

Mathematische Beschreibung und Optimierung von Akquiseprozessen im Marketing

Ludwig Cromme, Lehrstuhl für Numerische und Angewandte Mathematik
Klaus Weber, AIDA Cruises

Kurzfassung

Bei der Kundengewinnung werden große Datenbestände von Interessenten mit Hilfe softwaregestützter Planungs-, Organisations- und Analysewerkzeuge bearbeitet. Ein Akquiseprozess wird dabei als eine Abfolge von einander abwechselnden Marketing-Aktionen und Kunden-Reaktionen verstanden. Ausschlaggebend für den erzielten Gewinn ist die an den einzelnen Kunden angepasste Wahl von Akquiseaktionen. Der Artikel stellt den Kern eines Entscheidungsunterstützungssystems für diese Aufgabe vor. Zunächst wird ein Zustandsraummodell entwickelt, das Kundensegmente als Zustände abbildet. Dem Erkenntnisgewinn durch eine Kundenreaktion entspricht ein stochastischer Zustandsübergang. Die Bewertung der Eignung von Akquiseaktionen und des Gewinns erfolgt mit Hilfe von unscharfen Mengen („fuzzy sets“). Das Ziel ist die Bestimmung einer Entscheidungsregel („Politik“), die jedem Zustand eine „optimale“ Akquiseaktion zuordnet. Das Problem stellt eine dynamische Optimierung mehrstufiger stochastischer Entscheidungsprozesse in unscharfer Umgebung mit implizit vorgegebener Prozess-Endzeit dar. Als Hauptaussagen der Arbeit wird zunächst gezeigt, welche Eigenschaften die stochastischen Zustandsübergangsmatrizen besitzen müssen, damit mögliche Politiken „zulässig“ sind. Dann wird durch die Untersuchung der algebraischen Eigenschaften der Menge zulässiger Politiken gezeigt, dass optimale Politiken existieren. Die Berechnung einer optimalen Politik erfordert die Lösung eines Fixpunktproblems. Schließlich wird bewiesen, dass das Fixpunktproblem unter bestimmten Annahmen eine Lösung besitzt und durch Iteration gelöst werden kann.

Abstract

Selling products to customers is a key technology for the success of any company. The complex process of acquiring new customers can be greatly improved by modern decision support systems. We present here the core of such a decision support system. A state space model is developed representing customer segments as states. The information gained from a customer reaction is most valuable and corresponds to a stochastic state transition. Fuzzy sets are adequate to value how suitable actions are and describe the profit of an action. The aim is to find a rule („policy“) that relates to each state an optimal acquisition action. From a mathematical point of view this is a dynamic optimization problem of multi-stage stochastic decision processes in a fuzzy environment with implicitly given termination time. We are

able to identify properties of the stochastic state transition matrices that make the corresponding policies „feasible“. By investigation of the algebraic properties of the set of feasible policies it is shown that optimal policies exist and can be calculated by a fixed point iterative method.

1 Einleitung

Eines der Ziele im Marketing ist die Erzielung des größtmöglichen Gewinns durch Anwendung geeigneter Mittel zur Kundengewinnung, z. B. durch Massenbriefsendungen, so genannte „Mailings“, Briefe, Telefonate, Angebote und Produktvorführungen. In der Vergangenheit gehörte diese Aufgabe in die Hand von Männern und Frauen, die „eine Nase“, also ein „Gespür“ für das Verkaufen von Waren und Dienstleistungen hatten. Ein anschauliches, wenn auch fiktives Beispiel ist der Handlungsreisende Willy Loman aus Arthur Millers Bühnenstück „Tod eines Handlungsreisenden“ (MILLER, 1960). Das Stück zeigt auf tragische Weise, wie eng das Geschäftsergebnis von der richtigen Kundenansprache abhängt (auch wenn das nicht der Hauptgegenstand des Stückes ist). Willy Loman betont den subjektiven Faktor, indem er feststellt:

„Because the man who makes an appearance in the business world, the man who creates personal interest, is the man who gets ahead. ... It's not what you say, it's how you say it – because personality always wins the day.“

Da heutzutage Mitarbeiter zunehmend als „Kostenfaktor“ gesehen werden, im verschärften Wettbewerb die Gewinnspannen einzelner Waren oder Dienstleistungen mitunter sehr klein sind und deshalb der Zwang besteht, möglichst viele (potenzielle) Käufer anzusprechen, das heißt einen möglichst großen Markt zu bearbeiten, ist die Kundengewinnung auf die Nutzung von Mitteln der Datenverarbeitung angewiesen. Eine ihrer Grundlagen, die mathematische Modellierung der Kundengewinnung und, darauf aufbauend, der Optimierung von Marketing-Aktionen, ist Gegenstand dieser Arbeit.

Die Beschäftigung mit dem Thema wurde durch die Zusammenarbeit des Lehrstuhls für Numerische und Angewandte Mathematik an der BTU Cottbus mit der ELAXY Format GmbH in Frankfurt/Oder angeregt. Letztere entwickelte und vertreibt das kommerzielle Software-Werkzeug AkquiSys, das die Planung, Organisation und Analyse der

Kundengewinnung unterstützt, aber keine Optimierung der Marketing-Strategie erlaubt (BUNDESVERBAND, 1999), (SEYFARTH, 1998), (FORMAT, 2000).

Wichtige Elemente der mathematischen Modellierung sind unscharfe Mengen. Sie werden im nächsten Abschnitt eingeführt. Im Kapitel 3 wird aus dem „Akquiseplan“, einem einfachen mathematischen Modell der Kundenakquisition der „dynamische Akquiseplan“ entwickelt. Er ist die Grundlage der mehrstufigen stochastischen Entscheidungsprozesse in unscharfer Umgebung, die im Kapitel 4 näher untersucht werden. Die im Mittelpunkt der Untersuchung stehende Frage, wie eine optimale Entscheidungsregel für Akquiseprozesse berechnet werden kann, beantwortet Kapitel 5. Danach wird ein Fallbeispiel betrachtet und abschließend im Kapitel 7 auf Anwendungsgebiete eingegangen.

Aus Platzgründen kann das Thema nicht formal vollständig behandelt werden. Eine umfassende Darstellung wird in (WEBER, 2005) gegeben.

2 Theorie unscharfer Mengen

Die unscharfe Logik wurde 1965 von dem in Baku gebürtigen US-amerikanischen Elektrotechnik-Professor Lotfi A. Zadeh mit dem Zeitschriftenartikel „Fuzzy Sets“ (ZADEH, 1965) eingeführt. Darin motiviert Zadeh unscharfe Mengen mit der Schwierigkeit, Gegenstände der physischen Welt und des Denkens immer eindeutig einer Klasse, das heißt einem Oberbegriff zuzuordnen. So sei die Zuordnung von Hunden zur Klasse der Tiere eindeutig, bei Seesternen und Bakterien treffe dies jedoch nicht zu. Dieselbe Schwierigkeit tritt beim Verhältnis der Zahl 10 gegenüber der Klasse der reellen Zahlen, die viel größer als 1 sind, auf. Zadeh stellt fest, dass die Schwierigkeit der Zuordnung von der Ungenauigkeit der Definition solcher Begriffe herrührt, dass ihnen jedoch große Bedeutung im menschlichen Denken zukommt, vor allem in den Bereichen der Wahrnehmung, Verständigung, Information und Abstraktion. Diese Beobachtung verallgemeinert er in einer späteren Arbeit (ZADEH, 1973) zum so genannten Inkompatibilitätsprinzip:

„Stated informally, the essence of this principle is that as the complexity of a system increases, our ability to make precise and yet significant statements about its behavior diminishes until a threshold is reached beyond which precision and significance (or relevance) become almost mutually exclusive characteristics.“

Für unscharfe Mengen ist die Definition als verallgemeinerte charakteristische Funktionen gebräuchlich (GOTTWALD, 1993):

Definition 1: Eine unscharfe Menge A über der Grundmenge X ist gegeben durch die Zugehörigkeitsfunktion

$$\mu_A : \begin{cases} X \rightarrow [0,1] \\ x \rightarrow \mu_A(x) \end{cases},$$

die jedem Element $x \in X$ einen Zugehörigkeitswert $\mu_A(x)$ eindeutig zuordnet. X wird dabei als Menge im Sinne der axiomatischen Mengenlehre vorausgesetzt. $\mathcal{IF}(X)$ bezeichnet die Menge der unscharfen Mengen über X .

