

Simulationsbericht Abfalllogistik

Berechnung für die Stadt Bregenz

Logistic Cycle Management 2
Simulation

Fachhochschule Vorarlberg
Betriebswirtschaft Bachelor Vollzeit
Wintersemester 2006/07

Eingereicht bei

Mag. Dr. Klaus Rheinberger

Vorgelegt von

Victoria Demmerle
Christian Rothmund
Andrea Schöch
Lukas Schwaiger

Dornbirn, am 9. Februar 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung	3
1.1	Ausgangslage	3
1.2	Fragestellung	3
2	Beschreibung des Simulationssystems	3
2.1	Inhalte der Simulation	3
2.2	Funktionsweise der Simulation	4
2.3	Tauglichkeit der Simulation für Beantwortung der Fragestellung	5
3	Inputdaten	6
3.1	AnzahlGebäude1/2/3	6
3.2	AnzahlEinwohner1/2/3	6
3.3	AnzahlHaushalte1/2/3	7
3.4	MüllProEinwohnerProJahrBio/Rest/Wertstoff	7
3.5	MülldichteBio/Rest/Wertstoff	8
3.6	VolumenLkwWoche1/2	8
3.7	NutzlastLKWEEKammer	9
3.8	GesamteSammelstrecke	9
3.9	HinStrecke/RueckStrecke	9
3.10	GeschwindigkeitHin/GeschwindigkeitRück	9
3.11	GeschwindigkeitSammeln	10
3.12	BremsgasZeit/LadezeitProKGMüll	10
3.13	EntleerdauerAWIZ	10
3.14	Anzahl Wochen	10
4	Ergebnisse	11
5	Diskussion der Ergebnisse	11

1 Problemstellung

1.1 Ausgangslage

Das aktuelle Sammelsystem in Vorarlberg ist ein hybrides Hol-Bring-System. Hol-System bedeutet, dass die Personen (Müllerzeuger) ihren Abfall auf dem dem jeweiligen Haushalt zugeteilten Abstellplatz ablegen. Die Müllabfuhr holt in der Regel einmal wöchentlich sowohl Bio- und Restmüll ab.

Das Bringsystem besteht aus so genannten Sammelinseln. Dies bedeutet, dass die Haushalte weitere Abfälle, wie Papier, Metalle, Kunststoffe sowie Weiß- und Buntglas (5 Fraktionen), zu Altstoffsammelzentren bringen. In Vorarlberg gibt es zahlreiche Sammelinseln, welche gut erreichbar für die Müllerzeuger verteilt, aber keinem bestimmten Haushalt zugeteilt sind. Diese Zentren werden 8-mal pro Woche angefahren.

Die Idee des neuen Sammelsystems ist ein reines Hol-System. Die Haushalte müssen ihre Abfälle nur noch in drei, statt wie bisher, sieben Fraktionen trennen. Diese sind:

- Bioabfall
- Restabfall
- Wertstoffe (Kunststoff, Papier, Metall und Glas)

Aus logistischer Sicht ist das aktuelle System ein Hol-Bring-System, während es sich beim neuen um ein reines Hol-System handelt. Der Vorteil des neuen Verfahrens ist, dass keine Sammelstellen mehr benötigt werden und somit auch der Transportaufwand der Haushalte wegfällt. Ein Großteil des Abfalls wird auf diesem, für die Haushalte komfortablen Weg, abgeholt.

1.2 Fragestellung

Mit Hilfe der Simulation soll festgestellt werden, welche Auswirkungen das neue Hol-System auf Sammelkilometer, Sammelstunden und Anzahl der Sammelfahrten hat. Nicht überprüft wurden die Kostenreduktion sowie eine Erhöhung der Wertstoffe. Die Ergebnisse der Simulation werden in 4 mit dem alten System verglichen.

2 Beschreibung des Simulationssystems

2.1 Inhalte der Simulation

[Quelle: Simulationsbeschreibung FUTURE S. 1-2]

Inhalt und Aufbau des Simulationssystems werden in der folgenden Tabelle dargestellt und näher erläutert.

