

GIS-unterstützte Tourenplanung in der Abfallwirtschaft am Beispiel Wiens

Diplomarbeit zur Erlangung des
Magistergrades der Naturwissenschaften

an der

Grund- und Integrativwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Wien

Studienrichtung Geographie

eingereicht von

Ing. Alexandra Medwedeff

Wien, Mai 2000

Lernen ist wie Rudern gegen den Strom.

Hört man damit auf, treibt man zurück

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
1. Einleitung	3
2. Abfallwirtschaft in Wien	6
2.1. Historische Entwicklung	6
2.2. Rechtliche Grundlagen	8
2.3. Theoretische Grundlagen der Abfallsammlung.....	9
2.3.1. Definitionen.....	9
2.3.2. Sammelsysteme	9
2.4. Praxis der Abfallsammlung in Wien	11
2.4.1. Leistungsdaten der MA48	11
2.4.2. Sammellogistik der MA48	15
2.5. IST-Stand der Tourenplanung	17
2.5.1. Behälter- und Streckendatenbank.....	17
2.5.1.1. Behälterdatei.....	17
2.5.1.2. Streckendatei.....	19
2.5.2. Vorgangsweise bei der Tourenplanung.....	21
2.5.2.1. Benötigte Arbeitszeit für die Tourenplanung.....	23
3. Grundlagen Geographischer Informationssysteme	25
3.1. Definition von Geographischen Informationssystemen.....	25
3.2. Komponenten eines GIS.....	26
3.3. Daten	27
3.3.1. Geometriedaten	27
3.3.1.1. Vektordaten	28
3.3.1.2. Rasterdaten	28
3.3.2. Sachdaten.....	30
3.3.3. Datenverwaltung.....	32
3.3.4. Darstellung der Daten	34
3.4. Funktionalität	35
3.5. Anwendungsmöglichkeiten	36
3.6. Kosten eines GIS.....	37

4. GIS für die Tourenplanung in der Abfallwirtschaft.....	39
4.1. Allgemeine Tourenplanungsprobleme	39
4.1.1. Definitionen.....	39
4.1.2. Lösungsansätze von Tourenproblemen	40
4.2. Zielsetzung eines Tourenplanungs-GIS.....	43
4.3. Datengrundlagen in Wien	43
4.3.1. Adreßverortung.....	43
4.3.2. Räumliches Bezugssystem Wien (RBW)	45
4.3.2.1. RBW-Straßennetz	45
4.3.2.2. RBW-Blockstruktur	45
4.3.3. Mehrzweckkarte.....	46
4.3.4. Kosten für die Datengrundlagen	47
4.4. Funktionalitäten	48
4.4.1. Stammdatenverwaltung	48
4.4.2. Nutzung des Layerprinzips.....	49
4.4.3. Informationen für den Disponenten.....	50
4.4.4. Berücksichtigung der Restriktionen.....	51
4.4.5. Algorithmus der Tourenplanung.....	52
4.4.6. Manuelle Eingriffe	53
4.4.7. Behälterinformationen.....	54
4.4.8. Auswertemöglichkeiten	55
4.4.9. Weitere Funktionalitäten	56
4.5. Einführung eines Tourenplanungs-GIS in der Abfallwirtschaft	56
4.5.1. Projektmanagement.....	56
4.5.2. Implementierung	56
4.5.2.1. Konzeption	57
4.5.2.2. Softwareauswahl	57
4.5.2.3. Installation/Betrieb	58
4.5.2.4. Nutzung.....	58
4.5.3. Datenaufbereitung und -bereitstellung	59
4.5.4. Akzeptanz	60
4.5.5. Kosten versus Einsparungen	61
4.6. Problemfelder	63
4.6.1. Softwareauswahl.....	63
4.6.2. Personal	63

4.6.3. Verbindung Geometrie- und Sachdaten.....	64
4.7. Nutzungen eines GIS in der Abfallwirtschaft über die Tourenplanung hinaus	64
4.7.1. Strategische Planungen.....	65
4.7.2. Bürgerinformation	67
4.7.3. Flottenmanagement.....	68
5. Marktforschung und Produktvergleich.....	70
5.1. GIS-Systeme und ihre Module.....	71
5.1.1 ARC/INFO, ArcView.....	71
5.1.2. MapInfo.....	73
5.2. Tourenplanungssoftware für die Abfallwirtschaft	74
5.2.1. System A C S.....	74
5.2.1.1. Gebührenveranlagung	75
5.2.1.2. Tourenplanung.....	76
5.2.1.3. Geographisches Informationssystem	78
5.2.1.4. Weitere Funktionalitäten.....	79
5.2.1.5. Kosten.....	80
5.2.1.6. Erfahrungsberichte von Anwendern des Systems.....	80
5.2.1.7. Beurteilung des Systems speziell für einen Einsatz in der Tourenplanung	81
5.2.2. System Combitour	81
5.2.2.1. Stratour	82
5.2.2.2. Weitere Funktionalitäten.....	85
5.2.2.3. Kosten.....	86
5.2.2.4. Erfahrungsberichte von Anwendern des Systems.....	86
5.2.2.5. Beurteilung des Systems speziell für einen Einsatz in der Tourenplanung	87
5.2.3. System Intertour/Entsorgung	87
5.2.3.1. Stammdatenverwaltung	88
5.2.3.2. Tourenplanung.....	89
5.2.3.3. Weitere Funktionalitäten.....	91
5.2.3.4. Kosten.....	91
5.2.3.5. Erfahrungsberichte von Anwendern des Systems.....	92
5.2.3.6. Beurteilung des Systems speziell für einen Einsatz in der Tourenplanung	93
5.2.4. Vergleich der untersuchten Softwareprodukte	93
6. Zusammenfassung.....	97
7. Literatur	99

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1.-1:	Der „Mistbauer“ am Karmeliterplatz um die Jahrhundertwende	6
Abb. 2.3.2.-1:	Schematische Darstellung der Sammeltätigkeit	11
Abb. 2.4.1.-1:	Gesammelte Restmüll- und Altstoffmengen von 1969 bis 1998	13
Abb. 2.4.2.-1:	Ableerstellen für Rest-, Spitalmüll und Altstoffe in Wien.....	17
Abb. 2.5.1.1.-1:	Haupteingabefenster der Behälterdatei	18
Abb. 2.5.1.2.-1:	Fenster der Streckendatei mit den enthaltenen Informationen.....	20
Abb. 3.3.1.2.-1:	Geometriedaten und deren graphische Ausgestaltung.....	29
Abb. 3.3.2.-1:	Verknüpfung von Geometrie- mit Sachdaten bei Vektordaten.....	31
Abb. 3.3.2.-2:	Verknüpfung von Geometrie- mit Sachdaten bei Rasterdaten	32
Abb. 3.3.3.-1:	Aufbau eines Datenbanksystems	33
Abb. 3.3.4.-1:	Layer eines Informationssystems	35
Abb. 3.6.-1:	Kosten eines GIS.....	37
Abb. 4.3.3.-1:	Ausschnitt der Raster-Mehrzweckkarte	47
Abb. 4.4.2.-1:	Behälterdarstellung nach dem Layerprinzip.....	50
Abb. 4.4.7.-1:	Behälterinformation im graphischen Ausgabefenster	55
Abb. 5.2.1.-1:	Module des Systems A C S	74
Abb. 5.2.1.1.-1:	Eingabemaske des Moduls Gebührenveranlagung, System A C S.....	76
Abb. 5.2.1.2.-1:	Eingabemaske des Moduls Tourenplanung, System A C S.....	77
Abb. 5.2.1.3.-1:	Darstellung einer Tour im geographischen Informationssystem A C S-GeoInfo	79
Abb. 5.2.2.1.-1:	Eingabemaske für die Auftragsannahme, System Stratour	83
Abb. 5.2.2.1.-2:	Graphische Visualisierung von Touren in Stratour	84
Abb. 5.2.3.2.-1:	Ausgabefenster für die Tourenplanung, System Intertour	91

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.4.1.-1:	Restmüll- und Altstoffmengen in Wien 1998.....	12
Tab. 2.4.1.-2:	Anzahl der eingesetzten Behälter 1998	14
Tab. 3.3.1.2.-1:	Unterschiede zwischen Vektor- und Rasterdaten.....	30
Tab. 4.1.2.-1:	Laufzeitverhalten von Algorithmen.....	41
Tab. 4.1.2.-2:	Heuristische Verfahren für Standardprobleme der Tourenplanung.....	42
Tab. 5.2.4.-1:	Vergleich der Systeme A C S, Combitour und Intertour/Entsorgung bezüglich der wichtigsten Merkmale	95

Vorwort

Da ich schon seit längerer Zeit als Umwelttechnikerin in der Magistratsabteilung 48 - Abfallwirtschaft tätig bin, entschloss ich mich, für die Diplomarbeit das Thema meines Studiums mit dem meines Berufs zu verbinden und so eine besonders praxisrelevante Arbeit zu erstellen. Dabei stieß ich auf das Problem der Tourenplanung in der Abfallwirtschaft, wo Geographische Informationssysteme Verwendung finden können und machte dies zum Thema der vorliegenden Arbeit.

So entstand diese Diplomarbeit am Institut für Wasserversorgung, Gewässerökologie und Abfallwirtschaft der Universität für Bodenkultur in Wien. Für die kritische Betreuung und die zahlreichen weiterführenden Anmerkungen möchte ich an dieser Stelle ganz besonders Professor Peter Lechner und Stefan Salhofer danken.

Weiters möchte ich folgenden Anbietern von Tourenplanungssoftware für die zur Verfügungstellung von Unterlagen danken: IVU – Gesellschaft für Informatik, Verkehrs- und Umweltplanung mbH Deutschland und Dr.Städler Transport Consulting GmbH, Nürnberg. Für die persönliche Vorführung ihrer Software danke ich besonders Herrn Burger von der Firma Umweltdata und Herrn Fabian von der Firma Ecoconsult. Ein wichtiger Bestandteil der Arbeit sind auch die Erfahrungsberichte der Anwender, wofür ich Herrn Rohr von den Berliner Stadtreinigungsbetrieben, Herr Gschwentner und Herrn Roland vom den Stadtbetrieben Linz, Herrn Röhrich vom Amt für Abfallwirtschaft in München, Herrn Weising von der Frankfurter Entsorgungs- und Servicegesellschaft und Herrn Singer von der Stadtreinigung Dresden ganz besonders für ihre freundlichen und ausführlichen Auskünfte danken will.

Ganz besonders möchte ich die Unterstützung der Magistratsabteilung 48 - Abfallwirtschaft bei der Erstellung dieser Arbeit hervorheben. Geduldig haben meine Mitarbeiter in den letzten Wochen zahlreiche Fragen zum Thema Tourenplanung beantwortet. Ein besonderer Dank gebührt meinem Chef - Herrn Siebenhandl - der mein Studium und diese Arbeit durch sein großes Interesse an meiner Fortbildung möglich gemacht hat.

Ein besonderer Dank gebührt auch allen jenen meiner Studienkollegen, die mich während meines Studiums regelmäßig mit Skripten und Informationen versorgt haben. Ohne diese kollegiale Einbindung in die Studentenschaft der Geographen, obwohl ich wegen meiner Berufstätigkeit nicht oft auf dem Institut anwesend sein konnte, wäre dieses Studium nicht möglich gewesen. Weiters danke ich meinen

Freunden, die sich in den letzten Monaten geduldig meine Ausführungen über diese Arbeit angehört und mir durch kritische Bemerkungen weitergeholfen haben.

Für die Geduld und die liebevolle Unterstützung während der letzten drei Jahre meines Studiums möchte ich vor allem meinem Freund Andreas Winter danken. Er war immer für mich da, wenn es Hürden zu überwinden galt und nahm mir wie selbstverständlich Erledigungen vor allem bürokratischer Art ab.

Last but not least möchte ich meiner Familie, meinen Eltern Helga und Wladimir und meinem Bruder Thorsten sowie meiner Schwägerin Elisabeth für ihre Unterstützung danken. Vor allem in schweren Zeiten haben sie mir beigestanden und hatten immer ein offenes Ohr für meine Probleme.

Alexandra Medwedeff

Wien, Mai 2000

1. Einleitung

Die Magistratsabteilung 48 – Abteilung Abfallwirtschaft (im folgenden als MA48 bezeichnet) ist als Teil der Stadtverwaltung Wien für die Sammlung, Behandlung und Entsorgung der Abfälle aus privaten Haushalten verantwortlich.

In den letzten zwei Jahrzehnten wurden immer neue Anforderungen an die MA48 gestellt. Aus der relativ einfachen Aufgabe, den Abfall der Stadt zu sammeln, wurde ein vielfältiges Aufgabenfeld, welches zudem immer mehr von staatlicher Seite durch Gesetze und Verordnungen beeinflusst wird. Hinzu kam als große Neuerung die Einführung der getrennten Sammlung von fünf verschiedenen Altstofffraktionen (und natürlich auch deren Verwertung), ferner die Erfassung von Spezialfraktionen (Elektronikschrott, Sperrmüll, Bauschutt etc.) auf dezentralen „Mistplätzen“. Gleichzeitig drängen immer mehr private Entsorger auf den Markt, vor allem bei der Sammlung und Verwertung von gewerblichen Abfällen, gegen die sich die MA48 behaupten muss. So hat die MA48 in letzter Zeit auch moderne Managementsysteme eingesetzt, um ihre Konkurrenzfähigkeit zu steigern: 1998 wurde ein Qualitätsmanagementsystem nach ISO9002 eingeführt, derzeit wird gemeinsam mit Abfallwirtschaftsexperten in einer Strategischen Umweltprüfung ein „Abfallwirtschaftsplan Wien“ erarbeitet.

Eine der wichtigsten Aufgaben der MA48 ist immer noch das tägliche Einsammeln des Abfalls im gesamten Stadtgebiet. Hierzu sind 266 Fahrzeuge auf ebenso vielen Strecken im Einsatz, rund 200.000 Restmüllbehälter und rund 150.000 Altstoffbehälter müssen mindestens ein und bis zu sechs Mal pro Woche entleert werden. Eine enge Zusammenarbeit mit der Betriebsstelle garantiert das reibungslose Funktionieren dieser Arbeiten. Aufgrund der enormen Datenmengen bietet sich dieses Aufgabenfeld der MA48 für den Einsatz von Computerprogrammen an. Die elektronische Datenverarbeitung unterstützt jetzt schon die Verarbeitung der Datensätze für die Behälter- und Streckenverwaltung.

Für die Streckenverwaltung existiert derzeit eine Datenbank auf Progress Basis, jedoch die Tourenplanung für neue Strecken wird meist analog anhand der Stadtkarte vorgenommen. Gerade für diesen wichtigen Arbeitsschritt bietet sich der Einsatz eines Geographischen Informationssystems (kurz GIS) an. Die Möglichkeiten eines solchen GIS soll in dieser Arbeit aufgezeigt werden.

Dabei wird keine mathematische Tourenplanung im klassischen Sinn vorgenommen. Vielmehr werden die Daten der vorhandenen Datenbank (die ja schon bestehende Touren enthält) in ein GIS übernommen und visualisiert. In weiterer Folge kann bei Änderungen der Touren das GIS als wichtiges Werkzeug

zu den Arbeiten herangezogen werden und nach und nach die analogen und listenbezogenen Planungsmethoden ersetzen.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, kommunalen Entscheidungsträgern das Potential der Geoinformationstechnologie und die Vorteile und Nachteile eines Einsatzes von geographischen Informationssystemen für die Tourenplanung anhand des Beispiels Wien vor Augen zu führen.

Die Konzeption einer GIS-unterstützten Tourenplanung für die Abfallwirtschaft in Wien wurde theoretisch erarbeitet und bildet somit eine fundierte Basis für ein detaillierteres Pflichtenheft für die EDV-Programmierung. Die praktische Umsetzung erfordert jedoch eine strategische Entscheidung der MA48 in diese Richtung und würde über diese Arbeit hinausgehen.

Da in dieser Arbeit zwei unterschiedliche Fachgebiete miteinander verbunden werden, werden diese beiden Fachgebiete zuerst erläutert.

Als erstes wird der Stand der Abfallwirtschaft in Wien näher erläutert. Um den Einsatz eines GIS planen zu können, müssen die Voraussetzungen durchleuchtet werden. Somit wird die Entwicklung der Abfallwirtschaft mit ihren gesetzlichen Rahmenbedingungen im ersten Kapitel dargestellt. Weiters wird das Abfallwirtschaftssystem als solches erklärt, damit die Wege, die die Fahrzeuge täglich zurücklegen müssen, deutlich werden. Dazu gehören sowohl die Rahmenbedingungen der Sammlung als auch die diversen Ableer- und Umladestellen für die unterschiedlichen Stoffe im gesamten Stadtgebiet.

Ein Unterkapitel stellt die Beschreibung der derzeitigen Progress Datenbank sowie der derzeitigen Vorgangsweise bei der Tourenplanung dar.

Für kommunale Entscheidungsträger ist es weiters wichtig, erst einmal grundsätzlich über die Funktionsweise eines GIS aufgeklärt zu werden. Deshalb widmet sich das zweite Kapitel diesem Thema. Dabei werden die Komponenten der Hardware, der Dateneingabe, der Datenwartung, der Basisdaten etc. möglichst klar und einfach erläutert.

Das folgende Kapitel verbindet die Grundlagen aus den ersten beiden Kapiteln miteinander. Grundsätzliche Überlegungen für die Erstellung eines Tourenplanungs-GIS werden dargestellt, darunter z.B. Datengrundlagen, die in Wien zur Verfügung stehen, Schnittstellen mit der schon bestehenden Datenbank, Funktionalitäten, die das System erfüllen muss, zu erwartende Probleme und Kosten des Systems. Weiters werden organisatorische Aspekte der GIS-Einführung in der MA48 ausgeführt.

Als Schlussbetrachtung dieses Kapitels wird eine weitergehende Analyse für die Nutzung des GIS in der Abfallwirtschaft durchgeführt, nämlich nicht nur als Tourenplanungsinstrument, sondern als multi-funktionales Informationssystem zur Unterstützung von Entscheidung, dessen Anforderungen und Einsatzgebiet kurz beschrieben wird.

Im letzten Kapitel wird das Ergebnis einer Marktforschung dargestellt werden, bei der am Markt befindliche GIS-Standardsoftwareprodukte sowie darauf aufsetzbare "customized applications" (nach Anforderung programmierte Zusatzmodule) und GIS-basierte Tourenplanungsprogramme (Spezialsoftware) kritisch analysiert wird. Dabei werden Datengrundlagen, Funktionsweise, Kosten etc. erhoben, analysiert und kritisch bewertet (was könnte das jeweilige Produkt für die Tourenplanung in der Abfallwirtschaft leisten bzw. welche Defizite weist es auf).

Zusammenfassung und Ausblick beschließen diese Arbeit.

2. Abfallwirtschaft in Wien

2.1. Historische Entwicklung

Vor rund 400 Jahren erfolgte die Beseitigung des Abfalls noch wesentlich einfacher als heute. Die Bevölkerung der Stadt leerte ihren Müll auf den öffentlichen Plätzen ab, und von dort sollte er aus der Stadt gebracht werden. Doch die Bevölkerung befolgte die Anordnung der Stadt nur recht sporadisch. So schuf 1656 die Stadtverwaltung die Möglichkeit, den Hausmüll mit dem damals bereits gemeindeeigenen Straßenkehrriechwagen abtransportieren zu lassen. 1839 wurde diese Vorgangsweise verpflichtend vorgeschrieben (FRYBERT, 1993).



Abbildung 2.1-1: Der „Mistbauer“ am Karmeliterplatz um die Jahrhundertwende (FRYBERT 1993)

Vor dem ersten Weltkrieg beschlossen die Verantwortlichen in der Abfallwirtschaft, ein Umleersystem mit dicht schließenden Tonnen und einer staubdichten Entleerung einzurichten. 1923 wurde die Umstellung auf das System Colonia abgeschlossen. Die Behälter wurden in den einzelnen Häusern auf vom Sammelpersonal sowie den Hausparteien leicht zugänglichen Standplätzen aufgestellt. Von dort holte das Sammelpersonal die Behälter ab, brachte sie zum Sammelfahrzeug, entleerte sie und stellte sie wieder an ihren Platz im Haus

zurück. Die Behälter verfügten über ein Fassungsvermögen von 90 Litern. Als weiterer Modernisierungsschritt wurde 1926 vom Pferdefuhrbetrieb auf motorbetriebene Fahrzeuge umgestellt (FRYBERT, 1993).

Erst 1934 wurde die gesetzliche Grundlage für die Müllabfuhr in Wien mit der Verabschiedung des Wiener Landesgesetzes zu Müllabfuhr geschaffen. Die Müllabfuhr ist seit diesem Zeitpunkt kostenpflichtig. Dieses Tarifsystem, wobei die Gebühr nach Gefäßanzahl, Größe und Entleerrhythmus festgelegt wurde, existiert bis heute.

Ende der 50er Jahre fiel der Beschluß zur Errichtung einer Verbrennungsanlage für Abfall. Damit war der erste Meilenstein für eine moderne Abfallwirtschaft gelegt. Die Verbrennungsanlage am Flötzersteig ging mit einer Verbrennungskapazität von 200.000 t/a 1963 in Betrieb. Die Anlage versorgte einige Krankenhäuser und das Ottakringer Bad mit Heißdampf. Die zweite Verbrennungsanlage in der Spittelau ging 1971 in Betrieb und diente zunächst nur zur Versorgung des AKHs (FRYBERT, 1993).

Doch auch bei der Sammlung gab es immer wieder Veränderungen. Aufgrund der enorm steigenden Abfallmengen wurden zuerst Großbehälter, später Kunststoffbehälter zur Erleichterung des Transportes eingeführt.

Die Firma Rinter AG nahm 1981 eine Sortieranlage für Restmüll (im sogenannten „Rinterzelt“) in Betrieb. Doch diese Anlage zeigte nicht den gewünschten Erfolg, was mit einer Konkursanmeldung der Rinter AG endete. Die MA48 nutzte die Gelegenheit und erwarb das Rinterzelt für eigene Zwecke. Seitdem wurden zahlreiche Anlagen unter dem 70m hohen Dach des Zeltes installiert, angefangen von einer Sortierschiene für Kunststoffe über eine Biomaterialaufbereitung bis hin zu einer Aufbereitung für Kühlgeräte und Fernseher, so dass das Rinterzelt heute als Abfallbehandlungsanlage ein wichtiger Baustein im Gesamtsystem der Abfallwirtschaft in Wien darstellt.

Gleichzeitig wurde ab Ende der 70er Jahre die getrennte Sammlung der Altstoffe eingeführt. Nach zahlreichen Versuchen und Analysen wurde die bedeutende Zukunft solcher Systeme richtig erkannt und bis 1991 flächendeckend über das ganze Stadtgebiet ausgeweitet.

Die MA 48 ist längst nicht mehr ein reines Sammelunternehmen, welches nur Abfall einsammelt und verwertet bzw. behandelt. Zahlreiche Analysen zur Optimierung der Abfallsammlung werden im Hause durchgeführt, neue Strategien für das Management der Abfallwirtschaft werden überlegt, geplant und umgesetzt.

2.2. Rechtliche Grundlagen

Seit der Novelle der Bundesverfassung aus dem Jahre 1988 (BGBl.685/1988) gibt es in der Verfassung der Republik Österreich einen eigenen Kompetenzbestand „Abfallwirtschaft“.

Für die Abfallsammlung in Wien ist vor allem die Kompetenzverteilung auf Bund und die Länder betreffend Abfallbewirtschaftung von Bedeutung. Gefährliche Abfälle unterstehen der Kompetenz des Bundes, während die Länder für die nicht gefährliche Abfälle zuständig sind.

1990 trat das Bundesabfallwirtschaftsgesetz (AWG) (BGBl.1990/325) in Kraft, welches heute den rechtlichen Rahmen für die Abfallwirtschaft in Österreich darstellt. Seitdem wurden zahlreiche Novellierungen erlassen, die letzte 1998 (BGBl.I 1998/151). Dieses Gesetz regelt die Materie der gefährlichen Abfälle und alle jene Angelegenheiten, die einer einheitlichen Bundesregelung bedürfen. Das Abfallwirtschaftsgesetz wird durch Verordnungen (z.B. Verpackungsverordnung, Problemstoffverordnung, etc.) und Erlässe konkretisiert und ergänzt.

Als Folge der Kompetenzaufteilung zwischen Bund und Ländern erarbeiteten die neun Länder eigene Abfallwirtschaftsgesetze, die in ihrem Bundesland die Abfallbewirtschaftung der nicht gefährlichen Abfälle regeln.

Der Magistrat Wien übt aufgrund seiner Eigenschaft als Gemeinde- und Landesverwaltung auch die Funktion des Landes Wien aus und erließ 1994 das Abfallwirtschaftsgesetz der Stadt Wien (Wr.AWG) (LGBl.1994/13). Dieses regelt die Restmüll- und Altstoffsammlung, soweit diese Belange nicht schon vom Abfallwirtschaftsgesetz des Bundes bzw. deren Verordnungen und Erlässen, die auf Basis des Abfallwirtschaftsgesetzes erlassen wurden, abgedeckt sind.

In §16 des Wiener Abfallwirtschaftsgesetzes wird die Verpflichtung des Magistrates zur Sammlung der Abfälle wie folgt festgelegt: „Der Gemeinde Wien obliegt zum Schutz des öffentlichen Interesses (...) die Sammlung und Abfuhr des Mülls, der im Gebiet des Landes Wien angefallen ist, durch die öffentliche Müllabfuhr (...).“ Weiters legt das Gesetz Ausnahmen aus der Müllabfuhr fest, die Sammlung der Altstoffe, die Grundlagen für die Müllgebührenverrechnung und die Voraussetzung für Errichtung von Anlagen zur Behandlung und Verwertung von Abfall.

2.3. Theoretische Grundlagen der Abfallsammlung

2.3.1. Definitionen

Als *Abfälle* bezeichnet man „bewegliche Sachen, deren sich der Eigentümer oder Inhaber entledigen will oder entledigt hat oder deren Erfassung und Behandlung als Abfall im öffentlichen Interesse (...) geboten ist“ (§2, Abs.1, AWG).

Laut §2, Abs.2, Abfallwirtschaftsgesetz sind *Altstoffe* jene Abfälle, die wieder verwertet werden können. Sie sind jedoch solange Abfall, bis sie einer Verwendung oder Verwertung zugeführt werden.

Gefährliche Abfälle sind Abfälle, welche zum Schutz der öffentlichen Interessen (§1 Abs.3, AWG) als gefährlich gelten und somit besonderen Vorkehrungen bedürfen (§2, Abs.5, AWG). Gefährliche Abfälle werden in der „Verordnung über die Festsetzung gefährlicher Abfälle“ (BGBl.1997/227) festgesetzt.

„*Problemstoffe* sind gefährliche Abfälle oder Altöle, die üblicherweise in privaten Haushalten anfallen. Weiters gelten als Problemstoffe jene gefährlichen Abfälle oder Altöle aller übrigen Abfallerzeuger, die nach Art und Menge mit privaten Haushalten vergleichbar sind“ (§2, Abs.6, AWG).

2.3.2. Sammelsysteme

Im Abfallwirtschaftsgesetz werden folgende Grundsätze der Abfallwirtschaft definiert (§1, Abs.2, AWG):

- „1. Die Abfallmengen und deren Schadstoffgehalte sind so gering wie möglich zu halten (Abfallvermeidung),
2. Abfälle sind stofflich oder thermisch zu verwerten, soweit dies ökologisch vorteilhaft und technisch möglich ist, die dabei entstehenden Mehrkosten im Vergleich zu anderen Verfahren der Abfallbehandlung nicht unverhältnismäßig sind und ein Markt für die gewonnenen Stoffe oder die gewonnene Energie vorhanden ist oder geschaffen werden kann (Abfallverwertung),
3. Abfälle, die nicht verwertbar sind, sind je nach ihrer Beschaffenheit durch biologische, thermische oder chemisch-physikalische Verfahren sonst zu behandeln. Feste Rückstände sind möglichst reaktionsarm und konditioniert geordnet abzulagern (Abfallentsorgung).“

Aus diesen Grundsätzen wurde die Gestaltung der Abfallwirtschaftssysteme in Österreich seit Beginn der 90er Jahre abgeleitet. Historisch gewachsen (siehe auch Kapitel 2.1.) erfassten alle Systeme ursprünglich nur Restmüll. Mit den

Grundsätzen und Anforderungen an eine moderne Abfallwirtschaft wurde jedoch nach und nach die getrennte Sammlung von Altstoffen eingeführt.

Der flächendeckenden Einführung einer getrennten Sammlung ging in fast allen Fällen detaillierte Untersuchungen über die Zusammensetzung des Restmülls voraus, um das neue Sammelsystem nach den regionalen Anforderungen auslegen und die Verwertungs- und Behandlungsanlagen dementsprechend dimensionieren zu können.

Grundsätzlich können die Altstoffe gemeinsam mit dem Restmüll erfasst und später aussortiert werden oder in getrennten Behältnissen erfasst werden. Im zweiten Fall bleibt der Arbeitsaufwand für die Trennung beim Abfallerzeuger. Die Erfahrungen zeigen jedoch, dass bei einer gemeinsamen Erfassung der Altstoffe mit dem Restmüll die erforderliche Reinheit der Altstoffe für eine weitere Verwertung nicht erreicht werden kann (GALLENKEMPER, 1994). Dem System der getrennten Sammlung ist somit der Vorrang zu geben.

Grundsätzlich kann die Sammlung im Hol- oder Bringsystem erfolgen. Beim Holsystem werden die Sammelbehälter direkt von der Liegenschaft des Abfallerzeugers abgeholt. Bei Bringsystemen werden die Abfälle vom Abfallerzeuger zu haushaltsnahen Sammelstellen gebracht. Diese Sammelstellen können als Altstoffsammel-Inseln oder auch als dezentrale Sammelstellen (z.B. Mistplätze, Recyclinghöfe) gestaltet sein (SALHOFER et al., 1998). Die Ausgestaltung der Systeme erfolgt nach Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit. Materialien, die größeren Mengen anfallen, werden in Holsystemen, solche, die in geringeren Mengen anfallen, in Bringsystemen erfasst.

Sammeltouren sowohl für Restmüll als auch für die Altstoffe werden grundsätzlich nach folgendem Prinzip aufgebaut: Das Sammelfahrzeug verlässt die Garage und fährt ins erste Sammelgebiet. Dort fährt es einen Behälterstandort nach dem anderen ab, wobei die Sammelbehälter bei jedem Standort zum Fahrzeug gebracht, entleert und wieder zum Standort zurückgebracht werden. Danach fährt das Fahrzeug ins nächste Sammelgebiet usw. Wenn das Fahrzeug die höchste zulässige Nutzlast bzw. sein Füllvolumen erreicht hat, verlässt es das Sammelgebiet, um die geladene Fracht in der jeweiligen Abfallbehandlungsanlage zu entleeren. Anschließend fährt es dort wieder in das Sammelgebiet zurück, wo es vor der Unterbrechung aufgehört hat, die Behälter zu entleeren. Nach dem Entleeren des letzten Behälters der Sammeltour, entleert es abermals in der Abfallbehandlungsanlage und fährt anschließend zur Garage zurück (siehe 2.3.2.-1).

