Herausgeber der Reihe „Technik, Wirtschaft, Umweltschutz“:
Prof. Dr.-Ing. Karl J. Thomé-Kozmiensky, Berlin

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Recycling von Haushaltsabfällen / Karl J. Thomé-Kozmiensky (Hrsg.). — Berlin: EF-Verlag für Energie- u. Umwelttechnik
(Technik, Wirtschaft, Umweltschutz)
NE: Thomé-Kozmiensky, Karl J. [Hrsg.]
1 (1987).
ISBN 3-924511-17-9

Copyright: Prof. Dr.-Ing. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Verlag: EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH
Berlin 1987

Redaktionelle Bearbeitung: Ingrid Motzke, Birgit Schwenghagen
Anzeigenverwaltung: Cornelia Avenarius
Alle Rechte vorbehalten

Druck:
E. Mühlthaler's Buch- und Kunstdruckerei GmbH,
München

ISBN 3-924511-17-9

Prof. Dr.-Ing.
Karl J. Thomé-Kozmiensky



Vorwort

Die stoffliche und energetische Verwertung von Haushaltsabfällen hat eine lange Tradition, die in den letzten Jahren erhebliche Impulse bekam. In diesem Buch berichten 86 Autoren aus Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Griechenland, Japan, den Niederlanden, Österreich, Polen, Schweden, der Schweiz und den USA in 54 Beiträgen über verschiedene Aspekte der Haushaltsabfallverwertung.

Recycling wird durch organisatorische Maßnahmen und technische Verfahren durchgeführt. Zu Beginn des Buches wird über die getrennte Erfassung von Wertstoffen referiert. Verschiedene Modelle — auch aus Griechenland und den Niederlanden — und unterschiedliche Aspekte werden vorgestellt.

In den letzten Jahren wurden Aufbereitungsverfahren für Abfälle — also mechanische Sortier- und Klassierverfahren — entwickelt. Anlagenkonzepte aber auch Teilaspekte wie Zerkleinerung und Klassierung werden behandelt.

Die Kompostierung ist eines der ältesten Recycling-Verfahren für Haushaltsabfälle überhaupt. Dennoch erschien es einige Zeit, als ob dieses Verfahren wegen der Schadstoffproblematik, besonders wegen der Schwermetalle im Kompost, unterginge. Neue Entwicklungen — insbesondere die Kompostierung getrennt erfaßter vegetabiler Abfälle geben diesem Verfahren eine neue Chance. Auch die anaerobe Abfallbehandlung wird neuerdings für feste Abfälle in Erwägung gezogen.

Die Verbrennung ist das Abfallverwertungsverfahren, das am weitesten entwickelt ist. Auch die Produkte — Dampf, Wärme und Elektrizität — werden mit Sicherheit vom Markt abgenommen. Die stürmische Entwicklung dieses Verfahrens spiegelt sich in der großen Zahl von Beiträgen wieder. Erstaunlich ist nicht nur die Weiterentwicklung in Japan, sondern auch die Entdeckung dieses Verfahrens für die USA.

Die Abfallverbrennung war in den letzten Jahren durch ihre Emissionen ins Gerede gekommen. Viele Rauchgasreinigungsverfahren nach unterschiedlichen Konzepten und zunehmend auch Verfahren zur Behandlung der Rückstände wurden entwickelt. Von der emissionsfreien Abfallverbrennung sind wir noch weit entfernt, eine kontrolliert emissionsarme Verbrennung kann aber heute realisiert werden.

Dieses Buch, das die Beiträge zur Verwertung von Haushaltsabfällen des 5. Internationalen Recycling Congresses enthält, gibt einen Querschnitt durch die heute interessierenden Problemfelder.

