. Pölten: Amt d. NÖ Landesregierung; Gruppe Raumordnung, Umwelt und Verkehr; Abteilung Umweltwirtschaft u. Raumordnungsförderung (RU3).
- Amt der NÖ Landesregierung. (2009). *NÖ Abfallwirtschaftsbericht*. St. Pölten: Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung Umweltwirtschaft und Raumordnungsförderung (RU3), Abt. Raumordnung und Regionalpolitik (RU2).
- Arnold, D. (2008). *Handbuch Logistik* (3. Ausg.). Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.
- AWG. (2002). Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft. *Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich BGBl. I Nr. 102 in der AWG Novelle 2010*. Wien.
- AWG NÖ. (1992). NÖ Abfallwirtschaftsgesetz. *LGBl. 8240 in d. Fassung von 2005*. St. Pölten.
- Bartelme, N. (2000). *Geoinformatik; Modelle, Strukturen, Funktionen* (3. Ausg.). Berlin: Springer Verlag.
- Bayrisches Staatsministerium der Finanzen. (2003). *Geographische Informationssysteme - Leitfaden für kommunale GIS-Einsteiger*. München: Bayrisches Staatsministerium der Finanzen.
- Bilitewski, B., & Günter, M. (2005). Optimierung von Sammlung und Transport von Abfällen aus Haushalten und Gewerbe durch Nutzung logistischer Kennzahlen. In A. Urban, G. Halm, & M. Weber (Hrsg.), *Optimierung der Abfall-Logistik, Kasseler Abfall-Logistik-Tage* (S. 111-120). Kassel: Kassel University Press.
- Bill, R. (1999a). *Grundlagen der Geo-Informationssysteme Band 1 Hardware, Software und Daten* (4. Ausg.). Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag.
- Bill, R. (1999b). *Grundlagen der Geo-Informationssysteme Band 2 Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen* (2. Ausg.). Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag.
- Bioabfallverordnung. (1994). Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie. *BGBl. Nr. 68/1992 idF BGBl. Nr. 456/1994*. Wien.
- BioVVG. (1993). Verbot des Verbrennens biogener Materialien außerhalb von Anlagen (BG). *BGBl. Nr. 405/1993 idF: GBl. Nr. /, [I/108/2001]*. Wien.
- BLRG. (2010). Bundesluftreinhaltegesetz. *BGBl. I Nr. 137/2002 idF: BGBl. I Nr. 151/2004*. Wien.
- BMLFUW. (2001). *Bundesabfallbericht*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- BMLFUW. (2006). *Bundesabfallwirtschaftsplan*. Wien: Bundesministerium Für Land- Und Forstwirtschaft, Umwelt Und Wasserwirtschaft.
- Bousonville, T. (2002). *Tourenplanung für die Siedlungsabfallentsorgung, Modelle, Methoden und Lösungen zur Optimierung* (1. Ausg.). Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.

- Boysen, N. (2005). Immer der Nase nach: Tourenplanung nach dem Vorbild der Ameisen. *c't 05/05*, S. 204-208.
- Burrough, P. M., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Business Geomatics. (07/2008). Navigationsgerät wird zum Co-Piloten. *Business Geomatics*, S. 13.
- Czimer, K. (2001). *Geoinformatika - elektronikus jegyzet*. Abgerufen am 18. Februar 2011 von <http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/fotogrammetria/GeoInfo/geoinfo1.htm#TOC13>
- Domschke, W., & Drexl, A. (1991). *Einführung in Operations Research* (2. Ausg.). Berlin: Springer Verlag.
- Domschke, W., Klein, R., & Scholl, A. (1996). Durch Verbote zum schnellen Erfolg. *c't 12/96*, S. 326-330.
- Dornbusch, H. J., Gallenkemper, B., & Beck, M. (März 2000). Logistik: Erfassung und Transport von Abfällen. *TA-Datenbank-Nachrichten, Nr 1, 9. Jahrgang*, S. 36-44.
- Dornbusch, H.-J. (2005). Grundsätzliche Anforderungen an eine moderne Abfallsammlung. In A. Urban, G. Halm, & M. Weber (Hrsg.), *Optimierung der Abfall-Logistik, Kasseler Abfall-Logistik-Tage* (S. 7-14). Kassel: Kassel University Press.