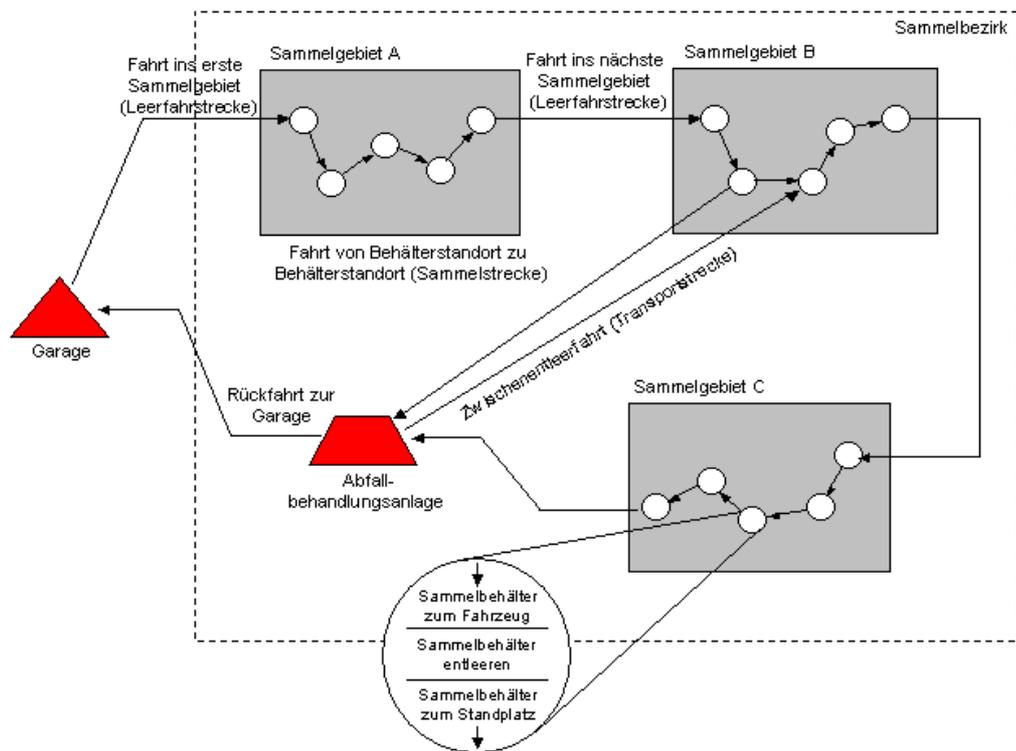


Abbildung 2.3.2.-1: Schematische Darstellung der Sammeltätigkeit (Zusammensetzung der Sammeltour) (SALHOFER et al., 1998)

2.4. Praxis der Abfallsammlung in Wien

In Wien wuchs das Abfallsammelsystem über Jahrzehnte und wurde immer wieder den aktuellen Anforderungen angepasst. Heute besteht ein äußerst komplexes System, welches im folgenden Kapitel dargestellt wird. Hier werden vor allem jene Punkte und Kennzahlen erläutert, die in nachfolgenden Kapiteln für die Tourenplanung von Relevanz sind.

2.4.1. Leistungsdaten der MA48

Im Jahr 1998 wurden von der MA48 insgesamt 873.842 Tonnen Restmüll und Altstoffe gesammelt, davon konnten 344.370 Tonnen getrennt erfasst werden (MAGISTRATSABTEILUNG 48, Stadt Wien, 1999). Diese Mengen beinhalten sowohl die Sammlung aus Haushalten sowie die Anlieferungen an die Deponie, die Abfallbehandlungsanlage und die Müllheizkraftwerke (siehe Tabelle 2.4.1.-1)

1998 Massen in Tonnen	MÜLL	getrennt gesammelt 1	Nachträglich aussortiert 2	Summe 1 + 2
Systemmüllsammlung (120l- bis 4.400l-Behälter)	469.118		10.276 1)	10.276
Muldenabfuhr (9m ³ - 24m ³ Container)				
Gewerbemüll, Marktabfälle, etc.	11.225			
Sperrmüll von Mistplätzen	22.924			
Bauschutt von Mistplätzen		51.276		51.276
Sperrmüllsammlung (LKW-Abfuhr)	3.386	2.750		2.750
Spitalmüll-Abfuhr	12.185			
Getrennte Altstoffsammlung		150.999		150.999
Altstoffsammlung auf Mistplätzen		30.035		30.035
Altstoffe – sonstige		2.949	640 2)	3.589
Kompostmaterial – getr. Sammlung		69.645		69.645
Kompostmaterial von Mistplätzen		5.984		5.984
Kompostmaterial – sonstiges		1.066		1.066
Problemstoffsammlung		1.798		1.798
Kühlgeräte		997		997
Zwischensumme Sammlung	518.838	317.499	10.917	328.416
Sammelleistung der MA48	836.337		davon 328.418 getr. erf.	
Fremdanlieferungen zur ABA-Müll	1.304		20 4)	20
Fremdanl. zur ABA-Altstoffe		7.341		7.341
Fremdanl. zur ABA-Kompost		5.928		5.928
Fremdanl. z. ABA-Problemstoffe		25		25
Fremdanl. z. ABA-Kühlgeräte		317		317
Fremdanl. zu MVA Flötzersteig	3.722			
Fremdanl. zu MVA Spittelau	1.682			
Fremdanl. zur Deponie Rautenweg	14.869		6 3)	6
MA48 - Kfz-Wracks		2.318		2.318
Zwischensumme Samml. & Anlief.	540.415	333.428	10.943	344.370
Summe Müll und Altstoffe	873.842		davon 344.370 getr. erf.	
Reststoffe priv. Verbrennungsanl.	2			
Asche und Schlacken	145.101			
Zuschlagstoffe f. Schlackenbeton	31.294			
MA48 Strassenreinigung	29.269			
Sandfangmaterial	5.825			
Bauschutt und Aushub	65.966			
Deponiebaumat. (Humus & Kompost)	987			

Anmerkung: 1) Metallschrott aus der Magnetabscheidung in Müllheizwerken und ABA
2) Auf der Deponie Rautenweg aussortierte Altstoffe
3) Auf der Deponie Rautenweg aussortierte Problemstoffe
4) Aussortierung von Problemstoffen aus Fremdanlieferungen

**Tabelle 2.4.1.-1: Restmüll- und Altstoffmengen in Wien 1998
(MAGISTRATSABTEILUNG 48, Stadt Wien, 1999)**

Über die Sammlung in Behältern auf Strecke wurden 469.118 Tonnen Restmüll und 215.543 Tonnen Altstoffe erfasst (MAGISTRATSABTEILUNG 48, Stadt Wien, 1999). Sieht man sich die zeitliche Entwicklung dieser Zahlen seit 1969 an (siehe Abb. 2.4.1.-1), so kann man feststellen, dass zwar die Gesamtabfallmenge über die Jahre immer stetig angestiegen ist. Aufgrund der Einführung der getrennten Sammlung stagniert jedoch die Menge des Restmülls, wogegen die Menge an gesammelten Altstoffen weiter ansteigt. Daraus folgt jedoch auch, dass der Aufwand für die getrennte Sammlung und somit auch die Tourenplanung und Behältermanipulation stetig angestiegen ist.

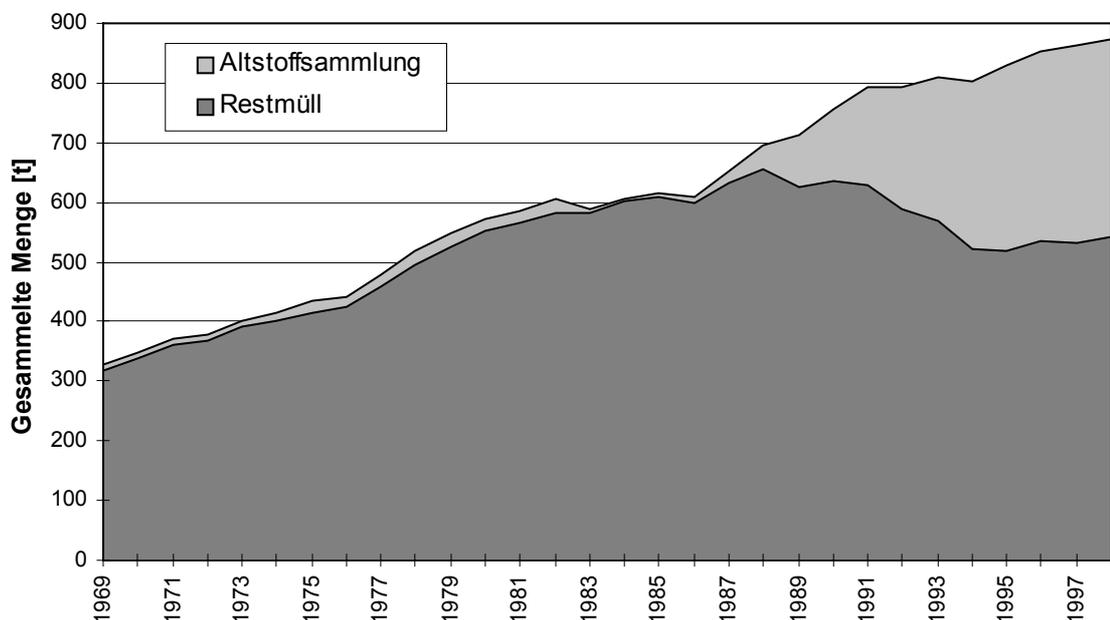


Abbildung 2.4.1.-1: Gesammelte Restmüll- und Altstoffmengen von 1969 bis 1998 (persönliche Auskünfte, MA48)

Von der gesammelten Abfallmenge wurden 1998 49% einer thermischen Verwertung, 30% einer stofflichen Verwertung, 9,5% einer Kompostierung und 11,5% einer Deponierung zugeführt, wobei ein Teil der Mengen in eigene Anlagen der MA48 und der Rest in Fremdanlagen verbracht wurde (siehe dazu Kapitel 2.4.2.) (MAGISTRATSABTEILUNG 48, Stadt Wien, 1999).

Im Jahre 1998 waren in Summe 200.409 Systemmüllsammelbehälter verschiedener Größen (120l, 240l, 770, 1.100l, 2.200l und 4.400l) für die Sammlung des Restmülls im Einsatz. Diese Behälter werden mindestens einmal wöchentlich entleert, können bei Bedarf jedoch auch mehrmals täglich entleert werden. Für die getrennte Altstoffsammlung waren 1998 insgesamt 153.439

Behälter der Größen 120l, 240l, 770l und 1.100l im Einsatz. Diese werden je nach Materialanfall einmal monatlich bis zu täglich entleert. Zusätzlich stehen für die Erfassung der Abfälle von Spitälern insgesamt 612 Behälter der Größen 770l und 1.100l auf Strecke (MAGISTRATSABTEILUNG 48, Stadt Wien, 1999). Als Eckdaten für eine Tourenplanung müssen vor allem folgende Werte betrachtet werden: es befinden sich rund 350.000 Behälter auf Strecke, rund 23 Mio. Entleerungen müssen jährlich durchgeführt werden, das sind rund 90.000 pro Tag.

Restmüll und Altpapier wird dabei im Holsystem, alle anderen Altstoffe im Bringsystem gesammelt. Die Sammlung biogener Abfälle nimmt hierbei eine Sonderstellung ein: im innerstädtischen Gebiet werden diese im Bringsystem, in den locker bebauten Gebieten mit viel Grünflächen im Holsystem erfasst.

Tabelle 2.4.1.-2 zeigt die Anzahl der eingesetzten Behälter.

Fraktion	120l	240l	770l	1100l	2200l	4400l	Summe
Restmüll	101.361	58.195	7.045	27.247	6.417	144	200.409
Altpapier	3.362	53.377	19.487	1.634	-	-	77.860
Altglas	-	12.452	4.842	259	-	-	17.553
Altmetalle	-	3.245	2.917	-	-	-	6.162
Altkunststoffe	-	3.399	5.103	-	-	-	8.502
Biotonne	744	37.405	5.213	-	-	-	43.362
Spitalmüll	-	-	1	611	-	-	612
Summe	105.467	168.073	44.608	29.751	6.417	144	354.460

Tabelle 2.4.1.-2: Anzahl der eingesetzten Behälter 1998 (persönliche Auskünfte, MA48)

Für die Entleerung der Behälter waren mit 31.12.1999 für die Restmüll-, Spitalmüll- und Altstoffsammlung insgesamt 266 Strecken in Betrieb.

Für eine Sammelstrecke legt ein Sammelfahrzeug im Schnitt pro Tag 75 km zurück, fährt rund 200 Behälterstandplätze an und das zugehörige Personal entleert im Schnitt 260 Behälter. Die Anzahl der entleerten Behälter und angefahrenen Standplätze differieren jedoch stark nach Art der Strecke. Strecken, welche Kleingefäße entleeren, können bis rund 550 Standplätze täglich anfahren,

während Strecken, welche Großgefäße entleeren nur auf rund 60 Standplätze pro Tag kommen.

Weiters muss an dieser Stelle hinzugefügt werden, dass mit Gewerkschaft der MA48 Behälterlimits (Obergrenze der Anzahl der zu entleerenden Behälter pro Streckentag) für Restmüllstrecken vereinbart sind. Dies soll sicherstellen, dass die Arbeiter bei dieser schweren körperlichen Arbeit nicht überfordert werden. Auf Strecken, die 120l- und 240l-Behälter entleeren, betragen die Behälterlimits 700 Behälterentleerungen für Strecken mit fünf Arbeitern und 660 Behälterentleerungen für Strecken mit 2 Arbeitern. Auf Strecken, die 770l- und 1100l Großcontainer laden, betragen die Limits 180 Behälterentleerungen und für die Strecken, die für die Entleerung von 2200l- und 4400l Behälter zuständig sind, 140 Behälterentleerungen pro Tag. Bei Altstoffstrecken sind keine Behälterlimits festgelegt, hier gilt nur die einzuhaltende Arbeitszeit als limitierender Faktor.

2.4.2. Sammellogistik der MA48

Grundsätzlich läuft ein Sammeltag einer Tour der MA48 für alle Fraktionen gleich ab. Für jede Fraktion werden zwar separate Touren, jedoch nach ähnlichen Gesichtspunkten zusammengestellt.

Das Sammelfahrzeug verlässt die Garage und fährt zuerst zu einer sogenannten Unterkunft, wo das Sammelpersonal abgeholt wird. Unterkünfte bieten für das Sammelpersonal Umzieh- und Duscmöglichkeiten, darüber hinaus sind sie mit einer Küche und Sitzgelegenheiten für die Pausenzeiten ausgestattet. Von dort fährt die gesamte Sammelmansschaft ins Sammelgebiet und zum ersten zu entleerenden Behälter. Danach werden laut Einteilung der Dienststelle (Tourenliste) alle Behälter der Reihe nach entleert, bis das Sammelfahrzeug seine höchst zulässige Nutzlast bzw. Volumengrenze erreicht.

Anschließend bringt der Lenker das Ladepersonal für die Pause wieder in die Unterkunft zurück und fährt zur Ableerstelle. Dann holt er das Ladepersonal wieder von der Unterkunft ab. Anschließend werden die Behälter auf Strecke weiter entleert, wo die Tour unterbrochen wurde. Für eine Tourenplanung wichtig ist hierbei, dass der Zeitpunkt und Ort der Sammelunterbrechung zwecks Ableerung nicht genau vorausgesagt werden kann, da dies vom Füllgrad der bereitgestellten Behälter abhängt. Bei Touren, die sehr schon über einen längeren Zeitraum nach der selben Tourenliste fahren, kann man diese Sammelunterbrechung auf einen Straßenzug, das sind rund 50 Adressen, eingrenzen.

Für jede Entleerung wird nun nach oben erläuterten Art vorgegangen, in den meisten Fällen sind zwei, seltener drei oder vier Entleerungen pro Tag nötig. Nach dem Entleeren des letzten Behälters der Tour, bringt der Lenker das Ladepersonal wieder in die Unterkunft retour, fährt das letzte Mal entleeren und kehrt dann selber wieder in die Garage zurück.

Je nach den einzelnen Sammelgebieten sind die Anfahrtsstellen d.h. die Garagen, von denen die Sammelfahrzeuge starten, unterschiedlich. Derzeit existieren acht unterschiedliche Anfahrtsorte (Garagen und deren Dependancen) im 5., 11., 17., 19., 20. und 22. Wiener Gemeindebezirk. Weiters gibt es 50 verschiedene Unterkünfte, wo das Ladepersonal stationiert ist. Jeder Unterkunft sind je nach Größe Personal von 2 bis 14 Touren zugeordnet. Die Zuordnung der Touren zu den einzelnen Unterkünften erfolgt aufgrund der geographischen Nähe zum Sammelgebiet.

Da sich die einzelnen Materialien nur in ihrer Verwertung unterscheiden, also die Sammlung im Behälter für jede Fraktion gleichartig organisiert ist, unterscheidet sich auch die Sammeltour nur in der Adresse der Ableerstelle.

Restmüll kann nur in einem der beiden Müllheizkraftwerke Flötzersteig oder Spittelau sowie auf der Deponie Rautenweg entleert werden. Bei normalem Betrieb wird auf der Deponie Rautenweg nicht angeliefert, dies ist nur der Fall, wenn die Müllheizwerke ihre jährliche Revision durchführen oder wenn technische Probleme in den Müllheizkraftwerken auftreten, die Reparaturarbeiten notwendig machen.

Spitalmüll darf zu jeder Zeit nur in einem der beiden Müllheizkraftwerke Flötzersteig oder Spittelau entleert werden.

Biogene Abfälle, Almetalle, Altkunststoffe, Altpapier und Altglas werden in der Abfallbehandlungsanlage - im alten „Rinterzelt“ - angeliefert. Zusätzlich bestehen für Altpapier und Altglas weitere Ableerstellen von privaten Firmen, für Altpapier zusätzlich drei (im 10., 14. und 23. Wiener Gemeindebezirk) und für Altglas zusätzlich eine (im 10. Wiener Gemeindebezirk). Die geographische Anordnung der diversen Ableerstellen in Wien zeigt Abbildung 2.4.2.-1.



Abbildung 2.4.2.-1: Ableerstellen für Rest-, Spitalmüll und Altstoffe in Wien (persönliche Auskunft, MA48)

2.5. IST-Stand der Tourenplanung

2.5.1. Behälter- und Streckendatenbank

Derzeit besteht in der MA48 eine Datenbank, in die die aufgestellten Behälter mit allen notwendigen Informationen eingegeben werden. Diese Datenbank ist in Progress programmiert.

Diese Datenbank besteht aus zwei Modulen:

- Der Behälterdatei und
- der Streckendatei.

2.5.1.1. Behälterdatei

Wird ein neuer Behälter in Wien an eine Liegenschaft ausgeliefert, werden die zugehörigen Informationen zuerst in der Behälterdatei eingegeben.

Dies ist besonders für Restmüllbehälter von Bedeutung, da über diese Datei auch die Berechnung der Müllgebühren erfolgt. Der Stand dieser Datei wird regelmäßig an die MA6 (Buchhaltung) weitergegeben, die dann aufgrund der angegebenen Behältergrößen und Entleerintervallen den Hausbesitzern und -verwaltungen die Müllgebühren vorschreibt. Aber auch die Behälterinformationen für die

- Verrechnungsart (nur für Restmüll)
- Entleerfrequenz (34, 52, 104, 256, etc.)

- Datum des Inkrafttretens der Änderung (relevant für die Verrechnung)

Diese Datei enthält somit alle Stammdaten der Abfallwirtschaft Wien. Hier werden aber nur die Informationen bezüglich der Standorte der Behälter erfaßt, es sind keine Tourenzuordnungen enthalten.

2.5.1.2. Streckendatei

Sind alle Behälter für eine neue Tour in der Behälterdatei eingegeben, können sie in der Streckendatei einer Tour zugeordnet werden. Über eine fix programmierte Auswertung kann man sich auch alle Behälter anzeigen lassen, die noch keiner Tour zugeordnet sind.

Die Streckenzuteilung erfolgt händisch im Programm. Laut der in Kapitel 2.5.2. beschriebenen Vorgangsweise wird eine ausgedruckte Liste der zu disponierenden Behälter mit Positionsnummern versehen und so in eine sinnvolle Reihenfolge gebracht.

In der Streckendatei muss zuerst diese neue Strecke mit ihren Streckentagen (meist fünf) angelegt werden. Dann werden alle Behälter der Strecke zuerst dem ersten Tag zugeordnet, erst später auf die anderen vier Tage aufgeteilt. Händisch werden dann die Positionsnummer von den analogen Listen in der Streckendatei den jeweiligen Standorten zugeordnet. So wird eine Tour gebildet, die Reihenfolge der anzufahrenden Behälter ist aufgrund der Positionsnummern ersichtlich.

In der Streckendatei sind grundsätzlich dieselben Behälter- und Standplatzinformationen wie in der Behälterdatei vorhanden. Zusätzlich wird die Tourennummer, der Entleertag, die Positionsnummer, Bemerkungen (z.B. Informationen über den Standplatz, Art des Gebäudes (z.B. Schule, Spital, etc)), Erschwernisse (Entfernung des Standplatzes vom Entleerort, zu bewältigende Stufen) und Art des Standplatzes (privat, öffentlich, etc.) eingefügt. Abbildung 2.5.1.2-1 zeigt zwei Ansichten der Streckendatei und die darin enthaltenen Informationen.

LIEGENSCHAFTSADRESSEN

Datei Behälter Hilfe

KG	EZ/BL	Bez.	LG-ADR	HNr
	072001	02	KLG GRUENLAND PARZ.	83
	072002	02	KLG UNTERER PRATER	
	072003	02	KLG ACHTZIGER-LINIE	
	072004	02	KLG KANALWAECHTERHAUS	
	072005	02	KLG SONNENSCHIEIN	
	072006	02	KLG U.D.HAUSTADLW.PARZ.	
	072008	02	KLG ASPERNALLEE PARZ.	132
	072009	02	KLG FREUDENAU	
	072012	02	KLG SULZWIESE	9
	072013	02	KLG WASSERWIESE GR.24/PAR	1
	072014	02	KLG O.D.HEUSTADLW. PARZ.	66
	073001	03	INVALIDENSTRASSE(MARKT)	2
	073002	03	ROCHUSMARKT	ONF
	080001	10	KLG GARTEN-UND TIERFREUNDE PARZ.	177
	080002	10	KLG LOEWYGRUBE	ONF
	080003	10	KLG OEBB ZWILLINGSSEE PARZ.	276
	080004	10	KLG AM LINDKOGL PARZ.	1
	080005	10	KLG ESCHENKOGEL PARZ.	94

LGADR-BEHÄLTER FÜR EZ/BL: 072001 KG: LGADR:KLG GRUENLAND PARZ. HNr:...

Datei Bearbeitung Hilfe

EZ/BL: 072001 KG: Bez.: 2 LG-ADR: KLG GRUENLAND PARZ. HNr: 83 P

SNr	BEHÄLTER	Abk	ANZ	VER	Zykl	MDMDFSS	DATE-AB	Strecke	STA	EK	T-Text
001	1100	3	010	000	068	1001000	22.07.1994	706			
002	KV77	KV	004	000	104	1001000	06.07.1998	700K			4 Standplaetze
003	BI77	BI	011	000	052	0000000	07.06.1999				
004	GB24	GB	004	000	013	0010000	30.12.1999	702G		01	STPL.1 BOX NACH
005	Gw24	GW	004	000	013	0010000	30.12.1999	702G		01	STPL..1 BOX NACH
006	PA24	PA	009	000	052	0010000	26.06.1996	705P			4 Standplaetze
007	DO77	DO	003	000	052	0000100	30.05.1997	702D	A		Gitterbox 3 Standpl.

Abbildung 2.5.1.2.-1: Fenster der Streckendatei mit den enthaltenen Informationen (persönliche Auskünfte, MA48)

Die Zuordnung der Behälter zu den Strecken kann eine recht mühsame Angelegenheit sein, da man unterschiedliche Fenster des Programms öffnen muss, um überall Informationen einzutragen. Falls man - was vor allem bei Altstoffen regelmäßig vorkommt - den einen oder andern Behälter nicht in der Datei findet, so muss dieser erst angelegt werden. Insgesamt benötigt man bei der Eingabe einer Tour in der Streckendatei zwischen einem Tag und einer

Woche, je nachdem, ob zusätzliche Behälter eingegeben werden müssen (siehe auch Kapitel 2.5.2).

2.5.2. Vorgangsweise bei der Tourenplanung

Vor der Durchführung der eigentlichen Tourenplanung wird der IST-Stand der zu entleerenden Behälter vor Ort erhoben. Dabei muss das Entleerintervall der Behälter genauso wie die Anzahl berücksichtigt werden. Aufgrund dieser Informationen wird das Planungsgebiet basierend auf Erfahrungswerten vorerst grob abgesteckt.

Als nächster Schritt wird das zu entleerende Behältervolumen und über die Dichte der Materialien im Behälter auch das zu erwartende Gewicht in diesem Gebiet errechnet. Für die Berechnung des Gewichtes wird ein Füllgrad von 100% angenommen. Normalerweise wird mit zwei Ableerungen pro Tag gerechnet. Mit diesen beiden Werten kann man abschätzen, ob die Strecke das zu sammelnde Material auf zwei Entleerungen entsorgen kann. Über die KFZ-Tabelle des Fuhrparks stehen die Nutzlast und das Volumen des Aufbaus der Sammelfahrzeuge zur Verfügung. Die Nutzlast kann zwischen 3.360 und 10.910 t liegen, das Volumen des Aufbaus kann zwischen 8 und 20 m³ betragen. Je nach Fraktion und Sammelgebiet werden die Fahrzeuge den Strecken zugeordnet.

Anschließend werden die Anfahrtsstelle (Garage oder eine Dependance), die Unterkunft für das Personal und die Ableerstelle dieser neuen Strecke zugeteilt. Diese werden möglichst so gewählt, dass sich die kürzestmöglichen Wege ergeben.

Da jede Strecke aus fünf Arbeitstagen besteht, werden anschließend die Behälter der gesamten Tour auf diese fünf Tage aufgeteilt. Dabei muss man jedoch die Entleerintervalle beachten: Behälter, die zweimal in der Woche entleert werden, können nur jeweils Montag und Donnerstag oder Dienstag und Freitag entleert werden. Behälter, die dreimal pro Woche ausgeleert werden, sind fix am Montag, Mittwoch und Freitag zu entleeren. Als die einzigen frei variierbaren Behälter verbleiben jene, die nur einmal pro Woche entleert werden. Diese werden oft auf den Mittwoch konzentriert, da hier keine zweimal wöchentlich zu entleerenden Behälter auf der Tour eingeteilt sind. Die maximale Anzahl der an einem Tag zu entleerenden Behälter ergibt sich aus Erfahrungswerten sowie aus den Behälterlimits, die von der Gewerkschaft vorgegeben sind. Nach der Aufteilung wird nochmals überprüft, ob auch das zu erwartende Gewicht und Volumen für jeden Sammeltag bewältigt werden kann.

Ebenfalls müssen folgende **Restriktionen** beachtet werden:

- Schulen, Kindergärten dürfen nicht zwischen 7.00 und 8.00 Uhr angefahren werden. Diese Informationen sind den Adressen in der Behälterdatenbank jedoch nicht vollständig beigefügt und beruhen auf persönliche Ortskenntnis des Tourenplaners.
- Hauptverkehrsadern, Straßenbahntrassen, Buslinien: Diese sollen in der morgentlichen Stoßzeit nicht angefahren werden, meist von 7.00 bis 8.00 Uhr, in manchen Bezirken auch von 7.00 bis 9.00 Uhr.
- Wohnhausanlagen: Die MA48 muss durch manche Wohnhausanlagen durchfahren, um die Behälter entleeren zu können. Dies ist vor 9.00 Uhr aus Lärmgründen nicht gestattet.
- Industrieanlagen können teilweise wegen Betriebs- und Öffnungszeiten nicht vor 9.00 Uhr angefahren werden, da diese dann erst die Behälter bereitstellen. Diese sollen auch - wenn möglich - nicht freitags entleert werden. Denn bei einem Feiertag verschiebt sich bei vielen der Entleertag auf den Samstag, wo die Betriebe geschlossen halten.
- Fußgängerzonen müssen aus Sicherheitsgründen bis 9.00 Uhr wieder verlassen werden.
- Sondervereinbarungen: Für manche Bauten, vor allem jene für die öffentliches Interesse besteht (Touristenattraktionen) gibt es Spezialauflagen. So müssen z.B. die Behälter des Schlosses Schönbrunn vor 9.00 Uhr entleert werden.
- Höhenbegrenzungen: In einigen Stadtteilen gibt es Unterführungen mit starker Höhenbeschränkung. Diese müssen bei der Planung wie Sackgassen gehandhabt werden.
- Abbiegerestriktionen: Müllsammelfahrzeuge sind zwar in Wien teilweise von Abbiegeverboten ausgenommen, an vielen Stellen sind sie jedoch in der Tourenplanung zu berücksichtigen.
- Ein-/Zweiseitig zu entsorgende Straßen: es muss in der Planung berücksichtigt werden, ob in einer Straße beim Durchfahren die Behälter gleich von beiden Straßenseiten entleert werden können, oder ob ein zweimaliges Durchfahren des Straßenzuges notwendig ist.

Danach erfolgt die eigentliche Tourenplanung. Der in der MA48 aufliegende Feuerwehrplan der Stadt Wien im Maßstab 1 : 2.000 wird hierbei für die Orientierung herangezogen. Die Blätter dieses Kartenwerkes, welche das neue

Sammelgebiet abdecken, werden kopiert und mit Klebstreifen aneinandergesetzt, dass ein einziges großes Kartenblatt entsteht. Der Feuerwehrplan enthält Straßennamen und vor allem auch die genauen Hausnummern für jeden Liegenschaft, die für eine Tourenplanung unbedingt notwendig sind. In diesen Plan werden die zu entsorgenden Behälter eingetragen. Dabei wird in der Hinsicht rationell vorgegangen, dass, wenn in einer Straße an mehreren hintereinander folgenden Hausnummern eine Entsorgung vorgesehen ist, nur der Straßenzug als ganzes markiert wird. Als Zusatzinformation wird von der Einbahnkarte Wien der Wiener Verkehrsbetriebe die Einbahnen in die Planungskarte übertragen.

Ausgehend von der Unterkunft des Personals wird nun mit der Tourenplanung begonnen. Auf der Karte werden die zu entsorgenden Streckenabschnitte mittels Positionsnummern in eine sinnvolle Reihenfolge gebracht. Gleichzeitig werden diese Positionsnummern in eine Liste übertragen, damit die Strecke später auch in der Datenbank eingetragen werden kann.

Gibt es einige Behälter, die nicht im Hauptsammelgebiet liegen, so werden diese Adressen am Ende der Tour angehängt. Dies ist oft bei Behältern der Fall, die aufgrund ihrer Entleerfrequenz mehrmals pro Woche angefahren werden.

Ist die Tourenplanung fertiggestellt, so wird die händisch geordnete Tourenliste in die Streckendatei übertragen. Dann kann eine Tourenliste ausgedruckt werden, nach der das Sammelpersonal nun die Behälter entleeren fährt. Über das erste halbe Jahr werden noch Optimierungen an der Strecke vorgenommen. Dabei sind vor allem Beschwerden der Bürger, die gesammelten Gewichte und die benötigten Fahrzeiten ein wichtiger Input. Stellt man fest, dass zu viele Behälter einer Strecke zugeteilt wurden, so wird zuerst versucht, zwischen den Tagen zu verschieben. Blieben immer noch zu viele Behälter auf der Strecke zu entleeren, so wird versucht, Behälter an eine benachbarte Strecke abzugeben.

Nach etwa einem halben Jahr ist die Strecke dann so optimiert, dass sie nicht mehr geändert wird und ihre fixe Tourenliste hat.

2.5.2.1. Benötigte Arbeitszeit für die Tourenplanung

Laut Auskünfte der MA48 werden für die Durchführung einer in Kapitel 2.5.2. beschriebenen Tourenplanung für eine durchschnittliche Tour folgende Anzahl an Arbeitsstunden aufgewendet:

- Festlegen des Gebietes (Behälteranzahl, weiters über zu erwartendes Gewicht und Volumen): ca. 8 Arbeitsstunden;

- Aufteilen der zu entleerenden Behälter auf 5 Tourentage: ca. 40 Arbeitsstunden (man rechnet mit je einem Arbeitstag pro Tourentag);
- Erstellen des Plans und einzeichnen der zu entleerenden Behälter: ca. 40 Arbeitsstunden (man rechnet mit je einem Arbeitstag pro Tourentag);
- Eigentliche Planung der Tour (Reihenfolge auf Plan einzeichnen, Übertragen der Positionsnummern auf eine Liste): ca. 40 Arbeitsstunden (man rechnet mit je einem Arbeitstag pro Tourentag);
- Übertragen der analogen Liste in die Streckendatei: je nach Aufwand ca. 8 - 40 Arbeitsstunden.

Für die gesamte Planung einer neuen Tour kann somit ein Mannmonat angenommen werden.

3. Grundlagen Geographischer Informationssysteme

3.1. Definition von Geographischen Informationssystemen

Für Geographische Informationssysteme (GIS) existieren je nach unterschiedlicher disziplinärer Perspektive eine Fülle von Definitionen, die jedoch alle ein GIS recht gut charakterisieren.

Nach BARTELME (1995) werden GIS wie folgt definiert:

„Ein Geoinformationssystem dient der Erfassung, Speicherung, Analyse und Darstellung aller Daten, die einen Teil der Erdoberfläche und die darauf befindlichen technischen und administrativen Einrichtungen sowie geowissenschaftliche, ökonomische und ökologische Gegebenheiten beschreiben.“

Eine weitere Definition nach WILKINSON et al. (1986, zitiert nach SAURER, 1997) lautet folgendermaßen:

„A Geographic Information System (GIS) can be defined as a system containing a spatial database representing aspects of the cultural and physical environment of a particular geographic region together with procedures for analysing combinations of attributes and generating graphical or statistical products“.