Berlin, Mai 1987

Prof. Dr.-Ing. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Institut für Technischen Umweltschutz
— Fachgebiet Abfallwirtschaft —

Inhaltsverzeichnis

1. Getrennte Sammlung

W.-D. Klemt	D	Rechnergestützte Tourenplanung für die städtische Abfallentsorgung mit Wechselcontainern	1
Ludwig Sahm	D	Getrenntes Sammeln von wiederverwertbaren Stoffen aus Haushaltsabfällen und deren Wiederverwertung oder Vermarktung	10
Gerhard Halm	D	Abfallwirtschaft der Stadt Kassel am Beispiel der getrennten Altpapiersammlung	18
Heiko Doedens Burkhard Weber	D	Abfallmengenreduzierung mit dem System Sack + Sack im Landkreis Hannover	29
A. Skordilis	GR	Griechisches Pilotprojekt zur getrennten Sammlung von Haushaltsabfällen in Ballungsgebieten	37
J. C. van Weenen J. van de Langerijt J. Lustenhouwer K. A. Mooijman F. A. Reijenga	NL	Getrennte Sammlung von nativ organischen Abfällen in der Gemeinde Purmerend/NL	44

2. Aufbereitung

Wolfgang C. Krüger	D	Das Wertstoff- und Humuswerk Dusslingen — Ein Bundesmodell für Abfallverwertung —	53
André Westerhuis	NL	Trennung von Haushaltsabfällen in den Niederlanden	61
Th. Obermeier Peter Reitz Johannes Jager	D	Mengenbilanzierung und Anlagenoptimierung einer Abfallaufbereitungsanlage	72

Carl Walenzik Erich Reindl	D	Entwicklungstendenzen in der Klassierung von Haushaltsabfall und Folgeprodukten	81
Jörg Julius	D	Aufbereitung von Haushaltsabfall und Verbrennungsrückständen in Müllverbrennungsanlagen	90
Manfred Deckers	D	Zerkleinerung bei der Verwertung von Haushaltsabfällen	103
Hans-W. Lange	D	Sortierung von Wertstoffen aus der Grünen Tonne — Wertstofftrenneinrichtung	110
Dieter Fuchs	D	Rohstoff-Rückgewinnung	118

3. Biologische Abfallverwertung

U. Wustmann	D	Dezentrale, landkreisweite Sammlung und zentrale Kompostierung von Gartenabfällen im Landkreis Erlangen-Höchstadt	125
Henning Vollmer	D	Dezentrale Kompostierung — System MVU	132
Ulrich Wiegel Martin Steiner Johannes Jager	D	Sammlung und Kompostierung getrennt gesammelter Küchen- und Gartenabfälle	139
Hannes Willisch	D	Gärtnererden aus Grünrückständen und anderen organischen Stoffen	149
Siegfried Karasek	A	Bodenverbesserungsmittel aus Siedlungsabfällen für die Forstwirtschaft	158
Herbert Th. Propfe	D	Biowärme — ein neues Kompostierungsverfahren mit Wärmegewinnung	169
Bernd Bilitewski	D	Ein neuer Ansatz zur Beurteilung des Komposts aus Haushaltsabfall für den Einsatz im Weinbau und in Forsten	177
Walter Obrist	CH	Stoffbilanz des Kompostierungsprozesses	185
Catherine Claquin	F	Verwertung von Haushaltsabfällen durch Methanisierung	188
M. Schmid	D	Leistungsfähiges Verfahren zur Umsetzung organischer Abfallstoffe zu Biogas	199
Bernd Jourdan	D	Abfallvergärung Rottweil — Ergebnisse von Laborgasversuchen	203