Baustein	Beschreibung
AWIZ (Abfallwirtschaftszentrum)	Im AWIZ befindet sich der Fuhrpark mit den Sammelfahrzeugen. Von hier aus starten die vorher spezifizierten Fahrzeuge (Anzahl Kammern, maximales Volumen, maximale Nutzlast) zum Sammelgebiet. Anschließend fahren diese retour und werden entleert.
Hin- und Rückstraße:	Bezieht sich auf den Weg vom AWIZ zum Sammelbiet und wieder zurück. Die für die Simulation benötigten Parameter sind hierbei Länge der Strecke und durchschnittliche Geschwindigkeit des Sammelfahrzeugs.
Sammelgebiet	<p>Dieses besteht aus den einzelnen Gebäuden, welche entlang der Sammelstrecke angeordnet sind. Ist das Sammelfahrzeug voll, kann vor jedem Gebäude die Entscheidung getroffen werden, eine Entleerfahrt zum AWIZ entlang der Hin- und Rückstrasse durchzuführen.</p> <p>Die Stadt Bregenz ist in 11 verschiedene Sammelgebiete, sog. Touren, unterteilt. Diese werden unabhängig voneinander angefahren.</p>
Gebäude	<p>Diese Untereinheit des Sammelgebietes wird in drei (Gebäude-) Typen aufgeteilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gebäude mit 1-4 Haushalten ▪ Gebäude mit 5-8 Haushalten ▪ Gebäude mit mehr als 8 Haushalten <p>Zu Beginn der Simulation werden die einzelnen Gebäude der Reihe nach erzeugt. Der Gebäudetyp wird zufällig einem Gebäude zugeteilt.</p> <p>Die Gesamtanzahl der Gebäude jedes Gebäudetyps ist allerdings fixiert. Somit gilt $\text{GesamtAnzahlGebaeude} = \text{AnzahlGebaeude1} + \text{AnzahlGebaeude2} + \text{AnzahlGebaeude3}$.</p> <p>Wichtigste Inputparameter sind die Anzahl der Einwohner eines Gebäudes und die Jahresmüllmenge. Diese werden benötigt, um die Müllmengen je Fraktion und Gebäude festzulegen.</p> <p>Die Strecken zwischen den Gebäuden werden durch eine trianguläre Verteilung mit Mittelwert und Grenzen $\pm 20\%$ festgelegt.</p>
LKW	Ein LKW ist in dieser Simulation ein Sammelfahrzeug (Einkammerfahrzeug) für Müll, weiters liefert er Daten über die zurückgelegten Wege und verbrauchte Zeiten.

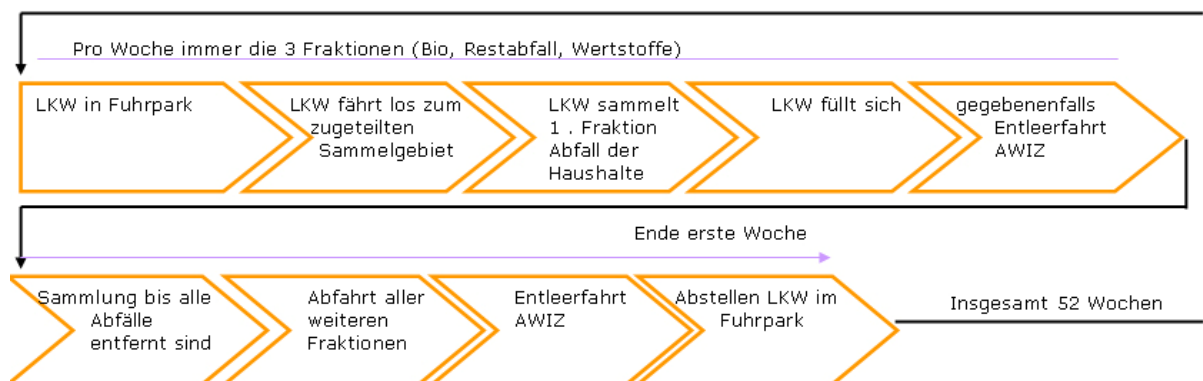
2.2 Funktionsweise der Simulation

Alle Inputdaten werden in eine Excel-Tabelle eingegeben. Das Simulationsprogramm kann auf diese Daten zugreifen und sie für den simulierten Sammelvorgang abrufen. Startet man die Simulation, wird der Vorgang anhand der Inputdaten dargestellt.

