Knut Haase, Sven Müller und Mirko Hoppe

Kunden beeinflussen die betriebliche Standortplanung

Neue Ansätze zur Berücksichtigung empirisch ermittelter Auswahlentscheidungen

Standortentscheidungen sind der strategischen Planung zuzuordnen. In diesem Beitrag geht es um Standorte, die von Kunden aufgesucht werden und im Wettbewerb stehen. Aus der Sicht eines Kunden ist die Wahl einer Einrichtung ein diskretes Entscheidungsproblem. Derartige Entscheidungen können durch diskrete Wahlmodelle (zum Beispiel Logit-Modelle) abgebildet werden. Dieser Beitrag zeigt, wie deren Ergebnisse in die modellgestützte Standortplanung integriert werden können. Die Anwendbarkeit der Ansätze wird an zwei Fallstudien demonstriert.

Within the framework of strategic planning, location decisions must necessarily take into account competition factors. The customer's choice is a discrete decision problem. In this paper, we highlight the opportunities for integration of the results of a discrete choice model (for example a logit model) into facility location planning. The approaches are applied to two different case studies.

1 Einleitung

Standortentscheidungen werden der strategischen Unternehmensplanung zugeordnet. Ziel der Planung muss es sein, die kundenbezogenen Anforderungen sowohl mit den bestehenden betriebsinternen Anforderungen als auch mit den externen (Wettbewerbs-) Bedingungen zu vereinbaren [1]. Die Abbildung des Kundenwahlverhaltens und dessen Integration in mathematische Modelle zur Standortplanung (unter Wettbewerb) ist ein aktueller Forschungsschwerpunkt [2]. Dieser Beitrag bildet das Wahlverhalten der Kunden mit diskreten Wahlmodellen ab. Anhand von zwei praxisnahen Fallstudien, der Filialnetzplanung für KEP[1]-Dienstleister und der Schulnetzplanung im städtischen Gebiet, wird die Anwendbarkeit demonstriert.

2 Überblick zur Standortplanung unter Wettbewerb

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Arbeiten, die sich mit quantitativen Aspekten der betrieblichen Standortplanung von privaten und öffentlichen Einrichtungen beschäftigen [3 bis 5]. Zwei Modellarten sind nach [6] zu unterscheiden:

- *Location-Allocation-Modelle* (LA-Modelle): Bei LA-Modellen werden die Nachfrager den Einrichtungen zugeteilt (zum Beispiel bei Krankenhäusern oder bei Feuerwehrstationen).
- *Location-Choice-Modelle* (LC-Modelle): Bei LC-Modellen wählen die Nachfrager die Einrichtungen selbst aus (zum Beispiel bei Supermärkten und Banken).

Zu der ersten Gruppe gehören klassische Standortplanungsprobleme, wie das Median-, Covering- oder Zentren-Problem. Diese Problemformulierungen zur Standortplanung gehen von einer bekannten Kundennachfrage aus. Für eine Reihe von Problemstellungen ist diese Annahme jedoch nicht realistisch, da (neue) Wettbewerber in einen Markt eintreten beziehungsweise bereits vorhanden sind und die Gesamtnachfrage (neu) aufgeteilt wird. Aus der Konkurrenzsituation resultiert somit für ein Unternehmen bei seiner Standortwahl eine bedingte Einflussnahme auf die Erlössituation. Sollen Konkurrenzbedingungen und ihre Auswirkungen auf die zu erwartende Nachfrage explizit in die Planung einbezogen werden, eignen sich vor allem *Standortplanungsmodelle unter Wettbewerb* (Competitive-Location-Modelle, kurz CL-Modelle). CL-Modelle gehören zu den Location-Choice-Modellen (vgl. hierzu ausführlich [7]). Abhängig davon, ob das Nachfrageverhalten bestimmbar ist oder nicht, werden CL-Modelle weiter in zwei Gruppen unterschieden [8]:

- *Deterministische Modelle:* Die Kunden werden bei dieser Gruppe der Modelle anhand einer gegebenen Funktion den Einrichtungen zugeordnet.
- *Probabilistische (oder stochastische) Modelle:* Diese Modelle gehen davon aus, dass keine eindeutige Zuordnung der Kunden zu den Einrichtungen möglich ist. Vielmehr werden nur Wahrscheinlichkeiten dafür angegeben, dass ein Kunde eine bestimmte Einrichtung nutzt.

[1] Kurier-, Express- und Paketmarkt.

Die erste entscheidende Arbeit zu deterministischen Modellen stammt von HOTELLING [9]. Er betrachtet die Standorte von zwei konkurrierenden Einrichtungen in einem Markt (zwei Eisverkäufer entlang eines Strandes). Die Verteilung der Kaufkraft ist gleich und jeder Kunde nutzt die räumlich nächstgelegene Einrichtung. Schon früh wurde erkannt, dass für Kunden auch andere Faktoren, zum Beispiel angebotsbezogene Motive, wichtiger sein können als die Minimierung des Weges. Deshalb wurden probabilistische Modelle entwickelt. Aufbauend auf der Gravitationsregel von REILLY [10] untersucht HUFF [11], nach welchen Kriterien die Einwohner einer Stadt ihre Einkaufsstätte aus zwei anderen Städten aussuchen. Dabei kommt er zu dem Ergebnis, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die Kunden eine Einrichtung bevorzugen, proportional zur sogenannten „Floor Area" der Einrichtung (interpretiert als Attraktivität) und indirekt proportional zur quadratischen Distanz bis zu dieser Einrichtung ist.