4. Thermische Abfallverwertung

Oktay Tabasaran	D	Modell Augsburg, ein optimiertes Integralsystem zur Verwertung von Siedlungsabfällen	210
Klaus Horch	D	Konzepte zur umweltneutralen Haushaltsabfallverbrennung	226
Ronald J. Alvarez	USA	Energiegewinnung aus Haushaltsabfällen in den USA	232
Lewis Ott Ward Richard W. Seelinger	USA	Neues Konzept der Energiegewinnung aus Abfällen in den Vereinigten Staaten	241
Klaus S. Feindler	USA	Prüfung der Wertstoffrückgewinnungsanlage Baltimore	249
Bob van Deman Kenneth F. Stianche	USA	Betrieb der Abfallverbrennungs- und Elektrizitätserzeugungsanlage in Pinellas County, Florida	265
Johannes Martin Gebhard Schetter	D	Feuerungstechnische Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung in Abfallverbrennungsanlagen	270
Keiicho Sato	J	Eine Wirbelschicht-Verbrennungsanlage für Haushaltsabfälle	286
D. Buckle E. Robinson	GB	Umwandlung von Abfall in Energie in Niedrigkosten-Wirbelschichtverbrennungsanlagen	296
P. Freimann J. Fohl	A	Ein Hochtemperaturvergasungsverfahren zur Abfallverwertung und -entsorgung	305
Uwe Schatz Klaus v. Paczkowski	D	Der optimale Abfallkessel	314
Katsuhiro Kawamura	J	Adsorptionswärmepumpen in Müllverbrennungsanlagen	323
F. A. M. Keet Z. A. Paroubek †	NL	Energierückgewinnung aus Reststoffen	331

Stefan Petersson Stig Edner	S	Langzeiterfahrungen mit dem Brini-Brennstoff	348
Miro Dvirka	USA	Überlegungen zur Sanierung der RDF-Verbrennungsanlage in Dade County	358
Christian Vater	D	Forschungsergebnisse zur thermischen Nutzung von Brennstoffen aus Müll	369
W. Ritschel P. Schmidt A. G. Gribat	D	Der Vertrieb von Recycling-Brennstoffen (BRAM) aus der Sicht des Vermarkters — Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel industrieller Verbraucher	379

5. Rauchgasreinigung

Jens Thousig Møller K. Kragh Nielsen Ebbe Jøns	DK	Sprühtrockenabsorbtion nach der Haushaltsabfallverbrennung	389
K. Carlsson L. Marentette D. J. Hay	S	Entfernung von Dioxinen, Schwermetallen und Sauergasen durch Trockenwäscher — Ergebnisse aus Tests an der Abfallverbrennungsanlage	406
Yoshirio Nabeshima Shigechika Tomisawa Norihiko Ono	J	Betriebsergebnisse einer trockenen Rauchgasreinigung mit hohem Wirkungsgrad	417
U. Cleve J. Seipenbusch	D	Einsatz von Aktivkohle und Aktivkoks zur Rauchgasreinigung	425
K. Kürzinger	D	Entschwefelung von Rauchgasen mit Wasserstoffperoxid	440
J. Kwaśniak	PL	Die Multiwir-Methode zur Tropfen- und Staubabscheidung aus Gasströmen	445
Tatsuo Kimura	J	Entfernung von Quecksilber aus dem Rauchgas einer Abfallverbrennungsanlage	454
Takafumi Ohkubo Yoshinari Fujisawa	J	Quecksilberrückgewinnung aus dem Abwasser einer nassen Rauchgasreinigung einer Abfallverbrennungsanlage	464
H. Vogg K. Wiese A. Christmann	D	Das 3R-Verfahren — ein Baustein zur Schadstoffminderung bei Abfallverbrennungsanlagen	471
Tsuneharu Miyachi	J	Reinheit des Reaktionsprodukts der Quasi-Trockenen Rauchgasreinigung	482
M. Mehlmann N. Peschen	D	Nutzbare chemische und physikalische Eigenschaften von Kalkprodukten für die Reinigung von Abgasen aus Abfallverbrennungsanlagen	490

1. Getrennte Sammlung

Rechnergestützte Tourenplanung für die städtische Abfallentsorgung mit Wechselcontainern

Wolf-Dieter Klemt

1. Einleitung
2. Problemstellung
3. Lösung
4. Anwendung
5. Literatur

1. Einleitung

In der städtischen Abfallentsorgung steht der Disponent täglich (und dann zum Teil wiederholt) vor der Aufgabe, einen großen Fuhrpark mit über 100 Fahrzeugen für mehrere 1.000 Kunden einzusetzen. Dabei verfolgt er die Einsatzziele:

- Verkürzung der Fahrstrecken,
- Minimaler Fahrzeugeinsatz,
- Steigerung der Kapazitätsauslastung.