Es kann beobachtet werden, wie der LKW aus dem Fuhrpark des Abfallwirtschaftszentrums startet und das ihm zugeteilte Sammelgebiet abfährt. Dabei

sammelt der LKW den Abfall der Haushalte. In diesem Zusammenhang reduzieren sich die Müllmengen bei den Gebäuden und gleichzeitig füllt sich das Sammelfahrzeug. Bei Erreichen des maximalen Füllvolumens muss der LKW eine Entleerfahrt zum AWIZ vornehmen und gegebenenfalls für die weitere Abfallsammlung wieder zurück zum Sammelgebiet fahren.

Bei dieser Sammlung wird immer nur eine Fraktion Abfall in den 11 Sammelgebieten berücksichtigt. Der Vorgang wiederholt sich bis alle Sammelgebiete abgefahren sind und die erste Fraktion abgeholt und entleert wurde. Dieser Ablauf findet anschließend auch mit den weiteren zwei Fraktionen statt. Pro Woche werden stets diese drei Fraktionen abgeholt, insgesamt sind es 52 Wochen, die simuliert werden.



2.3 Tauglichkeit der Simulation für Beantwortung der Fragestellung

Die Simulation wurde in manchen Punkten vereinfacht. So berücksichtigt man nicht das tatsächliche Verhalten der Personen aus den Haushalten in Bezug auf die Müllmengen. In der Simulation ist die Menge über die gesamte Dauer gleich. Dadurch kann sich auch eine Zeiteinsparung ergeben, da nicht jeder Haushalt jede Woche alle drei Fraktionen zur Sammlung bereitstellt.

Zudem erhielt das Sammelfahrzeug nur eine Durchschnittsgeschwindigkeit, die Stop-and-Go Zeiten werden nicht mit einberechnet. Ebenfalls wird die Strecke zwischen den Gebäuden mit einem Zufallswert generiert und entspricht deshalb nicht der Realität.

Grundgedanke der Simulation ist, dass die drei relevanten Größen (Sammelkilometer, Sammelstunden und Anzahl Fahrten) auf einfache Weise erzeugt und gut in einem Simulationsmodell abgebildet werden können. Trotz dieser Vereinfachungen werden alle wichtigen Größen berücksichtigt. Des Weiteren hat die Simulation die tatsächlich erreichten Werte der Studie annähernd bestätigt. Somit kann die Simulation als tauglich angesehen werden.

3 Inputdaten

Abkürzungen

EW = Einwohner

HH = Haushalte

Da das Simulationsprogramm AnyLogic, mittels welchem die Simulation durchgeführt wurde, nur ganze Zahlen verarbeiten kann, wurden alle errechneten Zahlen um die Dezimalstellen reduziert und wurden im Folgenden auch als ganze Zahlen dokumentiert.

3.1 AnzahlGebäude1/2/3

[Quelle: Future Schlussbericht S. 15, Excel-Tabelle Sammel Touren_Uebersicht]

Berechnung

$$\text{Gebäude 1-4 HH} \quad \frac{2.207}{3.094} = 71\%$$

$$\text{Gebäude 4-8 HH} \quad \frac{430}{3.094} = 14\%$$

$$\text{Gebäude >8 HH} \quad \frac{457}{3.094} = 15\%$$

Inputdaten

Am Beispiel der Tour 1 wird hier die Berechnung aufgezeigt, wie sie für alle Touren vorgenommen wurde.

$$\text{Gebäude 1-4 HH} \quad 421 \times 71\% = 300$$

$$\text{Gebäude 4-8 HH} \quad 421 \times 14\% = 59$$

$$\text{Gebäude >8 HH} \quad 421 \times 15\% = 62$$

3.2 AnzahlEinwohner1/2/3

[Quelle: Future Schlussbericht S. 15, Excel-Tabelle Sammel Touren_Uebersicht]

Berechnung

$$\text{Einwohner 1-4 HH} \quad \frac{8.819}{28.501} = 31\%$$

$$\text{Einwohner 4-8 HH} \quad \frac{5.289}{28.501} = 19\%$$

$$\text{Einwohner } >8 \text{ HH} \quad \frac{14.393}{28.501} = 50\%$$

Inputdaten

Am Beispiel der Tour 1 wird hier die Berechnung aufgezeigt, wie sie für alle Touren vorgenommen wurde.

