

Haase, Knut; Brandenburg, Marcus; Jorga, Sven; Krüger, Claus

Working Paper — Digitized Version

Deckungsbeitragsorientierte Außendienststeuerung

Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 459

Provided in Cooperation with:

Christian-Albrechts-University of Kiel, Institute of Business Administration

Suggested Citation: Haase, Knut; Brandenburg, Marcus; Jorga, Sven; Krüger, Claus (1997) : Deckungsbeitragsorientierte Außendienststeuerung, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 459, Universität Kiel, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/177319>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Manuskripte
aus den
Instituten für Betriebswirtschaftslehre
der Universität Kiel

Nr. 459

Deckungsbeitragsorientierte Außendienststeuerung

Dr. Knut Haase
Marcus Brandenburg
Sven Jorga
Claus Krüger

27. Oktober 1997

Korrespondenz: Dr. Knut Haase
Lehrstuhl für Produktion und Logistik, Institut für Betriebswirtschaftslehre,
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstraße 40, 24118 Kiel, Germany
email: Haase@bwl.uni-kiel.de
URL: <http://www.wiso.uni-kiel.de/bwlinstitute/Prod>
<ftp://ftp.wiso.uni-kiel.de/pub/operations-research>

1 Problemstellung und Abgrenzung

Der effiziente Einsatz von Außendienstmitarbeitern (ADM) ist eine der wichtigsten Aufgaben eines erfolgreichen Verkaufsmanagements. Zur Vermeidung hoher Fahrtkosten und zur Gewährleistung von Kundennähe beschäftigen viele Unternehmen ADM an verschiedenen Standorten. Jedem Standort ist dabei ein geographisch zusammenhängendes Verkaufsgebiet zugeordnet. In der Regel werden bei der Bildung der Verkaufsgebiete sogenannte Kleinste-Gebietseinheiten (z.B. Gemeinden), kurz KGE genannt, unter Berücksichtigung von Nachbarschaftsbeziehungen zusammenhängend gruppiert¹. Jede KGE wird dabei genau einem Verkaufsgebiet zugeordnet. Da ein ADM ausschließlich für die Kunden seines Verkaufsgebietes zuständig ist, konkurrieren die ADM untereinander nicht.

In neueren Ansätzen wird vorgeschlagen, die Verkaufsgebiete so einzuteilen, daß der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag maximiert wird². Dabei wird angenommen, daß der erwartete Deckungsbeitrag einer KGE davon abhängt, wie häufig ein ADM die KGE besucht (Besuchsintensität) bzw. wieviel Arbeitszeit er für die KGE aufwendet. Hierzu wird eine Marktreaktionsfunktion spezifiziert, die den Zusammenhang zwischen der Besuchsintensität und dem erwarteten Umsatz abbildet. Problematisch dabei ist, daß die Besuchsintensität erst in einem nachfolgenden Planungsschritt bei der Bildung von Rundreisen³ bekannt wird. Daher wird ferner angenommen, daß ein bestimmter proportionaler Zusammenhang zwischen der für eine KGE aufgewendeten Arbeitszeit und der Besuchsintensität existiert⁴. Erhalten wir aber im Rahmen der Rundreiseplanung einen anderen proportionalen Zusammenhang, so ist das Ergebnis der Verkaufsgebietseinteilung insgesamt zu hinterfragen.

Diese Problematik wird vermieden, wenn die Rundreiseplanung in die Verkaufsgebietseinteilung integriert wird. Im Rahmen dieser Arbeit schlagen wir daher einen simultanen Ansatz vor, der bereits mit heutigen Methoden (approximativ) effizient lösbar ist. Die Verkaufsgebietseinteilung erfolgt dabei nicht nach geographischen Gesichtspunkten, sondern die Kunden werden den ADM direkt zugeordnet. Bei der Bildung der Rundreisen werden neben der verfügbaren Arbeitszeit eines ADM auch Terminvorgaben seitens der Kunden in Form sogenannter Zeitfenster berücksichtigt.