3 Mathematische Modelle von Akquiseprozessen

3.1 Akquisepläne

Das Eingangs erwähnte Software-Werkzeug AkquiSys, das die Planung, Organisation und Analyse der Kundengewinnung unterstützt, stellt für die Modellierung von Kundenakquisen sogenannte Akquisepläne bereit, die formal wie folgt definiert werden:

Definition 2: Sei A eine endliche Menge von indizierten Akquiseaktionen, $\{A_1, \dots, A_N\}$ – die Knotenmenge – und R eine Menge von Kunden-Reaktionen oder geordneten Aktionspaaren $\{(A_i, A_j) | A_i, A_j \in A\}$ – die Kantenmenge. Seien $A_p, A_n \in A$ zwei ausgezeichnete Aktionen, die einen Vertragsabschluss kennzeichnen („p“ = positiv) bzw. das Nichtzustandekommen eines Vertragsabschlusses („n“ = negativ). Dann ist ein *Akquiseplan* ein gerichteter, schlichter, kreisfreier, eckenindizierter Graph $AP = (A, R)$, der genau eine Quelle (= erste Aktion) $A_q \in A$ und genau die beiden Senken $A_p = A_N$ und $A_n = A_{N-1}$ besitzt.

Abb. 1 zeigt einen realistischen Akquiseplan, der von einem Außendienstmitarbeiter eines Versicherungsunternehmens anhand seiner Erfahrung festgelegt worden ist.

Akquisepläne sind ein nützliches Werkzeug bei der Planung, Organisation und Durchführung der Kundengewinnung. Sie haben aber auch eine Reihe von Unzulänglichkeiten:

1. Die wichtigste Frage für die Durchführung einer Akquise ist die nach der Wahl der richtigen Aktionen zum richtigen Zeitpunkt in der geeigneten Reihenfolge. Akquisepläne nach Definition 2 legen die Aktionen in Abhängigkeit vom Kundenverhalten fest. Der Akquiseplan kann nur als Ganzes, im Vergleich mit anderen Akquiseplänen, bewertet werden. Eine Optimierung von Akquiseplänen unter dem Gesichtspunkt der Gewinnmaximierung ist somit praktisch nur durch vergleichende Analysen von simulierten Akquisen möglich.
2. Die Anwendung von Akquiseplänen auf eine undifferenzierte, wenig bekannte Kundengruppe ist trotz der Berücksichtigung der Kundenreaktion innerhalb eines groben Rasters relativ starr. Sie entspricht weder dem Vorgehen des traditionellen Verkäufers oder Vertreters, der „eine Nase“ für die richtige Kundenansprache hatte, noch dem heute propagierten Marketing-Ideal der „Eins-zu-Eins-Kundenbeziehung“ („one-to-one customer relationship“) (BERRY, 1997), das unter Einsatz so genannter „intelligenter“ Verfahren verfolgt wird, wozu z. B. Entscheidungsunterstützungssysteme („decision support systems“) (ZIMMERMANN, 1986, 1991) gehören.
3. Eine weitere Schwäche von Akquiseplänen ist ihre eingeschränkte Berücksichtigung der Besonderheiten des einzelnen Kunden. Die Wahl einer Aktion hängt nur von der Reaktion des Kunden ab, der Ansatz sieht die Einbeziehung von Kundeneigenschaften nicht vor. In der Praxis muss deshalb ein Akquiseplan auf eine Zielgruppe zugeschnitten sein, die durch Kundensegmentierung aus einer größeren Gruppe gewonnen werden kann (siehe Abb. 2).
4. Oft werden die für eine Kundensegmentierung verwertbaren Informationen über die Kunden erst im Verlauf der Akquise gewonnen. Solche Informationen bleiben bei einer auf einem Akquiseplan beruhenden Akquise unberücksichtigt, obwohl daraus wichtige Folgerungen für die Wahl der Akquiseaktionen gezogen werden könnten.

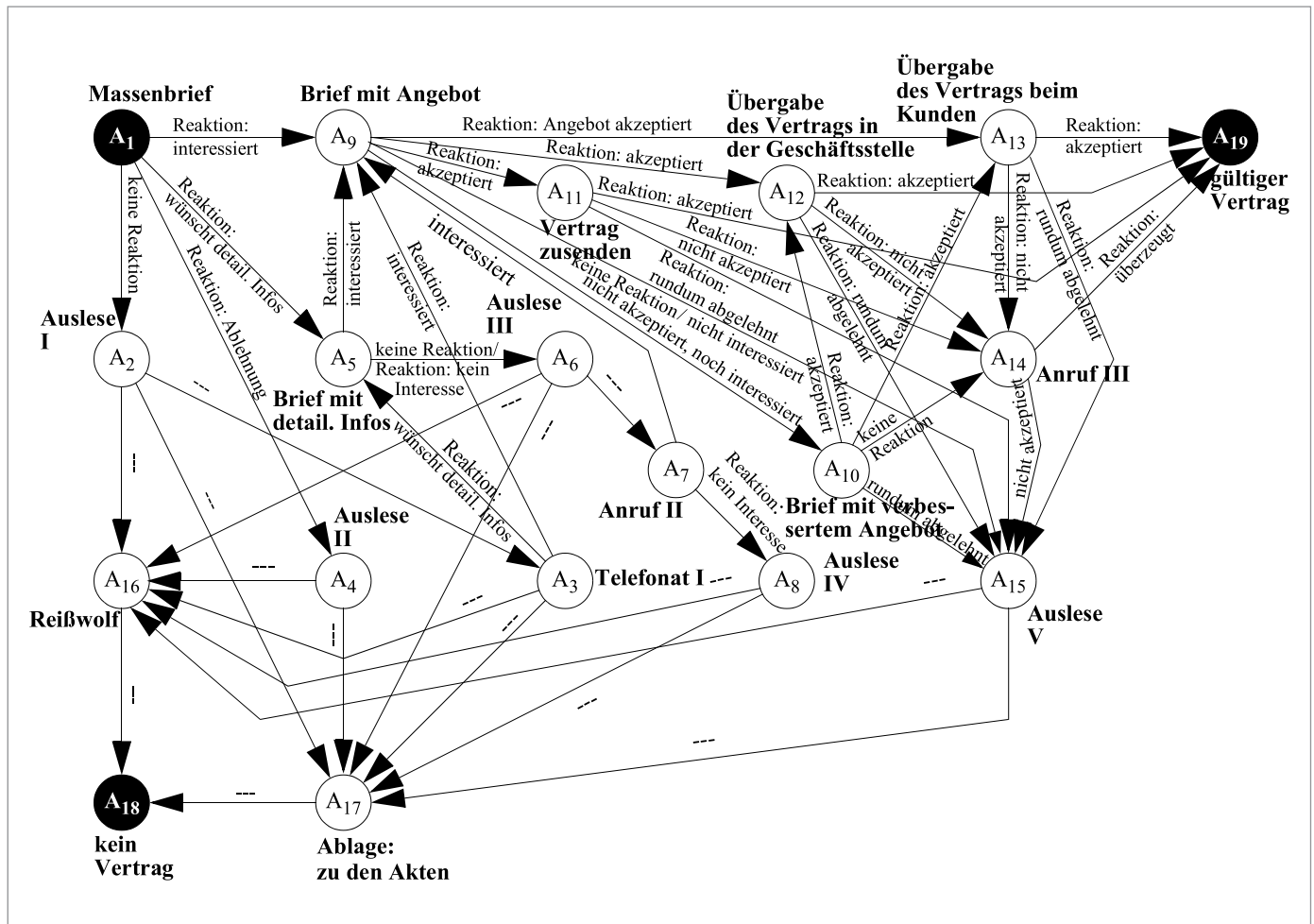


Abbildung 1:
Beispiel: Akquiseplan eines Versicherungsagenten

Diese Unzulänglichkeiten eines Akquisepplans werden durch die nachfolgend eingeführten dynamischen Akquisepläne behoben, die die Kundengewinnung als dynamischen Prozess modellieren. Für eine formal vollständige Beschreibung wird auf (WEBER und SUN, 2000a, 2000b) und (WEBER, 2005) verwiesen.