Einwohner 1-4 HH	3.146 x 31% =	973
Einwohner 4-8 HH	3.146 x 19% =	584
Einwohner >8 HH	3.146 x 50% =	1.589

3.3 AnzahlHaushalte1/2/3

[Quelle: Future Schlussbericht S. 15, Excel-Tabelle Sammel Touren_Uebersicht]

Berechnung

$$\text{Haushalte 1-4 HH} \quad \frac{3.638}{14.045} = 26\%$$

$$\text{Haushalte 4-8 HH} \quad \frac{2.731}{14.045} = 19\%$$

$$\text{Haushalte } >8 \text{ HH} \quad \frac{7.676}{14.045} = 55\%$$

Inputdaten

Am Beispiel der Tour 1 wird hier die Berechnung aufgezeigt, wie sie für alle Touren vorgenommen wurde.

Haushalte 1-4 HH	1.570 x 26% =	407
Haushalte 4-8 HH	1.570 x 19% =	305
Haushalte >8 HH	1.570 x 55% =	858

3.4 MuellProEinwohnerProJahrBio/Rest/Wertstoff

[Quelle: Future Schlussbericht S. 43]

Menge (in kg) an Bio-, Restabfall und Wertstoffen, die pro Einwohner und Jahr entsorgt werden muss

Berechnung

$$\text{Menge Müll(-Sorte) pro EW pro Jahr} = \frac{\text{Menge Müll(-Sorte) (t)}}{\text{EW Gesamt}}$$

Inputdaten

$$\text{Bioabfall} \quad \frac{2.110.000 \text{ t}}{28.501} = 75 \text{ kg}$$

$$\text{Restabfall} \quad \frac{3.700.000 \text{ t}}{28.501} = 102 \text{ kg}$$

$$\text{Wertstoffe} \quad \frac{3.456.000 \text{ t}}{28.501} = 123 \text{ kg}$$

3.5 MuellidichteBio/Rest/Wertstoff

[Quelle: Excel-Tabelle Tourenerfassung_Bregenz, Seminar 18.01.07]

Dichte (Pressrate) des gesammelten Abfalls

Berechnung

$$\text{Dichte} = \frac{\text{theoretische Vollmenge (kg)}}{\text{max. Füllvolumen des LKWs (m}^3\text{)}}$$

Inputdaten

$$\text{Bioabfall} \quad \frac{11.200 \text{ kg}}{16 \text{ m}^3} = 700 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Restabfall} \quad \frac{9.250 \text{ kg}}{16 \text{ m}^3} = 578 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Wertstoffe} \quad \frac{4.770 \text{ kg}}{16 \text{ m}^3} = 298 \text{ kg/m}^3$$

3.6 VolumenLkwWoche1/2

[Quelle: Simulationsbeschreibung Future S.3]

Bei den verwendeten Sammelfahrzeugen handelt es sich um sog. Einkammerfahrzeuge, dh es kann nur eine Fraktion Abfall auf einmal gesammelt werden. Das maximale Füllvolumen beträgt 16 m³.

Inputdaten

16000,0,0;0,16000,0;0,0,16000;

Der erste Wert steht jeweils für Bioabfall, der Zweite für Restabfall und der dritte Wert für Wertstoffe.

3.7 NutzlastLKWEinkammer

[Quelle: Seminar 18.01.07]

Die maximale Nutzlast eines Einkammerfahrzeuges beträgt 9 Tonnen.

3.8 GesamteSammelstrecke

[Quelle: Excel-Tabelle Sammeltouren_Uebersicht]

Straßenlänge der Sammelstrecke in m umgerechnet

3.9 HinStrecke/RueckStrecke

[Quelle: Excel-Tabelle Tourenerfassung_Bregenz]

In der Quelle wurden die Abfahrkilometer aus Hin- und Rückstrecke zum AWIZ dargestellt, was eine Auseinanderdividierung erfordert.