Die Arbeit ist wie folgt aufgebaut: Im nächsten Abschnitt formulieren wir ein mathematisches Modell zur kombinierten Kundenzuordnung und Rundreisenplanung. Im 3. Abschnitt zeigen wir, wie hierzu mit Hilfe der Methode der Spaltengenerierung obere und untere Schranken bestimmt werden können. Ferner skizzieren wir ein Branch&Price-Verfahren zur Bestimmung einer optimalen Lösung. Zur Verdeutlichung des Modells und der Spaltengenerierung betrachten wir in Abschnitt 4 ein Beispiel. Wir schließen diesen Beitrag mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf zukünftigen Forschungsarbeiten.

2 Modell

In diesem Abschnitt führen wir ein neues Modell zur Außendienstststeuerung ein. Dabei sei angemerkt, daß wir zunächst voraussetzen, daß eine Menge von Rundreisen existiert; die Generierung der Rundreisen wird im nachfolgenden Abschnitt erläutert.

¹ Vgl. Haase (1997).

² Vgl. Skiera/Albers (1994), Drexel/Haase (1996), Haase (1997).

³ Eine Rundreise ist dadurch gekennzeichnet, daß ein ADM von seinem Standort aus startet, einige Kunden in einer vorgegebenen Reihenfolge besucht und am Ende der Rundreise zu seinem Standort zurückkehrt.

⁴ Vgl. Skiera/Albers (1994) und Haase (1997).

Prämissen:

- Tarifrechtliche und betriebliche Vereinbarungen regeln die tägliche und die wöchentliche Arbeitszeit eines ADM.
- Jeder ADM hat einen festen Standort (Geschäftsstelle).
- Jeder Kunde hat einen festen Standort (z.B. Arztpraxis).
- Besucht ein ADM einen oder mehrere Kunden an einem Tag, so startet er von seinem Standort und kehrt zu seinem Standort am selbigen Tag zurück (Rundreise). Auswärtige Übernachtungen erfolgen somit nicht.
- Die Rundreisen sind so zu bilden, daß Kundenwünsche berücksichtigt werden. Hierzu zählen insbesondere Terminvorgaben in Form sogenannter Zeitfenster. Dabei ist ein Zeitfenster definiert durch den frühesten und spätesten Termin, den ein Kunde bereit ist, mit einem ADM zu vereinbaren⁵.
- Innerhalb des Planungszeitraumes (z.B. Woche) wird ein Kunde höchstens einmal besucht.
- Stochastische Einflüsse, beispielsweise zufällig schwankende Fahrzeiten zwischen zwei Kunden, sind vernachlässigbar.

Definieren wir die Parameter

- A Menge der ADM,
 K Kundenmenge,
 R Menge zulässiger Rundreisen,
 R_a Menge von Rundreisen, die von ADM a bedient werden können ($R_a \subseteq R$, $R_a \cap R_{a'} = \emptyset$ für $a \neq a'$, $\cup_{a \in A} R_a = R$),
 W Anzahl Arbeitstage, die ein ADM während des Planungszeitraumes für Kundenbesuche aufwenden kann,
 d_r erwarteter Deckungsbeitrag der Rundreise r ,
 $b_{k,r} = 1$, falls Kunde $k \in K$ zur Rundreise $r \in R$ gehört (0 sonst)

und die binäre Entscheidungsvariable

- $y_r = 1$, falls Rundreise $r \in R$ zu bedienen ist (0 sonst),

so kann das Problem mathematisch wie folgt formuliert werden:

$$\text{Maximiere } \sum_{r \in R} d_r y_r \quad (1)$$

unter den Nebenbedingungen

$$\sum_{r \in R_a} y_r \leq W \quad a \in A \quad (2)$$

$$\sum_{r \in R} b_{k,r} y_r \leq 1 \quad k \in K \quad (3)$$

$$y_r \in \{0, 1\} \quad r \in R \quad (4)$$

Erläuterungen: (1) maximiert den Deckungsbeitrag über alle Rundreisen. (2) gewährleistet, daß einem ADM nicht mehr Rundreisen (Arbeitstage) zugeordnet bekommt, als er innerhalb des Planungszeitraumes durchführen kann. (3) sorgt dafür, daß ein Kunde höchstens

⁵ Damit ist zugleich der Spezialfall abgedeckt, daß ein genauer Termin – frühester gleich späterster Termin – vorgeben wird.

einmal im Planungszeitraum besucht wird. (4) definiert den binären Wertebereich der Entscheidungsvariablen.