GIS stellt somit eine Visualisierungsmöglichkeit für räumbezogene Daten dar. Für ein GIS sind sowohl die geometrischen Grundlagendaten als auch die zugehörigen Sachdaten von Bedeutung. Auf diese Punkte wird im Anschluß eingegangen.

Bereits Ende der 50iger Jahre begannen Entwicklungen, die später zur Entstehung von GIS führten. Damals entstand die Idee der rechnergestützten räumlichen Visualisierung von Daten. In den 60iger Jahren wurden erste Anwendungen der rechnergestützten Bildverarbeitung eingesetzt. Roger Tomlinson begann 1963 mit der Entwicklung des „Canada Geographic Information System (CGIS)“, welches als Pioniersystem gilt. 1965 entstand das Konzept der unabhängigen Datenebenen im „Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis“. GIS war somit geboren.

Die Entwicklungen, die in Harvard getätigt wurden, gingen fast alle in der Firma ESRI und dem Produkt ARC/INFO auf, welche die erste GIS-Software entwickelte und auch heute noch Marktführer ist.

Nach BARTELME (1995) kann die Entwicklung von GIS in fünf teilweise überlappende Phasen eingeteilt werden:

- 1955 - 1975: Zeit der Pioniere; individuelle, isolierte Lösungswege der Entwickler.
- 1970 - 1985: Zeit der Behörden, Entwicklung von Konzepten und beginnende Umstellung von Basisdaten in digitale Form, GIS als Erfassungswerkzeug.
- 1979 - 1990: Die Zeit der Firmen. Es entsteht ein GIS-Markt, die Hardware wird leistungsfähig und eine Umstellung von Großrechnern auf Workstations findet statt.
- 1988 - 1998: Die Zeit der Nutzer. GIS entwickelten sich mehr und mehr weg von Universalwerkzeugen hin zu Systemen, die - modular aufgebaut – einen Werkzeugkasten darstellen.
- Ab ca. 1995: Zeit des offenen Marktes: Angebot und Nachfrage statt behördlicher Vorgaben und einiger Großprojekte bestimmen den Markt sowohl für GIS-Software als auch für Geodaten.

3.2. Komponenten eines GIS

Ein GIS besteht aus folgenden Komponenten:

- Hardware
- Software
- Daten

Zusätzlich zu diesen Komponenten ist ein hohes Maß an Know-How des Anwenders unbedingt erforderlich. GIS sind Expertensysteme, die Modellierungen und Analysen erfordern ein enormes Fachwissen, um zu korrekten Ergebnissen zu kommen.

Zur Hardware zählen der Rechner und sein Betriebssystem sowie die Eingabe- und Ausgabegeräte. Eingabegeräte können Tastatur, Scanner, Digitalisierertisch, etc. sein, zu den Ausgabegeräten zählen der Bildschirm und die unterschiedlichen Drucker und Plotter.

Ein GIS kann grundsätzlich auf zweierlei Arten eingerichtet werden:

- als Server/Client-Lösung oder
- als Stand-Alone-Einrichtung.

Bei einer Server/Client-Lösung liegen die Daten zentral auf einem Server mit sehr großer Speicher- und Rechenkapazität. Jeder Benutzer (Client) hat eine Netzverbindung zu diesem Server und greift dort auf die Daten zu, weiters werden die Rechenoperationen dort ausgeführt. Die Daten sowie das Programm können auch auf verschiedene Rechner verteilt sein. Die Kapazität des Servers muss entsprechend der Datenmenge und der Anzahl der Benutzer dimensioniert werden.

Bei der Stand-Alone-Ausführung sind die Daten und das Programm auf jedem einzelnen Computer vorhanden. Für die Auslegung der Kapazität gelten hier die jeweils aktuellen Standards.

Eine eindeutige Vorgabe für die Auslegung der beiden Systeme zu geben, ist an dieser Stelle sinnlos, da die Entwicklungen auf dem Computermarkt so schnell vor sich gehen, dass die Angaben schon nach kurzer Zeit veraltet wären.

Die meisten GIS laufen heute unter den Betriebssystemen Windows und UNIX.

GIS-Software wird von unterschiedlichen Herstellern angeboten, die bekanntesten sind ESRI, Intergraph und MapInfo. Diese brachten in den letzten Jahren zahlreiche Produkte auf den Markt, zu den bekanntesten zählen ArcInfo/ArcView, GeoMedia, MapInfo. Zusätzlich existieren zahlreiche Softwareprodukte und Module für spezielle Anwendungen.

3.3. Daten

Die Daten sind das Kernstück jedes GIS. Die Güte der Daten bestimmt auch die Güte des GIS und die Möglichkeiten der Analysen und Modellierungen.

Jedes GIS speichert Geometriedaten zur Orientierung im Raum und dazugehörige Sachdaten, die den Elementen im Raum spezifische Eigenschaften zuordnen.

3.3.1. Geometriedaten

Die Geometriedaten stellen räumliche Elemente dar und geben diesen durch eine Verknüpfung mit den Sachdaten thematische Inhalte. Sie geben Auskunft über die Lage der Elemente im Raum, aber auch über die Lage der Elemente zueinander (Nachbarschaftsbeziehungen). Geographische Daten sind meist vermessungstechnisch oder photogrammetrisch aufgenommene Daten, weiters Daten, die manuell (Digitalisieren) oder automatisch (Scannen) in das System eingegeben wurden (BARTELME, 1995). Grundsätzlich können geographische Daten entweder im Vektor- oder Rasterformat vorliegen.

Die Geometriedaten haben zueinander definierte Nachbarschaftsbeziehungen, die sogenannte Topologie. Die Topologie ist unabhängig von der geometrischen Form der Elemente, wichtig ist nur die gegenseitige Beziehung, in der die Elemente zueinander stehen. Ein U-Bahnplan für eine Großstadt ist z.B. meist nur topologisch richtig, aber nicht lagemäßig.

3.3.1.1. Vektordaten

Das Basiselement von Vektordaten ist ein Punkt, der über die Eingabe von kartesischen Koordinaten definiert wird. Ein Punkt wird dabei durch seine x- und y-Koordinate eindeutig im Raum definiert, gegebenenfalls kommt ein z-Wert für die Höhe hinzu. Eine Linie wird aus der Verbindung mehrerer Punkte gebildet, eine Fläche ergibt sich aus einem geschlossenen Linienzug (HAKE, GRÜNREICH, 1994) (siehe Abbildung 3.3.1.2.-1).

Punktförmige Elemente können – je nach Maßstab - Gebäude oder einzelstehende Bäume, etc. sein. Linienförmige Elemente sind Straßen, Gewässer etc., flächige Elemente sind geschlossene Waldflächen, Ackerflächen, etc..

Durch die Verbindung der Koordinaten mit den Sachdaten lassen sich den einzelnen Elementen Eigenschaften zuordnen. Z.B. kann ein Straßennetz in einem GIS verortet werden. Durch die Zuordnung von Sachdaten zu den einzelnen Straßenzügen können Eigenschaften definiert werden wie z.B. Rang der Straße (Bundesstraße, Landstraße, etc), Art der Straße (Autobahn, Schnellstraße, etc) usw. Diese unterschiedlichen Eigenschaften der Straßen lassen sich in thematischen Karten darstellen.

Vektordaten eignen sich besser für die Darstellung diskreter und linienhafter Elemente (BARTELME, 1995).

Die wesentlichen Unterschiede zu Rasterdaten sind in Tabelle 3.3.1.2.-1 dargestellt.

3.3.1.2. Rasterdaten

Das Basiselement der Rasterdaten ist eine Fläche. Die gesamte Bildfläche wird durch einen feinen Raster in gleich große Flächenelemente (Zellen, Pixel) geteilt, wobei sich die Lage der jeweiligen Zellen durch das Abzählen der Spalten und Zeilen ergibt (HAKE, GRÜNREICH, 1994). Die räumliche Auflösung von Rasterdaten werden von der Größe der Pixel in Bezug auf die korrespondierenden Erddaten bestimmt.

Jedem Pixel kann ein Wert zugeordnet werden, der Sachverhalte repräsentiert. Diese Werte sind Eigenschaften zugeordnet, z.B. für Bodenbedeckung: Wert 1 für Wald, Wert 2 für Wiese, etc.

Rasterdaten können kontinuierliche und flächige Phänomene besser darstellen (BARTELME, 1995), z.B. Klimadaten, Verbreitung von unterschiedlichen Pflanzenarten, etc. Weiters liegen gescannte Daten immer im Rasterformat vor, ebenso Satellitenbilddaten.

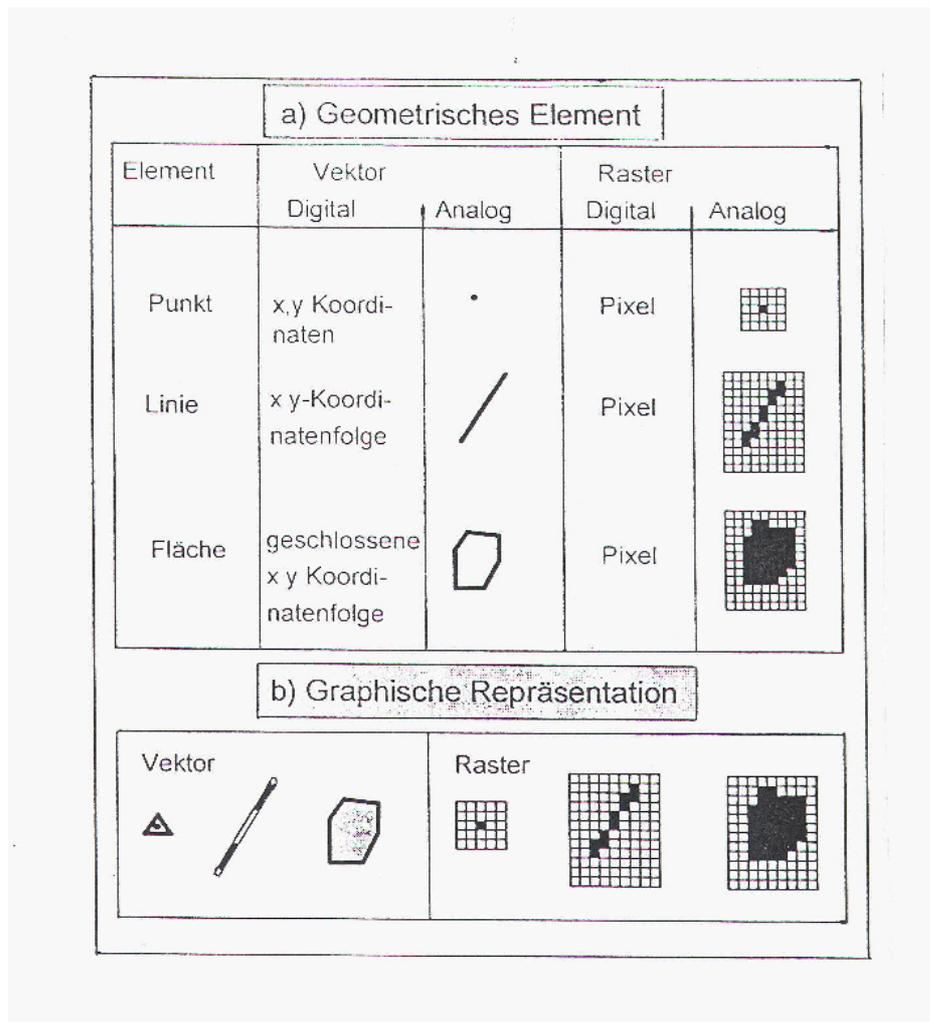


Abbildung 3.3.1.2-1: Geometriedaten und deren graphische Ausgestaltung (Bill, 1999)

	Vektordaten	Rasterdaten
Datenstruktur	komplexe Struktur Abspeicherung von x-y-Koordinaten	einfache Struktur Aufteilung in Reihen und Spalten
Nullpunkt	untere linke Ecke	obere linke Ecke
Auflösung/Genauigkeit	präzise	wird durch Pixelgröße bestimmt
Sachdaten	jedes Element hat eine Verbindung zu den Sachdaten	jede Zelle bekommt einen Wert zugeordnet
Nachbarschaftsbeziehungen (Topologie)	einfach herzustellen	schwierig herzustellen
Verschneidung	komplexe Verarbeitungsalgorithmen, höherer Rechenaufwand	einfach, durch Addition der Zellenwerte
Graphische Ausgabe	traditionelles Kartenbild	Qualität abhängig von der Pixelgröße, den Ausgangsdaten und dem Ausgabegerät
Anwendungsbereiche	diskrete Objekte (Punkte, Linien, Flächen)	kontinuierliche Phänomene

Tabelle 3.3.1.2.-1: Unterschiede zwischen Vektor- und Rasterdaten (nach ESRI, 1994)

Die meisten GIS sind jedoch hybride Systeme, das heißt, sie können sowohl Raster- als auch Vektordaten nebeneinander speichern und auch verarbeiten. Diese Funktionalität wird vor allem dahingehend genutzt, dass Rasterbilder oft als Hintergrundbilder (z.B. Satellitenbilder, Luftbilder, etc.) zu Vektordaten verwendet werden, da Vektordaten zwar oft für Analysen vorteilhafter sind, jedoch wegen der spärlichen topographischen Anhaltspunkte keine ausreichende Orientierung im Raum zulassen.

Ob für eine Aufgabe Vektor- oder Rasterdaten verwendet werden, muss der Anwender individuell entscheiden.

3.3.2. Sachdaten

„Sachdaten sind die Grundlage für die Untersuchungen, Bewertungen und Prognose aller gesellschaftlicher und natürlicher Abläufe.“ (SAURER, 1997) Die Sachdaten sind spezifisch für die Objekte im Raum, sie werden den Geometriedaten hinzugefügt.

Liegen Vektordaten vor, erhält jedes geographische Objekt bei der Erstellung eine systeminterne, eindeutige Nummer. Über diese charakteristische Schlüsselnummer werden die Sachdaten zu den geographischen Objekten hinzugefügt (siehe auch Abbildung 3.3.2.-1). Sachdaten können direkt an die Geometriedaten angehängt werden oder nur temporär verknüpft werden. Sachdaten können Werte, aber auch Namen oder Bezeichnungen sein.

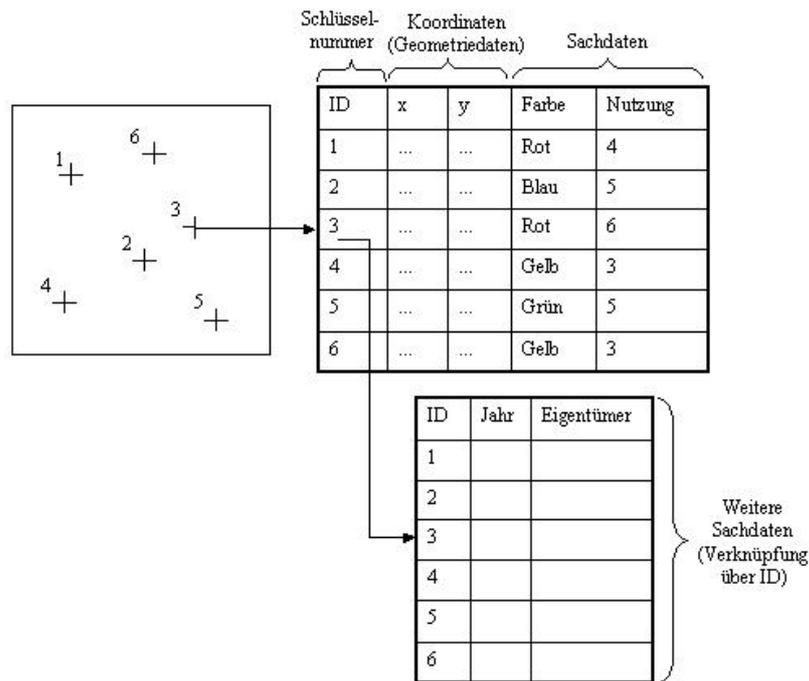


Abbildung 3.3.2.-1: Verknüpfung von Geometrie- mit Sachdaten bei Vektordaten (nach ESRI, 1994)

Bei Rasterdaten sind die Informationen über die einzelnen Pixel jeweils in einer Zeile gespeichert. Die Sachdaten werden in diesem Fall als weitere Spalten in der jeweiligen Wertetabelle hinzugefügt. Die Sachdaten sind in diesem Fall Werte, die jedoch unterschiedliche Eigenschaften repräsentieren können (siehe auch Abbildung 3.3.2.-2).

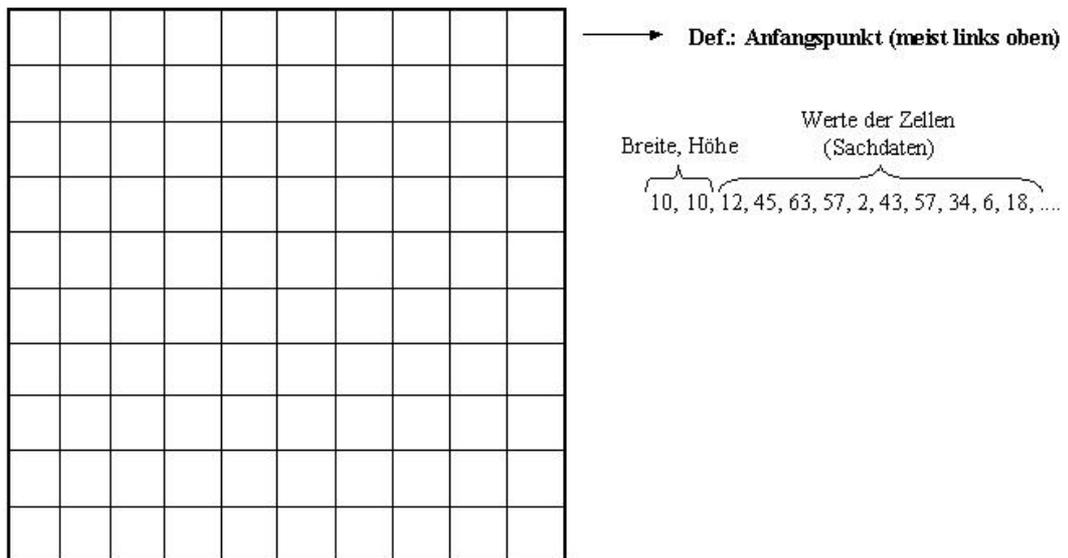


Abbildung 3.3.2.-2: Verknüpfung von Geometrie- mit Sachdaten bei Rasterdaten (nach ESRI, 1994)

3.3.3. Datenverwaltung

Die Daten in einem GIS werden über eine Datenbank organisiert. Dabei werden große Mengen an Daten zentral verwaltet, gewartet und gesichert. Datenbanksystem haben folgende Aufgaben bzw. Eigenschaften (siehe auch Abbildung 3.3.3.-1):

- Daten vor unberechtigtem Zugriff schützen,
- zentrale Datenhaltung, damit Entlastung der einzelnen Benutzer,
- Daten werden von den Anwenderprogrammen getrennt gehalten,
- die Datenintegrität (Fehler- und Widerspruchsfreiheit) muss gewährleistet werden. (nach HAKE, GRÜNREICH, 1994 und SAURER, 1997).

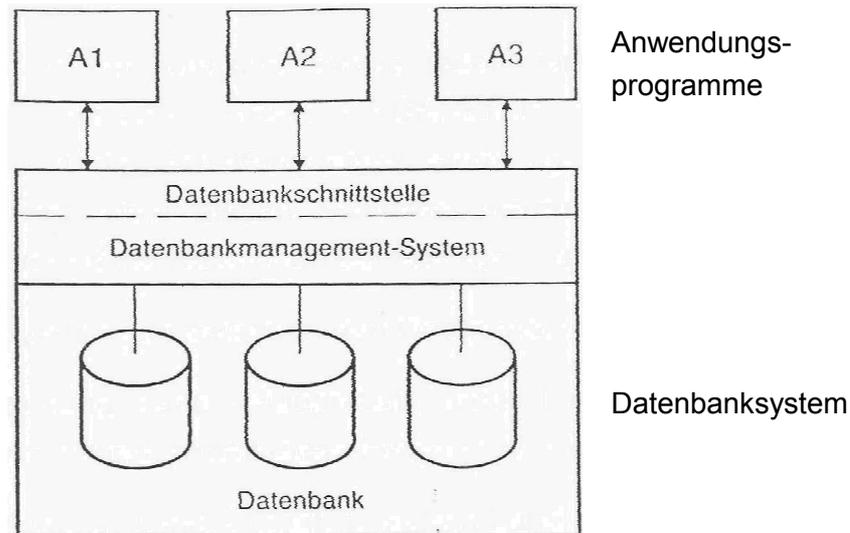


Abbildung 3.3.3.-1: Aufbau eines Datenbanksystems (HAKE, GRÜNREICH, 1994)

Um diese Aufgaben zu erfüllen, werden meist Datenbankmanagementsysteme (DBMS) eingesetzt. Ein Datenbanksystem ist grundsätzlich in drei Ebenen aufgebaut, was zu einem Dreischemata-Modell führt.

- Externes Schema:
Auf dieser Ebene können die Anwender durch spezielle Schnittstellen auf die Datenbank zugreifen.
- Konzeptionelles Schema:
Hier werden Funktionen bereitgestellt, die logische Datenorganisationen unabhängig von den Speichermethoden durchführen können. Es ist die Schnittstelle der Datenbank zur Außenwelt
- Internes Schema:
Auf dieser Ebene werden die Daten physisch gespeichert, es liegen Tabellen, Listen oder Dateien vor (BILL, 1999).

Jeder Anwender kann über sein Anwenderprogramm gesondert auf den Datenbestand zugreifen und die Daten für eine von ihm geforderte Fragestellung abfragen. Das hat vor allem den Vorteil, dass die Programme nicht geändert werden müssen, wenn die Struktur der Datenbank geändert wird.

Meist sind Datenbanken als relationale Datenbanken aufgebaut, es gibt aber auch hierarchische sowie objektorientierte Ansätze.

Bei einer relationalen Datenbank liegen die unterschiedlichen Informationen in mehreren Tabellen vor. Diese sind nicht von vornherein miteinander verknüpft, die Beziehungen (Relationen) lassen zum Zeitpunkt der Auswertung implizit über die

Werte herstellen. Damit wird eine redundanzfreie Datenhaltung erreicht, die Tabellen sind voneinander unabhängig, jedoch lassen sie sich in beliebiger Form miteinander kombinieren (HAKE, GRÜNREICH, 1994). Wichtig bei relationalen Datenbanken ist die Schaffung eines eindeutigen Schlüssels, der den Daten zugeordnet wird. Über diesen Schlüssel werden Beziehungen zwischen den Daten definiert und die Relationen bei Abfragen hergestellt.

Folgende Beziehungen zwischen den Daten möglich:

- „1:1 - Beziehung: Land - Hauptstadt. Jedes Land hat genau eine Hauptstadt, und jede Hauptstadt nimmt diese Funktion für genau ein Land wahr.
- 1:m - Beziehung: Land - Stadt. In jedem Land gibt eine oder mehrere Städte, jedoch kann eine Stadt immer nur zu einem Land gehören.
- m:n - Beziehung: Land - Ballungszentrum. In jedem Land kann es mehrere Ballungszentren geben; andererseits kann ein Ballungszentrum im Grenzbereich mehrerer Länder liegen.“

3.3.4. Darstellung der Daten

In Verbindung mit den Geometriedaten werden die Sachdaten als unterschiedliche Themen in einem GIS dargestellt. Hier ist vor allem das sogenannte Layer-Konzept eines der verbreitetsten Darstellungskonzepte.

Beim Layer-Konzept wird ein und derselbe räumliche Ausschnitt pro Thema der Sachdaten in einem Layer dargestellt. Man kann sich Layer wie Folien vorstellen, die man entweder einzeln oder auch übereinander auflegen kann. In der Abbildung 3.3.4.-1 enthält ein Layer die Gebäude, ein weiterer Leitungen und ein dritter die Grundstücke. Alle drei Layer übereinandergelegt ergeben ein Bild der Situation vor Ort.

Ein wesentlicher Vorteil des Layerkonzeptes ist es, dass bei Analysen nur die für die Fragestellung geforderten Layer einbezogen werden. Die Analysen werden dadurch transparenter und einfacher. Bei der geometrischen Verschneidung zweier Layer entsteht eine neuer Ergebnislayer, der wieder separat bearbeitet werden kann. Bei Darstellungen kann man beliebig viele Layer auch nur als „Hintergrundbilder“ für eine bessere Orientierung (z.B. Gewässernetz, Straßennetz,...) anzeigen lassen.

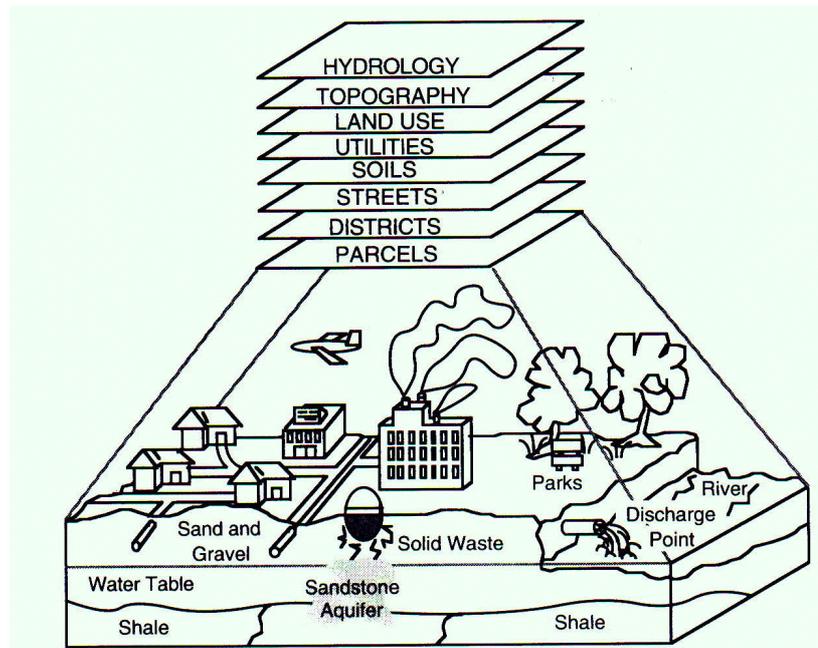


Abbildung 3.3.4.-1: Layer eines Informationssystems (ESRI, 1995)

3.4. Funktionalität

Ein GIS besteht aber nicht nur aus den gespeicherten Daten, dem Benutzer werden auch eine Vielzahl an Methoden, Algorithmen und Funktionen zur Verfügung gestellt. Die Daten bilden somit nur die Basis für das GIS, sie sind nur aussagekräftig, wenn effiziente Werkzeuge zur Verfügung stehen, mit denen sie bearbeitet werden können (BARTELME, 1995).

Ein GIS eignet sich besonders für die Beantwortung von raumbezogenen Fragestellungen. Solche Fragestellungen können lauten:

- Wie weit ist es von Graz nach München?
- Welche Bundesländer grenzen an die Steiermark?
- Wo ist der beste Standort für den neuen Freizeitpark?
- Wieviele Menschen wohnen in zumutbarer Entfernung zur Altstoffsammel-Insel?

Dabei kann das GIS die Argumentation durch Graphikunterstützung erleichtern, jedoch der Anwender muss die Problemstellung definieren und die Ergebnisse kritisch analysieren.

Folgende Funktionalitäten können in einem GIS genutzt werden:

- **Datenintegration:**
Geometrische und Sachdaten müssen ins System integriert werden und miteinander verknüpft werden. Geometrische Daten müssen oft noch geokodiert werden (dabei werden den Daten die Naturkoordinaten zugewiesen) und der gewünschte Kartenprojektion angepasst werden.
- **Visualisierung:**
Die Daten können mit einem GIS visualisiert werden. Dabei kann einfach die Situation dargestellt oder unterschiedlichste thematische Karten erzeugt werden.
- **Datenabfragen:**
Über die Datenbanken sind Datenabfragen aller Kombinationen möglich, daraus können auch neue Daten gewonnen werden.
- **Datenbearbeitung:**
Durch den Einsatz von geometrischen oder attributiven Funktionen können die Daten bearbeitet werden. Daten können interpoliert, miteinander verschnitten, klassifiziert, etc. werden.
- **Datenanalyse:**
Dabei können geometrische, logische und relationale Verknüpfungen zwischen den Daten hergestellt und statistische Analysen durchgeführt werden (BILL, 1999). Es können Berechnungen (z.B. Flächengrößen, Distanzen, etc.) durchgeführt werden, weiters sind Nachbarschaftsanalysen, statistische Modellierungen, Interaktionen etc. möglich.
- **Datenausgabe:**
Die Ergebnisse der Datenbearbeitung und Datenanalyse kann wiederum im GIS visualisiert und auf Peripheriegeräten ausgegeben werden.

3.5. Anwendungsmöglichkeiten

Anwendungsmöglichkeiten eines GIS sind grundsätzlich dort gegeben, wo räumliche Darstellungen und Analysen Problemlösungen unterstützen oder überhaupt erst möglich machen. Einige Anwendungsmöglichkeiten sollen in Folge hier aufgeführt werden.

- **GIS-Anwendungen der Kommunen:** In Gemeinden und Ländern werden GIS zur Unterstützung der täglichen Arbeiten eingesetzt. Häufig ist die Nutzung zur Verwaltung des Katasters, zur Naturschutzplanung, im Umweltschutz, zur Raumplanung, zur Verkehrsplanung, etc.

- GIS-Anwendungen in Industrie und Gewerbe: In den letzten Jahren wurde der Begriff „Geomarketing“ immer mehr zum Schlagwort. Damit sind räumliche Analysen gemeint, die darauf abzielen, vor allem den Vertrieb von Produkten zu fördern. Darunter fallen Standortanalysen, Auffinden der Regionen mit dem optimalen Kundenkreis, Marktanalysen etc.
- GIS-Anwendungen im privaten Sektor: Auch Privatpersonen nutzen immer mehr GIS, teilweise auch unbewusst. Häufig sind Anwendungen im Internet zur Fahrplanabfrage, zur Reiseplanung und als Bürgerinformationssysteme (mit Fragestellungen wie: „Wo ist die nächste Apotheke zu meinem Wohnort?“).

3.6. Kosten eines GIS

Viele Laien auf dem Gebiet der GIS-Technologie lassen sich aufgrund der Systemkosten (Kosten für Hard- und Software) von der Anschaffung eines GIS abschrecken. Hier besteht der Irrglaube, dass die Investitionen für diese Anschaffungen die bedeutendsten Kosten für ein GIS ausmachen. Doch dies sind auf längere Zeit gesehen sogar die geringsten Kosten, da die Investition für das System nur einmal getätigt werden muss (siehe Abbildung 3.6.-1).

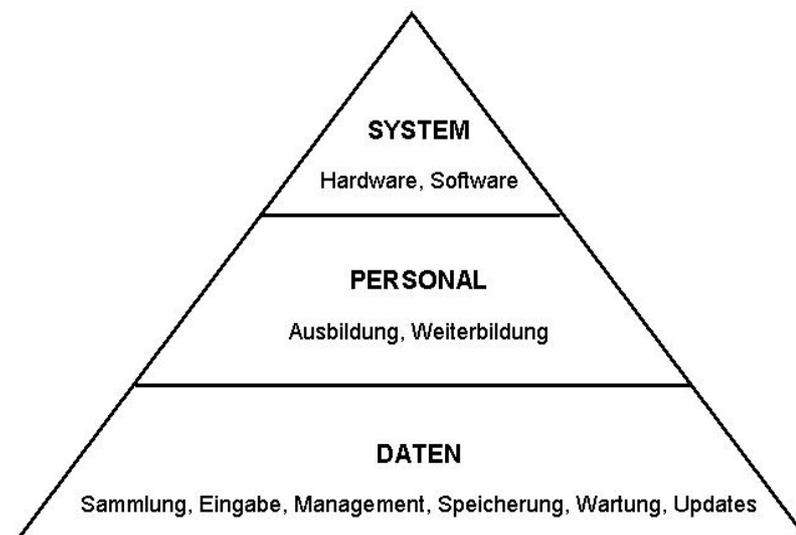


Abbildung 3.6.-1: Kosten eines GIS (CZERANKA, 1999)

Bedeutender sind vielmehr die Kosten für das Fachpersonal sowie für die Daten selber und die Datenhaltung. Ein GIS steht und fällt mit der Güte der verwendeten Daten. So kommt gerade der Datenpflege und dem Update der Daten eine große

Bedeutung zu. Diese Kosten fallen laufend mit der Nutzung eines GIS an, da die Daten dauernd auf dem aktuellen Stand gehalten werden müssen.