Hinsichtlich dieser Abbildung der Nachfrage bei der Standortplanung sind verschiedene Ansätze bekannt. Ein Ansatz ist die Implementierung des Gravitationsansatzes von HUFF in CL-Modelle, mit denen das beobachtete, räumliche Wahlverhalten von Kunden probabilistisch abgebildet wird [2, 12]. Ferner sind die Anwendung des Multiplicative Competitive Interaction Model (MCI-Modell) [13] und dessen Erweiterungen möglich [14, 15]. Des Weiteren findet man die Integration von Nutzenfunktionen (auch als Attraktivitätsfunktion bezeichnet) in die Standortplanungsmodelle [16, 17].

Die genannten Modelle berücksichtigen zwar das Entscheidungsverhalten der Kunden in der Standortplanung, bilden es aber nicht modell-endogen ab. Die Endogenisierung, d. h., die Auswahlwahrscheinlichkeiten als exogen gegebene Werte in modell-endogene zu transformieren, ergibt sich aus der Überlegung, dass wir von einem rational handelnden Kunden ausgehen. Dieser wählt die Einrichtung aus, die für ihn den größten Nutzen aufweist. Der Zeitaufwand für das Aufsuchen einer Einrichtung wirkt sich negativ auf seinen Nutzen aus und hängt davon ab, welche Einrichtungen zur Verfügung stehen. Wenn die Nutzenwerte bestimmt sind, können daraus Auswahlwahrscheinlichkeiten abgeleitet werden, um eine Eingangsgröße für die Standortplanung zu erhalten. Wird nun die Standortplanung durchgeführt, hängen die Auswahlwahrscheinlichkeiten davon ab, welche Einrichtungen gemäß der Lösung zur Verfügung stehen. Die Auswahlwahrscheinlichkeiten sind also gleichzeitig Eingangsgröße und ergeben sich aus der Lösung der Standortplanung. Somit können die Nutzenwerte beziehungsweise die daraus abgeleiteten Auswahlwahrscheinlichkeiten nicht als Eingangsgrößen in die Standortplanung einfließen, sondern müssen endogenisiert werden. Die beiden folgenden Abschnitte zeigen, wie die Auswahlentscheidungen bestimmt und wie diese in Entscheidungsmodelle zur Standortplanung implementiert werden.

3 Modellierung diskreter Auswahlentscheidungen

Aus der Sicht des Kunden ist die Auswahl einer Einrichtung eines betrachteten Unternehmens ein sogenanntes diskretes Entscheidungsproblem, wobei die Menge der Einrichtungen die Alternativen repräsentieren. Ein Ziel der Wahlmodellierung ist es, das Auswahlverhalten von Individuen vorherzusagen.

Diskrete Wahlmodelle (Discrete-Choice-Modelle) beinhalten in der Regel die Annahme des nutzenmaximierenden Verhaltens eines Entscheidungsträgers (im Folgenden vgl. [18]). Es wird unterstellt, dass jeder Entscheidungsträger danach strebt, sich rational zu verhalten und stets die beste zur Verfügung stehende Alternative nutzt. Jede Alternative stiftet einen (abstrakten) Nutzen, der in der Regel von subjektiven „Launen" und unvollständigen Informationen geprägt ist. Zusammenfassend ordnet also jeder Entscheidungsträger n jeder Alternative $j = 1, ..., J$ bewusst oder unbewusst einen subjektiven Nutzen U_{nj} zu und wählt die Alternative j, die den größten Nutzen aufweist.

Auch wenn man davon ausgeht, dass ein Entscheidungsträger vollständige Informationen besitzt und auf deren Grundlage rational handelt, so kann das individuelle Verhalten des Entscheidungsträgers nicht vollständig in Form eines deterministischen Modells beschrieben werden. Es können aber die Eigenschaften der ausgewählten Alternativen (zum Beispiel die Schalteranzahl eines Paketshops oder das angebotene Profil einer Schule) und die sozioökonomischen Eigenschaften des Entscheidungsträgers (zum Beispiel Einkommen, Alter oder Geschlecht) beobachtet werden. Von beiden ist der messbare Nutzenanteil, die sogenannte deterministische Nutzenkomponente V_{nj}, des Entscheidungsträgers n bezüglich der Alternative j abhängig. Weitere, aber nicht beobachtbare Einflüsse werden durch eine stochastische Nutzenkomponente ε_{nj} abgebildet. Dabei wird ein linearer und additiver Zusammenhang unterstellt:

$$U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj}. \tag{1}$$

Im Hinblick auf die Verteilungsannahme von ε lassen sich verschiedene Typen von diskreten Wahlmodellen unterscheiden. Wird für Zufallsvariablen ε unterstellt, dass sie unabhängig (zwischen Individuen und Alternativen), auf dieselbe Weise identisch verteilt, und zwar extremwertverteilt, sind (häufig findet man die Abkürzung *iid extreme value* für *i*ndependent und *i*dentical *d*istributed extreme value), so liefert

$$P_{nj} = \frac{e^{V_{nj}}}{\sum_{j'} e^{V_{nj'}}} \tag{2}$$

die Auswahlwahrscheinlichkeit, dass ein Individuum n unter J verschiedenen Alternativen die Alternative j wählt. Gleichung (2) stellt die bekannte Schreibweise des multinomialen Logit-Modells (MNL) dar. Dieses wird unter anderem in der sozialwissenschaftlichen Verkehrsforschung angewandt, um die Handlungen von Verkehrsteilnehmern zu untersuchen [19]. Weitere Anwendungsbeispiele sind die Berufs- und Produktwahl, die Wahl des Reiseziels oder die Wahl eines Anlageportfolios [20].