Anmerkungen:

- a) Die Information der optimalen Reihenfolge, in der die durch eine Spalte repräsentierten Kunden zu besuchen sind, spiegelt sich lediglich im Zielfunktionskoeffizienten wider. Für praktische Anwendungen kann es von Interesse sein, einen Kunden innerhalb eines Zeitraumes (Woche, Monat, Jahr) in mehr oder weniger festen Abständen mehrfach zu besuchen. Dieser Aspekt wird in obiger Modellformulierung nicht betrachtet und bleibt späteren Forschungsarbeiten vorbehalten.
- b) Nicht jeder Kunde muß einem ADM zugeordnet werden. Als Ergebnis können wir somit erhalten, daß aufgrund ökonomischer oder kapazitiver Gründe auf den erwarteten Ertrag bei einem Kunden zu verzichten ist. Sind fehlende Kapazitäten ursächlich, so erhält man zugleich die Empfehlung, einen zusätzlichen ADM zu beschäftigen. Die Rentabilität solch einer Entscheidung kann mit Hilfe des obigen Modells überprüft werden.
- c) Ist die Arbeitszeit, gemessen in Stunden, innerhalb des Planungsraumes zusätzlich beschränkt, so ist eine weitere Restriktion aufzunehmen.
- c) Bereits bei 50 Kunden kann davon ausgegangen werden, daß keine Rechenlage der Welt in der Lage ist, R zu speichern. Daher werden wir im nächsten Abschnitt die Methode der Spaltengenerierung verwenden, so daß nur eine relativ kleine Teilmenge $R' \subseteq R$ explizit zu betrachten ist.

3 Lösungsverfahren

In diesem Abschnitt verwenden wir die Methode der Spaltengenerierung zur Bestimmung von oberen und unteren Schranken für das Problem (1) – (4).

Bestimmung einer oberen Schranke: Ersetzen wir (4) durch

$$y_r \geq 0 \quad r \in R \quad (5)$$

so erhalten wir ein kontinuierliches Maximierungsproblem. Seien hierzu \bar{d}_r die Opportunitätskosten der Variablen y_r und $(y_r) = (y_{r_1}, \dots, y_{r_{|A|+|K|}})$ eine Basislösung. (y_r) ist optimal und liefert somit eine obere Schranke, wenn

$$\bar{d}^* = \max\{\bar{d}_r | r \in R\} \leq 0 \quad (6)$$

gilt⁶.

Bezeichnen wir mit

π_a die Dualvariable der a -ten Restriktion in (2) und mit

σ_k die Dualvariable der k -ten Restriktion in (3),

so gilt

$$\bar{d}^* = \max_{a \in A, r \in R_a} \{\bar{d}_r | \bar{d}_r = d_r - \pi_a - \sum_{k \in K} b_{k,r} \sigma_k\}$$

Bei Anwendung der Methode der Spaltengenerierung wird \bar{d}^* und die zugehörige Spalte durch Lösen eines Unterproblems⁷ bestimmt.

Unter Verwendung der Parameter

⁶ Der Zielfunktionswert wird durch einen weiteren Basistausch nicht mehr verbessert; vgl. z.B. Bradley/Hax/Magnanti (1974), S. 540 f.

⁷ Lösen wir mit dem Simplexalgorithmus ein lineares Optimierungsproblem, für das bereits alle Spalten vorliegen, so besteht das Unterproblem darin, in der Zielfunktionszeile den größten Koeffizienten zu bestimmen.

- $f_{i,j}$ Fahrtzeit von $i \in K \cup A$ zu $j \in K \cup A$,
 c Kosten pro gefahrener Zeiteinheit,
 p_i erwartete Verkaufsprämie beim Kunden i ,
 $\bar{d}_{i,j}$ Opportunitätskosten für die Entscheidung von $i \in K \cup A$ nach $j \in K \cup A$ zu fahren.
 Es gilt

$$\bar{d}_{i,j} = \begin{cases} p_j - c f_{i,j} - \sigma_j & : (i,j) \in K \cup a \times K \\ -c f_{i,a} - \pi_a & : j = a \end{cases}$$