4. GIS für die Tourenplanung in der Abfallwirtschaft

4.1. Allgemeine Tourenplanungsprobleme

DOMSCHKE (1990) schildert als grundlegendes Problem der Tourenplanung folgendes: „Eine Anzahl von Kunden, deren Bedarfe und Standorte bekannt sind, soll mit einer Anzahl von Fahrzeugen mit bestimmten Kapazitäten von einem Depot (z.B. Lager) aus mit einem bestimmten Gut beliefert werden. Welche Fahrten sind durchzuführen, damit unter Einhaltung bestimmter Nebenbedingungen (z.B. Kapazitäts- und Zeitrestriktionen) die Gesamttransportkosten minimiert werden?“

Für die unterschiedlichen Tourenplanungsprobleme können jedoch unterschiedliche Details vorliegen, z.B. kann es sich um ein Sammelproblem (z.B. Müllabfuhr), um ein kombiniertes Auslieferung- und Sammelproblem, um den Transport von Personen (z.B. Busse eines Werksverkehrs) oder auch um die Gestaltung der Wege von Kehrmaschinen handeln.

4.1.1. Definitionen

Ein Depot wird als ein Ort bezeichnet, an dem Auslieferungsfahrten oder Sammelfahrten beginnen und enden (DOMSCHKE, 1990). Liegt ein Eindepotproblem vor, so sind alle Fahrzeuge an einem Standort stationiert. Bei einem Mehrdepotproblem sind die Fahrzeuge auf mehrere Standorte aufgeteilt. Da es in der Abfallwirtschaft Wien mehrere Garage für die Sammelfahrzeuge gibt (siehe Kapitel 2.4.2.) liegt hier ein Mehrdepotproblem vor.

Eine Tour ist die Menge aller Kunden, die auf einer Rundfahrt, welche bei einem Depot anfängt und dort wieder aufhört, bedient werden. Die Reihenfolge, in der die Kunden bedient werden, wird als Route bezeichnet. Die zulässige Lösung eines Tourenplanungsproblems wird als Tourenplan bezeichnet. Ein Tourenplan ist somit die Menge von Touren und zugehörigen Routen, die alle Restriktionen des betrachteten Problems erfüllen (DOMSCHKE 1997, zitiert nach VOGT 1997).

In der Abfallwirtschaft werden weiters die Sammeltouren jedes Fahrzeuges, die topologisch innerhalb eines organisatorisch festgelegten Gebietes liegen, als Revier bezeichnet (OTTEN, 1997).

4.1.2. Lösungsansätze von Tourenproblemen

Hinsichtlich der Lösungsansätze lassen sich die Tourenplanungsprobleme in

- knotenorientierte Probleme und
- kantenorientierte Probleme

unterteilen (VOGT 1997).

Knotenorientierte Probleme sind sogenannte Travelling Salesman Probleme. Ein Handlungsreisender muss auf seiner täglichen Tour alle Kunden genau einmal besuchen. Seine Tour ist so zu optimieren, dass der Weg und somit auch die Kosten minimal sind. Bei einem allgemeinen Travelling Salesman Problem liegen keine Restriktionen vor.

Kantenorientierte Probleme werden als sogenannte Chinese Postman Probleme bezeichnet. Ein Briefträger muss jeden Straßenzug (oftmals auch nach Straßenseiten getrennt) mindestens einmal durchlaufen, um in jedem Haus die Post ausliefern zu können. Bei allgemeinen Chinese Postman Problemen werden ebenfalls keine Restriktionen berücksichtigt.

Reale Probleme gestalten sich immer wesentlich komplexer als die beiden hier angeführten allgemeinen Probleme. Hinzu kommen zahlreiche Restriktionen, die bei der Tourenberechnung berücksichtigt werden müssen, wie z.B. Zeitrestriktionen (Zeitfenster), Kapazitätsrestriktionen und Fuhrparkrestriktionen.

Tourenplanungsprobleme in der Abfallwirtschaft können als knoten- oder kantenorientierte Probleme ausgebildet sein. Wenn die Behälter als Einzelstandplätze angesehen und auch so in der Berechnung gehandhabt werden, liegt ein knotenorientiertes Problem vor. Sind jedoch mehrere Behälter (wie z.B. bei der Restmüllsammlung) in einem Straßenzug zu entsorgen, so können diese Behälter dem jeweiligen Straßenzug zugeordnet werden. Der Straßenzug muss dann immer in einem für die Entsorgung der Behälter durchfahren werden, es liegt ein kantenorientiertes Problem vor. Mir scheint es jedoch sinnvoller, das Tourenplanungsproblem in der Abfallwirtschaft als knotenorientiertes Problem anzugehen, da so die einzelnen Standplätze mit den individuellen Entleerintervallen besser berücksichtigt werden können.

Das bedeutet, dass für die Probleme der Tourenplanung liegt ein exponentieller Rechenaufwand vor, der auch mit leistungsfähigen Computern in vernünftiger Zeit nicht gelöst werden kann. Um zu veranschaulichen, was das heißt, wurde von den Autoren Gary und Johnson (zitiert in VOGT, 1997) unter der Annahme, dass für

die Ausführung eines Rechenschrittes eine Mikrosekunde benötigt wird, Zeiten angegeben, die ein Algorithmus für Probleme mit unterschiedlichen Größen benötigt, wenn dessen Rechenaufwand genau n , n^2 , n^3 , n^5 , 2^n bzw. 3^n beträgt (VOGT, 1997).

Rechen- aufwand	Größe des Problems			
	n = 10	n = 30	n = 50	n = 100
n	.00001 sec.	.00003 sec.	.00005 sec.	.0001 sec.
n ²	.0001 sec.	.0009 sec.	.0025 sec.	.01 sec.
n ³	.001 sec.	.027 sec.	.125 sec.	1 sec.
n ⁵	.1 sec.	24.3 sec.	5.2 min.	166.7 min.
2 ⁿ	.001 sec.	17.9 min.	35.7 Tage	4.1 * 10 ¹⁴ Jahre
3 ⁿ	.059 sec.	6.5 Jahre	2 * 10 ¹⁰ Jahre	1,7 * 10 ³² Jahrhunderte

Tabelle 4.1.2.-1: Laufzeitverhalten von Algorithmen (VOGT, 1997)

Aus diesem Grund werden heuristische Verfahren für die Lösung von Tourenplanungsproblemen verwendet. Heuristische Verfahren können keine Garantie dafür bieten, dass eine optimale Lösung des betrachteten Problems gefunden wird bzw. dass eine gefundene Lösung als solche erkannt wird. Die mit heuristischen Methoden erzielbaren Lösungen werden als suboptimale Lösungen bezeichnet (VOGT, 1997). Heuristiken sind in vernünftiger Rechenzeit auszuführen und auch einfacher programmierbar als exakte Lösungen. Diese funktionieren im allgemeinen so, dass mit Hilfe eines Algorithmus eine Anfangslösung gefunden wird, die dann mit unterschiedlichen Verbesserungsverfahren weiter optimiert wird.

In jedem Tourenproblem sind zwei Teilprobleme miteinander verwoben: Die Zuordnung von Kunden zu einer Tour (dieses Problem wird auch als Clusterung bezeichnet) und die Reihenfolge der Kunden innerhalb der Tour. Diese Teilprobleme können entweder nacheinander (Sukzessivverfahren) oder nebeneinander (Parallelverfahren) gelöst werden (siehe Tabelle 4.1.2.-2) (DOMSCHKE, 1990).

Sukzessivverfahren		Parallelverfahren	
I. Route first - cluster second	II. Cluster first - route second	III. Konstruktionsverfahren	IV. Verbesserungsverfahren
vorwiegend für kantenorientierte Probleme	vorwiegend für knotenorientierte Probleme (z.B. Sweep-Verfahren)	z.B. Savings-Verfahren und Varianten	z.B. Verallgemeinerungen von 2- oder 3-optimalen Verfahren
		Kombinationen aus II und IV oder aus III und IV für knotenorientierte Probleme	

Tabelle 4.1.2.-2: Heuristische Verfahren für Standardprobleme der Tourenplanung (DOMSCHKE, 1990)

Sukzessivverfahren können zuerst die Clusterung durchführen oder zuerst die Tourenreihenfolge planen. Wird zuerst die Tour gebildet, so liegt zuerst eine riesige Tour vor, die nachher je nach Restriktionen in kleinere Touren zerlegt wird. Dieses Verfahren wurde bislang vor allem für kantenorientierte Probleme verwendet. Wird zuerst die Clusterung durchgeführt, so werden zuerst die Kunden den Touren zugeordnet und dann für jede Tour die kürzeste Route ermittelt. Dieses Verfahren wird meist für knotenorientierte Verfahren eingesetzt (DOMSCHKE, 1990).

Parallelverfahren werden ebenfalls hauptsächlich für knotenorientierte Verfahren eingesetzt. Mit Konstruktionsverfahren werden Touren und Routen parallel entwickelt. Die bekanntesten Verfahren sind das Savings-Verfahren und das Sweep-Verfahren. Mit sogenannten Verbesserungsverfahren werden diese Touren und Routen anschließend optimiert. Am meisten gebräuchlich ist das 2-opt- und das 3-opt-Verfahren, deren Anwendung auch hintereinander empfohlen wird. Hier wird durch Veränderung der im Konstruktionsverfahren entstandenen Touren (durch Austausch von Knoten und Kanten) diese noch weiter optimiert. Zahlreiche weitere Ausführungen zu diesen Verfahren sind in der Literatur zu finden (DOMSCHKE, 1990, VOGT, 1997, NOVAK, 1999).

Neben diesen klassischen Verfahren zur Lösung von Tourenplanungsproblemen wurden auch moderne Verfahren entwickelt. Diese basieren auf unterschiedlichen Ansätzen und machen sich neueste technische Entwicklungen zu Nutze. So gibt es Verfahren auf Basis von Fuzzy-Logic, von Neuronalen Netzen, von genetischen Algorithmen etc. (NOVAK, 1999).

4.2. Zielsetzung eines Tourenplanungs-GIS

Die Ziele eines GIS-Einsatzes in der Tourenplanung als auch ganz allgemein als Planungsinstrument der Abfallwirtschaft können wie folgt definiert werden:

- Zeit- und somit Kostenersparnis im Prozeß der Planung,
- Zeit- und somit Kostenersparnis in der Logistik selber (Einsatz von weniger Personal und weniger Fahrzeugen mit gleichzeitiger Steigerung der Auslastung der bestehenden Flotte),
- Transparenz der Planungsprozesse,
- Möglichkeiten der Simulation von Prozessen,
- Neue Möglichkeiten der Auswertungen vorhandener Daten als Entscheidungshilfen,
- Unmittelbares Einbinden neuer Dateien.

Vor dem Hintergrund dieser Zielsetzungen soll der Einsatz eines GIS allgemein in der Abfallwirtschaft sowie speziell in der Tourenplanung in diesem Kapitel am Beispiel Wiens ausgeführt werden.

Ebenso soll Kapitel 5 durch die Betrachtung konkreter auf dem Markt befindlichen Produkte für diese beantworten, ob und in welchem Ausmaß die obengenannten Ziele mit den Softwaretools erreicht werden können.

4.3. Datengrundlagen in Wien

Wie schon in Kapitel 3.3. näher ausgeführt, stellen die Daten das Kernstück jedes GIS dar. Für ein Tourenplanungssystem für die Abfallwirtschaft in Wien stellen einerseits die Daten aus der Behälter- und Streckendatenbank die Sachdaten dar, aber auch Geometriedaten sind in der Stadt Wien vorhanden. In diesem Kapitel soll genauer auf die Geometriedaten und die Verknüpfungsmöglichkeiten mit den Sachdaten eingegangen werden.

4.3.1. Adreßverortung

Die Adressen der Stadt Wien sind in den geometrischen Grundlagendaten als Punktbestand vorhanden. Das bedeutet, dass jeder Adresse eine x- und y-Koordinate zugeordnet ist.

An diese Adressen müssen jene aus der Behälterdatei als Sachdaten angehängt und somit im Raum verortet werden. Jede Adresse ist eindeutig durch fünf Einzelfelder definiert:

- Straßename (um Schreibfehler vorzubeugen existiert eine Datei „Adressen der Stadt Wien“, in der die Schreibweise für alle Adressen eindeutig festgelegt ist. Diese Datei wird auch für die Eingabe der Adressen in der Behälterdatei verwendet, siehe auch Kapitel 2.5.1.1.);
- Hausnummer: auch Von-Hausnummer, bei zweiteiligen Hausnummern (z.B. Hütteldorferstrasse 101-103) ist dies der erste Teil;
- Zu-Hausnummer: der zweite Teil einer zweiteiligen Hausnummer, bei einteiligen Hausnummern bleibt dieses Feld frei;
- Stiegennummer: auch Von-Stiegennummer, analog zum Aufbau der Hausnummern, der erste Teil einer zweiteiligen Stiegennummer;
- Zu-Stiegennummer: analog zu den Hausnummern der zweite Teil einer zweiteiligen Stiegennummer; bei einteiligen Stiegennummern bleibt dieses Feld frei.

Die Adressen werden in einem Punktlayer verortet, das heißt, wenn man sich nur diesen Layer anzeigen läßt, dann sieht man eine Menge Punkte. Für die Benutzung der Adreßdaten ist daher unbedingt ein weiterer Layer erforderlich, der eine Orientierung möglich macht, z.B. die Blockdaten oder die Mehrzweckkarte.

In der Behälterdatei wird die jeweilige Adresse mit Hausnummer und Stiegennummer eingegeben. Die Hausnummer und Stiegennummer werden jedoch auch bei zweiteiligen Nummern nur in ein Feld eingegeben. Für eine Zuordnung in der Punktdaten der Adreßverortung müßten diese Daten somit immer getrennt werden. Eine weitere Möglichkeit ist ein einmaliges Trennen der Daten und ein Zufügen von zwei weiteren Felder jeweils für Hausnummer und Stiege, wo jeweils der zweite Teil der Nummer in Zukunft eingetragen wird. Die Daten für die Adresse sind in der Behälterdatei im Stammdatensatz Teil 1 eingetragen.

4.3.2. Räumliches Bezugssystem Wien (RBW)

4.3.2.1. RBW-Straßennetz

Das räumliche Bezugssystem Wien (RBW) repräsentiert die Straßenzüge der Stadt. Das RBW ist somit die Grundlage für alle Weg- und Netzberechnungen, die für eine Tourenplanung durchgeführt werden müssen.

Folgende Zusatzinformationen sind im RBW enthalten:

- Einbahnen (werden regelmäßig aktualisiert),
- Besondere Nutzung von Straßen: Wohnstraßen, Fußgängerzonen, Autobahnen, Tempo-30-Zonen
- Fahrverbote
- Verkehrsfreie Wege: Gehwege, Plätze (z.B. Rathausplatz),
- Ampelstandorte (inkl. durchschnittlicher Ampelwartezeiten).

Folgende Zusatzinformationen fehlen noch im RBW:

- Abbiegevorschriften,
- Durchfahrtsgeschwindigkeiten (können nur über die Definition Autobahn, Tempo-30-Zone bestimmt werden, alles übrige hat Tempo 50, ist aber nicht ganz exakt).

Diese noch fehlenden Daten werden jedoch auf dem Markt von privaten Firmen, welche Autonavigationssysteme entwickeln und vertreiben, angeboten, wie z.B. von den Firmen Navtech, Teletlas-Bosch, etc.

Das RBW wird derzeit in der Stadt Wien für die Berechnung von Radrouten eingesetzt und wäre somit auch als Datengrundlage für eine Tourenberechnung in der Abfallwirtschaft einsetzbar.

4.3.2.2. RBW-Blockstruktur

Die RBW-Blockstruktur stellt die Häuserblöcke in Wien dar und fungiert somit als Unterstützung für die Orientierung. Für jeden Block sind zudem statistische Daten hinterlegt, die für räumliche Analysen herangezogen werden können, für einige Nutzungskategorien sind auch die Nutzungen hinterlegt, so z.B. für Ärzte, Schulen, Apotheken, Bezirksämter, etc., wobei für eine Anwendung für die Abfallwirtschaft nur die Kennzeichnung der Schulen von Bedeutung ist. Diese

Daten sind jedoch mit Vorsicht zu genießen, die Aktualität ist nicht immer gegeben.

Hilfreich für abfallwirtschaftliche Planungen können dagegen die statistischen Daten für jeden Baublock sein (siehe Kapitel 4.7.1). Diese enthalten Name, Gesamtbevölkerung, Wohnbevölkerung nach Altersklassen und Geschlecht, Lebensunterhalt, Bildung der Bevölkerung, Haushalt nach Größe, Anzahl der Arbeitsstätten, Wohnungen nach Kategorien, Gebäudenutzung und Beschäftigte nach Wirtschaftsklasse (Daten des ÖSTAT aus der Volkszählung 1991).

4.3.3. Mehrzweckkarte

Die Mehrzweckkarte in Raster- oder Vektorformat ist eine digitale Form der Stadtkarte von Wien, ein Kartenwerk, welches schon seit 1956 existiert. Die Stadtkarte von Wien liegt analog in einem Maßstab 1:2000 vor und wird auch in ihrer analogen Form im Magistrat der Stadt Wien umfangreich genutzt (siehe Abbildung 4.3.3.-1).

Der in Kapitel 2.5.2. erwähnte Feuerwehrplan der Stadt Wien, der für die Tourenplanung derzeit in der Abfallwirtschaft verwendet wird, ist ebenfalls ein abgeleitetes Produkt der Stadtkarte von Wien, ergänzt um die Standorte der Hydranten, deshalb als Feuerwehrplan bezeichnet.

Seit den 80er Jahren wird die Stadtkarte im Magistrat digital erfaßt und aktuell gehalten. Die Erstellung der Mehrzweckkarte erfolgte mittels „Automatische Tachymeter“ sowie Luftbildauswertung.

Für ein Tourenplanungs-GIS hat die Mehrzweckkarte nur als Orientierungshilfe Bedeutung und kann anstelle der Baublöcke verwendet werden. Hier reicht die wesentlich kostengünstigere Rasterversion jedoch völlig aus.

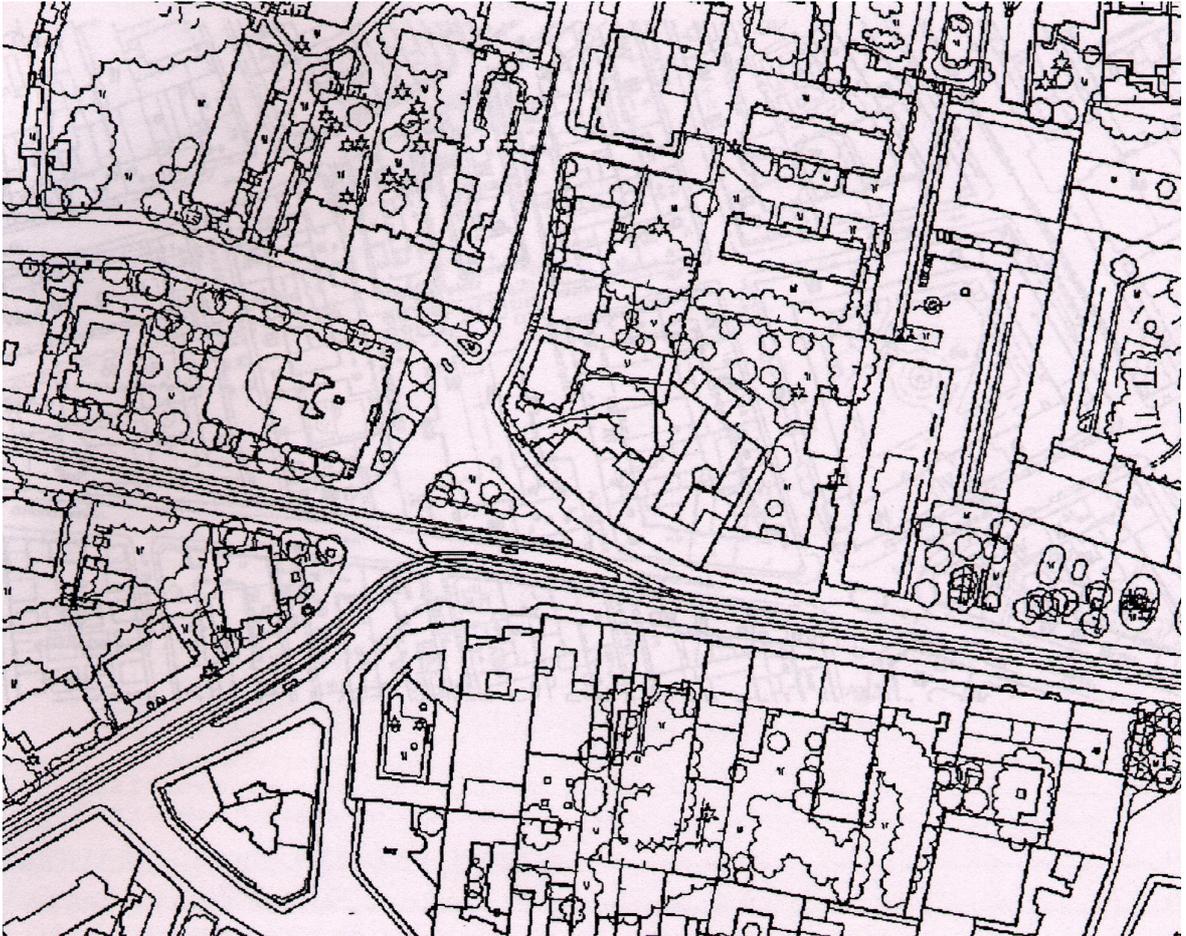


Abbildung 4.3.3.-1: Ausschnitt der Raster-Mehrweckkarte (BELADA, 1998)

4.3.4. Kosten für die Datengrundlagen

Für einen einmaligen Erwerb der einzelnen geometrischen Daten fallen auf dem freien Markt folgende Kosten an (die Daten sind wahrscheinlich magistratsintern ein wenig billiger, das Ausmaß darüber ist jedoch nicht vorhanden):

Punktadressen ganz Wien:	rund 13.800 Euro
RBW-Straßennetz:	rund 1.900 Euro
RBW-Blockstruktur (Vektordaten):	rund 3.700 Euro
Statistische Daten (Blockstruktur):	rund 650 Euro
Mehrweckkarte (Vektor):	rund 4 Mio. Euro
Mehrweckkarte (Raster):	rund 25.000 Euro

Bei einer Nutzung der RBW-Blockdaten für die Orientierung belaufen sich die Kosten für die für eine Tourenplanung erforderlichen Datengrundlagen auf rund 20.050 Euro. Kosten für regelmäßig Updates der Daten sind mit der zuständigen Dienststelle des Magistrats zu vereinbaren.

Hier ist außerdem zu erwähnen, dass die MA48 - Abfallwirtschaft über ein Abonnement für die Blockdaten verfügt, hier waren im ersten Jahr 2.900 Euro entrichtet, in den Folgejahren weitere 730 Euro für die Aktualisierung. Das Abonnement ist 10 Jahre gültig. Somit gibt es sehr wohl magistratsinterne Sonderregelungen, über die bei Bedarf noch genauere Informationen eingeholt werden müssen.

4.4. Funktionalitäten

Ein Tourenplanungs-GIS für die Abfallwirtschaft muss ein gewisses Maß an Mindestfunktionalitäten aufweisen, um einen sinnvollen Einsatz zu garantieren. Die wichtigsten dieser Funktionalitäten sollen in diesem Kapitel erläutert werden. Sie werden hierbei nur angerissen, für eine detaillierte Darstellung muss vor Anschaffung einer Software ein Pflichtenheft erstellt werden.

4.4.1. Stammdatenverwaltung

Unter Stammdatenverwaltung soll hier die Verwaltung der Behälterdaten verstanden werden. In der Abfallwirtschaft Wien werden diese derzeit in die Behälterdatei eingegeben und an die Streckendatei zur Verfügung gestellt (siehe Kapitel 2.5.1.). Die Kennwerte der Fahrzeuge werden derzeit vom Fuhrpark in Excel-Listen zur Verfügung gestellt.

Das derzeitig verwendete System übermittelt die Daten regelmäßig an die Buchhaltung, die wiederum den Liegenschaftseigentümern die Müllgebühren per Bescheid vorschreibt.

Derzeit gibt es jedoch mit der Behälter- und auch der Streckendatei immer wieder Probleme, so dass auch über eine komplette Neuanschaffung eines leistungsfähigen Systems nachgedacht werden sollte. Das derzeitige System kann weiters nicht als sehr benutzerfreundlich angesehen werden, Datenmanipulationen sind kompliziert gestaltet und die Fenster oftmals unübersichtlich. Viele der derzeit auf dem Markt befindlichen Softwareprodukte beinhalten eine Stammdatenverwaltung inklusive Verrechnungsmöglichkeit. Bei einer Einführung eines Tourenplanungs-GIS könnte man diese Module mitverwenden. Auf eine funktionierende Schnittstelle mit der Buchhaltung muss jedoch unbedingt Rücksicht genommen werden.

Vor diesem Hintergrund gibt es für die Stammdatenverwaltung zwei Lösungsmöglichkeiten:

1. Man behält die derzeitige Behälterdatei bei und gibt weiterhin dort die Stammdaten der Behälter ein. In diesem Fall muss eine Schnittstelle zum Tourenplanungs-GIS geschaffen werden, welche regelmäßig und fehlerfrei die Daten für ein Tourenplanungs-GIS zur Verfügung stellt. Die Schnittstelle muss genau und detailliert definiert werden.
2. Man nutzt die Stammdatenverwaltung eines Softwareproduktes wie in Kapitel 5.2. beschrieben. Hier muss eine neue Schnittstelle zur Buchhaltung zwecks Verrechnung definiert werden. Die einmalige Übernahme der bestehenden Stammdaten in das neue System muss zusätzlich gewährleistet sein. Alle Softwarehersteller haben Schnittstellen zu externen Datenbanken in ihren Systemen zur Übernahme von Altdaten vorgesehen.

4.4.2. Nutzung des Layerprinzips

In einem GIS sind die unterschiedlichen Themen in unterschiedlichen Layern abgelegt (siehe Kapitel 3.3.4.). Dieses Prinzip kann auch für ein Tourenplanungs-GIS genutzt werden.

So sollten die Informationen zu den unterschiedlichen Fraktionen in unterschiedlichen Layern angelegt werden. Zusätzlich sollte ein Layer für alle öffentlichen Altstoffsammelinseln geschaffen werden oder Altstoffbehälter als zu Altstoffsammelinseln zugehörig gekennzeichnet werden. Für Behälter, die Teil einer Altstoffsammelinsel sind, könnte man z.B. eine eigene Signatur verwenden.

Als Signatur für die Behälter können farbige Punkte herangezogen werden, wobei diese in der Leitfarbe der jeweiligen Fraktion gestaltet sind, somit grau für Restmüll, rot für Altpapier, weiß für Weißglas, grün für Buntglas, gelb für Kunststoffe, blau für Metalle und braun für Biotonnen. Dieses System macht es für den Anwender einfach, die jeweilige Behälterart rasch zu identifizieren.

Je nach Bearbeitung können die verschiedenen Layer hinzugeschaltet werden und immer nur die gewünschten Fraktionen auf dem Bildschirm dargestellt werden. So ist es für den Anwender ein leichtes, den Überblick zu behalten.

Abbildung 4.4.2.-1 zeigt einen Entwurf eines solchen Systems gestaltet nach dem Layerprinzip.

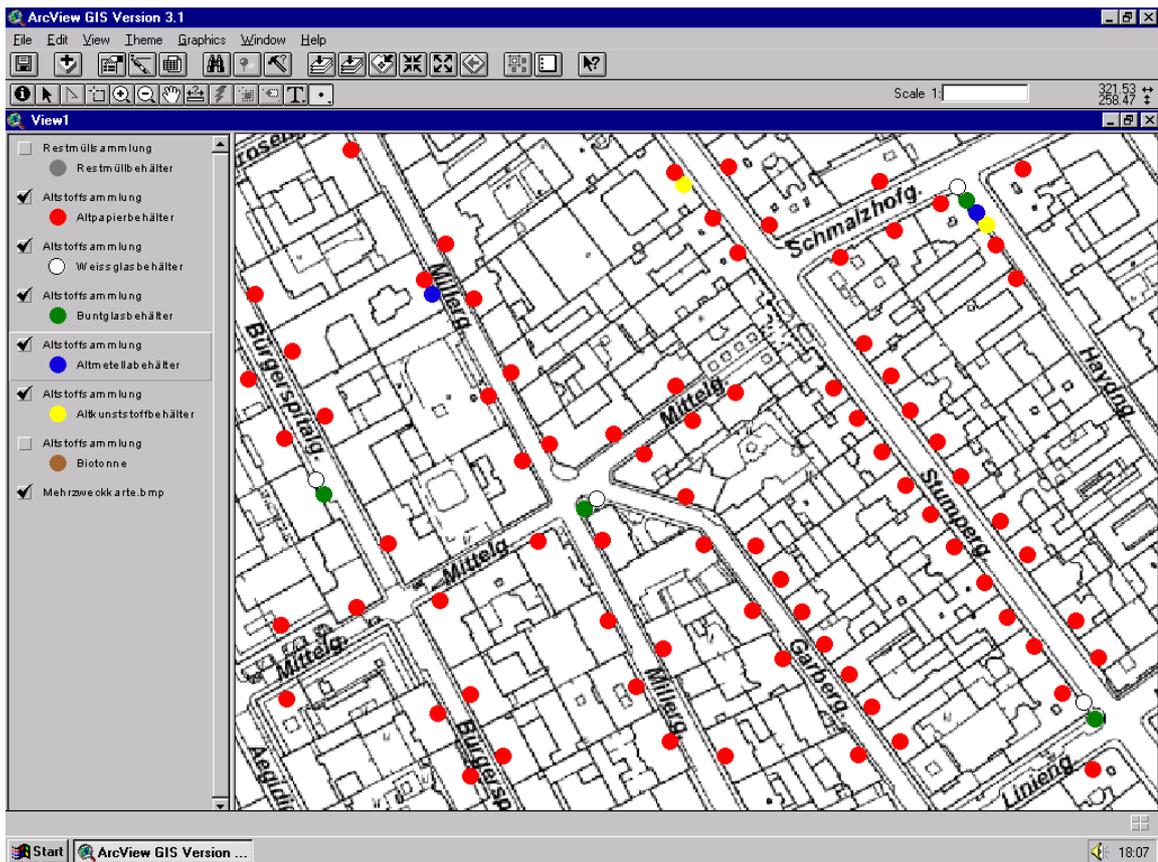


Abbildung 4.4.2.-1: Behälterdarstellung nach dem Layerprinzip (eigener Entwurf mit ArcView)

4.4.3. Informationen für den Disponenten

Bei der Erstellung von Touren ermittelt der Disponent stets Kennzahlen, die ihm eine Beurteilung der Größe und Auslastung der Tour ermöglichen (siehe Kapitel 2.5.2.). Folgende Kennzahlen müssen vom System bei einer Tourenplanung pro Tour und Tag automatisch zur Verfügung gestellt werden:

- Behälteranzahl, auch unterteilt nach Behältergröße;
- zu entleerendes Volumen;
- zu erwartendes Gewicht auf der Tour.

Für die Auslastung der Sammelfahrzeuge kann entweder das Gewicht (bei Erreichung der höchst zulässigen Nutzlast) oder das Volumen (bei sehr leichten Stoffen) ausschlaggebend sein. Deshalb müssen auf jeden Fall immer beide Werte berechnet werden. Die Bestimmung der Auslastung ist für die Tourenplanung eine wichtige Restriktion und bestimmt den Zeitpunkt, wo das Sammelfahrzeug zur Ableerstelle fahren muss.

Das Volumen kann einfach aus der Kombination von Behältervolumen und Anzahl errechnet werden. Wichtig ist jedoch nicht das Volumen im Behälter, sondern jenes im Sammelfahrzeug, da darüber bei einigen Fraktionen, vor allem bei Kunststoff, die Auslastung der Sammeltour bestimmt wird. Die meisten Sammelfahrzeuge weisen eine Verdichtung von rund 1:3 auf. Dieser Wert sollte jedoch für die einzelnen Fraktionen und Sammelfahrzeugtypen nochmals hinterfragt und dann im System für die Berechnung hinterlegt werden.