Bei der Nachfragemodellierung mit dem MNL sind Kritikpunkte zu beachten. Das Logit-Modell impliziert ein proportionales Verhältnis, mit dem sich Auswahlwahrscheinlichkeiten verschieben, sobald Veränderungen in Nutzen oder Alternativenmenge eintreten. Das wird erkennbar, wenn wir l als eine weitere Alternative bezeichnen und P_{nj} durch P_{nl} teilen. Man spricht von der sogenannten „Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen" („independence of irrelevant alternatives", IIA). Die Abwägung zwischen zwei Alternativen müsste laut diesem Ansatz unabhängig von allen anderen Alternativen sein. Vor allem bei der Einführung neuer Alternativen, die nahezu perfekte Substitute zu bestehenden Alternativen darstellen, ist diese Eigenschaft schwer haltbar. Aufgrund der Restriktivität der

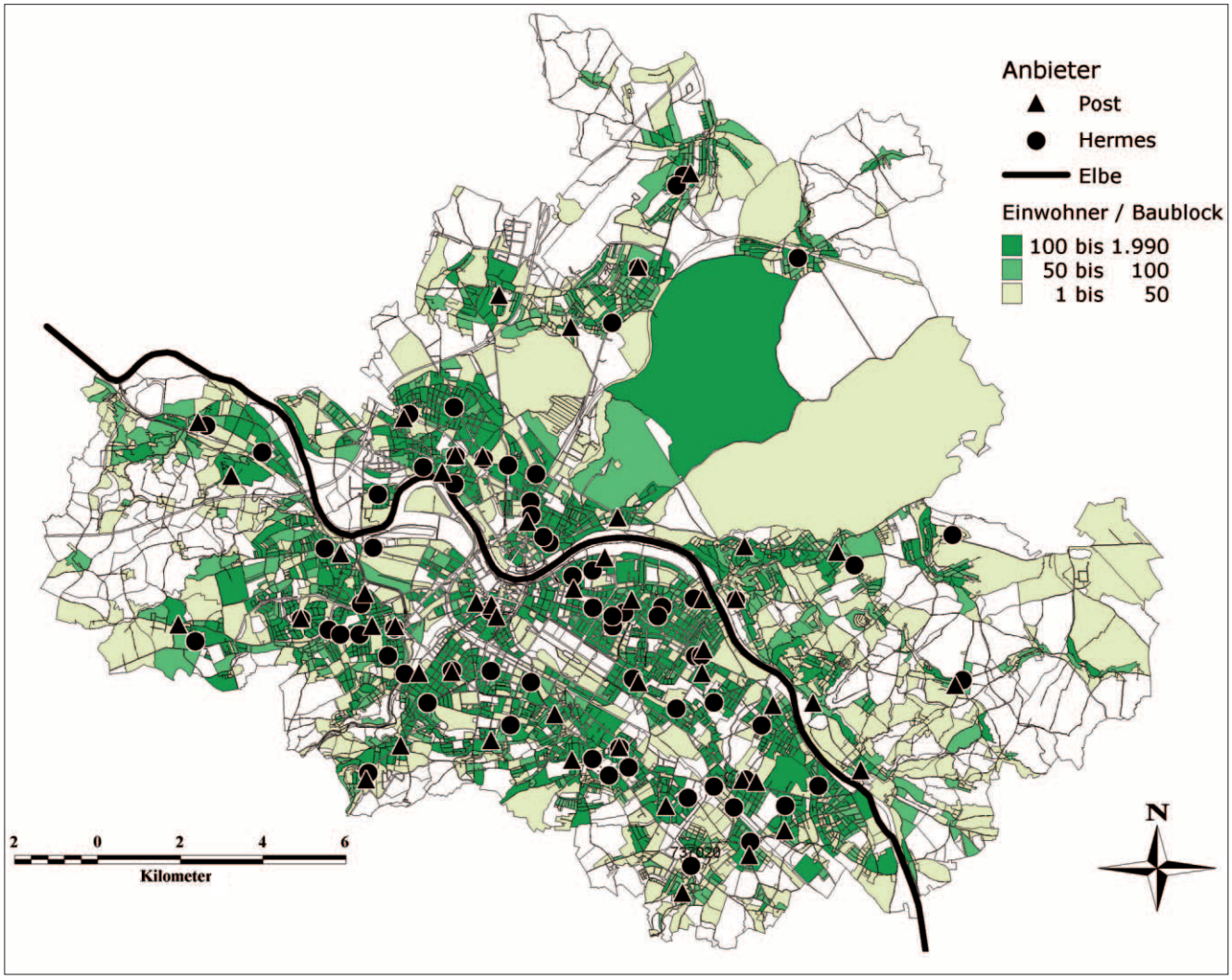

Bild 1. Paketanbieter in der Stadt Dresden (vgl. [24])