- v_i Verweildauer beim Kunden $i \in K$ ($v_i > 0$),
 T maximal zulässige Tagesarbeitszeit eines ADM,
 B hinreichend große Zahl,
 Z_i Zeitfenster, in dem Kunde i einen Termin mit einem ADM vereinbaren würde
 ($Z_i = [\underline{Z}_i, \bar{Z}_i]$),

und der Entscheidungsvariablen

- $x_{i,j}$ = 1, falls die Strecke vom Standort des Kunden oder des ADM i zum Standort des Kunden oder des ADM j gefahren wird (0 sonst)
 t_i Ankunftszeit eines ADM beim Standort $i \in K$ bzw. bei seinem Standort $i \in A$

läßt sich das Unterproblem wie folgt formulieren:

$$\bar{d}^* = \max_{a \in A} \{\bar{d}_a^*\}$$

wobei

$$\bar{d}_a^* = \max \sum_{(i,j) \in (K \cup a) \times (K \cup a)} \bar{d}_{i,j} x_{i,j} \quad (7)$$

unter den Nebenbedingungen

$$\sum_{i \in K \cup a} x_{i,j} \leq 1 \quad j \in K \cup a \quad (8)$$

$$\sum_{i \in K \cup a} (x_{i,j} - x_{j,i}) = 0 \quad j \in K \cup a \quad (9)$$

$$t_j - f_{a,j} x_{a,j} \geq 0 \quad j \in K \quad (10)$$

$$t_j - t_i - v_i - f_{i,j} + B(1 - x_{i,j}) \geq 0 \quad (i,j) \in K \times (K \cup a) \quad (11)$$

$$t_i \in Z_i \quad i \in K \quad (12)$$

$$t_a \in [0, T] \quad (13)$$

$$x_{i,j} \in \{0, 1\} \quad (i,j) \in (K \cup a) \times (K \cup a) \quad (14)$$

Erläuterungen: Gesucht ist eine Rundreise mit maximalen Opportunitätskosten (7). Innerhalb einer Rundreise wird jeder Kunde höchstens einmal angefahren (8). Verläßt der ADM a seinen Standort, so muß er zu seinem Standort zurückkehren. Jeden Kunden, den er zwischenzeitlich besucht, muß er wieder verlassen (9). Der früheste Zeitpunkt, zu dem ein ADM den ersten Kunden einer Rundreise erreichen kann, ist durch die Fahrtzeit vom Standort zum Standort des jeweiligen Kunden gegeben (10). Rundreisen, die nicht im Standort des ADM starten und enden, sogenannte Kurzzyklen, sind auszuschließen⁸ (11). Die Einhaltung der Terminvorgaben und der verfügbaren Arbeitszeit ist durch (12) bzw. (13) gewährleistet. Für die Entscheidungsvariablen gilt die Binaritätsbedingung (14).

⁸ Vgl. Haase (1996).

Anmerkungen: In obiger Formulierung darf ein ADM jeden Kunden – sofern er innerhalb seiner Arbeitszeit erreichbar ist – bedienen. Will man gewährleisten, daß ein Kunde maximal nur eine bestimmte Distanz vom Standort eines ADM entfernt ist, so ist K durch eine geeignete Teilmenge $K_a \subseteq K$ zu ersetzen. In jedem Fall genügt es, $K_a = \{i \in K \mid f_{a,i} + v_i + f_{i,k} \leq T\} \cup a$ zu betrachten. Dann ist (für symmetrische Probleme) $B = \max_{i,j \in K_a} f_{i,j} + \max_{i \in K_a} v_i + \max_{i \in K_a} t_i \leq 3T$ hinreichend groß. Weiterhin können wir für einige Variablen in Abhängigkeit des ADM $x_{i,j} = 0$ fordern. Dies gilt beispielsweise, wenn der jeweilige ADM nach einem Besuch des Kunden j unmittelbar nach dem Besuch des Kunden i , nicht mehr rechtzeitig, d.h. $t_a > T$, zu seinem Standort zurückkommen würde. Als Lösung ist auch die leere Rundreise zulässig, so daß $\bar{d}_a^* \geq 0$ gilt.

Definition (Haupt- und Unterproblem): $HP(R')$ ist das restringierte (Haupt-)Problem (1)-(3), (5) auf der Basis von $R' \subseteq R$. $UP(a)$ ist das Unterproblem (7)-(14) zur Erzeugung einer Rundreise bzw. Spalte für den ADM a .

Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Ablauf der Spaltengenerierung zur Bestimmung einer oberen Schranke. Angemerkt sei, daß wir $UP(a)$ und $HP(R')$ unter Verwendung der Standardsoftware CPLEX⁹ lösen. In *Schritt 6* erfolgt ein sogenanntes Multiple-Pricing, so daß die Menge R' um bis zu $|A|$ Spalten erweitert wird. Gilt $\bar{d}_a^* > 0$, so ist R' um eine Spalte r zu ergänzen, d.h. $R' := R' \cup r$ mit $d_r = \sum_{(i,j) \in (K \cup a) \times (K \cup a)} (p_j - c f_{i,j}) x_{i,j} = \bar{d}_a^* + \pi_a + \sum_{(i,j) \in (K \cup a) \times K} \sigma_j x_{i,j}$ und $b_{k,r} = \sum_{j \in K \cup a} x_{k,j} \forall k \in K$. Die Abbruchbedingung wird in *Schritt 7* überprüft.

Tabelle 1. Spaltengenerierung zur Bestimmung einer oberen Schranke:

<i>Schritt 1:</i> Setze $\sigma_k = 0 \forall k \in K$ und $\pi_a = 0 \forall a \in A$;
<i>Schritt 2:</i> Löse $UP(a) \forall a \in A$;
<i>Schritt 3:</i> Initialisiere R' mit den in <i>Schritt 2</i> generierten Spalten;
<i>Schritt 4:</i> Löse $HP(R') \Rightarrow$ Aktualisierung von σ_k und π_a ;
<i>Schritt 5:</i> Löse $UP(a) \forall a \in A \Rightarrow$ erhalte $\bar{d}_a^* \forall a \in A$;
<i>Schritt 6:</i> $\forall a \in A : \bar{d}_a^* > 0 \Rightarrow$ erweitere R' um zugehörige Spalte;
<i>Schritt 7:</i> $\exists \bar{d}_a^* > 0 \Rightarrow$ gehe zu <i>Schritt 4</i> ;
<i>Schritt 8:</i> Abbruch;

Bestimmung einer unteren Schranke: Die Optimalitätsbedingung (6) ist zugleich die Abbruchbedingung des Spaltengenerierungsprozesses. Als Ergebnis erhalten wir neben einer optimalen Lösung der LP-Relaxation $HP(R)$ auch eine Teilmenge $R' \subseteq R$. Bei nicht-ganzzahliger Basislösung erhalten wir eine untere Schranke, in dem wir eine ganzzahlige Lösung auf der Basis von R' für (1)-(4) bestimmen.

Bestimmung einer optimalen Lösung: Hierzu skizzieren wir ein Branch&Price-Verfahren¹⁰: Wir konstruieren einen binären Suchbaum. Die Wurzel P_0 ist das Problem $HP(R)$. Ausgehend von P_0 verzweigen wir geeignet hinsichtlich einer Variable $x_{i,j}$. In einem Teilproblem mit $x_{i,j} = 0$ gilt $y_r = 0 \forall r \in R$, falls die Wegstrecke von i nach j zur Rundreise r gehört. Bei $x_{i,j} = 1$ gilt $y_r = 0 \forall r \in R$, falls i und/oder j zur Rundreise r gehören, aber die Wegstrecke von i nach j nicht. In jedem Teilproblem ist zur Überprüfung der Optimalitätsbedingung mindestens eine weitere Spalte zu generieren. Die Fixierungen im Teilproblem hinsichtlich der Variablen $x_{i,j}$ werden dabei in das jeweilige Unterproblem übertragen.

⁹ Vgl. CPLEX (1995).

¹⁰ Vgl. Barnhart u. a. (1995).

4 Beispiel

Ein Getränkehersteller beschäftigt 3 ADM. Insgesamt sind bis zu 40 Kunden zu betreuen. Die Kunden haben mit dem Getränkehersteller vereinbart, daß ein ADM jede Woche einmal beim Kunden vorbeikommt, dort den Lagerbestand überprüft und danach mit dem Kunden die Bestellmenge abspricht. Die xy-Koordinaten der Standorte der ADM ($i = 1, 2, 3$) und der Kunden ($i = 4, \dots, 43$) sowie die erwarteten Erträge p_i , Verweildauern v_i und Zeitfenster $[\underline{Z}_i, \overline{Z}_i]$ sind in Tabelle 2 angegeben. Die Fahrzeit $f_{i,j}$ entspricht dem 0.1-fachen der euklidischen Distanz zwischen i und j , d.h. $f_{i,j} = 0.1 \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$. Pro Zeiteinheit entstehen Fahrtkosten in Höhe von $c = 50$ Geldeinheiten. Dem ADM ist zugesichert, daß sie pro Tag nicht mehr als $T = 10$ Zeiteinheiten eingesetzt werden.