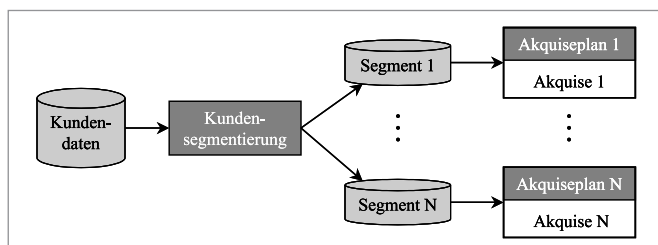


Abbildung 2:
Der Akquise vorgeschaltete Kundensegmentierung

3.2 Dynamische Akquisepläne

Die Hauptidee von dynamischen Akquiseplänen ist die Modellierung von Kundensegmenten als *Zustände* σ der *Zustandsmenge* X . Seine Di-

mensionen sind die Merkmale zur Beschreibung der Kunden. Ein Zustand ist somit durch die Werte der Merkmale beschrieben. Da Merkmale erst im Verlauf der Akquise bekannt werden können, enthält jede Merkmalsmenge den Wert „unbekannt“. Hervorzuheben ist das Merkmal „Produktinteresse“, zu dessen Merkmalsmenge die Werte „negative Kaufentscheidung“ (negKE) und „positive Kaufentscheidung“ (posKE) gehören. Zustände, für die das Produktinteresse gleich negKE oder posKE ist, gehören zur Menge der *Endzustände* des Akquiseprozesses T . Die Menge der *nicht-beendeten Zustände* wird mit $\bar{T}$ bezeichnet. In Tab. 1 sind beispielhaft zwei Zustände eines Zustandsraumes und in Abb. 3 eine dreidimensionale Projektion dieses Zustandsraumes dargestellt.

Tabelle 1:
Einige Zustände in einem Zustandsraum

Zustand	Einkommen	Alter	Bildung	Interesse
σ_6	hoch	mittleren Alters	Facharbeiterabschluss	unentschlossen
σ_7	gering	jung	Universitätsabschluss	hoch

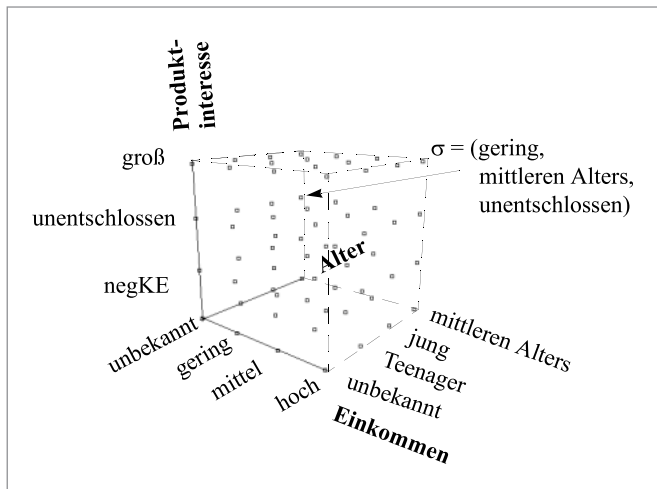


Abbildung 3:
Beispiel eines Zustandsraumes

Der Akquiseprozess besteht aus einer Menge von *Akquise-Entscheidungen* $U = \{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$, deren Elemente Akquiseaktionen sind (siehe Beispiel für $m = 6$ in Tab. 2). Ihre Anwendung auf Kundensegmente ist Beschränkungen unterworfen. So sollen Kosten möglichst gering sein, um Erträge nicht zu sehr zu schmälern und die Eigenschaften und Vorlieben der Kunden sind derart zu berücksichtigen, dass der Kunde schließlich die Ware oder Dienstleistung erwirbt. Da Kosten, Eigenschaften und Vorlieben bei der Neukundengewinnung graduelle Größen sind, wird dieser Zusammenhang durch *unscharfe Akquise-Nebenbedingungen* dargestellt. Für jeden nicht-beendeten Zustand ist das eine unscharfe Menge über U : $C(x) \in \mathcal{IF}(U)$, $x \in \bar{T}$. Abb. 4 zeigt die unscharfen Nebenbedingungen für die Zustände in Tab. 1 und die Akquiseaktionen in Tab. 2.

Bezüglich eines bestimmten Kunden endet der Akquiseprozess genau dann, wenn die Menge der Endzustände T erreicht ist. Diese Zustände werden mittels eines *unscharfen Ziels* bewertet. Es kann sehr flexibel definiert werden. Neben der Definition über eine Ertragsfunktion können weitere Bewertungskriterien in seine Definition einfließen, z. B. schwer abzuschätzende künftige Erträge (aus Provisionen) oder eine wie auch immer geartete Gesamtbewertung des Kunden, z. B. des zukünftigen Kundenwertes („lifetime value“) oder subjektive Bewertungen. Ein unscharfes Akquise-Ziel G ist eine unscharfe Menge über der Zustandsmenge X : $G \in \mathcal{IF}(X)$, wobei $\mu_G(x) = 0$ für $x \in \bar{T}$.

Tabelle 2:
Akquiseaktionen und ihre relativen Kosten

	Akquiseaktionen	Kosten
α_1	unpersönlicher Massenbrief (Mailing)	1,0
α_2	Telefonanruf	0,5
α_3	Brief mit Prospekt (Hochglanzpapier, keine Produktdetails)	6,0
α_4	Brief mit ausführlichen Produktinformationen	3,0
α_5	Brief mit konkretem Angebot für den Kunden	2,0
α_6	Besuch beim Kunden	20,0

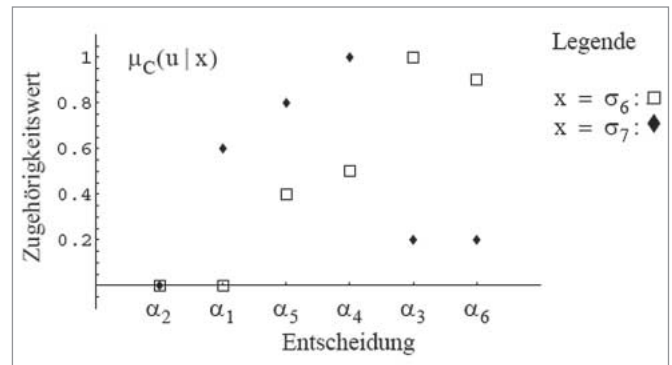


Abbildung 4:
Unscharfe Nebenbedingungen bei der Neukundengewinnung für Lebensversicherungen

Eine Abbildung $\pi: \bar{T} \rightarrow U$, die jedem nicht-beendeten Akquise-Zustand eine Akquise-Entscheidung $u = \pi(x)$ zuweist, wird *Akquise-Entscheidungsregel* oder *Politik* genannt. Wegen des stochastischen Kundenverhaltens können für Akquise-Zustandübergänge nur Wahrscheinlichkeiten angegeben werden. Sie sind durch die stochastischen Matrizen $P(\alpha)$, $\alpha \in U$ gegeben. Ihre Elemente $p_{ij}(\alpha) = p(\sigma_j | \sigma_i, \alpha)$ bezeichnen die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kunde bei Anwendung der Akquise-Entscheidung $u_i = \alpha$ aus dem Zustand $x_i = \sigma_i$ in den Zustand $x_{i+1} = \sigma_j$ übergeht. Dabei gilt:

$$p(x_{i+1} | x_i, u_i) = \begin{cases} \geq 0 & \text{wenn } x_i \in \bar{T} \\ 0 & \text{wenn } x_i \in T, x_{i+1} \neq x_i \\ 1 & \text{wenn } x_i = x_{i+1} \in T \end{cases}$$

Abb. 5 zeigt ein Beispiel. Jetzt kann ein dynamischer Akquiseplan wie folgt definiert werden.