Diese Ziele haben unabhängig vom Entsorgungssystem ihre Gültigkeit. Bei der Umleer-Entsorgung werden die Abfallbehälter in das Abfallfahrzeug entleert und am Standort belassen, während bei der Wechselcontainer-Entsorgung die Behälter zur Deponie und dann abhängig von den Auftragsarten weitertransportiert werden.

Zur Lösung des Tourenplanungsproblems für das Umleersystem (Bild 1) existieren in der Praxis bewährte Algorithmen, die auf dem Savings-Ansatz (1) basieren.

Grundsätzlich anders stellt sich das Wechselcontainer-Tourenplanungsproblem dar, das im folgenden detailliert beschrieben wird.

2. Problemstellung

An dem Beispiel für eine Wechselcontainer-Tour (Bild 2) ist zu erkennen, daß die verschiedenen Auftragsarten mit ihren Verkettungsmöglichkeiten eine wesentliche Restriktion für die Bildung eines Tourenverlaufs sind.

Im folgenden sind die interaktiv veränderbaren Nebenbedingungen zusammengefaßt. Es muß gewährleistet sein, daß definierte Anforderungen vollständig ignorierbar sein dürfen, wenn manuell Touren zusammengestellt werden. Jedoch ist der Disponent bezüglich einzelner Verletzungen von Randbedingungen zu warnen.

Interaktiv veränderbare Randbedingungen:

- Zulässige Auftragsverkettungen
- Fahrzeug - Behälter - Zuweisung
- Fahrzeugeinsatzintervall
- Fahrzeug - Abfallart - Zuweisung
- Kundenzeitschranken
- Fahrzeugtypauswahl
- Fahrzeugnummerauswahl
- Deponie - Zuweisung

3. Lösung

Es wurde eine stufenweise heuristische Vorgehensweise entwickelt, die die Rangfolge in den Prioritäten betrieblicher Zielsetzungen wiederspiegelt. So wird der pünktlichen Kundenbedienung in gewünschten Zeitfenstern als Kennzeichen des Servicestandards ebenso eine hohe Priorität zugeordnet wie den in Kapitel 1 genannten Einsatzzielen. Der Algorithmus ist dreigeteilt mit den Stufen geographische Zusammenfassung (2), Sicherung der Kundenzeitschranken und Tourenverknüpfung.

4. Anwendung

Die Arbeits- und interaktiven Eingriffsmöglichkeiten sind in Bild 4 verdeutlicht. Die Auftragsdatei kann während der Planung um aktuelle Aufträge ergänzt werden. Diese zusätzlichen Aufträge

müssen in einer Ergänzungsplanung optimal in bereits berechnete Touren eingefügt werden. In die Auftrags- und Fahrzeugdatei werden nach der Planung Toureninformationen geschrieben, die Grundlage für die Betriebsrechnung sind. Für Disposition und Fahrer werden Tourenintervalle und Ladelisten ausgedruckt.

Die Dimension der Problemstellung (Anzahl Kunden, Anzahl Fahrzeuge usw.) erfordert eine graphische Unterstützung der Disposition. Mit den folgenden Bildern wird die Arbeitsweise verdeutlicht, in der Zwischenergebnisse graphisch aufbereitet und Details hervorgehoben werden, um Hinweise für manuelle Eingriffe in die berechneten Gesamttouren zu erhalten. Beispielhaft zeigt Bild 5 eine Verteilung von etwa 600 Kunden und die Lage eines Hauptdepots in Berlin (West).

In Bild 6 wurde eine Einzeltour isoliert für die Option, mit drei verschiedenen Vergrößerungsmaßstäben detaillierte Tourenverläufe "mit der Lupe" zu untersuchen. Die abgebildeten Vergrößerungsfenster lassen sich beliebig auf zu untersuchende Abschnitte verschieben.