Für die Berechnung des zu erwartenden Gewichtes müssen durchschnittliche Dichtewerte für die einzelnen Fraktionen und Behältergrößen im System hinterlegt werden. In der MA48 sind aus den letzten Restmüll- und Altstoffanalysen statistisch gesehen relativ abgesicherte Werte für die Dichten vorhanden, die hier Verwendung finden können. Weiters sollte eine Eingabe der zu erwartenden Füllgrade nach Fraktionen getrennt möglich sein. Ein Erfahrungswert für die zu erwartenden Füllgrade der einzelnen Fraktionen liegt oftmals vor. Auch können zur Ermittlung der Werte empirische Untersuchungen durchgeführt werden.

Alle einzugebenden Parameter müssen auch flexibel während des Betriebes der Tourenplanungssoftware angepasst werden können, um geänderte Situationen voll berücksichtigen zu können. So muss eine Datenrückkoppelung möglich sein, das heißt, Daten, die im Laufe der Entleerungen erfasst werden, müssen zur Optimierung des Systems wieder in dasselbige eingespielt werden können.

4.4.4. Berücksichtigung der Restriktionen

Die in Kapitel 2.5.2. aufgezählten Restriktionen müssen bei der automatischen Tourenerstellung berücksichtigt werden. Eine Schwierigkeit hierbei wird sein, dass die Berücksichtigung der Restriktionen bei der analogen Planung derzeit auf Erfahrungen des Disponenten beruht und diese Daten nicht in digitaler Form vorliegen. Somit müssen eine Vielzahl der Daten erst in das System eingespielt bzw. eingegeben werden.

Im folgenden sollen die Restriktionen nochmals angeführt werden, jeweils mit dem Hinweis, in welcher Form Daten zur Berücksichtigung der Restriktionen vorliegen:

- Schulen, Kindergärten: Informationen sind teilweise in den Stammdaten unter den Anmerkungen beigefügt. Teilweise können die Daten aus den Grundlagedaten Wien übernommen werden (siehe Kapitel 4.3.2.). Eine händische Ergänzung der Daten wird jedoch notwendig sein,
- Hauptverkehrsadern, Straßenbahntrassen, Buslinien: Informationen hierzu liegen im System nicht vor und müssten händisch definiert werden. Eine Hilfestellung können sicherlich die Grundlagedaten der Stadt Wien zu geben.

- Wohnhausanlagen, Industrieanlagen, Sondervereinbarungen: für diese Einzelobjekte müssen jeweils die Restriktionen händisch hinterlegt werden.
- Fußgängerzonen: diese sind in den Grundlagedaten der Stadt Wien enthalten.
- Höhenbegrenzungen, Abbiegevorschriften: diese sind in den Grundlagedaten der Stadt Wien nicht enthalten und müssen händisch den Geometriedaten zugefügt werden.
- Ein-/Zweiseitig zu entsorgende Straßen: dies muss die MA48 aufgrund ihrer Erfahrungswerte definieren und muss händisch eingefügt werden. Das System sollte hier einen Vorschlag machen, der händisch nachbearbeitet werden kann.
- Abholintervalle: die möglichen Abholintervalle müssen auch dem System hinterlegt werden, da für spezielle Intervalle immer bestimmte Wochentage in Frage kommen, so z.B. für 104malige Entleerung nur entweder eine Entleerung Montags und Donnerstags oder Dienstags und Freitags, für eine 156malige Entleerung ist die Entleerung Montags, Mittwochs und Freitags fix. Das System muss dies bei der Einteilung der Behälter zu den einzelnen Tagen berücksichtigen. Ersatzfahrten nach Feiertagen und Einschübe an Samstagen sollten ebenfalls integrierbar sein.

Schon diese Liste an Aufzählungen und zu erwartende Datenerhebungen und -eingaben machen den Arbeitsaufwand deutlich, der für eine sinnvolle Berücksichtigung der Restriktionen notwendig ist. Die automatische Berücksichtigung oder (bei Systemen ohne Algorithmus) zumindest der Hinweis des Systems bei Verletzung der Restriktionen sind jedoch einer der wesentlichen Vorteile bei GIS-unterstützten Tourenplanungssystemen, da hier der Disponent entscheidend entlastet wird, da „er ja nicht an alle Sachen gleichzeitig denken kann“.

4.4.5. Algorithmus der Tourenplanung

Für die automatische Tourenplanung werden mathematische Algorithmen, wie in Kapitel 4.1. beschrieben, verwendet. Der meist verwendete Algorithmus ist der Savings-Algorithmus oder Modifikationen davon.

Entscheidend für den Tourenplanungsalgorithmus ist, dass er die Situation im Straßenverkehr möglichst realitätsnah abbildet, um ein gutes Ergebnis zu liefern. Dabei müssen alle Restriktionen und die spezifischen Ladezeiten berücksichtigt werden.

Für die Berechnung der Touren muss man verschiedene Parameter definieren können, nämlich welche Fraktionen und Behälterarten in die Planung mit einbezogen werden sollen, ob die Planung über das gesamte Stadtgebiet erfolgen soll oder ob vorher Reviere gebildet werden sollen. Alle diese Parameter sollen möglichst flexibel angepaßt werden können.

Gleichzeitig muss auch die Auslastung berücksichtigt werden. Je nach dem welche Art der Auslastung als erste erreicht wird, nämlich volums- oder gewichtsmäßige Auslastung, muss das System das Fahrzeug als ausgelastet melden. Auch eine Eingabe, wie viele Fahren pro Tag (natürlich in Zusammenhang mit der Gesamtarbeitszeit) ein Fahrzeug durchführen soll, muss eingegeben werden können.

Eine wichtige Anforderung der automatischen Tourenplanung ist die Aufteilung der Behälter auf fünf unterschiedliche Tourentage, die aber alle die geforderten Restriktionen erfüllen müssen. Dabei müssen die Entleerintervalle der Behälter berücksichtigt und den Tourentagen zugeordnet werden (siehe auch Kapitel 4.4.4.). Dies ist sicherlich eine der komplexesten Aufgaben der automatischen Tourenplanung und bereitete z.B. in der Stadt Frankfurt (persönliche Auskünfte) erhebliche Probleme.

Natürlich muss das Programm auch die bestehenden Touren erweitern können, denn bei einer Änderung des Behälterstandes wird nicht immer sofort die gesamte Tour neu geplant.

4.4.6. Manuelle Eingriffe

Auch bei automatischen Tourenplanungsprogrammen, die mathematische Algorithmen verwenden, müssen händische Eingriffe des Disponenten in die fertiggestellten Touren möglich sein. Denn meist können die Touren nicht laut der automatischen Planung abgefahren werden, es müssen persönliche Erfahrungen des Personals zur Optimierung der Touren ergänzt werden. Das muss soweit gehen, dass die Touren auch komplett händisch erstellt werden können.

Die Tourenplanung muss in einem GIS sowohl als Reihenfolge in einer Behälterliste als auch graphisch dargestellt werden. Händische Änderungen und Korrekturen, die vom Disponent vorgenommen werden, sollen sowohl in der Liste als auch interaktiv in der Karte möglich sein. Die Änderungen müssen dann jeweils automatisch in das andere Medium übernommen werden.

Vor allem aber auch Änderungen in den Geometriedaten aufgrund von Erfahrungen, die das System nicht berücksichtigen kann, müssen vorgenommen werden können. Z.B. kann es vor allem in der Innenstadt der Fall sein, dass an

gewissen Kreuzungen aufgrund von parkenden Autos ein Abbiegen für die doch sehr großen Müllsammelfahrzeuge nicht möglich ist. Hier muss es möglich sein, ein Abbiegeverbot zu vergeben und die Tourenplanung erneut vorzunehmen, wo dann diese neue Vorschrift berücksichtigt wird. Solche Änderungen müssen temporär oder auf Dauer definierbar sein.

Auch die Einbeziehung von Behältern, die noch keiner Strecke zugeordnet sind, auf eine Strecke muss interaktiv möglich sein. Dabei kann man sich z.B. die existierenden Strecken mit ihren Kenndaten zeigen lassen, zusätzlich alle Behälter, die noch keiner Strecke zugeordnet sind. Das System sollte dann vorschlagen, in welcher Strecke und an welcher Stelle (der Entleerreihenfolge nach) der Behälter am günstigsten eingefügt werden soll. Nach einer manuellen Überprüfung muss dann der Behälter über einen einfachen Algorithmus einer Strecke zugeordnet werden können.

4.4.7. Behälterinformationen

Die Behälterdaten werden in einem Tourenplanungs-GIS den Geometriedaten beigefügt. Somit stehen die Behälterdaten auch in der graphischen Darstellung dauernd zur Verfügung und können dort abgerufen werden.

Somit sollte ein Informationsmodus in der graphischen Darstellung unbedingt vorgesehen werden. Dies kann einfach funktionieren, indem man im GIS-System einen Info-Button programmiert. Wenn der Disponent diesen dann anklickt und anschließend auf einen von ihm ausgewählten Behälter, so öffnet sich ein sogenanntes Infofenster, welches die wichtigsten Behälterinformationen enthält. Die angezeigten Behälterinformationen sollten jenen entsprechen, die derzeit in der Streckendatei ausgewiesen werden (siehe Abbildung 2.5.1.2.-1), können aber auch jederzeit erweitert werden. Abbildung 4.4.7.-1 zeigt einen Entwurf, wie solch eine Behälterinformation aussehen könnte.

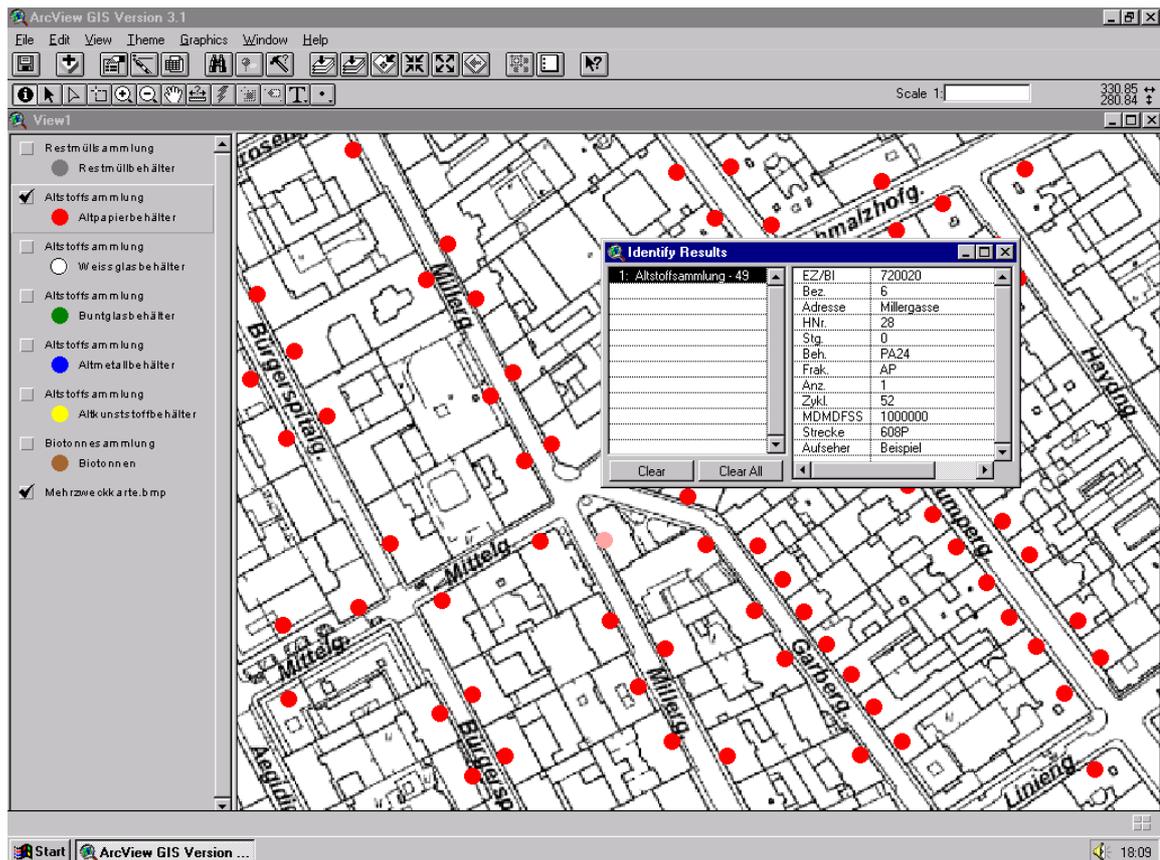


Abbildung 4.4.7.-1: Behälterinformation im graphischen Ausgabefenster (eigener Entwurf mit ArcView)

Vor allem in fertigen Softwarepaketen ist diese Funktion häufig nicht vorgesehen. Dort werden zur Reduzierung des Datenumfanges oftmals die Behälterdaten einem Straßenabschnitt zugeordnet und dann in der graphischen Ansicht auch nur die zu durchfahrenden Straßenabschnitte, aber nicht die Einzelbehälter einer Tour dargestellt.

4.4.8. Auswertemöglichkeiten

Eine computerunterstützte Aufgabenbewältigung ist nicht zielführend, wenn nicht Auswertungen unterschiedlichster Art mit den im System enthaltenen Daten möglich sind.

Einerseits müssen aus den Stammdaten vielfältige Auswertungen ermöglicht werden. So gibt es zahlreiche Anfragen zu Behälterzahlen (pro Bezirk, pro Fraktion, etc.), aber auch Parameter der Touren müssen in Standardreports zur Verfügung stehen.

Diese Auswertungen müssen aber nicht nur im Programm selber zur Verfügung stehen, diese sollten flexibel in andere Programme (für Berechnungen meist Excel

o.ä.) übernommen werden können (Exportfunktion), um weiterführende Berechnungen zu ermöglichen. Wenn Auswertungen nur ausgedruckt werden können, nutzen sie dem Betrieb nicht, da bei wechselnden Anforderungen oftmals diese Listen zum Auswerten wieder in andere Systeme eingetippt werden und so ein unsinniger zusätzlicher Arbeitsaufwand entsteht.

Am effizientesten ist es hierbei, vor der Einführung der Software, Auswertungen zu definieren, die im täglichen Betrieb benötigt werden. Das können einerseits Auswertungen für die Geschäftsleitung (ähnlich Controllingberichten) sein, andererseits Auswertungen, die aufgrund von Erfahrungswerten der Mitarbeiter oft von Seiten der Bürger oder anderer Aufgabenstellungen nachgefragt werden.

4.4.9. Weitere Funktionalitäten

Die Darstellung der Funktionalitäten erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, es sind hier nur die wichtigsten erläutert.

Zusätzliche Funktionalitäten, die jedoch nicht Teil eines Tourenplanungs-GIS sind, werden in Kapitel 4.7. ausführlicher behandelt.

4.5. Einführung eines Tourenplanungs-GIS in der Abfallwirtschaft

4.5.1. Projektmanagement

Die Dimension der Einführung eines Tourenplanungsprogrammes sollte in der Abfallwirtschaft nicht unterschätzt werden.

Die Einführung muss als Projekt abgearbeitet werden, um den Erfolg sicher zu stellen. Der Projektleiter koordiniert die Arbeiten und kontrolliert die zeitgerechten Arbeitsfortschritte und Ergebnisse. Dabei ist sicherzustellen, dass dem Projektleiter auch genügend Arbeitszeit neben seinen übrigen Tätigkeiten hierfür zur Verfügung steht.

Falls intern kein Projektverantwortlicher gefunden werden kann, kann auch die Beschäftigung eines externen Betraters in Betracht gezogen werden. Dieser bringt den Vorteil, dass er als Außenstehender oft anders auf Probleme zugeht und diese effizienter lösen kann, es besteht jedoch auch die Gefahr, dass er aus Unkenntnis der internen Gegebenheiten wichtige Gegebenheiten übersieht.

4.5.2. Implementierung

Die Einführung einer Tourenplanungssoftware kann in unterschiedliche Phasen eingeteilt werden (vgl. NOVAK, 1999).

Am Anfang steht immer die grundsätzliche Entscheidung, eine computerunterstützte Tourenplanung im Betrieb einzuführen.

4.5.2.1. Konzeption

Vor der Einführung muss die Geschäftsleitung Ziele definieren, die mit einem solchen System erreicht werden sollen. Weiters muss man sich Gedanken über die Auswirkungen der Einführung eines computergestützten Tourenplanungssystems machen.

So sollten vor allem folgende Fragen beantwortet werden (vgl. NOVAK, 1999):

- Wo liegt der betriebswirtschaftliche Nutzen eines Tourenplanungssystems?
- Können die benötigten Geldmittel für eine Anschaffung, aber auch für die spätere Nutzung aufgebracht werden? (siehe Kapitel 4.5.5.)
- Kann das System mit dem vorhandenen Personal betreut werden oder muss zusätzliches Personal aufgenommen werden? (siehe Kapitel 4.6.2.)
- Wie kann ich eine hohe Akzeptanz des Systems bei meinen Mitarbeitern erreichen (siehe auch Kapitel 4.5.4.)?
- Mit welchen Problemen ist zu rechnen? (siehe Kapitel 4.6.)
- Wie sieht die eigene EDV-Ausstattung im Vergleich mit der Konkurrenz aus?

Vor dem Hintergrund dieser Fragen muss ein Pflichtenheft ausgearbeitet werden. Dieses enthält alle Details über die Anforderungen und Programmfunktionalitäten. Bei der Erstellung eines Pflichtenheftes ist die vorliegende Arbeit als Hilfestellung gedacht. Das Pflichtenheft stellt die wichtigste Entscheidungsgrundlage für die endgültige Auswahl eines Systems dar.

4.5.2.2. Softwareauswahl

Das Pflichtenheft dient im nächsten Schritt für die Ausschreibung des Auftrages. Nach dem Einlangen von Angeboten der verschiedenen Anbieter von Tourenplanungssoftwareprodukten, wird eine Bewertung der Systeme anhand des Pflichtenheftes vorgenommen. Hier sind meist zahlreiche persönliche Gespräche mit den Herstellern notwendig, um sich ein umfassendes Bild von der Leistungsfähigkeit der einzelnen Produkte zu machen. In dieser Phase können auch Änderungen oder zusätzliche Programmierungen ausgehandelt werden. Hierbei soll grundsätzlich darauf geachtet werden, dass die Software den Anforderungen des Betriebes entspricht und nicht umgekehrt.

Am Ende dieser Phase soll die Entscheidung für eine spezifische Software und die Beauftragung des Anbieters stehen.

4.5.2.3. Installation/Betrieb

Nach der Beauftragung kann mit dem Einrichten der Hard- und Software laut Pflichtenheft begonnen werden. Die Datenaufbereitung und -bereitstellung (für detailliertere Ausführungen siehe Kapitel 4.5.3.) wird in dieser Phase durchgeführt. Es müssen weiters Schnittstellen zu anderen Systemen zum Datenimport und/oder -export definiert werden.

Vor der endgültigen Inbetriebnahme des Systems ist ein Testbetrieb vorzusehen, wo das alte und das neue System gleichzeitig in Betrieb sind. Um unnötige Kosten der Doppelerfassung zu vermeiden, muss diese Phase möglichst kurz gehalten werden. In dieser Phase ist jedoch ein aktiver Gebrauch des Systems unerlässlich, da gewöhnlich in Softwareprodukten Fehler nur während einer Nutzung aufgefunden werden können. Eine gewissenhafte und detaillierte Fehlerdokumentation ist eine wichtige Grundlage für eine Optimierung des Systems. Diese Optimierungen sind während und nach eines Testbetriebes vorzunehmen.

Ein wichtiger Punkt ist auch die gründliche Schulung der zukünftigen User. Schulungen müssen organisiert werden, dem User muss es die Möglichkeit geboten werden, während des Testbetriebes Fragen an den Anbieter zu richten. Ein Handbuch zum System erleichtert die Anwendung.

4.5.2.4. Nutzung

Während der endgültigen Nutzung werden die letzten Softwareanpassungen durchgeführt. Danach erfolgt eine routinemäßige Nutzung der Software im täglichen Betrieb.

Auch während längerer Nutzung sind Datenbereinigungen und -updates erforderlich. Der Aufwand für diese Tätigkeiten ist nicht zu unterschätzen.

Ich persönlich rate für die Nutzung einer computerunterstützten Software die Einstellung bzw. Freistellung (von anderen Tätigkeiten) eines Mitarbeiters vor, der nur die Aufgabe hat, einerseits gemeinsam mit dem Personal der Sammlung neue Touren zu planen, alte zu optimieren und andererseits die Daten aktuell zu halten. Nur so kann ein geregelter und effizienter Einsatz einer Tourenplanungssoftware gewährleistet werden.

Dieser Mitarbeiter könnte auch abfallwirtschaftliche Planungen mit Hilfe eines GIS-Systems, wie sie in Kapitel 4.7.1. beschrieben werden, durchführen.

Die meisten Softwarefirmen bieten auch regelmäßige Updates ihrer Systeme an. So bleibt man immer auf dem letzten Stand der Entwicklungen und wird nach einigen Jahren nicht mit der Neuanschaffung eines Systems konfrontiert, weil das derzeit verwendete System veraltet ist.

4.5.3. Datenaufbereitung und -bereitstellung

Eine GIS-unterstützte Tourenplanung kann immer nur so gut sein, wie gut die Basisdaten sind.

Einerseits ist eine hohe Qualität der Geometriedaten notwendig. In Wien gibt es einen recht hohen Standard an Geometriedaten. Doch auch hier sind noch einige Informationen (z.B. Abbiegevorschriften) nicht enthalten, die für eine Tourenplanung notwendig sind (siehe Kapitel 4.3.).

Doch auch auf die Sachdaten muss ein großes Augenmerk gelegt werden. Hier müssen intern vor allem abfallwirtschaftliche Kennzahlen erhoben werden. Um wirklich eine hohe Qualität der Daten zu erreichen, ist oft ein hoher Arbeitsaufwand notwendig (siehe auch die unterschiedlichen Anwenderberichte in Kapitel 5). Dieser Arbeitsaufwand ist zeitlich und auch kostenmäßig unbedingt vorzusehen. Wenn man nicht bereit ist, in diese Phase intensiv zu investieren, wird die Tourenplanung immer unbefriedigend ausfallen.

Daten über die Dichte der einzelnen Materialien im Behälter oder in den Sammelfahrzeugen sind meist in den Betrieben vorhanden. Schwieriger stellt sich die Bestimmung des Zeitaufwandes für die Sammlung dar.

Zu diesem Thema beschreiben SCHNEIDER et al. (1996a) sehr detailliert eine Basisdatenerhebung vor der Einführung von GIS-unterstützten Tourenplanungsprogrammen.

Hierbei wurde eine Großstadt zunächst straßenweise in acht Siedlungsstrukturtypen gegliedert:

- Siedlungsstrukturtyp A - Citygebiete: hohe Bebauung, viele Einzelhandelsbetriebe, starke Verkehrsbehinderung, schwierig zu erreichende oder weit entfernte Behälterstandplätze;
- Siedlungsstrukturtyp B - sonstige Citygebiete: enge Bebauung, Einzelhandelsbetriebe, hohe Verkehrsbehinderung;

- Siedlungsstrukturtyp C - Mehrfamilienhausbebauung: mind. dreigeschossige Bauten, innerstädtische Bebauung;
- Siedlungsstrukturtyp D - Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhausbebauung: weniger als drei Vollgeschosse, Ladepunkte mit wenigen Behältern;
- Siedlungsstrukturtyp E - Streusiedlungen: Siedlungszentren in Gebieten mit aufgelockerter ländlicher Bebauung, Randgebiete;
- Siedlungsstrukturtyp F - aufgelockerte Bebauung: ländliche Gebiete, aufgelockerte Bebauung, verstreute Ladepunkte in unregelmäßigen Abständen, kleinste Siedlungszentren;
- Siedlungsstrukturtyp G - Gewerbegebiete: Gebiete mit weit auseinanderliegenden Ladepunkten, Ladepunkte mit wenigen großen Behältern;
- Siedlungsstrukturtyp H - Industriegebiete: Gebiete mit weit auseinanderliegenden Ladepunkten, wenige große Behälter.

Anschließend wurden durch Begleitung möglichst vieler, wenn möglich sogar aller Touren die Ist-Daten ermittelt und in einem Tourendatenblatt aufgezeichnet. Dabei wurden Behälterzahl, Länge der Entsorgungsstrecke, die unterschiedlichen Fahrten (Leer-, Entsorgungsfahrten, etc.) sowie die Zeiten in den Straßenabschnitten erfaßt. Mit einer Videokamera wurden Siedlungsstruktur, Schüttzeit und Wartezeiten aufgezeichnet.

Aus diesen einzelnen Datenblättern wurden die zeitbezogenen Kennzahlen je Siedlungsstruktur, Behältergröße und Fraktion entwickelt. Die benötigte Sammelzeit wurde durch Multiplikation mit der entsprechenden Behälteranzahl ermittelt.

Mit diesen Daten wurde anschließend - unter Berücksichtigung von weiteren Restriktionen - eine Revier- und Tourenplanung durchgeführt, die in der Erstellung eines Abfuhrkalenders für das gesamte Entsorgungsgebiet mündete.

4.5.4. Akzeptanz

NOVAK (1999) nennt in seiner Arbeit zwei bedeutende Nachteile einer computerunterstützten Tourenplanung:

- Sie ist neu (meist wird alles Neue aus Furcht, Unwissenheit etc. abgelehnt),
- Sie arbeitet mit Computerunterstützung (noch immer stehen viele Menschen einem Computereinsatz skeptisch gegenüber).

Um eine computerunterstützte Tourenplanung erfolgreich im Betrieb einzuführen, muss die Ablehnung der Mitarbeiter abgebaut und eine breite Akzeptanz erreicht werden. Ohne diese Akzeptanz wird das neue System nie vollständig effizient eingesetzt werden können.

Somit müssen schon in der Anfangsphase alle Betroffenen mit einbezogen werden. Vorhandene Erfahrungen müssen unbedingt in die Planungen eingebracht werden. Am besten ist es, die Anwender in das Kernteam des Projektes aufzunehmen. Man muss versuchen, die Anwender davon zu überzeugen, dass die Software Verbesserungen und Vereinfachungen im Betrieb bringen kann und keine weitere Hürde im Arbeitsalltag darstellt. Viele Mitarbeiter weigern sich von vorne herein, sich mit einem neuen Computersystem zu beschäftigen, weil es ihnen zu mühsam erscheint.

Ein Schwerpunkt muss deshalb auf eine gründliche Schulung der Mitarbeiter gelegt werden. So können sie in Ruhe das System und dessen Vorteile näher kennenlernen.

Oftmals stößt man nicht nur auf die Ablehnung der Anwender, als auch auf die der Arbeiter, die nach den neuen Tourenplänen die Behälter anfahren und entleeren müssen. Durch aktive Einbindung dieser Arbeiter in die Planung kann die Akzeptanz bei dieser Gruppe gesteigert werden und weiters die Ortskenntnis genutzt werden. Dies kann z.B. so erfolgen, dass die mit dem neuen System erstellten Tourenpläne den Arbeitern zur Kontrolle mitgegeben werden. Die von ihnen vorgeschlagenen Korrekturen werden dann in das System eingearbeitet.

4.5.5. Kosten versus Einsparungen

Bei der Anschaffung einer Tourenplanungssoftware ist anzumerken, dass zu den reinen Beschaffungskosten für das Programmpaket selber auch noch die Kosten für die Datenerfassung, die etwaigen Anpassungen des Systems und für das Projektmanagement bei der Einführung dazukommen. Diese daneben anfallenden Kosten können ohne weiteres die Höhe der Software selber erreichen (Bargl, zitiert nach NOVAK, 1999). Weiters verursacht der laufende Betrieb im Arbeitsalltag Kosten, da Personal bei der Tourenplanung eingesetzt und die Daten aktuell gehalten werden müssen.

In der Praxis amortisieren sich Tourenplanungsprogramme jedoch in weniger als zwei Jahren (Dück, zitiert nach NOVAK, 1999). Dabei kommt diese Amortisation nicht durch eine Verkürzung der Strecken, sondern durch Arbeitszeiteinsparungen und einer Verringerung der eingesetzten Fahrzeuge zustande (Herzog, zitiert nach NOVAK, 1999).

Bei einem Fuhrparkbetrieb fallen zwei unterschiedliche Arten von Kosten an:

- Fixe Kosten (z.B.: Löhne, Fahrzeugsteuer, Versicherung),
- Variable Kosten (z.B.: Treibstoffverbrauch).

„Bei möglichen Fuhrparkkostensparnissen von 5-20% machen die Ersparnisse bei den variablen Fuhrparkkosten dabei nur einen geringen Anteil aus“ (NOVAK, 1999). Man muss hierzu natürlich bemerken, dass die Höhe der Einsparungen stark von der Ausgangssituation abhängt. Ist der Stand der EDV-mäßigen Verarbeitung der Daten schon relativ hoch, so werden geringere Einsparungen lukriert werden können.

Dabei beruhen die Ersparnisse bei den variablen Kosten meist auf weniger gefahrenen Kilometern und damit verbunden weniger Kraftstoff- und Ölverbrauch sowie ein geringerer Verschleiß der Fahrzeuge.

Bedeutende Einsparungen können jedoch nur erreicht werden, wenn die fixen Kosten verringert werden können, was eine Verringerung von eingesetztem Personal und Fahrzeugen bedeutet. Im Falle der Abfallwirtschaft Wien würde das Personal natürlich nicht abgebaut werden. Jedoch besteht aufgrund der immer vielfältiger werdenden Aufgaben Personalmangel, so dass auf den optimierten Strecken eingespartes Personal in anderen Bereichen der Abfallwirtschaft Verwendung finden könnte (z.B. Übernahme von weiteren Altpapierstrecken von privaten Entsorgern).

Aber auch eine Einsparung an Überstunden würde eine enorme Kosteneinsparung mit sich bringen.

In der Abfallwirtschaft Wien würde schon die Einsparung einer einzigen Strecke von den derzeit in Betrieb befindlichen 266 Strecken rund 220.000 Euro pro Jahr an Einsparungen bringen. Nimmt man nun die Anschaffungskosten einer Tourenplanungssoftware mit rund 109.000 Euro und die Kosten der Einführung (Datenaufbereitung, Projektmanagement, etc.) ebenso hoch an, so würde sich ein solches System schon nach einem Jahr amortisieren.

Dazu kommen noch die Einsparungen von rund 50% des Arbeitsaufwandes bei der Planung selber, also rund 80 Stunden pro geplanter Strecke. Nimmt man nun an, dass pro Jahr im Schnitt rund sechs Strecken neu geplant werden (eher unterer Wert), dann ergibt sich daraus eine Gesamteinsparung von rund 480 Stunden bzw. 7.300 bis 10.900 Euro pro Jahr, das ist rund ein Viertel der Arbeitskapazität eines Mitarbeiters. Zusätzlich dazu müsste jedoch ein Mitarbeiter für die Bedienung und Datenwartung des Systems eingesetzt werden, der jedoch nicht mehr als 36.000 Euro pro Jahr kosten dürfte.

Weitere Einsparungen können bei einer Vereinfachung der Eingabe der Stammdaten erwartet werden.

4.6. Problemfelder

Bei der Einführung einer GIS-unterstützten Tourenplanung können sich jedoch auch einige Problemfelder ergeben. Einige, die offensichtlich sind, sollen an dieser Stelle kurz erläutert werden.

4.6.1. Softwareauswahl

Bei der Auswahl der Software müssen die Auswahlkriterien von der Geschäftsführung vorgegeben werden.

Dabei ist es schon in der Entscheidungsphase wichtig, sich zu überlegen, für welche Aufgaben man ein neues Softwareprodukt einsetzen will. Denn viele Tourenplanungsprogramme können nicht nur eine effiziente Tourenplanung durchführen, sondern stellen vielmehr umfassende Abfallwirtschaftssysteme dar, die auch andere Aufgaben in der täglichen Arbeit unterstützen können. Bei der Einführung einer Tourenplanungssoftware ist somit auch eine weiterführende Nutzung zu überlegen. Außerdem ist eine Anbindung an schon bestehende Systeme (z.B. Wiegesoftware) zu berücksichtigen.

Die Auswahlkriterien müssen objektiv mit Hilfe eines Pflichtenheftes kontrolliert werden. Oft erscheint ein Softwarepaket bei der Vorführung als das optimale System, doch bei der Nutzung werden nachträglich Defizite klar. Präsentationen von Softwareprodukten sind Werbeveranstaltungen. Man sollte sich hier nicht von seinen Zielen und den geforderten Funktionalitäten ablenken.