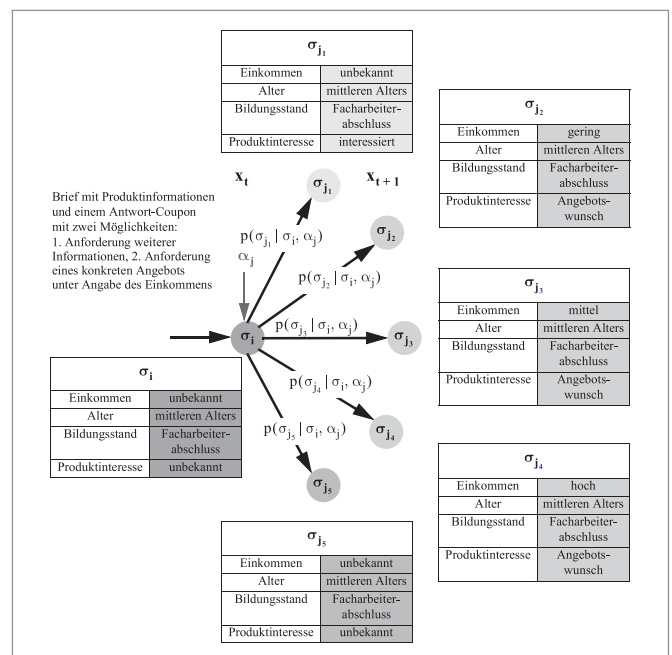


Abbildung 5:
Beispiel möglicher Zustandsübergänge entsprechend der Kundenreaktionen in einem dynamischen Akquiseplan

Definition 3: Gegeben sei eine endliche Menge von Akquise-Zuständen $X = \{\sigma_1, \dots, \sigma_n\}$ und deren Partition in beendete und nicht-beendete Zustände, $X = T \cup \bar{T}$, eine Menge von Akquise-Entscheidungen $U = \{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$, die stochastischen Übergangsmatrizen $P(\alpha)$ für $\alpha \in U$, die unscharfen Akquise-Nebenbedingungen $C(x) \in \mathcal{F}(U)$ für $x \in \bar{T}$, das unscharfe Akquiseziel $G \in \mathcal{F}(X)$ und die stationäre Akquise-Entscheidungsregel $\pi: X \rightarrow U$. Das Tupel (X, T, U, P, C, G, π) wird als *dynamischer Akquiseplan* bezeichnet.

Im Gegensatz zum Akquiseplan benötigt ein dynamischer Akquiseplan keine vorgelagerte Kundensegmentierung mehr, sondern macht sie zum Bestandteil der Akquise. Durch die besondere Struktur des dynamischen Akquiseplans wird die Akquise-Entscheidungsregel für die Optimierung zugänglich (siehe Abb. 6).

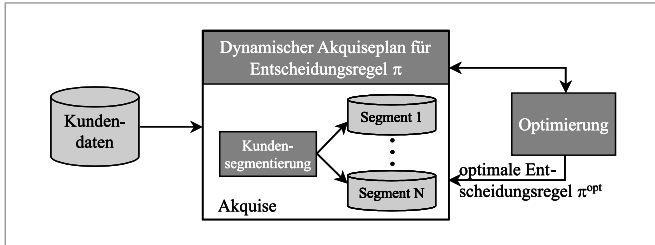


Abbildung 6:

Dynamischer Akquiseplan mit in die Akquise integrierter Kundensegmentierung und darauf aufbauender Optimierung (vgl. auch Abb. 2)

4 Mehrstufige stochastische Entscheidungsprozesse in unscharfer Umgebung

Grundlage dieses Artikels ist die Arbeit (BELLMAN und ZADEH, 1970), in welcher erstmals die *Entscheidungsfindung in unscharfer Umgebung* eingeführt wird. Der zentrale Begriff darin, die *unscharfe Entscheidung* wird nachfolgend definiert.

Definition 4: Gegeben seien die unscharfen Ziele $G_1, \dots, G_n$ und die unscharfen Nebenbedingungen $C_1, \dots, C_m$ über ein und derselben Menge von „Wahlmöglichkeiten“ X . Dann ist die zugehörige *unscharfe Entscheidung* die unscharfe Menge $D \in \mathcal{F}(X)$ mit der Zugehörigkeitsfunktion $\mu_D(x) = \mu_{G_1}(x) * \dots * \mu_{G_n}(x) * \dots * \mu_{C_1}(x) * \dots * \mu_{C_m}(x)$ für jedes $x \in X$, wobei $*$ ein „Aggregationsoperator“ ist. Eine *maximierende Entscheidung* („maximizing decision“) ist ein $x \in X$ für das die unscharfe Entscheidung $\mu_D(x)$ bzw. ihr Erwartungswert $E \mu_D(x)$ maximal wird. Sie wird mit x^{opt} bezeichnet.

Abb. 7 zeigt ein Beispiel für die in der Definition eingeführten Begriffe für den Fall $m = n = 1$.

Der als dynamischer Akquiseplan modellierte Akquiseprozess ist ein mehrstufiger stochastischer Entscheidungsprozess in unscharfer Umgebung. Nach Anwendung einer Akquise-Entscheidung geht der Prozess zur nächsten Stufe über. Dabei wird die Akquise-Aktion mithilfe der unscharfen Nebenbedingungen $C(x) \in \mathcal{F}(U)$ bewertet. Wenn ein Endzustand erreicht wird, erfolgt die Bewertung mit dem unscharfen

Ziel $G \in \mathcal{F}(X)$. Mit dem Aggregationsoperator $\wedge$ (Minimum-Operator) und einem Anfangszustand $x_0 \in X$, der durch die Folge von Akquise-Entscheidungen $u_0, \dots, u_{N-1}$ (nicht deterministisch) in einen Endzustand $x_N \in X$ überführt wird, bezeichnet

$$\mu_D(u_0, \dots, u_{N-1} | x_0) := \mu_{C(x_0)}(u_0) \wedge \dots \wedge \mu_{C(x_{N-1})}(u_{N-1}) \wedge \mu_G(x_N) \quad (1)$$

die unscharfe Entscheidung. Da die Zustandsübergänge stochastisch sind, ist auch die Anzahl der Schritte N stochastisch.