- Erkut, E. (1998). *Univ. of Alberta: Transportation of Hazardous Materials*. Abgerufen am 13. Mai 2005 von <http://www.ualberta.ca/ERSC/pages/erhan.htm>
- Fischer, M. M., & Nijkamp, P. (1993). *Geographic Information Systems Spatial Modelling and Policy Evaluation*. Berlin: Springer Verlag.
- Fricke, K., Turk, T., & Vogtmann, H. (1994). Die Sammlung von Bioabfällen. *Müll und Abfall 5/94*, S. 1 ff.
- Fuchs, H. (2009). *Geoinformatik und Geoinformationssysteme*. Wien: Vorlesungsunterlage.
- Fuchs, H., & Mattiuzzi, M. (2010). *Geodatenmanagement*. Wien: Vorlesungsunterlage.
- Gallenkemper, B., & Doedens, H. (1994). *Getrennte Sammlung von Wertstoffen des Hausmülls; abfallwirtschaftliche Grundlagen und ausgewählte Verfahren der getrennten Sammlung* (2. Ausg.). Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH&Co.
- Gemeinde Klosterneuburg. (2000). *Abfallwirtschaftsbericht Klosterneuburg*. Klosterneuburg: Gemeinde Klosterneuburg.
- Gemeinde Klosterneuburg. (2009). *Abfallwirtschaftsbericht Klosterneuburg*. Klosterneuburg: Gemeinde Klosterneuburg.
- GV Krems. (2010). *Abfallverband NÖ*. Abgerufen am 19. 03 2011 von http://195.58.166.60/noeav/user/vb_kr/dokumente/Abfallinfo_1_2010.pdf
- IFES - Institut für empirische Sozialforschung. (2006). *Abfallwirtschaft und Entsorgungsbetriebe in Österreich*. Wien: IFES.
- Institut für Strategieanalysen. (2009). *Die österreichische Entsorgungswirtschaft - Daten und Fakten*. Wien: Institut für Strategieanalysen.

- Kapsa, K. (2010). *Verfahren für die Systembewertung und Ableitung der Optimierungspotenziale für Entsorgungssysteme am Beispiel eines polnischen Zweckverbandes*. Berlin: Technische Universität Berlin.
- Keenan, P. (1997). *Using a GIS as a DSS Generator*. Abgerufen am 20. September 2010 von http://mis.ucd.ie/staff/pkeen/gis_as_a_dss.html
- Kels, P. (2006). *TU Darmstadt, Informatik*. Abgerufen am 10. Juni 2010 von http://www.st.informatik.tu-darmstadt.de/:8080/lehre/ws06/se/tg/Vortrag_Experteninterview.pdf
- Kössler, W., Promberger, K., & Waidhofer, S. (2004). *Branchenanalyse der österreichischen Entsorgungsbranche*. Innsbruck: Forschungsinstitut für nachhaltiges Wirtschaften.
- Lechner, P., & Huber-Humer, M. (2004). Abfallwirtschaft - Denken in natürlichen Systemen. In P. Lechner (Hrsg.), *Kommunale Abfallentsorgung* (S. 13-28). Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.
- Lederer, J. (2006). *Erhebung zur Bewirtschaftung biogener Abfälle in Tirol*. Wien: Institut f. Bauingenieurwesen an der TU Wien.
- Mallee, T. (2003). *Softwaregestützte Angebotsberechnung in der kommunalen Entsorgungssammellogistik*. Stuttgart: Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart.
- Mansfeld, W. (1998). *Satellitenortung und Navigation - Grundlagen und Anwendung globaler Satellitennavigationssysteme*. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg-Verlag.
- Medwedeff, A. (2000). *GIS-unterstützte Tourenplanung in der Abfallwirtschaft am Beispiel Wiens*. Wien: Grund- und Integrativwissenschaftliche Fakultät Universität Wien.
- Mieg, H. A., & Näf, M. (2005). *Experteninterviews in den Umwelt- und Planungswissenschaften: Eine Einführung und Anleitung*. Zürich: Institute of Human-Environment Systems ETH Zürich.
- Monmonier. (1995). *A Case Study in the Misuse of GIS: Siting a Low-Level radioactive Waste Disposal Facility in New York State*. (H. J. Onsrud, Herausgeber) Abgerufen am 21. März 2005 von <http://www.spatial.maine.edu/tempe/Monmonier.html>
- NÖ AWG. (1992). *NÖ Abfallwirtschaftsgesetz. LGBI 8240-0*. St. Pölten: Landesregierung Niederösterreich.