Können nicht alle geforderten Funktionalitäten mit auf dem Markt befindlichen Softwareprodukten abgedeckt werden, so führen die meisten Anbieter gegen Aufpreis (Verrechnung meist nach tatsächlichen Programmierstunden) sogenanntes Customizing durch. Dabei werden spezielle Module für die geforderten Aufgaben neu programmiert. Hier ist es vor allem wichtig, schon im Vorfeld genau die Anforderungen an zusätzliche Module und den Aufwand dazu abzustecken, um eine Kostenexplosion für die Programmierung zu vermeiden.

4.6.2. Personal

Wie schon in Kapitel 4.5.2.4. ausgeführt, sollte nach der Einführung eines Tourenplanungsprogrammes ein Verantwortlicher eingesetzt werden, der die

Tourenplanung selber, die Auswertungen und Planungen sowie die Datenpflege übernimmt.

Leider wird immer wieder der Fehler gemacht, dass Mitarbeiter solche Aufgaben zusätzlich zu ihren schon bestehenden Tätigkeiten übernehmen müssen. Die Folge ist eine Demotivation der Mitarbeiter und daraus resultierend eine Verschlechterung ihrer Arbeitsleistung.

Ein Tourenplanungssystem ist ein Expertensystem, welches nur die gewünschten Ziele und Einsparungen erwirtschaften kann, wenn es durch qualifiziertes Personal im Rahmen des dafür benötigten zeitlichen Aufwand bedient wird.

4.6.3. Verbindung Geometrie- und Sachdaten

Vor allem bei diesem Punkt kann es in der Abfallwirtschaft Wien zu Komplikationen kommen. Vor einer Einführung einer Tourenplanungssoftware sind hier auf jeden Fall umfangreiche Tests zur Verknüpfung der Entsorgungsadressen mit den Geometriedaten durchzuführen.

Differenzen ergeben sich vor allem daraus, dass die Hausnummern und Stiegennummern in den Basisdaten der Abfallwirtschaft bei zweiteiligen Nummern in ein Feld geschrieben werden. In den Geometriedaten der Stadt Wien ist eine Zweiteilung dieser Nummern vorhanden (genauere Ausführungen siehe Kapitel 4.3.1.).

Eine weiterer Problempunkt ist die Verortung von Altstoffsammelinseln. Diese werden meist keinem Haus zugeordnet, sondern sind in den Stammdaten mit der Bezeichnung „vor“, „gegenüber“ oder „neben“ einer Hausnummer eingegeben. Diese könnten bei einer Verknüpfung der Sach- mit den Geometriedaten auch nicht automatisch zugeordnet werden, sondern müßten händisch verortet werden. Derzeit gibt es rund 3.000 Adressen dieser Art. Für spätere Ergänzungen müßte ein Algorithmus geschaffen werden, der bei einer Abfrage alle Adressen ausweist, die nicht automatisch zugewiesen werden können und so nachbearbeitet werden müssen.

4.7. Nutzungen eines GIS in der Abfallwirtschaft über die Tourenplanung hinaus

Ein geographisches Informationssystem kann aber nicht nur in der Tourenplanung durch Wegeberechnungen und Visualisierung Unterstützung im Planungsprozeß in der Abfallwirtschaft bieten.

Sind erst einmal alle Stammdaten mit den Geometriedaten verbunden, dann läßt sich das System weiterführend für zahlreiche andere Anwendungen verwenden. Das wirklich Aufwendige in einem GIS-System ist nämlich das Einbinden der Daten, weiters die Verbindung der Sach- und Geometriedaten. Alle weiteren Analysen mit diesen Daten sind meist relativ einfach zu programmieren bzw. durchzuführen, können jedoch in der Praxis viel leisten. Schließlich müssen auch in der Abfallwirtschaft räumliche Planungen durchgeführt werden.

Die drei im Folgenden vorgestellten Anwendungen von GIS-Systemen in der Abfallwirtschaft sind noch recht wenig verbreitet. Doch gerade sie ermöglichen einen besonderen Fortschritt in der Planung und Optimierung von Sammelsystemen sowie beim Bürgerservice.

4.7.1. Strategische Planungen

Viele Kommunen und auch private Entsorger sind Sammler von Altstoffen als sogenannte Drittbeauftragte laut Verpackungsverordnung. Das bedeutet, diese Sammler sind für die Aufstellung, Reinigung und Entleerung der Altstoffbehälter zuständig. Die Auftraggeber sind die Branchenrecyclingfirmen der ARA (Altstoff Recycling Austria). Die gesammelten Altstoffe werden gesammelt, je nach Fraktion sortiert und laut Übereinkommen mit den Branchenrecyclingfirmen an die Verwerter geliefert.

Für diese Tätigkeiten handelten die Kommunen mit den Branchenrecyclingfirmen über die Abgeltung dieser Leistungen Verträge aus. Diese Verträge enthalten Vereinbarung über die Abgeltung von Behälteraufstellung, Behälterreinigung, etc. und natürlich die gesammelten Mengen.

Die Abfallwirtschaft Wien ist ebenfalls Sammelpartner der ARA und sieht sich im Rahmen dieser Aufgabe immer wieder Anforderungen seitens der Branchenrecyclingfirmen konfrontiert, welche eine Optimierung und Rationalisierung des Sammelsystems fordern.

Für diese Optimierungen des Systems ist bis heute kein leistungsfähiges Planungsinstrumentarium im Einsatz. Aufstellorte von Behältern können reduziert werden, wenn diese nicht ausgelastet oder ständig verschmutzt sind. Eine optimale räumliche Planung bzw. Aufteilung der Behälter fehlt gänzlich.

Hier könnten GIS-Systeme verstärkt eingesetzt werden. Nutzt man nämlich für eine Visualisierung der Behälterdaten die RBW-Blockstruktur (siehe Kapitel 4.3.2.2.), so können gleichzeitig die mitgelieferten demographische Daten für Planungen genutzt werden. Vor allem die Informationen über Gesamtbevölkerung,

Haushalt nach Größe, Anzahl der Arbeitsstätten und Gebäudenutzung kann bei dieser Fragestellung interessant sein.

Mit dem GIS können zu allererst die Standplätze für die zu betrachtende Altstofffraktion visualisiert werden. Anschließend kann mit einfachen Analysefunktionen, die in jedem GIS möglich sind, Antworten auf folgende Fragen gefunden werden:

- Wie viele Personen leben im Umkreis von 500 Metern zu diesem Standplatz (Luftlinie oder Fußweg)?
- Wie weit müssen die Personen von einem ausgewählten Haus zum nächsten Standplatz gehen? Welcher ist der nächstgelegene Standplatz?
- Wie weit sind die einzelnen Standplätze voneinander entfernt?
- Wie werden die Gebäude in der Umgebung des Standplatzes hauptsächlich genutzt? Befinde ich mich in einem Wohn- oder einem Industriegebiet (Bestimmung des Gebietstypes)?

Vor allem die erste Frage ist für die vorher erwähnten Optimierungen ausschlaggebend. Die Branchenrecyclingfirmen geben oft eine Behälterdichte (Einwohner pro Standplatz) vor, welche mit den herkömmlichen Methoden gar nicht überprüft werden kann.

In einem GIS-System kann man einfach die Gebäude selektieren, die sich im Einzugsbereich einer frei gewählten Distanz befinden und addiert den gewählten Parameter, in diesem Fall die in den Gebäuden lebenden Personen.

Über ein GIS kann man auch Häufungen von Behältern leicht feststellen, ebenso mit Behältern unterversorgte Gebiete.

Auch Planungsspiele bei Änderung der Behälterstandplätze und deren Auswirkungen können hiermit durchgeführt werden.

Weiters kann dieses System z.B. mit Wiegeautos gekoppelt werden und so weitere Informationen über die Behälter gewonnen werden. Mit Wiegeautos werden das Gewicht und der Füllgrad der entleerten Behälter erfasst. Diese können dann in die Stammdaten des Systems eingespielt werden. Über eine Klassifizierungsfunktion kann man im GIS die Behälter je nach Füllgrad unterschiedlich einfärben, z.B. bis $\frac{1}{4}$ voll mit rot, $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ voll mit orange, $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ voll mit gelb und ganz voll mit grün. So machen diese Signalfarben auf einen Blick deutlich, welche Behälter nicht ausgelastet sind. Bei Optimierungswünschen kann man so gezielt Standplätze auflösen, die von der Bevölkerung nicht in genügendem Ausmaß genutzt werden.

Natürlich sind auch weitere statistische Auswertungen mit diesen Daten möglich, vorausgesetzt, die Wiegedaten wurden öfters als einmal erfaßt. Es können z.B. Durchschnittsfüllgrad oder Häufigkeiten errechnet werden.

Auch andere Kennwerte können den Stammdaten beigefügt werden, z.B. Abfallzusammensetzungen aus Restmüll- und Altstoffanalysen. Diese kann man sinnvoll mit demographischen Kennzahlen verknüpfen und daraus neue Erkenntnisse zum Sammelverhalten der Bevölkerung gewinnen oder darauf aufbauend speziell für bestimmte Bevölkerungsgruppen abgestimmte Informationskampagnen starten.

4.7.2. Bürgerinformation

Die MA48 sieht sich auch als Servicestelle für den Bürger. Täglich werden duzende von Anfragen am Servicetelefon der MA48, dem sogenannten Misttelefon, gestellt, wo es um das Auffinden von nächstgelegenen Altstoffbehältern geht. Vor allem nach Standplatzänderungen finden viele Bürger nicht gleich die für ihren Wohnort optimale Altstoffsammelinsel.

Die Abfallberater, die die Anrufe am Misttelefon entgegennehmen, sehen sich oft mit diesen Anfragen überfordert. Diesen liegen nämlich nur die Datenbankeinträge der Altstoffbehälter als Information vor. Doch um auf Listen den wirklich optimalen, das bedeutend einer Adresse nächsten Altstoffbehälterstandort, herauszufinden, muss man das Gebiet schon sehr gut kennen.

Somit werden solche Meldungen an das Behälterreferat weitergegeben, diese leiten dies ihrerseits wieder an die Außenbediensteten weiter, die ja täglich in ihrem Gebiet unterwegs sind und somit auch die Behälterstandorte gut kennen. Meist ruft dann der Außenbedienstete die Bürger an und teilt ihnen den nächsten Standort mit.

Über ein GIS lassen sich diese Anfragen relativ einfach lösen. Bei eintreffenden Anfragen kann eine Adressabfrage gestartet werden. Der Abfallberater muss dann nur Adresse und Hausnummer des anfragenden Bürgers in ein Abfragefenster eingeben. Dann kann das System von selber auf diese Adresse zoomen und alle Altstoffbehälter in einer gewünschten Entfernung zu dieser Adresse anzeigen. Die Art und Fraktion der Behälter sowie den Zoomkoeffizienten kann man dabei flexibel eingeben. So können dem Bürger die nächstgelegenen Standorte gleich am Telefon durchgegeben werden. Man sogar noch auf die speziellen Gewohnheiten des Bürgers eingehen, z.B. der nächste Altstoffbehälter auf dem täglichen Weg zur U-Bahn, beim nächsten Supermarkt usw..

Dieses Service kann aber nicht nur lokal auf Rechnern der MA48 ausgeführt werden, dieses Service könnte auch als Internetanwendung den Bürgern zur Nutzung angeboten werden. Einige Softwarepakete, die in Kapitel 5 näher erläutert werden, haben hierfür auch schon Lösungen entwickelt, z.B. das Programmmodul Iglu-Info der Firma IVU.

4.7.3. Flottenmanagement

Auch die Koppelung eines GIS mit einem umfassenden Flottenmanagement kann Vorteile für den täglichen Betrieb bringen.

In einem Fuhrparkinformationssystem werden Daten betreffend Fahrzeug, Personal, Kunden und Touren erfaßt und verwaltet. Diese Daten können z.B. auf Bordcomputern erfaßt werden. Dabei handelt es sich um im Fahrzeug installierte Rechner mit kleinen Datenspeichern, sie können aber auch transportabel ausgestaltet sein. So können Ladezeiten, Pausenzeiten, Zwischenfahrzeiten, aber auch Störfälle auf dem Bordcomputer gespeichert werden und stehen anschließend für Tourenoptimierungen zur Verfügung.

Der Bordcomputer ersetzt die Fahrtenschreiberscheibe und stellt gleichzeitig ein Tourenprotokoll dar. Ein Bordcomputer ist vor allem für die Steuerung und den Einsatz des Fuhrparkes interessant, kann aber auch Kennzahlen für die Tourenplanung liefern.

Eine für die Abfallwirtschaft sinnvolle Anwendung stellt die Koppelung eines GIS mit einem Verortungssystem der Fahrzeuge über GPS dar.

Das Global Positioning System (GPS) wurde ab 1973 vom amerikanischen Verteidigungsministerium entwickelt. Die Positionsbestimmung beruht auf künstlichen Satelliten. Derzeit befinden sich 24 solche Satelliten seitens der USA im Weltraum, es gibt aber auch ein russisches System, ein weiteres, europäisches ist im Aufbau. Das Prinzip beruht auf Laufzeitmessungen der Signale vom Satelliten zum Empfänger. Über die gemessene Laufzeit wird auf die Distanz geschlossen. Für eine eindeutige Bestimmung der Lage im Raum ist der Empfang von Signalen von mindestens drei Satelliten erforderlich. Mehr Satelliten steigern die Qualität des Ergebnisses. Je nach verwendetem System kommt bei einer Messung mit einem GPS auf eine Lagegenauigkeit von 100m (herkömmliches Meßverfahren) bis auf 1m (Differentialmessung).

In einer Großstadt wie Wien gibt es vor allem in der Innenstadt Probleme beim Einsatz eines GPS, da die Empfänger, die am Auto angebracht werden müssen, aufgrund der engen Straßen und hohen Häuser kein Signal von den Satelliten empfangen können. Daher muss dieses System mit anderen Systemen zur

Lagebestimmung gekoppelt werden. In der Autonavigation sind solche Systeme im Einsatz. Diese arbeiten mit einer Kombination mehrere Systeme, wo das GPS eines davon ist. Es besteht z.B. die Möglichkeit, die Räder abzugreifen, um die Geschwindigkeit und damit den zurückgelegten Weg zu bestimmen. Das Abbiegen wird durch ein Abgreifen des Lenkrades nachvollzogen, meist ist zusätzlich ein Kompaß im Einsatz.

Die Daten der Positionierung kann mittels GSM oder Datenfunk an die Zentrale in regelmäßigen Abständen gemeldet werden.

Wo liegt hierbei nun der Vorteil für die Abfallwirtschaft?

Vor allem die MA48 als Kommune muss immer flexibler auf Anforderungen von außen reagieren können. So werden z.B. die Restmüllsammelfahrzeuge auf Anforderung der beiden thermischen Verwertungsanlagen Flötzersteig und Spittelau zum Entleeren einer dieser beiden Anlagen zugeteilt. Derzeit geschieht dies aufgrund der Erfahrung des Disponenten über die geographische Nähe der Tour zu den beiden Anlagen. Manchmal kann es passieren, dass während eines Arbeitstages umdisponiert werden muss. Der Disponent muss eine Entscheidung treffen, welches Fahrzeug nun zur anderen Anlage oder gar zur Deponie fahren muss. Liegen Informationen vor, wo sich die Fahrzeuge gerade befinden, so läßt sich diese Entscheidung leichter treffen, das Ergebnis wird außerdem unnötige Wege sparen.

Weiters kommen oft Anrufe von Bürgern, dass deren Behälter - aus welchen Gründen auch immer - nicht entleert worden sind. In diesem Fall fährt ein Sammelfahrzeug der MA48 nachträglich zu dieser Adresse und entleert den Behälter. Auch hier kann eine Fahrzeugortung helfen, das der Adresse nächstbefindliche Fahrzeug herauszufinden und so den Behälter so kostengünstig wie möglich zu entleeren.

Eine Kosten-Nutzen-Analyse solcher Systeme müsste man sich jedoch vor deren Einführung noch genau ansehen.

5. Marktforschung und Produktvergleich

In diesem Kapitel wird zuerst auf Module der beiden gängigsten auf dem Markt befindlichen GIS-Systeme eingegangen werden, welche Touren errechnen und darstellen können. Es sind dies:

- ARC/INFO, ArcView (ESRI);
- MapInfo (MapInfo Corporation).

Über eine Internetrecherche und persönliche Kontakte wurde weiters eine Marktforschung betreffend spezieller Tourenplanungssoftware für die Entsorgungswirtschaft durchgeführt. Der Schwerpunkt der Analysen wurde im deutschsprachigen Bereich gesetzt, die Recherchen gingen aber auch weit über diesen Raum hinaus.

Erstaunlicherweise gibt es doch eine Vielzahl von Anbietern in Europa und ebenso eine Vielzahl an Anwendern. Ob ein System für die Entsorgungsplanung einer Millionenstadt wie Wien grundsätzlich geeignet ist, ließ sich oft gleich ganz am Beginn aufgrund der verarbeitbaren Datenmengen feststellen.

So habe folgende Systeme eine zu geringe Kapazität, um Tourenplanungsprobleme für die Abfallwirtschaft in Millionenstädten zu lösen:

- System „CARDY“, Karteninformationssysteme Austria, Graz, Österreich (Werbeunterlagen Karteninformationssysteme Austria);
- System „CATRIN“, Alphaplan Management-Software und Consulting GmbH, Ulm, Deutschland (persönliche Auskünfte);
- System „Tourmaster“, Universität Flensburg (Prof. Paessens), Flensburg, Deutschland (Homepage Prof.Paessens).

Es gibt aber auch Softwaretools, die diese Datenmengen bearbeiten können. Die ersten drei sollen in diesem Kapitel näher beschrieben und ihr Nutzen für die Abfallwirtschaft erläutert werden. Es handelt sich dabei um:

- System „A|C|S“, Q-Soft-Systemhaus GmbH, Erfurt, Deutschland. Vertrieb in Österreich: Umweltdata GesmbH, Wien, Österreich;
- System „Combitour“, IVU – Gesellschaft für Informatik, Verkehrs- und Umweltplanung mbH, Berlin, Deutschland;

- System „Intertour/Entsorgung“, PTV Planungsbüro Verkehr und Transport GmbH, Karlsruhe, Deutschland. Vertrieb in Österreich: ECONSULT Betriebsberatungs GesmbH, Wien, Österreich;
- System „Trampas“, Dr. Städler Transport Consulting GmbH, Nürnberg (nicht speziell für die Entsorgungswirtschaft, aber anpaßbar);
- System „dustmanPRO“, Stadtreinigung Dresden GmbH, Eigenentwicklung.

Die Aufzählung der Systeme ist sicherlich nicht vollständig, nach der Marktanalyse wurden vor allem die ersten drei Systeme für eine nähere Beschreibung deshalb ausgewählt, weil diese schon in einigen Großstädten erfolgreich im Einsatz sind und hier auch genügend Information für eine Beurteilung zur Verfügung stand.

Weitere Systemanbieter gibt es auch außerhalb des deutschsprachigen Raumes, etwa in Schweden und auf der Iberischen Halbinsel. Dort gibt es auch zahlreiche Nutzer solcher Systeme, z.B in Madrid.

5.1. GIS-Systeme und ihre Module

5.1.1 ARC/INFO, ArcView

ARC/INFO ist ein befehlsorientiertes, leistungsfähiges GIS der Firma ESRI, welches unter Unix oder WindowsNT läuft. ArcView ist ein „Ableger“ von ARC/INFO mit eingeschränkten Funktionalitäten und windowsorientiert.

Für ARC/INFO und ArcView existiert ein Modul namens NETWORK, welches speziell für die Analyse in Netzwerken geeignet ist. Mit NETWORK können Wege berechnet werden, Cluster in Netzen gebildet und räumliche Interaktionen modelliert werden.

Für die geforderte Fragestellung ist vor allem der Befehl TOURS interessant, welcher vorgegebene Stops durch eine Verbindung der kürzesten und schnellsten Wege in eine optimale Reihenfolge bringt. Für die Lösung dieses typischen Traveling-Salesman-Problems wird der sogenannte Dijkstra's Algorithmus herangezogen (E.W.Dijkstra „A Note on Two Problems in Connection with Graphs“, 1959; ESRI, 1994b). Dieser Algorithmus ist ein heuristischer Ansatz zur Lösung des Problems, er liefert jedoch eine optimierte Tour, die der optimalen Lösung sehr nahe ist.

Für die Durchführung einer Tourenoptimierung müssen verschiedene Informationen zur Verfügung stehen:

- Informationen zu den Straßenabschnitten im Netzwerk: zulässige bzw. erreichbare Geschwindigkeiten (und damit die Zeit, die für das Durchfahren des Abschnittes notwendig ist), gegebenenfalls Kosten;
- Informationen zu den Kreuzungen: Abbiegemöglichkeiten und jeweils der benötigte Zeitaufwand;
- Die Stops sind ebenfalls Knoten im Straßennetz, für sie können die benötigte Zeit bei dem Stop und eine Menge an Waren, die dort auf- oder abgeladen werden, angegeben werden.

Aus diesen Angaben errechnet TOURS bei gegebenem Anfangspunkt die optimierte Tour. In einer zusätzlichen Spalte werden die Tourenpositionen zu den Stops dazugeschrieben, ebenfalls die akkumulierte Warenmenge und die Tourdauer. Überprüft wurde jedoch nicht, ob TOURS auch die erforderlichen Behälterzahlen von bis zu 3.000 Stück pro Woche auf fünf Tage aufteilen und dann für jeden Tag eine Tour bilden kann. Dies zu überprüfen bzw. zu programmieren bleibt Aufgabe der Fachleute.

Von der in Wien ansässigen Firma WigeoGIS wurde bereits auf der Basis von ARC/INFO und dem Module NETWORK das Programm RouteLT auf den Markt gebracht, welches Tourenoptimierungen durchführen kann und vor allem in der Distributionslogistik in zahlreichen Firmen schon erfolgreich eingesetzt wird.

Die Gemeinde Wien benutzt bei GIS-Anwendungen stets ARC/INFO bzw. ArcView. Somit sind hier auch Spezialisten vorhanden, die sich mit einer Anwendungsprogrammierung für eine Tourenplanung für die Abfallwirtschaft auseinandersetzen könnten. In dieser Abteilung wurde das Modul NETWORK bis jetzt für die Optimierung von Radrouten eingesetzt (JÖRG, 1991).

Für die MA48 - Abfallwirtschaft würden für die Nutzung von ARC/INFO bzw. ArcView folgende Kosten anfallen:

Lizenzkosten ARC/INFO pro Arbeitsplatz: rund 10.000 Euro

Lizenzkosten ArcView pro Arbeitsplatz: rund 950 Euro

Resumé:

Das Modul NETWORK ist ein äußerst leistungsfähiges Modul, welches für die Tourenplanung herangezogen werden kann. Wichtig ist hier jedoch das Aufbereiten der Basisdaten, hier vor allem der Daten über die Straßenabschnitte

und Kreuzungen. Bei guter Programmierung lassen sich jedoch mit NETWORK gute Ergebnisse im Bereich der Tourenplanung erzielen.

5.1.2. MapInfo

MapInfo ist das GIS der gleichnamigen Firma, das speziell von Firmen im Bereich des Geomarketing für räumliche Auswertungen und Marktanalysen gerne verwendet wird, da es über einfache Strukturen und Menüs verfügt.

Unterschiede zu ArcView, das Produkt von ESRI, mit dem es ein Vergleich zulässig ist, sind vor allem die bessere Möglichkeit zur Darstellung kartographischer Elemente (z.B. Freistellung von Text, mehr Darstellungsoptionen), der schnellere Bildaufbau (baut mehrere Datenebenen gleichzeitig auf) und mehr Möglichkeiten zur Klassifizierung von Elementen. Weiters kommuniziert es optimal mit anderen Windows-Programmen, die Karten lassen sich über OLE ebendort einwandfrei und dynamisch nach dem Exportieren bearbeiten.

Wie schon erwähnt, wird MapInfo vor allem für den Bereich Geomarketing verwendet. Dazu werden unterschiedlichste Daten von Kaufkraft über demographische Daten in das System eingespielt, um für Analysen zur Verfügung zu stehen.

Für die Berechnung von Routen existiert für MapInfo ein Zusatzmodul mit dem Namen RouteViewPro. Mit diesem Modul können Isochronen (Linien gleicher zeitlicher Entfernung) und Isodistanzen (Linien gleicher räumlicher Entfernung) gerechnet werden. Weiters ist eine Berechnung der kürzesten Route und eine Routenoptimierung möglich. Dabei können Restriktionen berücksichtigt werden.

Diese Anwendungen sind aber von der Kapazität der Anfahrpunkte beschränkt und beziehen sich auf Anwendungen, die von Industrie und Gewerbe benötigt werden (z.B. Einzugsgebiete von Filialen).

Schnittstellen zu allen ODBC-fähigen Systemen können hergestellt werden.

Die Kosten für MapInfo belaufen sich auf:

MapInfo-Grundmodul: rund 1.500 Euro

RouteViewPro: rund 2.000 Euro

Straßendaten Wien: rund 2.900 Euro

Resumé:

MapInfo ist aufgrund der Kapazitäten, die für die Erfassung der Behälter- und Standplatzdaten nötig sind und weiters aufgrund der komplexen geforderten Berechnungsmethoden, für eine Anwendung für die Tourenplanung in der Abfallwirtschaft nur beschränkt nutzbar.

5.2. Tourenplanungssoftware für die Abfallwirtschaft

5.2.1. System A|C|S

Die Abkürzung A|C|S steht für Abfall-Containerdienst-Straßenreinigung und wurde speziell für die Entsorgungsbranche entwickelt. Das Programm ist aus unterschiedlichen Modulen aufgebaut, die jeweils für unterschiedliche Aufgaben in der Abfallwirtschaft entwickelt wurden. Es werden aber auch auf Anforderung von Kunden neue Module entwickelt. Abbildung 5.2.1.-1 zeigt die derzeitig zur Verfügung stehenden Module.

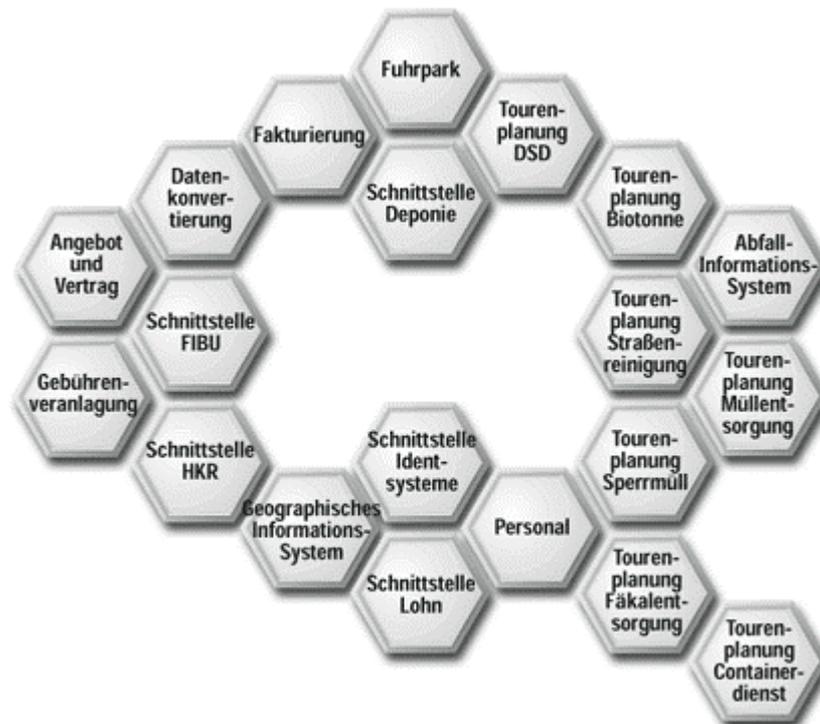


Abbildung 5.2.1.-1: Module des Systems A|C|S (Q-Soft Systemhaus)

Die Module

- Gebührenveranlagung,
- Tourenplanung Müllentsorgung, DSD (Duales System Deutschland), Biotonne,
- Geographisches Informationssystem

werden in weiterer Folge näher erläutert, da diese für die Fragestellung einer Tourenplanung relevant erscheinen.

5.2.1.1. Gebührenveranlagung

In der Gebührenveranlagung werden alle Behälter, die entleert werden sollen, in eine Datenbank eingegeben. Das System arbeitet mit einer relationalen Datenbank, im Normalfall wird eine ORACLE-Datenbank eingesetzt. Es ist aber auch möglich, vorhandene Datenbestände aus einer externen Datenbank in das System zu übernehmen.

Für ein Grundstück (Objekt) wird ein Datensatz angelegt. Dieser besteht aus allen wichtigen Informationen über den Behälter:

- Objektschlüssel,
- Objektanschrift,
- Rechnungsempfänger inkl. Anschrift,
- Behälterdaten: Fraktion, Größe, Anzahl, Entleerintervall, Gebühr,
- Gültigkeitsdaten.

Abbildung 5.2.1.1-1 zeigt die Eingabemaske dieses Moduls.

Der Datensatz aus diesem Modul wird in erster Linie zur Verrechnung der Müllgebühren verwendet. Hier wird für jede Kommune extra die geltenden Gebührenvorschriften eingearbeitet, so dass die Gebühren automatisch aus Kombination von Behälterdaten mit den Hintergrundinformationen berechnet werden. Es besteht die Möglichkeit, Rechnungsbescheide direkt auszudrucken, weiters können Zahlungseingänge erfaßt, Mahnungen erstellt und eingegangene (Stichwort: Telebanking) Zahlungen automatisch verbucht werden. Zur transparenten Übersicht können Bestandslisten, Zahlungseingangskontrollen, Listen für Rückstände und Überzahlungen etc. ausgedruckt werden.

Die Datensätze bilden aber gleichzeitig die Grundlage für andere Module des Systems, wie z.B. die Tourenplanung.

Abbildung 5.2.1.1.-1: Eingabemaske des Moduls Gebührenveranlagung, System A|C|S (Q-Soft Systemhaus, Firmenunterlagen)

An dieser Stelle muss auch angemerkt werden, dass dieses System meist in Kombination mit einer Behälterkennung im Einsatz ist. Somit liefern die Strecken nach einem Arbeitstag über die Behälterkennung gespeicherte Informationen an das System zurück, welche dann in die Stammdaten eingearbeitet werden.

5.2.1.2. Tourenplanung

Als erstes muss vorangestellt werden, dass die Entsorgungssoftware A|C|S über keine automatische Tourenplanung im System verfügt. Man spricht hier vielmehr von einer optimalen Planung, die vom Disponenten händisch mit Computerunterstützung auszuführen ist.

Die Abbildung 5.2.1.2.-1 zeigt die Eingabemaske des Tourenplanungsmoduls. Hier werden zuerst sogenannte Basistouren angelegt. Für jeden Tag wird eine Tour angelegt, dieser werden die zu entsorgenden Behälter sowie das Sammelfahrzeug zugeordnet. Auf der linken Seite wird die aktuelle Basistour angezeigt, rechts werden die noch nicht auf einer Tour befindlichen Behälter

aufgelistet. Aus der Liste mit den noch nicht auf einer Tour befindlichen Behältern können neue Behälter mittels Drag-and-Drop der aktuellen Basistour zugefügt bzw. von dieser entfernt werden. Neu angelegte Behälter können bestehenden Basistouren nachträglich zugefügt werden.