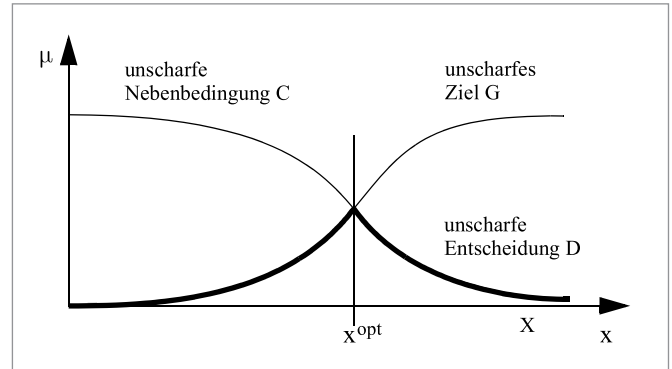


Abbildung 7:

Unscharfe Entscheidung = „Zusammenkommen“¹ von unscharfem Ziel und unscharfer Nebenbedingung mit der Minimumbildung als Aggregationsoperator

In der Arbeit von Bellman und Zadeh und in weiterführenden Arbeiten (KACPRZYK 1983, 1997) werden mehrstufige stochastische Entscheidungsprozesse in unscharfer Umgebung mit fester Stufenzahl betrachtet. Diese Modelle sind nicht geeignet, die im Kapitel 3 beschriebene modellbasierte Kundenakquisition auf der Grundlage dynamischer Akquisepläne abzubilden. Obgleich die Anzahl der Akquiseaktionen praktisch beschränkt ist, entspricht es mehr der Realität, das Ende eines Akquiseprozesses nicht über das Erreichen einer vorgegebenen Stufenzahl, das heißt eines vorgegebenen Zeitschritts zu beschreiben, sondern über das Erreichen eines Endzustands. In der Herleitung von Definition 3 (dynamischer Akquiseplan) ergibt sich diese Modellierung wie von selbst aus praktischen Erwägungen. Somit geben der Endzustand bzw. die Menge der Endzustände implizit die Prozess-Endzeit vor. Die Optimierung mehrstufiger stochastischer Entscheidungsprozess in unscharfer Umgebung mit implizit vorgegebener Prozess-Endzeit wurde in der Literatur bisher nicht ausführlich behandelt. Nachfolgende Ausführungen beruhen auf den Ansätzen (WEBER und SUN, 2000a, 2000b), die in (WEBER, 2005) vollständig ausgearbeitet und genau beschrieben sind.

Definition 5: Ein mehrstufiger *stochastischer Entscheidungsprozess in unscharfer Umgebung mit implizit vorgegebener Prozess-Endzeit* ist ein dynamisches System (S, X) mit der Zustandsmenge $X = \{\sigma_1, \dots, \sigma_k, \sigma_{k+1}, \dots, \sigma_n\}$ mit diskreten Zuständen $x_t \in X$, $t = 0, 1, \dots$, mit der Menge der Endzustände $T = \{\sigma_{k+1}, \dots, \sigma_n\}$ und der Menge der nicht-beendeten Zustände $\bar{T} = \{\sigma_1, \dots, \sigma_k\}$, die auch den Anfangszustand $x \in \bar{T}$ enthält. Der Entscheidungsprozess ist beendet, wenn erstmals ein Endzustand erreicht wird. Weiterhin gibt es zu jedem Zustand $x \in X$ eine

¹ Bellman und Zadeh beschreiben eine Entscheidung als „Confluence of Goals and Constraints“ (BELLMAN und ZADEH, 1970).

unscharfe Nebenbedingung $C(x) \in \mathbb{F}(U)$ über der Entscheidungsmenge U und ein unscharfes Ziel $G \in \mathbb{F}(X)$ über der Zustandsmenge X . Zu jeder Entscheidung $u \in U$ gibt es eine stochastische Matrix $P(u)$ mit den Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen Folgezuständen für diese Entscheidung. Ein so definierter mehrstufiger Entscheidungsprozess wird mit dem Tupel (S, X, T, U, P, C, G) bezeichnet.

Für eine gegebene Politik π kann (1) in rekursiver Form geschrieben werden:

$$\mu_D(\pi | x_t) = \mu_C(\pi(x_t) | x_t) \wedge E_{x_{t+1} | x_t} \mu_D(\pi | x_{t+1}) \quad (2)$$

mit

$$E_{x_{t+1} | x_t} \mu_D(\pi | x_{t+1}) = \sum_{x_{t+1} \in T} p(x_{t+1} | x_t, \pi(x_t)) \cdot \mu_D(\pi | x_{t+1}) + \sum_{x_{t+1} \in T} p(x_{t+1} | x_t, \pi(x_t)) \cdot \mu_G(x_{t+1}) \quad (3)$$

Durch Zusammenfassen der Zugehörigkeitswerte $\mu_D(\pi | x)$, $\mu_C(\pi(x) | x)$ und $\mu_G(x)$, in Vektoren, z. B.

$$\mu_D(\pi) = (\mu_D(\pi | \sigma_1), \dots, \mu_D(\pi | \sigma_k))^T \quad (4)$$

und durch Betrachtung der Teilmatrizen

$$P_{\bar{T}}(\pi) := (p_{ij}(\pi))_{i,j=1,\dots,k} \quad (5)$$

und $P_T(\pi) := (p_{ij}(\pi))_{i=1,\dots,k, j=k+1,\dots,n}$, kann das Gleichungssystem (2) mit (3)

in die Funktionalgleichung

$$\mu_D(\pi) = \mu_C(\pi) \wedge [P_{\bar{T}}(\pi) \cdot \mu_D(\pi) + P_T(\pi) \cdot \mu_G] \quad (6)$$

überführt werden, wobei die Minimumbildung $\wedge$ komponentenweise definiert ist.

Mit Hilfe der in diesem Abschnitt gelegten Grundlagen, und insbesondere der Funktionalgleichung (6) sollen die folgenden Fragen beantwortet werden:

1. Gibt es eine Politik π , die das System für jeden Anfangszustand mit Wahrscheinlichkeit eins in einen Endzustand überführt? Wodurch zeichnet sie sich aus?
2. Wie kann zu einer gegebenen Politik π der Entscheidungsvektor $\mu_D(\pi)$ berechnet werden, das heißt wie kann eine Politik bewertet werden?
3. Wie wird eine optimale Politik π^{opt} definiert und unter welchen Voraussetzungen existiert sie?
4. Wie kann gegebenenfalls π^{opt} berechnet werden?

Nachfolgend werden die Antworten auf diese Fragen vorgestellt. Die formal vollständige Darstellung von Hilfssätzen, Sätzen und Korollaren wird in (WEBER, 2005) gegeben. Auch auf Beweise wird hier aus Platzgründen verzichtet.

Die Antwort auf Frage 1 gibt folgender Satz:

Satz 1: Gegeben sei ein mehrstufiger stochastischer Entscheidungsprozess in unscharfer Umgebung mit implizit vorgegebener Prozess-

Endzeit (S, X, T, U, P, C, G) nach Definition 4. Die Politik π überführt genau dann jeden Anfangszustand mit Wahrscheinlichkeit eins in einen Endzustand, wenn es eine natürliche Zahl $1 \leq K \leq k$ gibt, so dass für die Übergangsmatrix (5) gilt:

$$\|P_{\bar{T}}^K(\pi)\|_{\infty} < 1 \quad (7)$$

wobei k die Anzahl der Zustände in $\bar{T}$ bezeichnet.

Politiken π mit der Eigenschaft (7) werden als „zulässige Politiken“ bezeichnet. Aus (6) ist ersichtlich, dass die unscharfe Entscheidung einer Politik ein Fixpunkt der folgenden Transformation ist:

$$T_{\pi} : [0,1]^k \rightarrow [0,1]^k \\ T_{\pi}(\omega) := \mu_C(\pi) \wedge [P_{\bar{T}}(\pi) \cdot \omega + P_T(\pi) \cdot \mu_G] \quad (8)$$

Mithilfe des Weissingerschen Fixpunktsatzes (WEISSINGER, 1952) kann folgender Satz bewiesen und damit Frage 2 beantwortet werden:

Satz 2: Gegeben seien ein mehrstufiger stochastischer Entscheidungsprozess in unscharfer Umgebung mit implizit vorgegebener Prozess-Endzeit (S, X, T, U, P, C, G) nach Definition 4 und eine zulässige Politik π . Dann besitzt die Transformation (8) einen eindeutigen Fixpunkt $\tilde{\omega} = \mu_D(\pi)$, und die Iterationsfolge (ω^n) mit $\omega^{n+1} = T(\omega^n)$ konvergiert für beliebige Anfangswerte $\omega^0 \in [0,1]^k$ gegen den Fixpunkt.