Berechnung

$$\frac{\text{Abfahrkilometer}}{2} = \frac{18.000 \text{ m}}{2} = 9.000 \text{ m}$$

3.10 GeschwindigkeitHin/GeschwindigkeitRück

[Quelle: Excel-Tabelle Tourenerfassung_Bregenz, Seminar 18.01.07]

Ist die Geschwindigkeit, die vom AWIZ zum Sammelgebiet und vom Sammelgebiet zum AWIZ gefahren wird. Die Werte sind bei in der vorliegenden Berechnung nicht exakt, da keine genauen Daten zu diesem Punkt vorhanden sind.

Berechnung

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Abfahrkilometer (m)}}{\text{Abfahrzeit (min)}}$$

Inputdaten

$$\text{Geschwindigkeit (m/min)} = \frac{9000 \text{ m}}{17 \text{ min}} = 530 \text{ m/min}$$

3.11 GeschwindigkeitSammeln

[Quelle: Excel-Tabelle Tourenerfassung_Bregenz, Seminar 18.01.07]

Zeigt die Geschwindigkeit des Sammelfahrzeugs im Durchschnitt im Sammelgebiet auf. Als Grundlage dient die Tour Nummer 9, da hier genaue Daten erhoben wurden.

Berechnung

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Sammelstrecke (m)}}{\text{Sammeldauer (min)}}$$

Inputdaten

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{6000 \text{ m}}{55 \text{ min}} = 109 \text{ m/min}$$

3.12 BremsgasZeit/LadezeitProKGMüll

Diese Werte wurden in der vorliegenden Berechnung nicht bestimmt, da keine Daten vorhanden waren, um sie zu berechnen. Diese Einflussgrößen sind aber in dem Parameter GeschwindigkeitSammeln inkludiert.

3.13 EntleerdauerAWIZ

[Quelle: Excel-Tabelle Tourenerfassung_Bregenz, Seminar 18.01.07]

Dabei handelt es sich um die Entleerdauer des Sammelfahrzeugs im Abfallwirtschaftszentrum. In der Excel-Tabelle ist dieser Wert unter LeZe (min) als 16,5 Minuten angegeben.

3.14 Anzahl Wochen

Als Simulationsdauer wurde ein Jahr angenommen, welches aus 52 Wochen besteht.

4 Ergebnisse

	Altes Hol-Bring-System	Neues Hol-System
Zurückgelegte Strecke (pro Jahr)	92.000 km	53.857 km
Anzahl Fahrten pro Woche	HH: 1-2 x pro Woche AZ: 8 x pro Woche	HH: 3x pro Woche
Sammelzeiten (pro Jahr)	6.400 h	4.096 h
Sammelleistung	Restabfall	2,10 t/h
	Bioabfall	1,32 t/h
	Wertstoffe	2,13 t/h
	GESAMT	1,56 t/h
		2,07 t/h

5 Diskussion der Ergebnisse

Das derzeitige System in Bregenz ist so aufgebaut, dass die Haushalte ein bis zweimal wöchentlich und zusätzlich die 85 Abfallsammelzentren acht mal wöchentlich angefahren werden. Wenn die Sammelzentren überfüllt sind, müssen diese zusätzlich angefahren werden, was zu fast leeren Fahrten führt.

Im neuen System werden die Haushalte dreimal pro Woche angefahren. Dadurch werden Leerfahrten vermieden, was sich auch in der Sammelleistung pro Stunde positiv niederschlägt. Im aktuellen System beträgt diese 1,56 Tonnen pro Stunde, im neuen System wäre ein Wert von über 2 Tonnen erreichbar. Auch reduziert sich die Sammelstrecke um mehr als 38.000 Kilometer und die Fahrzeugbetriebsstunden um mehr als 2.300 Stunden pro Jahr.

Abschließend kann gesagt werden, dass alle Faktoren im neuen System stark gesenkt werden können. Des Weiteren werden Extrafahrten zu überfüllten Sammelzentren außer der geplanten Touren vermieden.