Wir lösen die Problemstellung unter Verwendung des Standard solvers CPLEX¹¹. Insgesamt werden 145 Rundreisen generiert. Die obere Schranke, d.h. der Zielfunktionswert der LP-Relaxation, ist 14934.3. Unter Verwendung der generierten Rundreisen bestimmen wir eine ganzzahlige Lösung und erhalten somit eine untere Schranke. Der zugehörige Zielfunktionswert der ganzzahligen Lösung ist 14790, so daß wir einen "Solution-Gap" von $(14934.3 - 14790)/14934.3 \times 100 = 0.97\%$ erhalten. Das Ergebnis der ganzzahligen Lösung zeigt Tabelle 3. Dabei ist zu beachten, daß der i -te Kunde mit der Nummer $i + 3$ bezeichnet wird.

Die Lösung enthält eine hohe Varianz hinsichtlich der jeweiligen Anzahl von Kunden, die dem einzelnen ADM zuzuordnen sind. Zur Vermeidung derartiger Lösungen ist das Hauptproblem geeignet zu modifizieren. Beispielsweise kann in Form einer einfachen zusätzlichen Restriktion gefordert werden, daß jedem ADM eine Mindestanzahl an Kunden zugeordnet wird. Die prinzipielle Vorgehensweise zur Bestimmung einer Lösung bleibt dabei unverändert. Ferner ist anzumerken, daß nicht alle Kunden bedient werden. Hier stellt sich somit die Aufgabe, über eine Ausweitung der Besuchstermine mit den jeweiligen Kunden zu verhandeln oder gegebenenfalls einen zusätzlichen ADM einzustellen. Eine weitere Verbesserungsmöglichkeit kann auch darin bestehen, die Standorte der ADM geeignet zu verschieben.

Hinweis (numerische Untersuchung): Im Rahmen einer numerischen Untersuchung wurden 16 Beispiele mit bis zu 50 Kunden und 5 ADM zufällig generiert. Davon konnten 12 Beispiele optimal gelöst werden. Der durchschnittliche Solution-Gap betrug 0.28% und der maximale 1.42%.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Bisherige Ansätze zur Verkaufsgebietseinteilung bilden die Arbeitszeit eines Außendienstmitarbeiters nur ungenau ab. Dadurch besteht die Gefahr, daß eine ineffiziente Zuordnung der Kunden zu den Außendienstmitarbeitern erfolgt.

Daher wird im Rahmen dieser Arbeit ein kombiniertes Kundenzuordnungs- und Rundreisplanungsproblem eingeführt. Hierzu stellen wir ein mathematisches Modell vor. Wir zeigen, daß die Problemstellung mit der Methode der Spaltengenerierung effizient lösbar ist. Anhand eines Beispiels verdeutlichen wir die Problemstellung und das Lösungsverfahren.

Insbesondere im Rahmen der Rundreisplanung werden hierzu einige Annahmen getroffen, die nicht für alle praktischen Anwendungen zutreffend sind. Beispielsweise haben wir aus Gründen der Vereinfachung ausgeschlossen, daß ein Außendienstmitarbeiter auswärts übernachtet. Ein Bestandteil zukünftiger Forschungsarbeiten sollte daher darin liegen, daß derartige Annahmen aufgehoben werden.

Um auch sehr große Problemstellungen lösen zu können, sind leistungsfähige Heuristiken zu entwickeln. Insbesondere zur Generierung von Spalten sind effiziente Methoden zu entwickeln.

¹¹ Vgl. Fourer u.a. (1993) sowie CPLEX (1995).