5 Optimale Politiken

Auf Frage 3 kann eine existenzielle und eine konstruktive Antwort gegeben werden. Erstere gründet auf einer Untersuchung der algebraischen Eigenschaften der Menge der Politiken. Dieser Teil wird hier nur kurz angerissen. Aus praktischer Sicht ist die konstruktive Antwort interessanter. Sie wird im zweiten Abschnitt dieses Kapitels behandelt.

5.1 Existenz optimaler Politiken

Mittels der Vektoren der unscharfen Entscheidungen (4) kann in der Menge der Politiken Π eine Quasi-Ordnung definiert werden. Wird auf dieser Menge eine Äquivalenzrelation $\sim$ so eingeführt, dass zwei Politiken genau dann äquivalent sind, wenn ihre unscharfen Entscheidungsvektoren übereinstimmen, dann lässt sich auf der Faktormenge $\Pi/\sim$ eine Halbordnung einführen. Wird nun vorausgesetzt, dass Π nur zulässige Politiken enthält, dann kann gezeigt werden, dass die Halbordnung auf $\Pi/\sim$ ein endlicher vollständiger Verband ist. Und daraus folgt, dass es in der Faktormenge eine Politik-Äquivalenzklasse gibt, die nur optimale Politiken enthält. Einzelheiten sind in (WEBER, 2005) dargestellt.

5.2 Berechnung optimaler Politiken

Da X und U endlich sind, gibt es auch nur endlich viele Politiken: $\Pi = \{\pi^1, \dots, \pi^r\}$. Aus (6) folgt für eine optimale Politik folgende Gleichung:

$$\mu_D^{\text{opt}} = \bigvee_{v=1}^r \left\{ \mu_C(\pi^v) \wedge \left[P_{\bar{T}}(\pi^v) \cdot \mu_D^{\text{opt}} + P_T(\pi^v) \cdot \mu_G \right] \right\} \quad (9)$$

wobei die Maximumbildung $\wedge$ komponentenweise definiert ist. In (9) ist erkennbar, dass μ_D^{opt} ein Fixpunkt der Transformation

$$T: [0,1]^k \rightarrow [0,1]^k$$

$$T(\omega) := \bigvee_{v=1}^r \left\{ \mu_C(\pi^v) \wedge \left[P_{\bar{T}}(\pi^v) \cdot \omega + P_T(\pi^v) \cdot \mu_G \right] \right\} \quad (10)$$

ist. Eine konstruktive Antwort auf Frage 3 gibt der folgende Satz:

Satz 3: Gegeben seien ein mehrstufiger stochastischer Entscheidungsprozess in unscharfer Umgebung mit implizit vorgegebener Prozess-Endzeit (S, X, T, U, P, C, G) nach Definition 4 mit der Menge der Politiken Π . Wenn Π nur zulässige Politiken enthält, dann gilt das Folgende:

1. Das Fixpunktproblem $T(\omega) = \omega$, mit der Transformation T aus (10) besitzt genau eine Lösung, die durch die Iteration $\omega^{(n+1)} = T(\omega^{(n)})$ für beliebiges $\omega^{(0)} \in [0,1]^k$ berechnet werden kann.
2. Die Lösung des Fixpunktproblems ist der eindeutige unscharfe Entscheidungsvektor einer optimalen Politik $\mu_D^{\text{opt}} = \mu_D(\pi^{\text{opt}})$.

Für die praktische Berechnung einer optimalen Politik wird die Transformation (10) in die Form

$$T_i(\omega) := \bigvee_{v=1}^m \left\{ \mu_C(\alpha_v | \sigma_i) \wedge \left[\sum_{\sigma_j \in \bar{T}} p(\sigma_j | \sigma_i, \alpha_v) \cdot \omega_j + \sum_{\sigma_j \in T} p(\sigma_j | \sigma_i, \alpha_v) \cdot \mu_G(\sigma_j) \right] \right\}$$

für $i = 1, \dots, k$ überführt. Bei vollständiger Aufzählung wären insgesamt $|U|^{|\bar{T}|}$ Politiken zu überprüfen. Bei iterativer Lösung müssen in jedem Iterationsschritt höchstens $|\bar{T}| \cdot |U|$ Politiken betrachtet werden. Der zugehörige Algorithmus wird in Abb. 8 gezeigt.

```

Führe aus
  Initialisierung(...);
Eingabe  $\omega^{(0)} \in [0, 1]^k, \varepsilon > 0$ ; // Iterationsbeginn, Abbruchkriterium
Setze opt := 'falsch', n = 0;
Solange opt = 'falsch' führe aus {
  Für i = 1, ..., k führe aus
    Berechne  $T_i(\omega^{(n)})$ ;
    Speichere  $\alpha_i^{(n+1)}$ ;
  Wenn  $\|T(\omega^{(n)}) - \omega^{(n)}\|_\infty < \varepsilon$  dann {
    opt := 'wahr';
    Setze  $\pi^{\text{opt}}$  so dass  $\pi^{\text{opt}}(\sigma_1, \dots, \sigma_k) := (\alpha_1^{(n+1)}, \dots, \alpha_k^{(n+1)})$ ;
  }
  Sonst führe aus {
     $\omega^{(n)} := T(\omega^{(n-1)})$ ;
    Setze n = n + 1;
  }
}
Ausgabe:  $\pi^{\text{opt}}$  ist eine optimale Politik;

```

Abbildung 8:
Berechnung einer optimalen Politik unter Anwendung von Satz 3

6 Fallbeispiel

Als Fallbeispiele wird die Akquise von Lebensversicherungen betrachtet. Realistische Fallbeispiele besitzen eine größere Anzahl an Akquise-Entscheidungen und Zuständen. Mit etwas Erfahrung können sie dennoch einfach festgelegt werden. Einen händisch nicht mehr zu bewerkstelligenden Aufwand bereitet dagegen die Festlegung der Übergangswahrscheinlichkeiten der Matrizen $P_{\bar{T}}(u)$ und $P_T(u)$ für $u \in U$. Insgesamt sind $|\bar{T}| \cdot |X| \cdot |U|$ Übergangswahrscheinlichkeiten festzulegen. Verfahren, die mit Projektionen des Zustandsraums arbeiten werden in (WEBER, 2005) beschrieben. Das nachfolgende Beispiel ist wegen seiner kleinen Größe nicht praxisrelevant, aber sehr anschaulich.

Die in Kapitel 5 hergeleiteten Verfahren zur Prüfung einer Politik auf Zulässigkeit, zur Berechnung der unscharfen Entscheidung einer zulässigen Politik und zur Berechnung einer optimalen Politik für einen dynamischen Akquiseplan wurden mit MATLAB implementiert. Alle Datenein- und -ausgaben erfolgen über Excel-Dateien.

6.1 Aufbau des Fallbeispiels

Von den Bestandteilen eines dynamischen Akquiseplans werden aus Platzgründen nachfolgend nur die Zustandsmenge, die Menge der Akquise-Entscheidungen, die stochastischen Übergangsmatrizen und die unscharfen Nebenbedingungen beschrieben.

Die Zustandsmenge X ist durch die Merkmalsvariablen und die Merkmalsmengen festgelegt. Dies sind:

- Alter mit den Werten „jung“, „alt“ und dem Standardwert „unbekannt“;
- Bildungsstand mit den Werten „gering“, „hoch“ und dem Standardwert „unbekannt“;
- Produktinteresse mit den Werten „interessiert“, „negative Kaufentscheidung“, „positive Kaufentscheidung“ und dem Standardwert „unbekannt“.