IIA-Eigenschaft wurden Erweiterungen entwickelt, die sich anhand der Verteilungsannahme von ε unterscheiden lassen und mit denen es gelingt, diese und weitere Beschränkungen teilweise aufzuheben. Ein entsprechender Ansatz ist das Nested Logit (NL) aus der Gruppe der Generalized-Extreme-Value-Modelle (GEV). Dessen stochastische Nutzenkomponente folgt einer verallgemeinerten Gumbel-Verteilung. Demgegenüber ist das Mixed-Multinomiale-Logit-Modell (MMNL) ein sehr flexibles Auswahlmodell, da es sowohl die Modellierung stochastischer Koeffizienten als auch die Berücksichtigung beliebiger Substitutionsmuster erlaubt. Dabei ist es nicht auf die Unterstellung einer bestimmten Verteilung (iid extreme value) der stochastischen Nutzenkomponente angewiesen.

Wie die Ergebnisse einer Logit-Analyse in ein Standortplanungsmodell integriert werden können, wird anhand von zwei Fallstudien gezeigt. In der ersten Fallstudie wird implizit die Eigenschaft des MNL, in der zweiten Fallstudie ein MMNL verwendet.

4 Integration von diskreten Auswahlentscheidungen in die Standortplanung

Die Professur für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Verkehrsbetriebslehre und Logistik der TU Dresden, führte zwei umfangreiche Studien zur Untersuchung des Wahlverhaltens von Kunden durch: zum einen eine Studie über Kunden von Postfilialen und Paketshops mit mehr als 800 Befragten im Jahr 2006 und zum anderen eine Studie über das Verkehrsmittel- und Schulwahlverhalten im Dresdner Schülerverkehr [21] mit über 12 000 befragten Schülern von 2003 bis 2004. Das Untersuchungsgebiet umfasst jeweils das Stadtgebiet Dresden. Für die Schätzung verschiedener Logit-Modelle wurde die Software BIOGEME 1.6 genutzt, die explizit für die Spezifikation und Schätzung von diskreten Auswahlmodellen entwickelt wurde [22, 23]. Des Weiteren wurde als Entwicklungsumgebung für die Lösung der Zuordnungsprobleme, insbesondere Standortplanungsprobleme, das Algebraische Modelliersystem „General Algebraic Modelling System“ (GAMS)[2] verwendet. Dieses ermöglicht die Modellierung algebraischer Gleichungssysteme in einer sich an der mathematischen Schreibweise orientierenden Syntax.

4.1 Filialnetzplanung für KEP-Dienstleister

Hintergrund der ersten Fallstudie ist die Liberalisierung des Kurier-, Express- beziehungsweise Paketmarktes (KEP-

[2] Siehe www.gams.com.