- Obersteiner, G., & Schneider, F. (2006). *NÖ Restmüllanalysen 2005/2006*. Wien: Amt der NÖ Landesregierung Abteilung Umweltwirtschaft und Raumordnungsförderung.
- Ogra, A. (2003). *Logistics Management and Spatial Planning for Solid Waste Management System using GIS*. Abgerufen am 19. Februar 2011 von <http://www.gisdevelopment.net/application/urban/overview/ma03136.htm>
- Paessens, H. (1991). *Tourenplanung bei der regionalen Hausmüllentsorgung*. Karlsruhe: Universität (TH) Karlsruhe.
- Puck, C., & Szlezak, E. (2003). *Kompostaktivitäten in Niederösterreich 2001*. St. Pölten: Amt d. NÖ Landesregierung.

- Raninger, B. (1995). *Sammlung und Verwertung kommunaler biogener Abfälle in Österreich*. Wien: Bundesministerium für Umwelt, Schriftenreihe der Sektion III, Band 21.
- Salhofer, S. (2001). *Kommunale Entsorgungslogistik; Planung, Gestaltung und Bewertung entsorgungslogistischer Systeme für kommunale Abfälle*. Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH&Co.
- Salhofer, S. (2004). Abfallaufkommen und Abfallsammlung. In P. Lechner (Hrsg.), *Kommunale Abfallentsorgung* (S. 286-326). Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.
- Salhofer, S., Schneider, F., & Wassermann, G. (2002). Ökologische Relevanz der Transportlogistik in der Abfallwirtschaft. *Waste Reports 10*. Wien: Universität für Bodenkultur, Institut für Abfallwirtschaft.
- Scheuerer, S. (2004). *Neue Tabusuche-Heuristiken für die logistische Tourenplanung bei restringierendem Anhängereinsatz, mehreren Depots und Planungsperioden*. Regensburg: Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Regensburg.
- Schilcher, M., & Donaubauer, A. (2002). GIS-Bedarf im kommunalen Bereich. In R. Bill (Hrsg.), *Kommunale Geo-Informationssysteme. Basiswissen, Praxisberichte und Trends* (S. 22-41). Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag.
- Scholl, A., Krispin, G., & Klein, R. (1997). Optimieren auf Bäumen: je beschränkter, desto besser. *c't 10/97*, S. 336-339.
- Shanmugan, S. (2005). *Digital urban management programme - Evolution of Bangalore GIS model*. Abgerufen am 20. September 2010 von <http://www.gisdevelopment.net/application/urban/products/urbanp0005pf.htm>
- Silvan, E. (2005). Elektronik in modernen Kommunalfahrzeugen - Aktuelle Situation, BUS-Systeme, Schnittstellen, Normen. In A. Urban, G. Halm, & M. Weber (Hrsg.), *Optimierung der Abfall-Logistik, Kasseler Abfall-Logistik-Tage* (S. 25-40). Kassel: Kassel University Press.
- Statistik Austria. (2010). Leistungs- und Strukturstatistik. Wien.
- Toth, Z. (2007). *Kennzahlen zur Unterstützung der Planung und Optimierung der Entsorgungslogistik*. Rostock: Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik, Universität Rostock.
- Trabandt, R. (2005). GPS-Einsatz im Bereich der Entsorgungswirtschaft. In A. Urban, G. Halm, & M. Weber (Hrsg.), *Optimierung der Abfall-Logistik, Kasseler Abfall-Logistik-Tage* (S. 121-132). Kassel: Kassel University Press.
- Verheyen, F. (2005). Fuhrparkkennzahlen als Controlling-Instrument für die Entsorgungswirtschaft. In A. Urban, G. Halm, & M. Weber (Hrsg.), *Optimierung der Abfall-Logistik, Kasseler Abfall-Logistik-Tage* (S. 137-148). Kassel: Kassel University Press.
- Wiemer, K., & Sprick, W. (1996). Die Bedeutung der Eigenkompostierung im Gesamtkonzept der biol. Abfallbehandlung. In Wiemer (Hrsg.), *Abfallwirtschaft - Neues aus Forschung und Praxis - Biologische Abfallbehandlung III* (S. 139-159). Witzhausen: M.I.C. Baeza-Verlag.