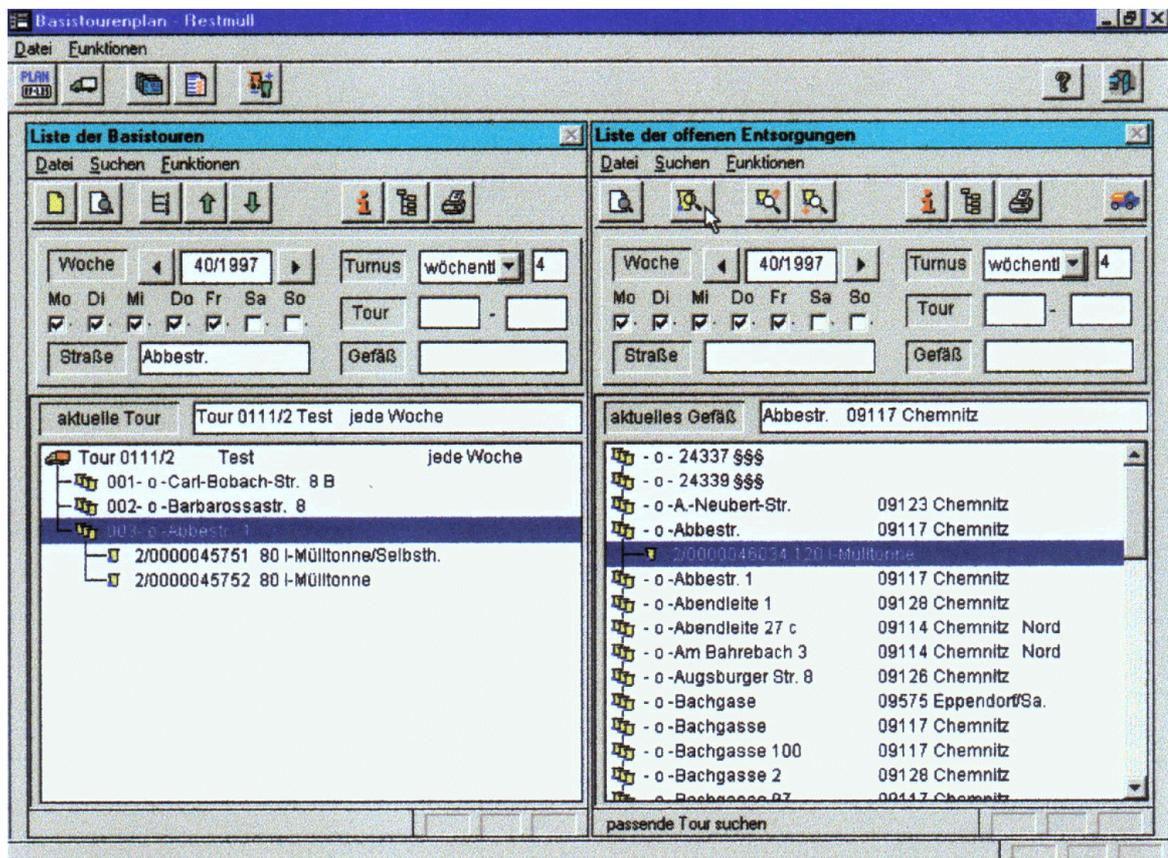


Abbildung 5.2.1.2.-1: Eingabemaske des Moduls Tourenplanung, System A|C|S (Q-Soft Systemhaus, Firmenunterlagen)

Als Entscheidungshilfe für die Zuordnung der Behälter stehen dem Disponenten aktuelle Informationen zur aktuellen Basistour zur Verfügung. So berechnet das System die Anzahl der Behälter auf der Tour. Nach Eingabe des angenommenen Füllgrades in den Behältern, einem Wert für die Verdichtung des Abfalls im Fahrzeug und der Schüttdichte wird das Gesamtvolumen und –gewicht berechnet. Gleichzeitig wird die Auslastung des Fahrzeuges nach Volumen und Masse angezeigt. So kann der Disponent beurteilen, wie oft das Fahrzeug entleeren fahren muss und welche Auslastung das Sammelfahrzeug erreichen kann.

Die Reihenfolge der anzufahrenden Standplätze einer Tour werden vom Disponenten händisch aufgrund seiner Erfahrung bestimmt.

Nach Fertigstellung der Basistour, stehen die Tourdaten dem System zur Verfügung. Man kann diese nun als Listen ausdrucken und Fahraufträge generieren. Weiters stehen die Touren im Geographischen Informationssystem zur Verfügung.

5.2.1.3. Geographisches Informationssystem

„Das Geographische Informationssystem dient der Visualisierung von Gefäßdaten und Tourenplänen und der Überwachung von Grenzwerten von Grenzwerten für Arbeitszeit, Tourenstrecke, Gesamtgewicht und Gesamtvolumen“ (Q-Soft Systemhaus, Firmenunterlagen). Als GIS-System wird MapInfo eingesetzt, die Geometrischen Daten werden je nach Gebiet zur Verfügung gestellt.

Den in der Datenbank vorhandenen Behälter müssen geographische Koordinaten zugewiesen werden. Anschließend können sie im Geographischen Informationssystem dargestellt werden. Dieses Zuweisen kann teilweise automatisiert werden. Da zu jedem Behälter eine eindeutige Adresse vorhanden ist, können die Behälter- und die Geometriedaten über diese Adresse verknüpft werden. Behälter, wo keine Zuordnung gefunden wird, müssen händisch nachdigitalisiert werden. Die Behälter der unterschiedlichen Fraktionen sind in unterschiedlichen Layern verfügbar.

Durch Selektion eines Behälters werden alle relevante Informationen (Größe, Entleerrhythmus, etc.) in einem eigenen Fenster geöffnet. Die Touren und alle von ihnen zu entleerende Behälter können dargestellt werden (siehe Abbildung 5.2.1.3.-1). Auch hier ist das Abrufen der relevanten Informationen möglich.

Standardfunktionen eines GIS (Zoomen, Ausschnitt verschieben, etc.) sind selbstverständlich ebenfalls möglich.

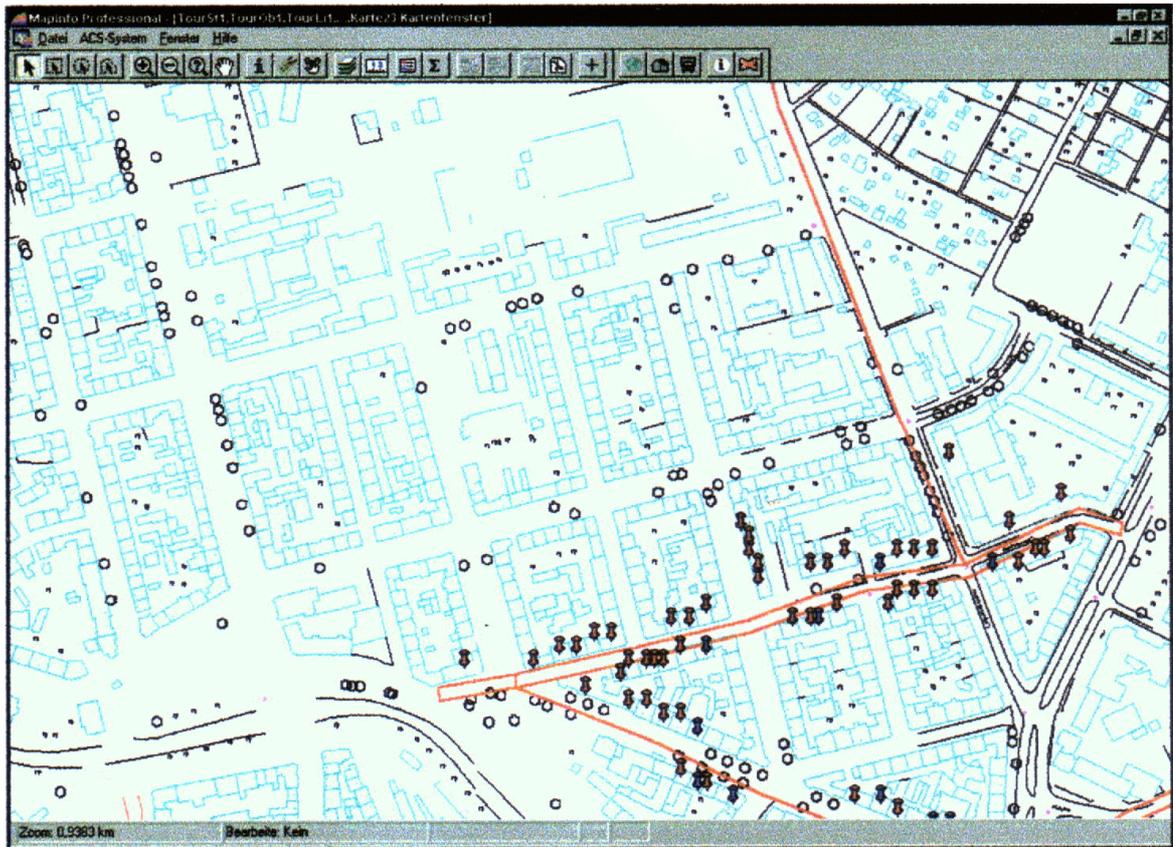


Abbildung 5.2.1.3.-1: Darstellung einer Tour im geographischen Informationssystem A|C|S-GeoInfo (Q-Soft, Systemhaus, Firmenunterlagen)

5.2.1.4. Weitere Funktionalitäten

Eine weitere brauchbare Anwendung des Systems A|C|S stellt die Tourenplanung für Sperrmüll dar. Dies ist zwar nicht Gegenstand dieser Arbeit, sollte jedoch bei einer Anschaffung eines solchen Softwaresystems nicht außer Acht gelassen werden.

Da die Firma Q-Soft auch im Netzwerkbereich heimisch ist, wurden von ihr auch Intranet und Internetlösungen für das System A|C|S entwickelt. Im Sinne einer gemeinsamen Nutzung und Bearbeitung von Daten im Betrieb, aber auch der Kommunikation mit den Kunden, haben solche modernen Systeme Zukunft und verdienen es, bei einer endgültigen Auswahl der Software, näher betrachtet zu werden.

5.2.1.5. Kosten

Durch den Hersteller wurden keine Kosten des Systems bekanntgegeben. Grund dafür ist die relativ große Schwankungsbreite der Kosten, die durch das Customizing verursacht wird.

5.2.1.6. Erfahrungsberichte von Anwendern des Systems

Das System A|C|S ist unter anderem in den deutschen Städten Erfurt (Erstanwender), Böblingen, Offenbach am Main, Rostock und Chemnitz im Einsatz.

Die ESO (Eigenbetrieb der Stadt Offenbach) entschied sich zur Einrichtung des Systems A|C|S, da bestehende Computersysteme zu veraltet und oftmals nicht kompatibel waren. Ziel war die Steigerung der Effizienz, Transparenz und Bürgernähe. Das System wurde mit der Finanzbuchhaltung unter SAP gekoppelt und unterstützt nun die Belegschaft bei der Personaleinsatzplanung, der Auftragsannahme, der Tourenplanung und der Abrechnung. Ein wesentlicher Aufwand bei der Einführung des Systems bestand vor allem in der Aufarbeitung der Stammdaten. Auf das System rückzuführende Erfolge sind vor allem das Aufdecken verborgener Ressourcen, flexibleres Personalmanagement (Fahrzeug- und Personalausfälle werden bereichsübergreifend aufgefangen) und ein verbessertes Kundenservice.

Die Stadtentsorgung Rostock GmbH entschied sich ebenfalls aufgrund der vorhandenen, aber veralteten Software für die Einrichtung des Systems A|C|S. Vorher schon vorhandene Daten der Behälter wurden in das System übernommen, weiters auch das Programmpaket an die individuellen Anforderungen der Stadt Rostock angepaßt. Das System wird vor allem für die Gebührenabrechnung, die Tourenplanung, aber auch in der internen Kommunikation verwendet (Zusammenarbeit des Personals auf Tour und der Einsatzorganisation). Ein Vorteil des Systems wird in der leichten Bedienbarkeit und der Flexibilität gesehen. Sichtbare Verbesserungen waren vor allem:

- ein schnellerer und besserer Informationsfluß (telefonische Abstimmungen und Rücksprachen konnten täglich um etwa 1 Stunde reduziert werden),
- die Optimierung der Arbeitsabläufe (Einsparung von 800 Arbeitsstunden jährlich),
- Halbierung der Fehlerquote durch die automatisierten Abläufe in der Datenerfassung,

- Verbesserte Analysemöglichkeiten für Langzeitoptimierung

(Q-Soft, Systemhaus, Firmenunterlagen)

5.2.1.7. Beurteilung des Systems speziell für einen Einsatz in der Tourenplanung

Das System verfügt über keine automatische Tourenplanung, die eigentliche Tourenplanung muss weiterhin vom Disponenten vorgenommen werden. Das System unterstützt den Disponenten jedoch in der Hinsicht, dass das System die Kennzahlen der Touren ausweist und so mithilft, die Auslastungen zu steigern, aber auch die Behälterzahlen pro Tour zu kontrollieren. Somit „denkt“ das System für den Disponenten mit, die Tourenplanung erfolgt aber ähnlich wie eine analoge, nur auf einer digitalen Karte.

Nach der Fertigstellung der Touren können diese in einem eigenen Modul dargestellt werden. Positiv zu bemerken ist hierbei, dass die Behälter einzeln dargestellt und auch die Informationen zu den Behältern einzeln abgerufen werden können.

Resumé:

Das Tool der Tourenplanung ersetzt nur eine händische Liste und erspart dem Disponenten das Berechnen der Rahmenbedingungen wie Fahrzeugauslastung. Die eigentliche Tourenplanung wird jedoch weiterhin vom Disponenten durchgeführt, es erfolgt hier keine eigentliche Tourenplanung durch das System. Das System hilft somit nicht bei der Optimierung der Anfahrtsreihenfolge der Standplätze.

Einsparungen sind somit vor allem im Bereich der Datenbe- und -verarbeitung, weniger jedoch im Bereich der Touren selber (z.B. Fahrzeugreduktion) zu erwarten.

5.2.2. System Combitour

Die Firma IVU Traffic Technologies AG ist mit der Produktreihe Combitour auf dem Markt vertreten. „Combitour bietet als modulares Lösungskonzept bedienerfreundliche EDV-Unterstützung für kommunale und private Entsorger aller Größen und deckt das breite Anwendungsspektrum der Entsorgungslogistik mit den Modulen Contour, Stratour, Sperrgut, Bürgerinfo und Combimatik ab“ (IVU, 2000).

Die verschiedenen Module decken unterschiedliche Einsatzbereiche ab:

- Contour: speziell für Wechselcontainerdienste, Gewerbeabfallsammlung, Fäkalien-Saugen,
- Stratour: deckt speziell den Hausmüllbereich ab sowie die Bereiche Straßenreinigung und Winterdienst,
- Sperrgut: ist ein Modul für die Bereiche Sperrgut und Elektronikschrott auf Abruf,
- Bürgerinfo: wurde als Abfall-Ratgeber via Internet konzipiert,
- Combimatik: Telematikeinsatz im Entsorgungsbereich.

Für die vorliegende Fragestellung wurde von der IVU das Modul Stratour empfohlen, welches auf den folgenden Seiten näher beschrieben wird.

5.2.2.1. Stratour

Das Kernstück aller Arbeiten im System Contour und somit auch im System Stratour ist die Stammdatenverwaltung. Hier werden alle kaufmännischen Informationen (Leistungen, Preise, etc.), die technischen Daten des Fuhrparks, der Ableerstellen sowie die Daten zu den Nebenbedingungen verwaltet.

Für die Behälterverwaltung steht das Programmmodul Auftragsannahme zur Verfügung. Bei Behälteranforderungen werden alle relevanten Daten zum Standplatz in diesem Modul eingetragen (Behältertyp, Anzahl, Entleerfrequenz, Revierzugehörigkeit, etc.). Dabei können diese Kundendaten auch einfach wieder abgerufen und korrigiert werden. Jeder Kunde verfügt hierbei über ein eigenes Kassenzeichen, weiters können ihm mehrere Behälterstandorte zugeordnet werden. Zu den einzelnen Buchungen können Informationen über Leistungsarten (zustellen, abholen, leeren, etc.), Daten (Gilt-ab-Datum, Gilt-bis-Datum, etc.), Terminvorgaben, Erschwernisse, etc. eingegeben werden (Eingabemaske siehe Abbildung 5.2.2.1-1).

Externe Stammdaten lassen sich problemlos in das System einbinden.

Aus den Stammdaten lassen sich für den Behälterzustelldienst die auszuliefernden Behälter mit den Zustelladressen in sogenannten Behälterdienstaufträgen ausdrucken. Nach der Behälterauslieferung wird dies in den Stammdaten rückbestätigt, der Behälter ist nun somit rechnungsrelevant.

Auftragsposition

Produktbereich	Hausmüll		
Behältertyp	120 Liter grau	2 Stück	
Mandant			

Leistungsart	Zustellung	Fakturiert am	
Status	Angemeldet	Ursache	
Anzahl	1 Stück	Terminvorgabe	15.06.97 <input type="button" value="Kal"/>
Turnus	2 x pro Woche	Gültig ab	02.07.97 <input type="button" value="Kal"/>
Besteller	Frau Juds, telefonisch	Gültig bis	. . <input type="button" value="Kal"/>
Bemerkung	Dies ist eine Bemerkung		
<input checked="" type="checkbox"/> Gebührenpflichtig		<input checked="" type="checkbox"/> Behälterdienst benachrichtigen	
<input type="checkbox"/> Beteiligte			

Erschwernisse	Planung	Beteiligte	Bearbeiter	Texte
---------------	---------	------------	------------	-------

Planungszuschlag	Stufen
Rechnungszuschlag	Wege

Abbildung 5.2.2.1.-1: Eingabemaske für die Auftragsannahme, System Stratour (IVU, Firmenunterlagen)

Im Modul Revierplanung wird die eigentliche Tourenplanung durchgeführt. Als Reviere werden Stadtteile bezeichnet, die in sich abgeschlossen sind. In einem Revier wird eine Tour geplant. Der Disponent legt auf der Karte selber die Reviere fest. Dabei werden die Reviergrenzen durch anklicken oder Ziehen eines Rahmens (Lasso-funktion) festgelegt. Das Programm unterstützt den Disponenten in der Hinsicht, dass man jederzeit die Behälterzahl, das zu entleerende Volumen und das voraussichtlich anfallende Gewicht angezeigt bekommt. So kann man beurteilen, ob das Revier die richtige Größe für eine Tour hat.

Bei der Berechnung der Tourenkennzahlen wird jedoch auf eine Berücksichtigung der Verdichtung im Fahrzeug bzw. des spezifischen Raumgewichtes im Fahrzeug verzichtet. Außerdem werden die Behälterfüllgrade mit 100% angenommen, was zu relativ großen Ungenauigkeiten bezüglich der Fahrzeugkapazität führt (STADLBAUER, 1996).

Die Tourenplanung selber wird nicht durch einen mathematischen Algorithmus unterstützt, der Disponent muss die Reihenfolge der anzufahrenden Behälter

selber bestimmen. Laut IVU ist eine automatische Tourenoptimierung nur in der Gewerbeentsorgung möglich, in der Hausmüllentsorgung wurde diese Funktionalität bisher von noch keinem Kunden gewünscht.

Für Optimierungen der Touren sind besonders die Unterstützung von Randausgleichen zwischen den einzelnen Revieren und Wochentagen durch Listen und Einsatzgebietdarstellungen positiv hervorzuheben.

Die erstellten Touren können dann im GIS dargestellt werden. Dabei wird jedoch nicht jeder einzelne Behälterstandplatz dargestellt, sondern nur die Straßenabschnitte, die zur Entleerung durchfahren werden müssen. Somit können auch zu den einzelnen Behältern keine Informationen abgerufen werden. Dies ist laut IVU wiederum nur für die Gewerbeentsorgung möglich.

Die geometrischen Daten für das System werden von öffentlichen Stellen oder privaten Anbietern übernommen und im System eingebunden. Abbildung 5.2.2.1.-2 zeigt die graphische Visualisierung von Touren im System Stratour.

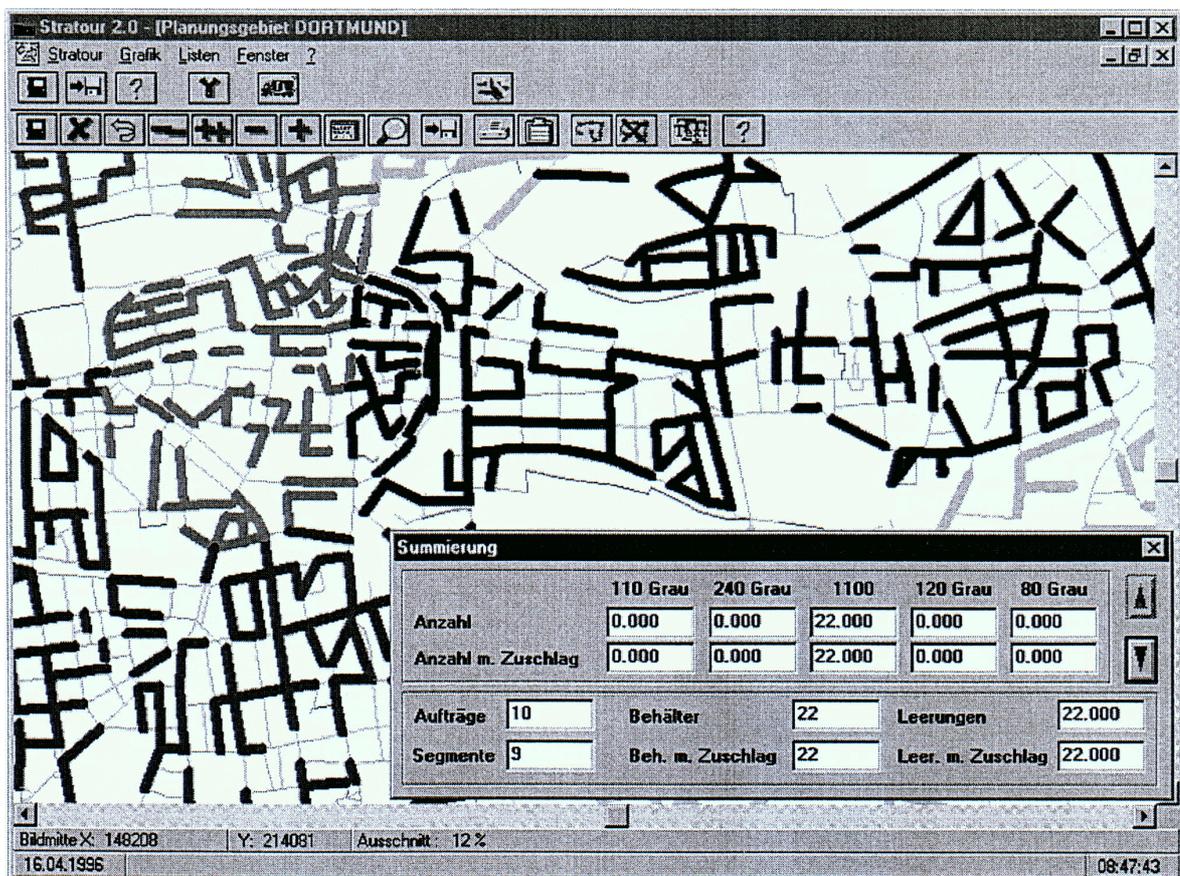


Abbildung 5.2.2.1.-2: Graphische Visualisierung von Touren in Stratour (IVU, Firmenunterlagen)

Bei der Programmierung des Moduls wurde vor allem auf die benutzerfreundliche Gestaltung der Menüs Rücksicht genommen. So können manuelle Änderungen in den Revieren und Touren mit Hilfe des Drag&Drop-Mechanismus einfach durchgeführt werden. Aufträge können zwischen Touren getauscht werden, Straßenabschnitte können aus einer Tour herausgelöst werden. Die dargestellten Fenster lassen sich beliebig verkleinern und verschieben, um die für die Arbeiten wichtigsten Informationen in den Vordergrund zu rücken.

Weiters ist sind auch Simulationen von Tourenänderungen oder neuen Touren möglich. Erstellte Touren können nach unterschiedlichen Gesichtspunkten zusammengestellt werden und nach dem Fertigstellen entweder fix abgespeichert oder verworfen werden. Bei Simulationen werden die bestehenden Touren nicht geändert.

Laut IVU ergeben sich durch den EDV-Einsatz Einsparungen von 5-10%.

5.2.2.2. Weitere Funktionalitäten

Die IVU hat neben den Modulen des Combitour auch ein System Combimatik entwickelt, welches den Einsatz moderner Telematik im Entsorgungsbereich möglich macht.

Die Sammelfahrzeuge werden mit GPS-Geräten zur Ortung ihrer Position ausgestattet und kommunizieren via GSM mit der Zentrale. Aufträge an die Tour können somit online durchgegeben werden. Die Einsatzzentrale behält damit einen ständigen Überblick über die Touren. Für Kundenbeschwerden und -nachfragen stehen somit alle aktuellen Informationen über die Tour zur Verfügung. Weiters ist eine Rückmeldung von Auftragserledigungen seitens der Tour möglich.

Zusätzlich können über einen Bordcomputer Leistungsdaten wie tatsächliche Kilometer und Zeiten übergeben werden, die als Kennzahlen Bedeutung haben.

Ein weiteres leistungsfähiges Modul ist das Modul Bürgerinfo, welches Informationen im Internet bereitstellt. Hier sind Adressen und Öffnungszeiten der Recyclinghöfe, Tips und Hinweise zur Abfallvermeidung und -trennung, Abholtage und das Standortverzeichnis abrufbar. Grundlage ist der digitale Stadtplan, wo nach Adressen der nächstgelegene Behälter der gewünschten Fraktion aufgesucht werden kann.

5.2.2.3. Kosten

Für das Modul Stratour ergeben sich die Kosten unterschiedlich nach Größe des Entsorgungsgebietes. Für eine Stadt mit der Größe von Wien würden sich die reinen Systemkosten auf rund 50.000 Euro belaufen.

Will man zusätzlich die gesamte Verwaltung der Stammdaten über dieses System abwickeln, so kommen noch rund 7.500 Euro als Basispreis und Zusatzkosten für jeden User dazu, wenn man eine Netzwerkversion wählt.

Die Kosten für die zusätzlichen User belaufen sich auf:

- 1 - 10 User (mind. 5 User) rund 2.500 Euro pro User
- 11- 25 User rund 2.000 Euro pro User
- ≥ 26 User rund 1.500 Euro pro User

Die Kosten für ein Gesamtpaket mit z.B. 15 Usern würden somit auf rund 87.000 Euro belaufen.

Für zusätzliche Programmierungen werden die Aufwände nach Stunden berechnet.

5.2.2.4. Erfahrungsberichte von Anwendern des Systems

STADLBAUER (1996) beschreibt in seiner Arbeit den Einsatz des Systems Contour in der Entsorgung Dortmund GmbH. Dort wird das System für die Tourenplanung in der Müllabfuhr als auch im Containerdienst eingesetzt. Bezüglich Einsparungen, die sich aufgrund des Einsatzes des Systems Contour ergeben haben, zitiert er KLEMT, SPAENHOFF (1994) folgendermaßen: „Die Fahrzeugzahlen konnten insgesamt von 46 auf 38 reduziert werden, das heißt um 8 Fahrzeuge oder über 17%. Gleichzeitig hat sich der Personalaufwand für die Planung von 6 Personen/Monat auf knapp 2 Personen/Monat, also um fast 70% reduziert.“. Weiters wird eine Payback-Rate von unter 2 Jahren angenommen.

In Berlin war das System bis 1999 im Einsatz. Derzeit wird daran gearbeitet, ein System der Firma Siemens zu implementieren. Die Daten des alten Systems sollen selbstverständlich ins neue System übernommen werden. Das Umsteigen auf eine neue Software machte vor allem die Umstellung von SAP/A2 auf SAP/A3 notwendig. Laut persönliche Auskünfte der Berliner Stadtreinigungsbetriebe (BSR) war man mit dem System Contour sehr zufrieden. In vertretbarem Aufwand konnten sehr gute Touren geplant werden. Die Leistungsvorgaben bei der Planung konnten besser erfüllt werden. Über die Einsparungen konnten keine

spezifischen Aussagen gemacht werden, da schon vor der Einführung des Systems ein relativ hoher Standard in der Tourenplanung vorhanden war. Besondere Probleme mit der Software traten keine auf. Laut Erfahrung der BSR ist eine gute Tourenplanung sehr stark von den Rahmenbedingungen (Arbeitsaufteilung, Lage der Anlagen und Garagen) abhängig. (telefonische Auskunft, BSR)

5.2.2.5. Beurteilung des Systems speziell für einen Einsatz in der Tourenplanung

Das System unterstützt den Disponenten bei der Stammdatenverwaltung und der Revierplanung. Hier muss jedoch der Disponent selber die Reviergrenzen setzen, das System liefert nur die Kennzahlen für die Beurteilung der Reviere, wie die vorhandene Behälterzahl, das zu entleerende Volumen und das zu erwartende Gewicht. Die Tourenplanung erfolgt weiterhin händisch mit Computerunterstützung (Berücksichtigung von Restriktionen und graphische Darstellung).

Die Darstellung der Touren erfolgt in Straßenabschnitten. Somit steht nicht jeder einzelne Behälter in der Graphik zur Verfügung, Informationen zu den Behältern können nur in den Stammdaten abgerufen werden.

Resumé:

Die Software unterstützt die Entscheidung des Disponenten bei der Revierplanung. Die Tourenplanung erfolgt jedoch weiterhin händisch. STADLBAUER weist weiters auf Ungenauigkeiten in der Ermittlung der Kennzahlen der Reviere hin.

Ähnlich wie bei dem System A|C|S sind Einsparungen eher bei der Planung und Ermittlung, weniger bei der Tourenoptimierung selber zu erwarten.

5.2.3. System Intertour/Entsorgung

Das System Intertour/Entsorgung wurde von der Firma PTV aus dem System Intertour entwickelt, welches für die Zulieferindustrie seit vielen Jahren im Einsatz ist. Das Produkt Intertour/Entsorgung ist vor allem in Deutschland in einigen Städten (z.B. Frankfurt/Main, Ludwigsburg, München), in Österreich bisher nur in der Stadt Linz im Einsatz.

Das System besteht grundsätzlich aus zwei Modulen:

- der Stammdatenverwaltung und
- der eigentlichen Tourenplanung.

Diese beiden Module sollen auf den folgenden Seiten ausführlich beschrieben werden.

Die Beschreibung der Module wurde den Firmenunterlagen der Firma PTV entnommen und mit eigenen Beobachtungen ergänzt.

5.2.3.1. Stammdatenverwaltung

Die Stammdatenverwaltung ist das eigentliche Kernstück des Systems. Folgende Daten der Behälter werden in den Stammdaten erfaßt:

- Standplatzadresse,
- Müllfraktion,
- Behältertyp,
- Anzahl der Behälter,
- Abholmengen (Behältervolumen und falls gegeben Behältergewicht),
- Leerungsfrequenz mit Leerungsabständen bei mehrmaliger Leerung pro Woche,
- Örtliche Gegebenheiten wie Stufen, Entfernungen, Anfahrtsbeschränkungen.

Die Behälter werden außerdem nach Behältertypen eingeteilt, um Ladezeiten zuordnen zu können. Auch können Fahrzeuge fix an eine Entleeradresse gebunden werden, falls nur ein bestimmtes Fahrzeug die dort befindlichen Behälter entleeren kann (z.B. Großraumbehälter). Für jede Entsorgungsanlage werden die möglichen Müllfraktionen angegeben, Ausweichanlagen können bestimmt werden.

Für die Behälter können auch Nebenbedingungen eingegeben werden, die dann bei der Tourenplanung Berücksichtigung finden.

Weiters werden hier die Daten zum Fuhrpark verwaltet. Jeder Fahrzeugtyp kann spezifiziert werden durch die

- Fahrzeuggröße (Nutzgewicht und Nutzvolumen – die Verdichtung im Fahrzeug kann auch berücksichtigt werden),

- Typenbeschreibung,
- Anzahl der Fahrzeuge je Typ,
- Fahrzeugqualifikation (z.B. nur zur Abholung von bestimmten Behältertypen oder Müllfraktionen geeignet, Stichwort unterschiedliche Schüttungen),
- Fahrzeugkosten (Betriebskosten je Einsatzstunde).

Fahrzeuge können für nur einen oder mehrere Müllfraktionen zugelassen werden.

In den Stammdaten können auch gebietsbezogene, fahrzeugbezogene und tourbezogene Nebenbedingungen ergänzt werden. Allgemeine Nebenbedingungen sind die Tourdauer und die Pausenzeiten.

Diese Stammdaten können im System Intertour/Entsorgung selber eingegeben werden oder aber über Schnittstellen aus vorhandenen Daten eingelesen werden. Die Schnittstellen werden gemeinsam mit den Kunden festgelegt. Dabei ist es durchaus üblich, dass die Behälterdaten täglich in das System eingelesen werden. Die Fuhrparkdaten werden bei der Implementierung des Systems eingespielt und müssen dann dort aktuell gehalten werden.

Das System Intertour/Entsorgung und die mit ihm durchgeführte Tourenplanung steht und fällt mit der Genauigkeit der Stammdaten. Diese Stammdaten sind sehr detailliert und können für die unterschiedlichen Fraktionen und sogar für jeden Behälterstandplatz anders definiert werden.