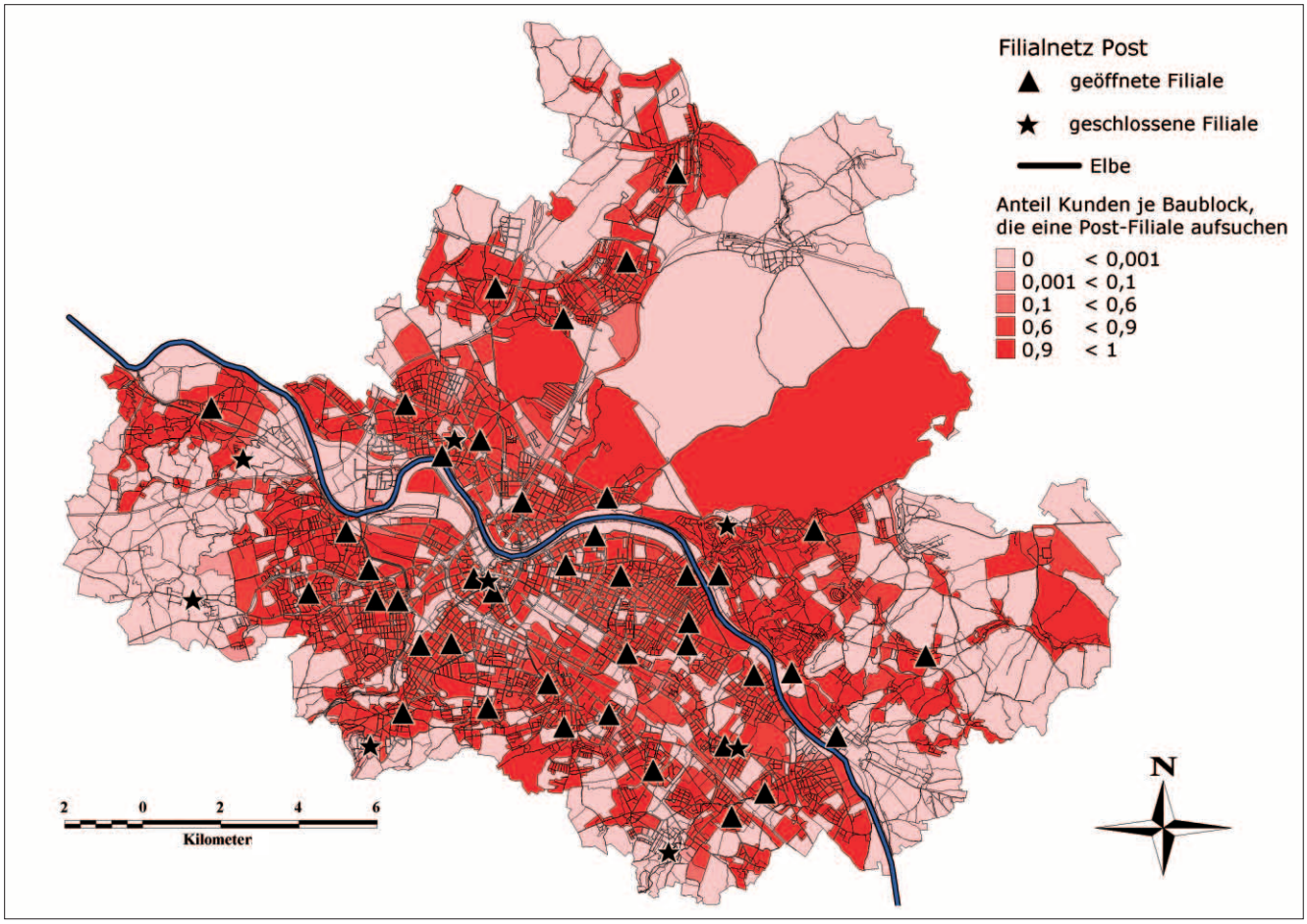

Bild 2. Einflussstärke des reduzierten Filialnetzes der Deutschen Post AG in Dresden (vgl. [24])

Marktes) und die derzeitige Deregulierung des Postmarktes. Unternehmen sind aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen gezwungen, verstärkt nach wirtschaftlichen Erwägungen die Standorte ihrer Filialen zu überprüfen. Die Deutsche Post AG betreibt derzeit insgesamt 12 500 Filialen, wobei sie in den vergangenen Jahren bereits 400 Filialen geschlossen hat. Anhand dieses Beispiels wird in [24] ein Standortplanungsmodell unter Wettbewerb angewandt, mit dem es möglich ist, ein bestehendes Filialnetz hinsichtlich der Anzahl der Filialen zu reduzieren.

Bei der Analyse des Wahlverhaltens der Kunden von Postfilialen und Paketshops zeigen unter anderem die Variablen Distanz, Anbieter, Öffnungszeiten, Positionierung in einem Stadtzentrum oder Sendungsaufkommen der Kunden einen signifikanten Einfluss. Das so spezifizierte multinomiale Logit-Modell kann somit zur Bestimmung der Auswahlwahrscheinlichkeiten für Postfilialen und Paketshops genutzt werden. Damit werden die Kunden nicht deterministisch den Filialen (zum Beispiel der nächstgelegenen Filiale) zugeordnet, sondern anhand empirisch ermittelter Auswahlwahrscheinlichkeiten.

Bei der Anwendung des Standortplanungsmodells unter Wettbewerb für die Ausdünnung des Filialnetzes der Deutschen Post AG wird neben der Post mit 49 Filialen im Stadtgebiet Dresden die Hermes Logistik Gruppe, mit 69 Filialen der zweite dominierende Anbieter, in die Fallstudie einbezogen (vgl. Bild 1).

Ein Standortplanungsmodell besteht aus verschiedenen Teilen (ausführlich in [24]). In diesem Beispiel wird eine lineare Zielfunktion aufgestellt, die die erwartete Nachfrage maximiert. Des Weiteren bestehen Nebenbedingungen in Form von linearen Gleichungen und Ungleichungen, die die Zielfunktion einschränken. So wird unter anderem die vollständige Befriedigung der Nachfrage oder die Anzahl der aufrecht zu erhaltenen Filialen vorgegeben. Die Integration beziehungsweise Endogenisierung der Auswahlwahrscheinlichkeiten in das Standortmodell erfolgt hier unter Ausnutzung der IIA-Eigenschaft des MNL, nach der sich die relativen Verhältnisse der Auswahlwahrscheinlichkeiten der noch vorhandenen Alternativen (Filialen) nicht verändern, was durch weitere lineare Nebenbedingungen abgebildet werden kann. Die Optimierung der linearen Zielfunktion erfolgt als gemischt-ganzzahlige Programmierung (mixed-integer programme, kurz MIP), welches ein Verfahren des Operations Research darstellt. Hierbei dürfen einige oder alle Variablen nur ganzzahlige Werte annehmen und nicht beliebige reelle Werte wie in der linearen Optimierung.

