

Entwicklung eines Verfahrens zur Abfuhrplanung in der kommunalen Abfallentsorgung

Von der Fakultät für Maschinenwesen
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
eines Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von
Lothar Werner Dohmen
aus Geilenkirchen

Berichter:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Holger Luczak
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Wendler

Tag der mündlichen Prüfung: 15. September 2004

D 82 (Diss. RWTH Aachen)

Schriftenreihe Rationalisierung und Humanisierung

Band 67

Lothar Werner Dohmen

**Entwicklung eines Verfahrens zur Abfuhrplanung
in der kommunalen Abfallentsorgung**

D 82 (Diss. RWTH Aachen)

Shaker Verlag
Aachen 2004

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2004

Copyright Shaker Verlag 2004

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-3353-9

ISSN 1434-8519

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Vorwort

In der vorliegenden Dissertation wird das Problem der Abfuhrplanung in der kommunalen Abfallentsorgung betrachtet. Dieses Problem der Abfuhrplanung stellt eine Kombination eines mehrstufigen Tourenplanungsproblems mit einem Lagerstandortproblem dar. Dabei werden neben verschiedenen Kapazitätsrestriktionen unterschiedliche Abfuhrhythmen und die Einsatzmöglichkeiten der Wechselcontainertechnologie berücksichtigt.

Im Rahmen dieser Dissertation entwickelt der Autor ein Planungsverfahren zur Lösung dieses Problems. Zunächst wird das Themenfeld exakt eingegrenzt. Auf Basis einer Literaturrecherche und empirischer Erhebungen werden die Anforderungen der Anwender und der Optimierungsmethoden an das Planungsverfahren abgeleitet. Entsprechend den Anforderungen an das Planungsverfahren wird unter Verwendung graphentheoretischer Grundlagen ein mathematisches Simulationsmodell formuliert. Zur Lösung des mit Hilfe des Simulationsmodells formulierten Optimierungsproblems wird ein Planungsverfahren entwickelt und prototypisch implementiert. Als Grundlage für das Planungsverfahren dient Simulated Annealing, eine zu den general iterative nondeterministic algorithms gehörende Meta-Heuristik. Den Nutzen des Planungsverfahrens hat der Autor in der Validierung anhand von Testszenarien und eines exemplarischen Fallbeispiels nachgewiesen.

Dieses Werk ist aus unterschiedlichen Sichtweisen interessant und richtet sich an eine breite Leserschaft. Betriebliche Fachleute aus dem Bereich der kommunalen Abfallentsorgung erhalten die Möglichkeit, den Nutzen einer automatisierten Abfuhrplanung im eigenen Unternehmen abzuschätzen. Dem Praktiker wird hiermit eine Unterstützung für anstehende Investitionsentscheidungen in diesem Bereich an die Hand gegeben. Entwicklern und Anbietern entsprechender Datenverarbeitungssysteme wird ein Weg aufgezeigt, wie den Anforderungen der Unternehmen nach praxisgerechter Systemunterstützung im Bereich der Abfuhrplanung Folge geleistet werden kann. Darüber hinaus richtet sich die Arbeit an alle Wissenschaftler, die sich mit der Lösung komplexer Probleme durch die Gestaltung und Anwendung von Methoden der general iterative nondeterministic algorithms beschäftigen.

Holger Luczak

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung.....	4
1.3 Vorgehensweise.....	5
2 Begriffsbestimmung und Abgrenzung des Untersuchungsbereiches	8
2.1 Planung, Simultanplanung, Optimierung, Heuristik, Simulation	8
2.2 Touren- und Abfuhrplanung	10
2.2.1 Begriffe der kommunalen Abfallentsorgung	10
2.2.2 Ablauf der kommunalen Abfallentsorgung	16
2.2.3 Aufgaben und Ziele der Touren- und Abfuhrplanung	17
2.2.4 Funktionale Abgrenzung des Untersuchungsbereiches.....	18
2.3 Optimierungsmethoden.....	21
2.3.1 Problemklassifizierung	21
2.3.2 Differenzierung möglicher Optimierungsmethoden	22
3 Ableitung der Anforderungen an das Planungsverfahren.....	26
3.1 Anforderungen der Anwender	26
3.1.1 Vorgehensweise	26
3.1.2 Durchführung von Betriebsuntersuchungen.....	28
3.1.3 Inhaltliche Anforderungen der Anwender.....	32
3.1.3.1 Zielbestimmung	33
3.1.3.2 Einsatzbezogene Anforderungen.....	35
3.1.3.3 Funktionale Anforderungen.....	36

3.1.3.4	Leistungsbezogene Anforderungen	38
3.1.3.5	Qualitative Anforderungen	39
3.1.4	Zusammenfassung der anwendungsbezogenen Anforderungen	40
3.2	Anforderungen der Optimierungsmethoden	42
3.2.1	Vorgehensweise	42
3.2.2	Einsatzgebiet der Optimierungsmethoden	42
3.2.3	Ablauf der Optimierungsmethoden	43
3.2.4	Anforderungen an das Planungsverfahren	45
4	Stand der Erkenntnisse	46
4.1	Literaturanalyse	46
4.2	Analyse bisheriger Forschungsarbeiten	50
4.3	Zusammenfassung und Ableitung des Forschungsbedarfes	57
5	Entwicklung eines mathematischen Simulationsmodells.....	59
5.1	Aufbau eines mathematischen Simulationsmodells	59
5.2	Vorgehensweise.....	60
5.3	Bestimmung des Effektivitätsmaßes	61
5.4	Bestimmung der Entscheidungsalternativen	61
5.5	Bestimmung der relevanten Umweltfaktoren	65
5.6	Modellkonstruktion	68
5.6.1	Graphentheoretische Darstellung des Optimierungsproblems....	68
5.6.2	Zielfunktion	82
5.6.3	Strafkosten.....	84
5.6.4	Verifikation	86
5.7	Erfüllung der Anforderungen der Optimierungsmethoden.....	86
5.7.1	Struktur des mathematischen Optimierungsproblems	86
5.7.2	Definition von Mutationen und einer Nachbarschaft.....	89

6	Entwicklung eines Planungsverfahrens.....	93
6.1	Vorgehensweise.....	93
6.2	Auswahl einer Optimierungsmethode	93
6.2.1	Tabu Search	94
6.2.2	Simulated Annealing	96
6.2.3	Evolutionäre Algorithmen	99
6.2.4	Bewertung und Auswahl der Optimierungsmethode	102
6.3	Konzept des Planungsverfahrens	104
6.4	Modul Nachbar.....	108
6.5	Modul Startlösung	112
6.6	Parametrisierung.....	115
6.6.1	Mutationswahrscheinlichkeiten	116
6.6.2	Optimierungsparameter	117
6.7	Prototypische Implementierung.....	118
7	Validierung	121
7.1	Testszenarien	121
7.2	Fallbeispiel.....	125
7.3	Zusammenfassende Bewertung	129
8	Zusammenfassung.....	131
9	Literaturverzeichnis	133
Anhang A:	Fragebogen der Vorstudie	151
Anhang B:	Komplexitätsbetrachtung	152
Anhang C:	Aufnahme der Praxis-Anforderungen.....	157