5.2.3.2. Tourenplanung

Die Planung selber ist ein zweistufiges Verfahren. Dabei werden die Behälter nicht jeder einzeln verplant, sondern benachbarte Behälter auf ein und dem selben Straßenabschnitt werden zu Straßenabschnittsaufträgen zusammengefaßt, soweit diese hinsichtlich der Abholfrequenz und der Fraktion zusammenpassen. Somit werden beim Planungsvorgang Rechenressourcen gespart. In einem Planungsvorgang können 16.000 Straßenabschnitte in zwei Teilen (je 8.000) verplant werden. Hinsichtlich der Behältermengen gibt es keine Einschränkungen.

Das Kartenmaterial wird von der Firma PTV von öffentlichen und privaten Stellen zugekauft. Die einzelnen Straßenabschnitte im Straßennetz haben realitätsgenaue Längenangaben, so dass exakte Entfernungsberechnungen angestellt werden können. Außerdem sind die Straßenabschnitte klassifiziert (z.B. Autobahn, Bundesstraße, Nebenstraße), um einen Wert für die Fahrzeiten zu erhalten. Das Kartenmaterial wird jährlich upgedatet. Die Zuordnung der

Stammdaten zu den Adressen erfolgt über die Straßen mit Hausnummern automatisch.

Es erfolgt immer zuerst die Revierplanung, wo Straßenabschnittsaufträge zu einem geschlossenen Gebiet zusammengefaßt werden. Bei der darauf folgenden Tourenplanung werden innerhalb eines Reviers Straßenabschnittsaufträge in einer optimalen Anfahrreihenfolge zu Touren zusammengefaßt. Alle Planungen können automatisch als auch manuell durchgeführt werden. In beiden Fällen werden die in den Stammdaten definierten Nebenbedingungen berücksichtigt.

Für die automatische Planung werden die Reviere über ein Clusterverfahren gebildet. In der eigentlichen Tourenplanung wird ein modifiziertes Savingsverfahren verwendet, um die optimale Anfahrreihenfolge einer Tour zu ermitteln. Es werden vom System Distanzmatrizen gerechnet und diese für die Berechnung des optimalen (nämlich kürzesten) Fahrweges verwendet.

Auch nach der Planung kann vom Disponenten aktiv in die Planung eingegriffen werden und Behälter von einer Tour zur anderen verschoben werden u.ä.

Die errechneten Reviere und Touren werden anschließend auf Karten dargestellt, um einen Überblick über die Planung zu geben. Leider stand kein Bild eines Ausgabefensters von Intertour/Entsorgung zur Anschaulichkeit zur Verfügung. Abbildung 5.2.3.2.-1 zeigt ein Ausgabefenster eines mit Intertour/Entsorgung verwandten Programmes.

Für jede Tour können auch Tourenlisten ausgedruckt werden und den Fahrern als Arbeitsunterlage mitgegeben werden. Auch ein Drucken der Pläne ist möglich. Die Touren können zur weiteren Verwendung in anderen Programmen über Schnittstellen wieder aus dem System ausgespielt werden.

Eine Tourenplanung kann auch öfters vorgenommen werden und dazwischen können Nebenbedingungen geändert werden. So können Simulationen und Planspiele durchgeführt werden. Sind die Touren nach Meinung des Disponenten entgültig, so werden sie erst dann fix abgespeichert. Auch Zwischenschritte der Planung können gespeichert werden.

Das gesamte System ist in gängiger Windows-Methode programmiert. Die Benutzung wird durch Pull-down-Menüs, Funktionsbuttons und Drag&Drop-Funktionen wesentlich erleichtert.

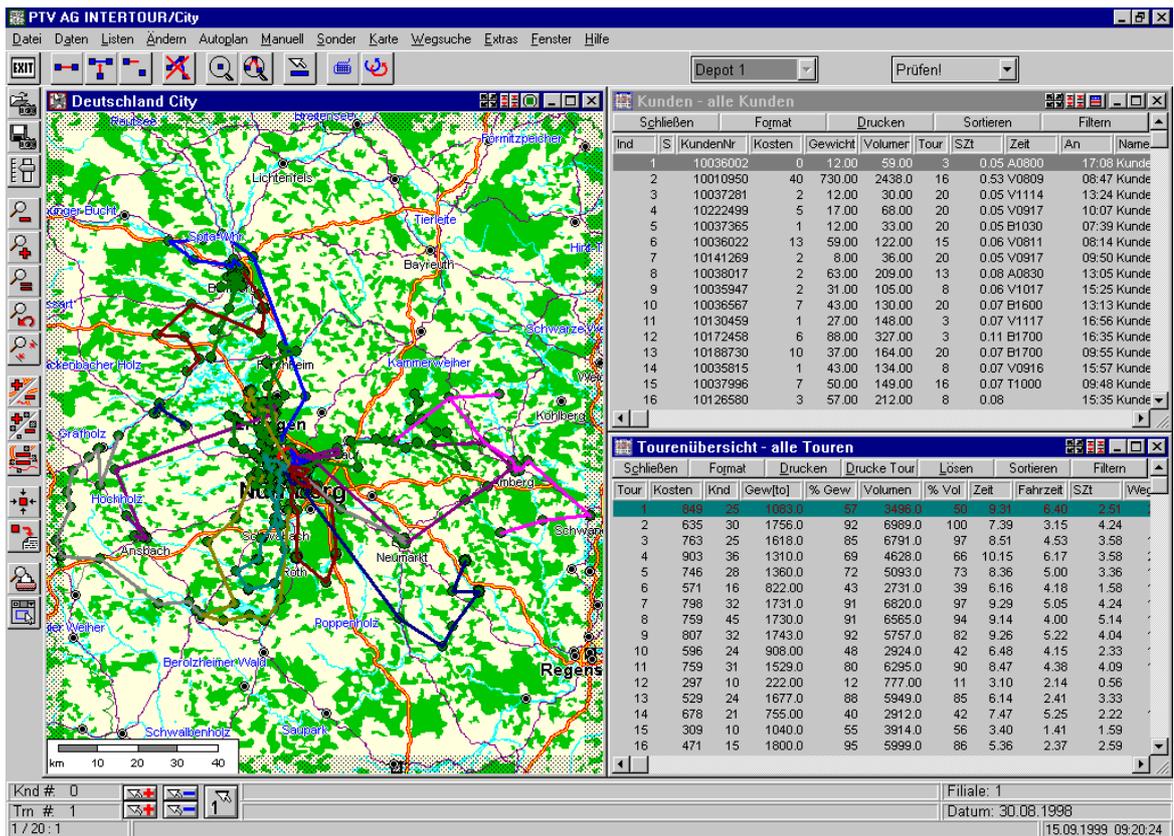


Abbildung 5.2.3.2.-1: Ausgabefenster für die Tourenplanung, System Intertour (PTV, Firmenunterlagen)

5.2.3.3. Weitere Funktionalitäten

Zusätzlich erwünschte Details seitens des Kunden werden gegen Bezahlung dazuprogrammiert.

Intertour/Entsorgung ist ein reines Tool zur Tourenplanung, es sind keinerlei weitere Funktionalitäten integriert.

5.2.3.4. Kosten

Die Firma Ecoconsult in Wien, welche die Produkte der Firma PTV in Österreich vertreibt, empfiehlt vor der Implementierung von Intertour/Entsorgung die Durchführung einer Machbarkeitsstudie (Kosten rund 5.800 Euro).

Die Kosten für Planungsgebiete über 200.000 Einwohner für eine Einzelplatzversion inkl. Kartenmaterial belaufen sich auf etwa 36.000 bis 44.000 Euro. Hier sind jedoch noch keine Systemanpassungen und Schulungen inkludiert, diese werden zusätzlich je nach Aufwand verrechnet.

5.2.3.5. Erfahrungsberichte von Anwendern des Systems

In Linz war das System PTV/Entsorgung von 1996 bis 1998 im Einsatz. Dabei wurden die Planungen nicht von den Stadtbetrieben Linz selber, sondern von einer privaten Consulterfirma durchgeführt. Laut der Linzer Abfallwirtschaft war vor allem die Basisdatenerhebung sehr aufwendig. Mit diesen Daten nahm dann die Firma die Planung der 19 Touren vor. Dabei konnten 3 Touren eingespart werden. Weiters konnte die Auslastung der Sammelfahrzeuge deutlich gesteigert werden. Somit amortisierte sich das System, welches den Stadtbetrieben Linz rund 2 Mio. ATS gekostet hatte, in rund einem Jahr. Als Nachteile des Systems wurde vor allem die fehlende Variabilität des Programms und die umständliche Datenerhebung erwähnt. Viele Definitionen müssen am Anfang gemacht werden, können aber im Laufe der Nutzung nicht angepaßt und nachgebessert werden. Weiters fehlt eine mögliche Verknüpfung mit den Wiegedaten. Aus diesem Grund wird derzeit nach einem neuen System gesucht, welches diese Anforderungen erfüllen kann. Die Linzer Abfallwirtschaftler betonten auch die Wichtigkeit des Einbindens des Personals in die neue Tourenplanung. Keine der Touren wurden am Ende so abgefahren, wie sie geplant wurde, die Lenker konnten Änderungen bekanntgeben. Durch diese Vorgangsweise wurde die Akzeptanz des Systems bei den Arbeitern enorm gesteigert (telefonische Auskünfte, Stadtbetriebe Linz).

In München wurde das System zwar angekauft, ist jedoch bis heute nicht im Einsatz. Derzeit ist man noch mit der Erhebung der Basisdaten beschäftigt. Durch diverse Änderungen im Stadtgebiet (Stadterweiterung) mußte der Einsatz des Systems mehrmals verschoben werden. Die Datenerhebung wird als sehr aufwendig bezeichnet, es wurde dafür sehr viel Zeit investiert. Dabei wurden für unterschiedliche Strukturtypen die Ladezeiten und sonstigen Rahmenbedingungen erhoben. Mehrere Testtouren wurden schon mit dem System berechnet. Dabei stellte sich heraus, dass die erstellten Touren nicht ohne Nachbearbeitung so abgefahren werden können. Das System kann Verkehrssituationen nicht so abbilden, wie die Wirklichkeit ist (z.B. Berücksichtigung von Verkehrsbehinderung während Auslieferungen). Weiters kann eine getrennte Entsorgung der linken und rechten Straßenseite nicht berücksichtigt werden. Dies wäre auch für Wien extrem wichtig, da vor allem im dicht verbauten Gebiet die beiden Straßenseiten getrennt entleert werden müssen. Einen Vorteil sieht die Münchener Abfallwirtschaft vor allem in der schnellen Steuerung des Personals. Mitte dieses Jahres wird endgültig die politische Entscheidung in München fallen, ob dieses System nun in der Praxis eingesetzt oder ein anderes System angekauft wird (telefonische Auskünfte, Abfallwirtschaft München).

In der Frankfurter Entsorgungs- und Servicegesellschaft wurde das System ebenfalls nie richtig im täglichen Betrieb eingesetzt. Dies hatte vor allem den Grund, dass das System die Entleerrhythmen nicht einwandfrei umsetzen konnte. Die sehr unterschiedlichen Entleerrhythmen haben den Planungsprozeß behindert, die Ergebnisse konnten nicht für das reale Abfahren der Routen genutzt werden. Bei der Frankfurter Entsorgungs- und Servicegesellschaft sind nun wieder auf eine reine Erfassung der Stammdaten mit einer Tourenplanung auf einer analogen Karte zurückgegangen (telefonische Auskünfte, Frankfurter Entsorgungs- und Servicegesellschaft).

5.2.3.6. Beurteilung des Systems speziell für einen Einsatz in der Tourenplanung

Das System Intertour/Entsorgung ist ein Expertensystem und berechnet Touren auf höchst kompetente Art und Weise. Der Algorithmus zum Erstellen der Touren ist ein gängiger, der auch in der Literatur als einer der Langerprobten geführt wird (DOMSCHKE, 1990).

Basis für die Tourenplanung sind äußerst detaillierte Stammdaten, die auch sehr präzise gepflegt werden müssen. Der Aufwand der Stammdatenpflege ist bei der Einführung eines solchen Systems nicht zu unterschätzen. Wenn das hohe Niveau der Daten nicht erreicht werden kann, ist auch das Betreiben einer Streckenplanung mit dieser Software sinnlos.

Resumé:

Bei guten Stammdaten können Einsparungen in der Tourenplanung aber auch im Fahrzeugeinsatz mit diesem System erwartet werden. Probleme ergeben sich vor allem durch die Komplexität der Basisdatenerfassung.

Leider sind in dem System keine Zusatzfunktionen enthalten, die es z.B. möglich machen, Behälterinformationen auf einer Tour durch einfaches Anklicken einfach abzurufen.

5.2.4. Vergleich der untersuchten Softwareprodukte

An dieser Stelle kann keine Empfehlung zum Ankauf einer bestimmten Software gegeben werden. Dies ergibt sich in späterer Folge vor allem aus der Zieldefinition und aus den gewünschten Anwendungsfeldern. Der Vergleich soll nur auf die wichtigsten Unterschiede der Systeme hinweisen.

Einen direkten Vergleich der wichtigsten Parameter und Funktionalitäten macht Tabelle 5.2.4.-1 möglich.

Grundsätzlich sind alle gängigen Systeme in Modulen aufgebaut, die in Kombination miteinander verwendet werden. Zusatzmodule werden auf Anfrage gegen zusätzliche Kosten dazuprogrammiert. Weiters sind die Systeme windowsorientiert, eine Selbstverständlichkeit stellt die Userfreundlichkeit und die einfache Bedienbarkeit dar (z.B. Drag & Dropfunktion).

Standard ist weiters die Möglichkeit der Übernahme von Altdaten, der Export der errechneten Daten in andere Systeme sowie das Erstellen von diversen Auswertungen.

Wichtige Unterschiede ergeben sich bei den Programmen hinsichtlich der Zusammenstellung der Touren. Obwohl sich alle Programme als Tourenplanungsprogramme präsentieren, haben nicht alle mathematische Algorithmen, die die Berechnung der Touren durchführen. In vielen Programmen müssen die Touren – zwar computer- und graphikunterstützt - noch immer vom Disponenten händisch zusammengesetzt werden. Unterstützung vom System kommt in der Hinsicht, dass die Restriktionen ständig überprüft und Überschreitungen der Restriktionen sofort mitgeteilt werden. Die Systeme A|C|S und Contour arbeiten nach diesem System. Die Anwender dieser Systeme waren jedoch auch mit dieser Arbeitsunterstützung zufrieden und bewerteten dies als deutliche Arbeitserleichterung sowie konnten von Einsparungen berichten.

Systeme, die die Tourenberechnungen mittels mathematischer Algorithmen durchführen, wie das Programmpaket das System Intertour/Entsorgung, benötigen einen komplexen und umfangreichen Basisdatenbestand. Oft liegt gerade hier das Problem, warum solche Systeme dann am Ende doch nicht zum Einsatz kommen. Wo mit dem System Berechnungen durchgeführt wurden, konnten die bestehenden Touren deutlich verringert werden.

Eine wichtige Funktionalität ist weiters die graphische Darstellung der Behälter selber. Von den untersuchten Tourenplanungsprogrammen konnte nur jenes der Firma Q-Soft (System A|C|S) die Behälter einzeln auf der Karte darstellen und auch einzeln zu den Behältern Informationen abrufen. In den beiden anderen Systemen werden die Behälter den jeweiligen Straßenabschnitten zugeordnet. In diesen Systemen stehen somit auch die detaillierten Behälterdaten nicht für weiterführende abfallwirtschaftliche Planungen zur Verfügung.

	System A C S	System Combitour	System Intertour/Entsorgung
Stammdatenverwaltung	integriert	integriert	integriert
Einlesen externer Daten	möglich	möglich	möglich
Datenbanksystem	Relationale Datenbank (meist ORACLE)	Relationale Datenbank (meist ORACLE)	internes Tabellensystem
Tourenplanung	manuell	manuell	automatisch oder manuell
Algorithmus	-	-	modifizierter Savingsalgorithmus
Berücksichtigte Daten	Auslastung (Vol. u. Gew.) der Fahrzeuge, Anzahl der Behälter, Verdichtung im Fahrzeug	Auslastung (Vol. u. Gew.) der Fahrzeuge, Anzahl der Behälter	Auslastung (Vol. u. Gew.) der Fahrzeuge, Restriktionen, Entfernungen, Ladezeiten,
Manuelles Eingreifen	möglich	möglich	möglich
Darstellung der Touren	einzelne Behälter	Straßenabschnitte	Straßenabschnitte
Geographisches Informationssystem	MapInfo	k.A.	k.A.
Information zu den Standplätzen	in GIS abrufbar	in GIS nicht abrufbar	in GIS nicht abrufbar
Zusätzliche Funktionen	Gebührenverrechnung, Sperrmüllabfuhr, Containerdienst, Internetlösungen, Abfallwirtschaftsinformationssystem, etc.	Sperrgut, Bürgerinfo, Combimatik, Containerdienste	keine
Kosten	k.A.	50.000 Euro Stratour 87.000 Euro für Gesamtpaket inkl. 15 Netzwerkuser	36.000 bis 44.000 Euro für Einzelplatzversion inkl. Kartenmaterial
Einige Anwender	Erfurt, Rostock, Offenbach/Main, Chemnitz	Dortmund, Berlin	Frankfurt/Main, München, Linz, Leverkusen

Tabelle 5.2.4.-1: Vergleich der Systeme A|C|S, Combitour und Intertour/Entsorgung bezüglich der wichtigsten Merkmale (eigene Zusammenstellung)

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist das Verändern der Parameter im System ohne dauernd die Anbieterfirma hinzuziehen zu müssen. Nur mit einer Änderung der Parameter kann auf die Veränderungen in der Abfallwirtschaft reagiert werden. Vor allem im System Intertour/Entsorgung müssen alle Parameter schon von vorne herein ziemlich fix angegeben werden, eine Änderung im Nachhinein stellt sich als sehr kompliziert dar.

Wichtig kann auch sein, ob in dem System außer einer Stammdatenverwaltung und einer Tourenplanung für die Hausmüllabfuhr auch noch andere Module wie z.B. Für die Sperrmüllentsorgung, den Containerdienst, Internetlösungen oder Flottenmanagement angeboten werden. Die Nutzung solcher zusätzlichen Systeme erfolgt in späterer Folge aufgrund der Zielsetzung der Geschäftsführung.

6. Zusammenfassung

Die kommunale Abfallwirtschaft muss immer komplexere Aufgaben bewältigen. Vor allem in den letzten zehn Jahren wuchs das Aufgabenfeld aufgrund der getrennten Sammlung gewaltig an. Dies bringt auch einen gestiegenen Aufwand bei der Planung der Sammeltouren mit sich.

Mit Geographischen Informationssysteme lassen sich räumliche Analysen effizient durchführen. So können diese für die Tourenplanung in der Abfallwirtschaft gewinnbringend eingesetzt werden.

Bei der Recherche und Analyse von schon bestehenden und in Anwendung befindlichen Softwarepaketen zur Tourenplanung mit integrierten geographischen Informationssystemen kristallisierten sich zwei Gruppen von Systemen heraus.

Zur ersten Gruppe gehören Systeme, die eine Tourenplanung unterstützen, aber dafür keinen mathematischen Algorithmus verwenden. Sie zeichnen sich aber dadurch aus, dass sie die tägliche Arbeit in der Abfallwirtschaft durch zahlreiche Zusatzmodule wie Behälterverwaltung, Verrechnung, Auswertungen, graphische Darstellung der Touren etc. wesentlich unterstützen. Bei der Nutzung eines solchen Systems sind jedoch die Einsparungen nicht bei den Fixkosten - also den Touren selber - zu erwarten, sondern bei den Planungsabläufen durch eine Rationalisierung der Arbeitsschritte. Dadurch werden die Prozesse transparenter und einfacher, die Kommunikation wird verbessert, die Mitarbeitermotivation steigt. Diese Systeme lassen sich relativ einfach einführen und nutzen.

Die zweite Gruppe umfasst Systeme, welche für die Tourenplanung einen mathematischen Algorithmus verwenden. Diese bestehen meist nur aus solch einem Modul, andere Zusatzmodule für die abfallwirtschaftliche Routinearbeit sind nicht integriert. Bei diesen Systemen ist eine Einsparung bei den Fixkosten zu erwarten. Ein wesentlicher Nachteil ist der zu erwartende hohe Aufwand der Datenaufbereitung vor der Einführung und auch die Datenwartung während der Nutzung. Entscheidet man sich für solch ein System, ist es nur sinnvoll, wenn auch in die Datenbereitstellung investiert. Das System steht und fällt mit den Basisdaten.

Es erscheint nicht seriös, an dieser Stelle die möglichen Einsparungen bei den Fixkosten genau zu beziffern. Dies hängt sehr stark davon ab, welche Ausgangssituation vorliegt. In kommunalen Sammelsystemen, wo vorher noch

analog mit Karteikarten gearbeitet wurde, ist somit das Einsparungspotential wesentlich höher anzusetzen als in Sammelsystemen, wo vor der Einführung eines Tourenplanungsprogrammes schon ein Computersystem im Einsatz war.

Der Arbeitsaufwand beim Planungsvorgang selber kann durch den Einsatz einer GIS-unterstützten Tourenplanung auf die Hälfte reduziert werden. Dabei lassen sich Einsparungen von rund 480 Arbeitsstunden oder rund 7.300 bis 11.000 Euro pro Jahr erzielen.

Als besonders nutzbringend können vor allem die weiteren Nutzungen von GIS-Systemen über die Tourenplanung hinaus bezeichnet werden. Hiermit werden neue Möglichkeiten für die Planung und Optimierung sowie für das Bürgerservice eröffnet. Sind die Behälter samt ihrer Standplätze einmal verortet, so können hiermit weitere räumliche Analysen durchgeführt werden.

Zum einen sind mit solch einem Werkzeug strategische Planungen möglich. Standortplanungen von Behältern mit Erreichbarkeiten und Einzugsgebieten lassen sich leicht realisieren. Über- und Unterversorgungen mit Behältern in unterschiedlichen Gebieten können rasch erhoben und so eine Optimierung des Sammelsystems durchgeführt werden.

Zum anderen kann ein Informationssystem für Bürgeranfragen eingerichtet werden, welches auf Eingabe einer Adresse die umliegenden Altstoffbehälter anzeigt. Bürgeranfragen können so schnell beantwortet werden, was aus einer reinen Standortliste nicht möglich ist. Dieses Service kann auch für das Internet ausgebaut und der Bevölkerung zur Verfügung gestellt werden.

Weiters kann das System mit einem Flottenmanagement verbunden werden. Die Koppelung mit Bordcomputern und die Ausstattung der Sammelfahrzeuge mit GPS-Geräten ermöglicht einen flexibleren und somit wirtschaftlicheren Einsatz des Fuhrparkes bei der Erledigung der täglichen Aufgaben.

Für diese Anwendungen konnten keine ausgereiften Softwarepakete recherchiert werden. Ansätze gibt es lediglich bei Bürgerinformationssystemen.

Grundlegend für die Einführung einer GIS-unterstützten Software in der kommunalen Abfallwirtschaft und damit auch das Auswählen eines passenden Softwarepaketes ist eine genaue Zieldefinition hinsichtlich des Einsatzes des Systems. Ebenfalls müssen auf die Planung der Einführung, die Bewältigung der eventuell auftretenden Probleme und die organisatorische Einführung enormen Wert gelegt werden, um die Vorteile eines solchen Systems voll ausschöpfen zu können.

7. Literatur

BARTLEME, Norbert (1995): *Geoinformatik: Modelle, Strukturen, Funktionen*. Berlin: Springer.

BARTELME, Norbert (1995): *GIS in Transport und Verkehr: Grazer Geoinformationstage '95*, Mitteilungen der Geodätischen Institute der Technischen Universität Graz Nr. 80, Mathematische Geodäsie und Geoinformatik, TU Graz.

BARTELME, Norbert (1999): Kommunale Geoinformation: Der Zugriff auf genormte Geodaten wird zum Standard. *Österreichische Gemeindezeitung*, No.11, S. 14-18.

BELADA, Peter (1998): *Die Anwendungsmöglichkeiten der Mehrzweckkarte der Stadt Wien*, Unterlagen zum Vortrag im Rahmen der Magistratsdirektion Verwaltungsakademie, Wien, 16.9.1998.

BILL, Ralf (1999): *Grundlagen der Geo-Informationssysteme 1, Hardware, Software, Daten*. 4. Auflage, Heidelberg: Wichmann.

BILL, Ralf (1996): *Grundlagen der Geo-Informationssysteme 2, Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen*. Heidelberg: Wichmann.

BRUNNHUBER, Barbara (1999): *Strukturierung eines praktischen Tourenplanungsproblems mit Beschreibung einfacher Lösungsansätze*. Diplomarbeit, Sozial- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Wien

CROCKETT, Michele (1996): Waste Management Cleans Up with Automated Routing System. *Business Geographic*, Vol. 4, No.10, November/December 1996, S. 62

CZERANKA, Marion (1999): Folien zur Vorlesung „GIS in der Humangeographie“, Institut für Geographie, Universität Wien

DETHLOFF, Jan (1994): *Verallgemeinerte Tourenplanungsprobleme: Klassifizierung, Modellierung, Lösungsmöglichkeiten*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

DOMSCHKE, Wolfgang (1990): *Logistik, Band 2: Rundreisen und Touren*. 3.Auflage, München: Oldenbourg Verlag

ESRI (1994a): *Schulungshandbuch ARC/INFO*, ausgegeben von der Firma Datamed

ESRI (1994b): *Network Analysis*. Redlands, California, USA

ESRI (1995): *Understanding GIS*. 3.Auflage, John Wiley & Sons, New York

FRYBERT, Peter (1993): *70 Jahre staubfreie Müllabfuhr in Wien, 1923-1993*. Wien: Bohmann.

GALLENKEMPER, Bernhard (1994): *Getrennte Sammlung von Wertstoffen des Hausmülls: abfallwirtschaftliche Grundlagen und ausgewählte Verfahren der getrennten Sammlung*. 2. Auflage, Berlin: Erich Schmidt

GEPPERT, Bernhard (1987): *Tourenplanung bei der innerstädtischen Hausmüllentsorgung*. Karlsruhe: Schriftenreihe des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft Nr. 48

GOTTINGER, Hans-Werner (1991): *Economic Models and Applications of Solid Waste Management*. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers

HAKE, Günter, GRÜNREICH, Dietmar (1994): *Kartographie*. 7. Auflage, Berlin - New York, de Gruyter

HIRSCH, Tobias (1998): *Auslieferungstouren in der strategischen Distributionsplanung*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag

JANIK, Vinzenz (1988): *Tourenplanungsverfahren und ihre Einsatzmöglichkeiten*. Diplomarbeit, Wirtschaftsuniversität Wien

JÖRG, Wolfgang (1991): *Netzwerkanalyse – Radwege – Wien: das geographische Informationssystem ARC/INFO als Entscheidungshilfe für Radroutenoptimierung und Konstruktion von Radfahranlagen*. Diplomarbeit, Institut für Geographie der Universität Wien.

LE DUC, Michael (1996): *Constructivist Systemics, Theoretical Elements and Applications in Environmental Informatics*. Doctoral Dissertation, School of Business, Stockholm University.

LEIBERICH, Peter (1997): *Business Mapping in Marketing*. Heidelberg: Wichmann.

MAGISTRATSABTEILUNG 48, Stadt Wien (1998): *Das Wiener Abfallwirtschaftskonzept 1998*. Schriftenreihe der Magistratsabteilung 48, Band XXII.

MAGISTRATSABTEILUNG 48, Stadt Wien (1999): *Leistungsbericht 1998 der Abfallwirtschaft*. Schriftenreihe der Magistratsabteilung 48, Band XX.

NOVAK, Bernhard (1999): *Tourenplanung in mittelständischen Unternehmen: Ausgangslage, Rahmenbedingungen und Gestaltungsmöglichkeiten, eine empirisch gestützte Analyse*. Dissertation, Institut für Informationsverarbeitung und Informationswirtschaft, Wirtschaftsuniversität Wien

OTTEN, Hubert (1997): *Verfahren zur Lösung von Tourenproblemen in der Abfallwirtschaft*. Dissertation, Dortmund: Verl. Praxiswissen

PAESSENS, Heinrich (1981): *Tourenplanung bei der regionalen Hausmüllentsorgung*. Dissertation, Universität Karlsruhe

REIMANN, Marc (1998): *Tourenplanung: Theorie und Praxis*. Diplomarbeit, Sozial- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Wien

ROTHER, Wolfgang, JANTSCHIK, Leonhard, EGGER, Georg (2000): *What a Waste! GeoEurope*, Issue 2, February 2000, S. 36-37

SALHOFER, Stefan, KANZIAN Rudolf, SCHARFF, Christoph (1998): *Entsorgungslogistik*. Vorlesungsskriptum zur gleichnamigen Vorlesung, Universität für Bodenkultur Wien

SCHNEIDER, D., BECKER, T., LEHRKE, G. (1996a): Leistungssteigerungsmöglichkeiten bei kommunalen Entsorgungsaufgaben durch optimale Tourenplanung. *Kommunalwirtschaft*. No. 3, 1996, S. 108-113

SCHNEIDER, D., BECKER, T., LEHRKE, G. (1996b): EDV-gestützte Umsetzung eines zeitorientierten Tourenplansystems zur Leistungssteigerung bei kommunalen Entsorgungsaufgaben. *Kommunalwirtschaft*. No. 4, 1996, S. 148-153

STADLBAUER, Oliver (1996): *Erarbeitung von Grundlagen für die Optimierung von Sammel- und Entsorgungswegen in der Abfallwirtschaft*. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur

SAURER, Helmut (1997): *Geographische Informationssysteme. Eine Einführung*. Darmstadt: Wiss. Buchgesellschaft

SICHER, Michael (1999): Geographische Informationssysteme im Einsatz der Länder. *Umwelt* No. 3-4, S. 79-86

SIEGERT, Hans-Christian (1988): *EDV-Unterstützung im Fuhrpark: Fuhrparksinformations- u. Tourenplanungssysteme*. Landsberg am Lech: Verlag moderne Industrie

STEINER, Hans (1988): *Modell einer PC-gestützten Tourenplanung an Hand einer Fallstudie für den Vertrieb von Milchprodukten*. Diplomarbeit, Institut für Agrarökonomik, Universität für Bodenkultur Wien

TRAUNFELLNER, Wolfgang (1994): *EDV-unterstützte Distributions-Logistik in der Nahrungs- und Genußmittelindustrie: unter besonderer Berücksichtigung der Tourenplanung*. Diplomarbeit, Wirtschaftsuniversität Wien

TRUTZEL, Klaus (1999): Raumbezogenes Informationsmanagement. *Der Städtetag*, No. 1, S. 9-14

VAN SAANEN, Heinz (1998): Die Rasterfahnder. *a3-Boom*, No.8, S. 34-35

VOGT, Monika (1998): *Tourenplanung in Ballungsgebieten: Entwicklung eines PC-gestützten Verfahrens*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag

WEIGL, Franz-Stefan (1996): *Routenfindungsprogramme und Autonavigationssysteme: eine Analyse unter besonderer Beachtung kartographischer Aspekte*. Diplomarbeit, Institut für Kartographie, Universität Wien

WÜRZ, Wolfgang (1999): Software für die Abfallwirtschaft. *Müll und Abfall*, No. 3, S. 137-143

Internetseiten:

GIS-Historie: Wie alles begann: ein kurzer historischer Rückblick,
<http://www.gis-tutor.de/einleitg/history.htm> (18.3.2000)

GIS: Die Geschichte:

<http://www.esri-germany.de/knowhow/einfuehrung/einfgis2.html> (21.3.2000)

Firmeninformationen zur Tourenplanungssoftware:

System A|C|S:

- Unterlagen der Q-Soft Systemhaus GmbH überreicht durch Umweltdata, Wien
- Homepage der Q-Soft Systemhaus GmbH: <http://www.q-soft.de/> (10.3.2000)

System Combitour:

- Unterlagen der IVU, Berlin
- Homepage der IVU: <http://www.ivu-berlin.de/> (10.3.2000)

System Intertour/Entsorgung:

- Homepage der PTV: <http://www.ptv.de/> (10.3.2000)
- Powerpointpräsentation der Firma PTV
- Unterlagen der PTV, Karlsruhe

Homepage Prof.Paessens:

- <http://home.t-online.de/home/paessens> (10.3.2000)

Werbeunterlagen der Firma Karteninformationssysteme Austria

Gesetzblätter:

BGBI.1990/325: Bundesgesetz über die Vermeidung und Behandlung von Abfällen (Abfallwirtschaftsgesetz – AWG)

LGBl.1994/13: Gesetz über die Vermeidung und Behandlung von Abfällen und die Einhebung einer hierfür erforderlichen Abgabe im Gebiete des Landes Wien (Wiener Abfallwirtschaftsgesetz – Wr.AWG)