Tabelle 2. Standortdaten

i	x_i	y_i	p_i	v_i	Z_i	\bar{Z}_i
1	88	55	0	0.0	0.0	10.0
2	59	80	0	0.0	0.0	10.0
3	53	84	0	0.0	0.0	10.0
4	88	33	480	0.5	5.3	7.5
5	38	44	620	0.5	4.8	7.2
6	62	52	620	0.5	3.2	7.0
7	66	73	540	0.5	3.3	5.4
8	17	8	440	0.5	5.0	7.8
9	27	54	700	0.5	1.3	3.7
10	1	98	860	0.5	0.6	3.5
11	99	75	220	0.5	7.5	9.6
12	99	43	690	0.5	3.0	6.7
13	98	60	280	0.5	7.5	10.0
14	71	52	500	0.5	5.2	8.1
15	62	73	940	0.5	6.0	9.6
16	42	28	810	0.5	1.2	3.5
17	69	41	850	0.5	3.8	6.5
18	56	52	650	0.5	4.2	6.6
19	23	69	920	0.5	4.0	7.4
20	48	25	390	0.5	4.9	7.5
21	6	17	220	0.5	2.8	6.2
22	16	54	890	0.5	0.6	4.6
23	60	90	550	0.5	3.5	5.6
24	35	79	330	0.5	4.2	7.9
25	6	92	970	0.5	6.2	9.3
26	96	63	620	0.5	1.9	5.7
27	99	72	730	0.5	1.4	4.7
28	79	48	900	0.5	5.1	7.5
29	7	83	600	0.5	2.1	4.3
30	33	65	650	0.5	3.2	6.5
31	70	92	780	0.5	0.4	4.1
32	19	28	300	0.5	6.2	8.7
33	88	76	600	0.5	1.8	4.4
34	79	36	410	0.5	0.4	3.2
35	25	24	620	0.5	0.3	2.5
36	33	34	430	0.5	1.8	4.3
37	46	38	590	0.5	7.0	10.0
38	31	95	750	0.5	1.9	4.2
39	75	12	830	0.5	1.4	5.1
40	8	85	800	0.5	4.8	7.1
41	28	84	480	0.5	1.3	4.5
42	88	9	990	0.5	4.7	8.3
43	98	38	890	0.5	4.8	7.4

Tabelle 3. Kundenzuordnung

Arbeitstag	ADM		
	1	2	3
1	42 (530)*	7 (440)	9 (300)
2	33 27 26 13 (1945)	31 23 (1150)	10 (320)
3	17 14 28 (1975)	30 19 24 (1495)	22 (410)
4	12 43 4 (1790)	18 6 15 (1895)	25 (490)
5	34 39 (790)	38 (430)	41 40 (830)
Gesamtertrag	7030	5410	2350

* erwarteter Deckungsbeitrag der Rundreise

Literatur

- Barnhart, Cynthia/Johnson, Ellis L./Nemhauser, George L./Savelsbergh, Martin W.P./Vance, Pamela H.* (1995) Branch-and-Price: Column Generation for Solving Huge Integer Programs, erscheint in: *Operations Research*
- Bradley, Stephen P./Hax, Arnaldo C./Magnanti, Thomas L.* (1974), *Applied Mathematical Programming*
- CPLEX* (1995), CPLEX Inc., Incline Village, NV 89451-9436, USA, *CPLEX Optimization, Version 4.0*
- Drexl, Andreas/Haase, Knut* (1996), *Fast Approximation Methods for Sales Force Deployment* Arbeitspapier, Nr. 411, Universität Kiel
- Fourer, Robert/Gay, David M./Kernighan, Brian W.* (1993), *AMPL: A Modeling Language for Mathematical Programming*
- Haase, Knut* (1996), *Capacitated Lot-Sizing with Sequence Dependent Setup Costs*, in: *OR Spektrum*, Vol. 18, S. 51–59
- Haase, Knut* (1997), *Deckungsbeitragsorientierte Verkaufsgebietseinteilung und Standortplanung für Außendienstmitarbeiter*, erscheint in: *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*
- Skiera, Bernd/Albers, Sönke* (1994), *COSTA: Ein Entscheidungs-Unterstützungs-System zur deckungsbeitragsmaximalen Einteilung von Verkaufsgebieten*, in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Bd. 64, S. 1261–1283

Danksagung

Für konstruktive Unterstützung gilt unser Dank Herrn Professor Dr. A. Drexl.