Aus den Kombinationen der Merkmalswerte ergeben sich die 36 Zustände der Zustandsmenge $X = \{\sigma_1, \dots, \sigma_{36}\}$. Abb. 9 zeigt die Zustände mit ihren Merkmalswerten.

State	Age	Education	Interest				
1	unknown	unknown	unknown	19	unknown	unknown	negative
2	unknown	low	unknown	20	unknown	low	negative
3	unknown	high	unknown	21	unknown	high	negative
4	young	unknown	unknown	22	young	unknown	negative
5	young	low	unknown	23	young	low	negative
6	young	high	unknown	24	young	high	negative
7	old	unknown	unknown	25	old	unknown	negative
8	old	low	unknown	26	old	low	negative
9	old	high	unknown	27	old	high	negative
10	unknown	unknown	interested	28	unknown	unknown	positive
11	unknown	low	interested	29	unknown	low	positive
12	unknown	high	interested	30	unknown	high	positive
13	young	unknown	interested	31	young	unknown	positive
14	young	low	interested	32	young	low	positive
15	young	high	interested	33	young	high	positive
16	old	unknown	interested	34	old	unknown	positive
17	old	low	interested	35	old	low	positive
18	old	high	interested	36	old	high	positive

Abbildung 9:
Merkmalswerte der nicht beendeten Zustände 1-18 (links) und der beendeten Zustände 19-36 (rechts, blass)

Die Menge der Akquise-Entscheidungen U besitzt die vier Elemente:

- α_1 : Massenbrief mit Antwortkupon zur Anforderung weiterer Informationen,
- α_2 : Telefongespräch bei dem die Werte aller Kundenmerkmale herausgefunden werden,
- α_3 : Brief mit einem Informationsblatt und Antwortkupon mit zwei Reaktionsmöglichkeiten für den Kunden: entweder Anforderung eines konkreten Angebots (was die Angabe des Alters erfordert) oder Bitte um einen Hausbesuch (ohne nähere Angaben),
- α_4 : Zusendung eines Angebots mit der Bitte um Bestätigung.

Wegen $|\bar{T}| = 18$ und $|U| = 4$ besitzt die Menge der Politiken insgesamt $|\Pi| = |U|^{|T|} = 4^{18} = 68719476736$ Politiken.

Die Menge der stochastischen Übergangsmatrizen P enthält für jede Akquise-Entscheidung eine Matrix: $P = \{P(\alpha_1), P(\alpha_2), P(\alpha_3), P(\alpha_4)\}$. Die Matrizen aus $[0,1]^{|\bar{T}| \times |X|}$ besitzen für jeden nicht beendeten Zustand eine Zeile und für jeden beendeten Zustand eine Spalte. Die $|\bar{T}| \cdot |X| = 18 \cdot 36 = 648$ Wahrscheinlichkeitswerte für jede Matrix wurden von ABM-Kräften des Lehrstuhls für numerische und angewandte Mathematik an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus aus der Erfahrung geschätzt und eingegeben. Bei der Größenordnung des einfachen dynamischen Akquiseplans war das problemlos in kurzer Zeit möglich, zumal viele Werte null sind (siehe Abb. 10).

Für jeden nicht beendeten Zustand wird – ebenfalls auf Erfahrungsgrundlage – eine unscharfe Nebenbedingung $C(x), x \in \bar{T}$ über der Menge der vier Akquise-Entscheidungen U festgelegt. Die Zugehörigkeitswerte $\mu(\alpha_i | \sigma_j)$ geben an, wie angemessen die Akquise-Entscheidung $\alpha_i, i = 1, \dots, 4$ im Zustand $\sigma_j, j = 1, \dots, 18$ ist. Die konkreten Mengen zeigt

Abb. 11. Die Zugehörigkeitswerte der unscharfen Nebenbedingung $C(\sigma_j)$ sind blau eingerahmt. Über einen Kunden, der durch diesen Zustand beschrieben wird, ist nur bekannt, dass er alt ist („Age = old“). Die Zugehörigkeitswerte können wie folgt interpretiert werden:

State	Age	Education	Interest	α_1	α_2	α_3	α_4
1	unknown	unknown	unknown	1	0,5	0,2	0,1
2	unknown	low	unknown	1	0,6	0,3	0,1
3	unknown	high	unknown	1	0,4	0,3	0,1
4	young	unknown	unknown	1	0,4	0,3	0,1
5	young	low	unknown	0,7	0,6	0,3	0,1
6	young	high	unknown	0,7	0,4	0,3	0,1
7	old	unknown	unknown	1	0,3	0,3	0,1
8	old	low	unknown	0,7	0,5	0,3	0,1
9	old	high	unknown	0,7	0,3	0,3	0,1
10	unknown	unknown	interested	0,6	0,7	0,3	0,7
11	unknown	low	interested	0,6	0,7	0,3	0,4
12	unknown	high	interested	0,6	0,7	0,4	0,3
13	young	unknown	interested	0,6	0,7	0,3	0,3
14	young	low	interested	0,1	0,4	0,8	1
15	young	high	interested	0,1	0,4	0,8	1
16	old	unknown	interested	0,6	0,7	0,4	0,3
17	old	low	interested	0,1	0,4	0,8	1
18	old	high	interested	0,1	0,4	0,8	1

Abbildung 11:

Zu den nicht beendeten Zuständen auf der linken Seite sind rechts die Zugehörigkeitswerte der unscharfen Nebenbedingungen angegeben.

- Ein *Massenbrief*, α_1 ist eine völlig angemessene Akquise-Entscheidung und wird deshalb mit Zugehörigkeitswert $\mu(\alpha_1 | \sigma_j) = 1$ bewertet. Durch den beiliegenden Antwortkupon ist es möglich, das Produktinteresse des Kunden zu erfahren und dann weitergehende Akquiseaktionen durchzuführen.
- Die *Zusendung eines Angebots* mit der Bitte um Bestätigung, α_4 wäre sehr unangemessen, weil über den Kunden zu wenig bekannt ist. Insbesondere ist sein Produktinteresse unbekannt. Der Aufwand eines Angebots ist in diesem Zustand nicht gerechtfertigt. Möglicherweise würde der Kunde die Zusendung eines Angebots als aufdringlich empfinden. Deshalb ist der Zugehörigkeitswert sehr klein: $\mu(\alpha_4 | \sigma_j) = 0,1$.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3

Abbildung 10:

Übergangswahrscheinlichkeiten für die Akquise-Entscheidung α_3 : „Brief mit einem Informationsblatt“ und die Zustände in Abb. 9.

- Wegen des unbekannten Produktinteresses wären auch ein *Telefongespräch* oder die Zusendung eines *Informationsblattes* eher uneffektiv, und der Aufwand würde nicht dem möglichen Nutzen entsprechen. Die Akquise-Entscheidungen α_2 und α_3 wären jedoch nicht so unangemessen wie α_4 und werden deshalb mit einem besseren, wenn auch geringen Zugehörigkeitswert $\mu(\alpha_2 | \sigma_7) = \mu(\alpha_3 | \sigma_7) = 0,3$ bewertet.