Aus dem Tourenverlauf ist deutlich ersichtlich, daß eine aus praktischer Sicht der Disponenten gewichtige Forderung im Algorithmenentwurf zu berücksichtigen war. Einzelne Touren sollten nach Vorgabe primär in Kerngebieten gefahren werden und erst bei nicht ausgelasteter Kapazität speziell zugewiesene Nebengebiete bedienen. Die Eingrenzung auf eine bestimmte, vorgegebene Zahl von Postzustellbezirken für die gewählte Tour ist deutlich erkennbar.

Bild 7 zeigt in der Vergrößerung den südlichen Verlauf der ausgewählten Tour. Erst für diesen Ausschnitt ist es sinnvoll, Kundennummern zur schnellen Lokalisierung im Verlauf des Planungsprozesses auszudrucken.

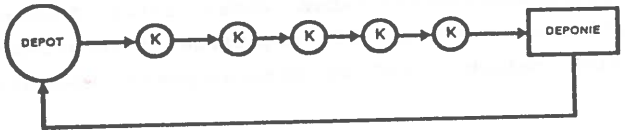
Im praktischen Einsatz ist eine Nutzung von sowohl graphisch dargestellten Kundenfolgen als auch Kundenfolgelisten mit allen Auftragsinformationen als Dispositionsgrundlage unerläßlich.

5. Literatur

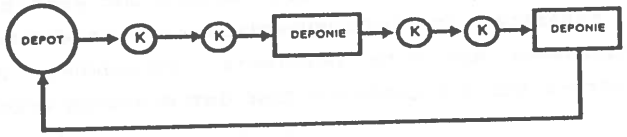
(1) Clarke, G.; Wright, J.: Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. Operations Research 12, S. 568 - 581, 1964.

(2) Gillet, B.; Johnson, J.: Multiterminal Vehicle-Dispatch Algorithm. Omega 4, S. 711 - 718, 1976.

EINFACH-TOUR:



MEHRFACH-TOUR:

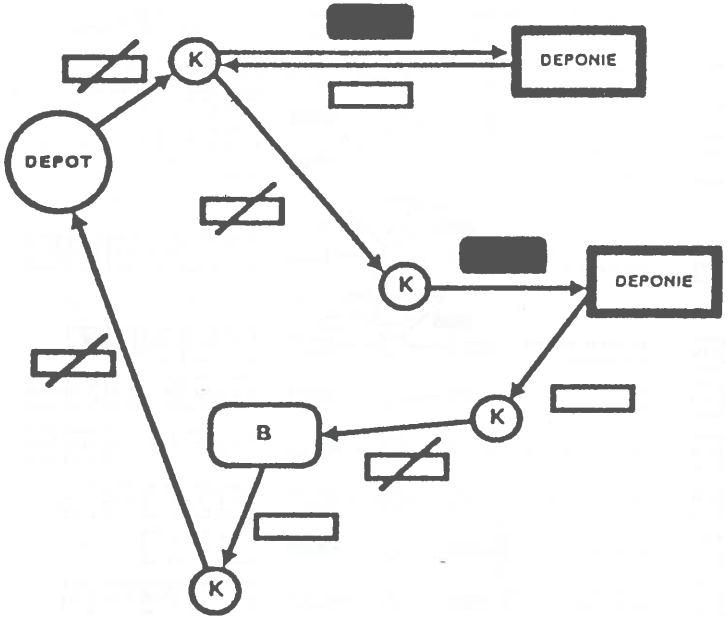


START : DEPOT ODER FAHRERSTANDORT

K : KUNDE MIT UMLEERBEHAELTERN

Bild 1

Umleer-Touren



START : DEPOT ODER FAHRERSTANDORT

K : KUNDE

B : BEHAELTERDEPOT

BEHAELTERSTATUS :

VOLLER BEHAELTER GELADEN

LEERER BEHAELTER GELADEN

KEIN BEHAELTER GELADEN

Bild 2

Wechselcontainer-Touren