Für das Anwendungsbeispiel werden die Auswahlwahrscheinlichkeiten aus Vereinfachungsgründen anhand der Distanz zwischen dem Wohnsitz des Kunden und den Einrichtungen bestimmt. Des Weiteren wird vorgegeben, dass die Post acht Filialen aufgeben möchte, d. h., 41 von 49 Filialen sollen erhalten bleiben und der verbleibende Marktanteil soll dabei maximal sein. Die Ergebnisse sind in Bild 2 dargestellt. Darin sind die verbliebenen Marktanteile für die Post zu erkennen, nachdem die Schließung von acht Filialen erfolgt ist. Um die Ergebnisse besser nachvollziehen zu können, werden die Auswahlwahrscheinlichkeiten vereinfacht anhand der Distanz bestimmt. So sind jene Post-Filialen zu schließen, in deren unmittelbarer Umgebung sich eine weitere Post-Filiale und eine konkurrierende Einrichtung befinden sowie die, die in Gebieten mit einer geringen

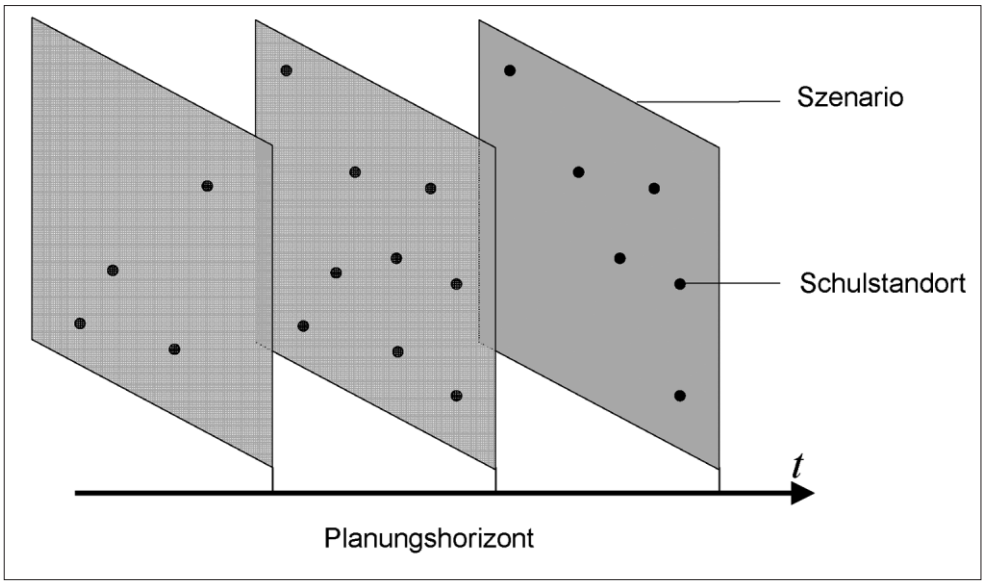

Bild 3. Darstellung der Szenarien künftiger Schulstandorte (vgl. [26, S. 72])

Einwohneranzahl und an den Stadtgrenzen liegen. Weitere Aspekte, wie beispielsweise die Reorganisation von bestehenden Standortnetzen und die Netzerweiterung, bleiben vorerst unbeachtet.

4.2 Dynamische Schulnetzplanung in städtischen Gebieten

Hintergrund der zweiten Fallstudie sind die dynamischen Schülerzahlen auf Grund variabler Fertilitätsraten und Wanderungsbewegungen, welche eine langfristige Schulnetzplanung erschweren [25]. Am Beispiel der Dresdner Gymnasien wird ein mathematischer Planungsansatz vorgestellt, der die öffentliche Diskussion, welche Schulstandorte zu welchem Zeitpunkt zu öffnen beziehungsweise zu schließen sind, objektivieren kann (ausführlich in [26]). Es ist wieder der bereits beschriebene Konflikt zu erkennen: Die Schülerverteilung stellt einen gegebenen Parameter in der Ausgangssituation dar und bestimmt sich gleichzeitig anhand des neu geplanten Schulnetzes. Die Lösung dieses Konflikts besteht hier in der vollständigen Enumeration der möglichen Kombinationen von geöffneten und geschlossenen Schulen (*Szenarien*).

Der Planungsansatz unterteilt sich in zwei Schritte. Im ersten Schritt werden die Schüler gemäß der Schulkapazität und der Schulwahlwahrscheinlichkeiten (ermittelt durch ein MMNL, das die IIA-Eigenschaft relaxiert) auf die geöffneten, zur Auswahl stehenden Schulen verteilt. Neben den aus der Literatur bekannten Einflussfaktoren, wie Distanz, Lehrqualität und Trägerschaft, zeigt die Analyse, dass auch das angebotene Profil und die räumliche Lage (zentral oder peripher) signifikanten Einfluss auf die Schulwahl haben. Bei der Verteilung sind nur solche Szenarien in einer Periode zu betrachten, die hinsichtlich des Verhältnisses von gesamter Schülerzahl in einer Periode und gesamter Schulkapazität des betrachteten Szenarios infrage kommen. Für sämtliche in einer Periode zu berücksichtigende Szenarien sind zunächst die Schulwahlwahrscheinlichkeiten zu bestimmen. Mit Hilfe einer quadratischen Zielfunktion (quadratic constraint programme, kurz QCP) werden die Schüler für jede mögliche Kombination von Perioden und Szenarien auf geöffnete Schulen verteilt, sodass sich die Abweichung von den empirisch ermittelten Schulwahlwahrscheinlichkeiten und die Kapazitätsüberschreitung minimieren. Das Ergebnis des ersten Schritts sind diskontierte Szenariokosten, die in einer bestimmten Periode entstehen (fixe und