6.2 Ergebnisse des Fallbeispiels

Abb. 12 zeigt das Ergebnis der MATLAB-Programme `checkFeasibility` und `fuzzyDecision` für das Fallbeispiel im Abschnitt 6.1. Das erste Programm untersucht die in der Abbildung als Wertepaare „state– action“ angegebene Politik auf Zulässigkeit und gibt die Größe von K an (vgl. Satz 1). Das zweite berechnet – Zulässigkeit vorausgesetzt – die unscharfe Entscheidung dieser Politik (Spalte „minimum“). Dafür werden 3 Iterationen benötigt. Eine umfassende Auswertung dieses Fallbeispiels sowie eines realistischen Fallbeispiels mit sehr großer Zustandsmenge werden in (WEBER, 2005) vorgestellt.

state σ	action α	minimum
1	1	0
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0,18
6	1	0,27
7	1	0
8	1	0,36
9	1	0,54
10	1	0
11	1	0
12	1	0
13	1	0
14	4	0,9
15	4	0,9
16	1	0
17	4	0,9
18	4	0,9
is feasible:	1	1
power of PT_:	1	3
		is convergent
		# iteration

Abbildung 12:
Ergebnis der Überprüfung einer Politik auf Zulässigkeit und der Berechnung ihrer unscharfen Entscheidung

rungen an die Planung, Organisation, Durchführung und Auswertung der Akquise bei sehr großen Kundenzahlen besonders hoch sind. Durch eine optimierte Planung und Durchführung können Kosten gespart und Ressourcen zielgerichteter und wirksamer eingesetzt werden. Geeignet, weil die bei großen Kundenzahlen im Laufe der Zeit entstehenden Datenbestände eine (genaue) Schätzung von Verfahrensgrößen erlauben, die ansonsten durch einen Fachmann händisch festzulegen wären. Große Kundenmengen und Datenbestände fallen z. B. in folgenden Bereichen an:

- Kundenbindungsprogramme des Einzelhandels,
- Vielfliegerprogramme von Fluggesellschaften,
- Vielfahrerprogramme von Bahngesellschaften,
- Treueprogramme von Hotelketten,
- Versandhandel,
- Telefongesellschaften,
- Banken und Versicherungen,
- karitative Organisationen.

Die unscharfe Optimierung ist eine ganze Teildisziplin der Mathematik bzw. der Unternehmensforschung („operations research“) und wird in ganz unterschiedlichen Wissenschaften angewandt, nicht nur in den Wirtschaftswissenschaften, sondern auch in den Ingenieur- und Gesellschaftswissenschaften und in der Medizin. Unter den zahlreichen Anwendungsbeispielen, die Kacprzyk für die unscharfe dynamische Optimierung nennt (KACPRZYK, 1997), (KACPRZYK und ESOG-BUE, 2001) befinden sich:

- sozioökonomische Regionalplanung,
- Steuerung der Überschwemmungsbekämpfung,
- Forschungs- und Entwicklungsplanung,
- Kraftwerkseinsatzplanung,
- operationsbegleitende Narkose-Überwachung,
- Ressourcen-Zuordnung,
- Lagerverwaltung.

Insofern Probleme die Gestalt mehrstufiger stochastischer Entscheidungsprozesse in unscharfer Umgebung mit implizit vorgegebener Prozess-Endzeit besitzen (oder als solche beschrieben werden können), können die Verfahren aus Abschnitt 5.2 zur Berechnung einer optimalen Entscheidungsregel angewendet werden.

7 Anwendungsgebiete

Der Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit ist das Software-Werkzeug AkquiSys, mit dem der Verlauf einer Kundenakquisition geplant, organisiert, durchgeführt und ausgewertet werden kann (vgl. Kapitel 1). Daher können die hier vorgestellten Modelle und Verfahren in den Gebieten eingesetzt werden, in denen schon AkquiSys Anwendung findet. Dazu gehören die Kundenakquisition von kleinen und mittleren Banken, Sparkassen und Versicherungsagenturen.

Das Anwendungsgebiet ist jedoch nicht auf solche Unternehmen beschränkt. Grundsätzlich können die Verfahren zur Planung, Organisation und Optimierung der Kundenakquisition in beliebigen Wirtschaftszweigen eingesetzt werden. Besonders lohnenswert und zugleich geeignet scheint der Einsatz für Anwendungen, bei denen sehr große Kundenzahlen verarbeitet werden. Lohnenswert, weil die Anforde-

Literatur

- BUNDESVERBAND FINANZDIENSTLEISTUNGEN, 1999:** FIANTEC Professional & AkquiSys: Moderne Systeme für Kundengewinnung und provisionierten Vertrieb. Finanz Forum & Finanz-Fach-Office, Nr. 1, S. 13.
- BELLMAN, R.E. AND ZADEH, L.A.; 1970:** Decision-Making in a Fuzzy Environment. Management Science Bd. 17, Nr. 4, S. B-141-B-164.
- BERRY, M.J.A. AND LINOFF, G.; 1997:** Data Mining Techniques: For Marketing, Sales, and Customer Support. Wiley, New York u. a.
- FORMAT TECHNOLOGIE GMBH, 2000:** Handbuch für AkquiSys. <http://www.format.bic-ffo.de>, 11.08.2000.

- GOTTWALD, S.; 1993:** Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Foundations of Application from a Mathematical Viewpoint. Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden.
- KACPRZYK, J.; 1983:** Multistage Decision-Making under Fuzziness. Theory and Applications. Verlag TÜV Rheinland, Köln.
- KACPRZYK, J.; 1997:** Multistage Fuzzy Control. Wiley, Chichester.
- KACPRZYK, J. AND ESOGBUE, A.O.; 2001:** Fuzzy Dynamic Programming: Basic Issues and Problem Classes. In: YOSHIDA, Y. (Hrsg.): Dynamical Aspects in Fuzzy Decision Making. Physica-Verlag, Heidelberg, New York, S. 1-26.
- MILLER, A.; 1960:** Death of a Salesman. In: Arthur Miller's Collected Plays. The Viking Press, New York.
- SEYFARTH, H.; 1998:** Erfolgsorientierte Akquiseplanung. Technik & Gesellschaft, Bd. 2, S. 36.
- WEBER, K. AND SUN, Z.; 2000a:** Fuzzy Stochastic Multistage Decision Process with Implicitly Given Termination Time. In: HAMPEL, R.; WAGENKNECHT, M.; CHAKER, N. (Hrsg.): Fuzzy Control – Theory and Practice. Physica-Verlag, Heidelberg, S. 318-328.
- WEBER, K. AND SUN, Z.; 2000b:** Fuzzy Stochastic Dynamic Programming for Marketing Decision Support. International Journal of Intelligent Systems. Bd. 15, Nr. 8, S. 763-784.
- WEBER, K.; 2005:** Unscharfe stochastische Optimierung und Anwendungen im Marketing. Monografie in Vorbereitung.
- WEISSINGER, J.; 1952:** Zur Theorie und Anwendung des Iterationsverfahrens. Mathematische Nachrichten. Bd. 8, S. 193-212.
- ZADEH, L.; 1965:** Fuzzy Sets. Information and Control. Bd. 8, S. 338-353.
- ZADEH, L.; 1973:** Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Bd. SMC-3, Nr. 1, S. 28-44.
- ZIMMERMANN, H.-J.; 1986:** Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems. Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, Lancaster.
- ZIMMERMANN, H.-J.; 1991:** Fuzzy Set Theory and its Applications. 2. Aufl., Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London.



Klaus Weber war nach mehrjähriger Tätigkeit als Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der BTU Cottbus seit Januar 2000 als Methodenspezialist, Projektleiter und Produktmanager im Bereich Revenue Management bei Lufthansa Systems Berlin tätig. Seit Dezember 2005 ist er Manager Yield Systems bei AIDA Cruises in Rostock. Arbeits- und Interessengebiete: Optimierung und Nachfrageprognose in der Ertragssteuerung, Entscheidungsunterstützungssysteme, Data Mining, (unscharfe und stochastische) Optimierung, Fuzzy Logik, Neuronale Netze, Agenten-Technologie; siehe auch <http://vieta.math.tu-cottbus.de/~klweber/>



Prof. Dr. Ludwig Cromme, Lehrstuhl Numerische und Angewandte Mathematik, seit 1991 am Aufbau der BTU als Mitglied des Gründungssenates und Gründungsdekan der Fakultät I beteiligt. Arbeitsschwerpunkte: Approximation, Numerik, Anwendungen in Technik, Wirtschaft, Medizin, Biologie; siehe auch <http://www.math.tu-cottbus.de/nam>