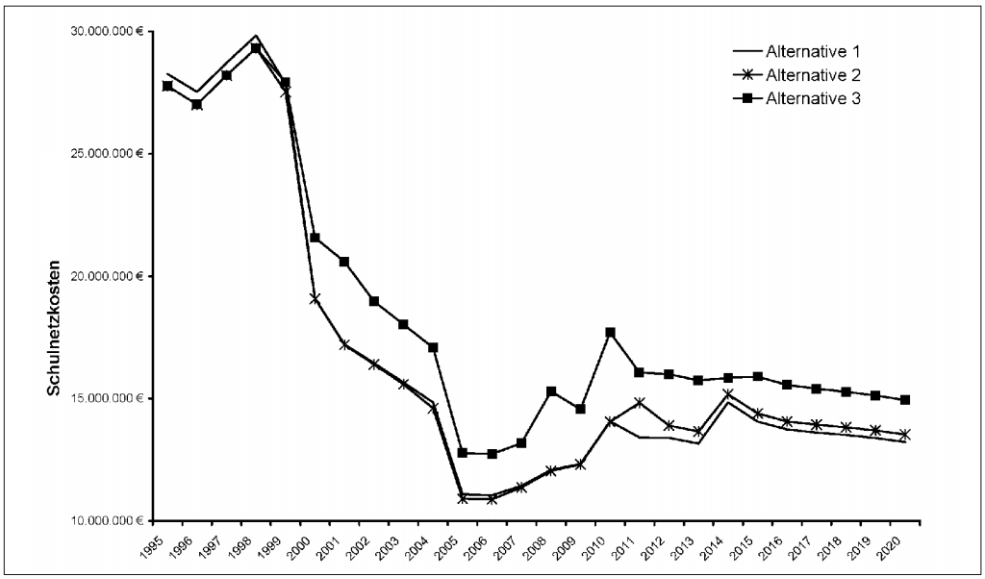

Bild 4. Ergebnisse der Schulnetzplanung am Beispiel der Stadt Dresden (vgl. [26, S. 88])

variable Standortkosten sowie verkehrsmittelspezifische Fahrtkosten). Somit kommt es zu einer Vielzahl von Kombinationen (Szenarien × Perioden), die in einem zweiten Schritt als binäre Entscheidungsvariablen verwendet werden.

Im zweiten Schritt wird in jeder Periode ein Szenario ausgewählt, sodass die Gesamtkosten inklusive der Kosten, die durch Öffnung oder Schließung von Standorten entstehen, über den Planungszeitraum minimiert werden (vgl. Bild 3). Um die Öffnungs- beziehungsweise Schließungskosten in der Zielfunktion des Zuordnungsproblems abzubilden, werden die korrespondierenden binären Entscheidungsvariablen in eine Kopplungsgleichung integriert. Der neue Ansatz zur dynamischen Schulnetzplanung wird beispielhaft auf die Landeshauptstadt Dresden angewandt. Hierbei sind 32 768 bewertete Szenarien berücksichtigt worden. Die Ergebnisse der Optimierung sind in Bild 4 dargestellt. Bei der ersten Alternative wurde keine Entscheidungsvariable fixiert, hingegen bei der zweiten Alternative das historisch gegebene Szenario von 1995 ausgewählt. Es zeigt sich, sofern die Annahmen zutreffen, dass im Vergleich zur bestehenden Schulnetzplanung (Alternative 4) bei einem Planungszeitraum von 25 Jahren (1995 bis 2020) bis zu 10 Prozent der Kosten eingespart werden können (ca. 2 Millionen Euro pro Jahr).

5 Zusammenfassung

Dieser Beitrag skizziert zwei nutzentheoretisch fundierte Modelle zur Standortplanung unter Wettbewerb für private und öffentliche Einrichtungen. Am Beispiel der Standortplanung von Postfilialen und Gymnasien in der Stadt Dresden wird deren Anwendbarkeit demonstriert. Mit der Integration des beobachteten Wahlverhaltens ist eine vergleichsweise realistischere Abbildung der Kundenentscheidungen verbunden und somit eine praxisnahe Planung von Standorten unter Wettbewerb möglich. Die Ansätze bieten dem Entscheidungsträger ein Instrument, mit dem er einschätzen kann, welche Standorte optimal sind, um einen bestimmten Marktanteil zu maximieren oder eine bestimmte Abdeckung einer Nachfrage zu garantieren. Insgesamt ist es gelungen, Modelle der Ökonometrie mit Modellen des Operations Research zu verbinden.

Literatur

[1] *Domschke, W.; Drexl, A.; Mayer, G.:* Betriebliche Standortplanung. In: *Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K. (Hrsg.):* Logistik Handbuch. 3. Aufl. Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 2008. S. 95 – 108

[2] *Drezner, T.; Drezner, Z.:* The gravity p-median model. In: European Journal of Operational Research **179** (2007), S. 1239 – 1251

[3] *Klose, A.; Drexl, A.:* Facility location models for distribution system design. In: European Journal of Operational Research **162** (2005), S. 4 – 29

[4] *Drezner, Z.; Hamacher, H.:* Facility Location: Applications and Theory. Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 2002

[5] *Domschke, W.; Drexl, A.:* Logistik: Standorte. 4. Aufl. München/Wien: Oldenbourg, 1996

[6] *Drezner, T.; Eiselt, H. A.:* Consumers in competitive location models. In: *Drezner, T.; Hamacher, H. (Hrsg.):* Facility Location: Applications and Theory. Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 2002, S. 151 – 178

[7] *Haase, K.; Hoppe, M.:* Standortplanung unter Wettbewerb. Teil 1: Grundlagen. Diskussionsbeitrag aus dem Institut für Wirtschaft und Verkehr. TU Dresden, 2008. S. 1 – 52
http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/iwv/ bwl/research

[8] *Eiselt, H. A.; Laporte, G.; Thisse, J. F.:* Competitive location models: A framework and bibliography. In: Transportation Science **27** (1993), S. 44 – 54

[9] *Hotelling, H.:* Stability in competition. In: Economic Journal **39** (1929), S. 41 – 57

[10] *Reilly, W. J.:* The Law of Retail Gravitation. New York: Knickerbocker Press, 1931

[11] *Huff, D. L.:* Defining and estimating a trading area. In: Journal of Marketing **28** (1964), S. 34 – 38

[12] *Drezner, T.; Drezner, Z.:* Validating the gravity-based competitive location model using inferred attractiveness. In: Annals of Operations Research **111** (2002), S. 227 – 237

[13] *Nakanishi, M.; Cooper, L. G.:* Parameter estimation for a multiplicative competitive interaction model. In: Journal of Marketing Research **11** (1974), S. 305 – 311

[14] *Achabal, D. D.; Gorr, W. L.; Mahajan, V.:* MULTILOC: A multiple store location decision model. In: Journal of Retailing **58** (1982), S. 5 – 25

[15] *Aboolian, R.; Berman, O.; Krass, D.:* Competitive facility location and design problem. In: European Journal of Operational Research **182** (2007), S. 40 – 62

[16] *Drezner, T.; Drezner, Z.:* Competitive facilities: Market share and location with random utility. In: Journal of Regional Science **36** (1996), S. 1 – 15

[17] *Drezner, T.:* Optimal continuous location of a retail facility, facility attractiveness, and market share: An Interactive model. In: Journal of Retailing **70** (1994), S. 49 – 64

[18] *Train, K.:* Discrete Choice Methods with Simulation. Cambridge: University Press, 2003

[19] *Müller, S., Tscharaktschiew, S.; Haase, K.:* Travel-to-school mode choice modelling and patterns of school choice in urban areas. In: Journal of Transport Geographie **16** (2008), S. 342 – 357

[20] *Hensher, D. A.; Button, K. J.:* Handbook of Transport Modelling. Amsterdam/Lausanne u. a.: Pergamon, 2000

[21] *Müller, S.:* Analyse des Verkehrsmittel- und Schulwahlverhaltens Dresdner Gymnasiasten. In: *Aurada, K. D.; Rödel, R. (Hrsg.):* Kooperation und Integration. Greifswalder Geographische Arbeiten, Bd. 39, 2006. S. 145 – 155

[22] *Bierlaire, M.:* Estimation of discrete choice models with BIOGEME 1.6. http://transp-or.epfl.ch/page63023.html. (2008)

[23] *Bierlaire, M.:* BIOGEME: a free package for the estimation of discrete choice models. In: Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research, 2003

[24] *Haase, K.; Hoppe, M.:* Filialnetzplanung unter Wettbewerb am Beispiel der Deutschen Post AG (Arbeitspapier). TU Dresden, 2008
http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/iwv/ bwl/research

[25] *Müller, S.:* Dynamische Schulnetzplanung in städtischen Gebieten. In: *Mandl, P.; Koch, A. (Hrsg.):* Modellierung und Simulation komplexer geographischer Systeme. Salzburger Geographische Arbeiten, Bd. 43, 2008. S. 33 – 40.

[26] *Müller, S.:* Dynamic School Network Planning in Urban Areas. Münster, 2008

Manuskripteingang: 19.5.2008
Angenommen am: 25.8.2008

Haase, Knut
Prof. Dr. sc. pol. habil.
Studium Physik und Betriebswirtschaftslehre von 1983 bis 1989 an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel ♦ 1994 Promotion zum Dr. sc. pol. ♦ 1999 Habilitation zum Dr. sc. pol. habil. ♦ 1999/2000 Lehrbeauftragter an der Universität Flensburg ♦ von 2000 bis 2003 Vertretung der Professur für Unternehmensforschung an der Universität Hohenheim ♦ seit 2003 Professor für Betriebswirtschaftslehre, insb. Verkehrsbetriebslehre und Logistik, am Institut für Luftfahrt und Logistik, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden

Müller, Sven
Dr. rer. pol.
Studium Wirtschaftsgeographie, Geographie, Volkswirtschaftslehre und Politische Wissenschaft von 1996 bis 2003 an der RWTH Aachen ♦ 2003 Studienabschluss als Wirtschaftsgeograph M. A. ♦ 2008 Promotion zum Dr. rer. pol. ♦ seit 2003 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Luftfahrt und Logistik, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden

Hoppe, Mirko
Dipl.-Verk.wirtsch.
Studium Verkehrswirtschaft von 1997 bis 2004 an der TU Dresden ♦ 2004 Studienabschluss als Diplomverkehrswirtschaftler ♦ seit 2004 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Luftfahrt und Logistik, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden