Der „Event-History-Ansatz" zur Modellierung von Diffusions- und allgemeinen Kaufentscheidungsprozessen

Von Alfred Hamerle

Da die Adoptionszeit in Diffusionsprozessen das Ergebnis eines individuellen Entscheidungsprozesses ist, erscheint eine stochastische Modellierung auf Individualebene als eine zweckmäßige Alternative zu den in der Literatur überwiegend verwendeten Differenzen- und Differentialgleichungs-Modellen für die kumulierte Zahl der Übernehmer im Zeitablauf. Im vorliegenden Beitrag wird die Anwendung des 'Event-History-Ansatzes' zur Modellierung von Diffusionsprozessen und allgemeineren Kaufentscheidungsmodellen beschrieben. Die Flexibilität des vorgestellten Modells wird insbesondere darin deutlich, daß Steuerungsmechanismen wie z.B. zeitlich begrenzte Marketinginstrumente oder andere zeitlich begrenzte Übernahmeimpulse ohne Schwierigkeiten in das Modell einbezogen werden können. Die Umsetzung des Untersuchungsansatzes für die Marketingpolitik wird ausführlich beschrieben, insbesondere auch im Hinblick auf die Einsatzmöglichkeiten verfügbarer EDV-Programme.

1. Einführung

Diffusionsmodelle befassen sich mit der interpersonellen Ausbreitung und Übernahme von neuen Ideen und Produkten im Zeitablauf (z.B. *Böcker/Thomas*, 1986, S. 60). *Mahajan/Muller* (1979) beschreiben in ihrem Übersichtsaufsatz ein Diffusionsmodell als "to represent the level of spread of an innovation among a given set of prospective adopters in terms of a simple mathematical function of time that has elapsed since the introduction of the innovation". Vor allem in der soziologischen Literatur findet man eine Vielzahl von Beiträgen zur Ausbreitung von Informationen (*Rogers/Shoemaker*, 1971, berichten über 1500 Literaturbeiträge). Einige dieser Ansätze wurden zur Modellierung von Diffusionsprozessen übernommen. Mögliche Zielsetzungen sind dabei die Erklärung der Übernahmeentwicklung im Zeitablauf, die genaue Analyse der Diffusionsgeschwindigkeit einer Innovation, Verbesserungen der Absatzstrategie, Prognosen der Übernahmeentwicklung und Abschätzung des Marktpotentials.

Die meisten Diffusionsmodelle (vgl. z.B. die Übersichten in *Mahajan/Muller*, 1979, oder *Wind*, 1982) wurden als **Differentialgleichungen** formuliert. Man betrachtet dabei die zeitliche Entwicklung der kumulierten Zahl der Erstkäufe(r) und die grundlegende Größe ist die „Änderungsrate". Die Modelle sind Weiterentwicklungen von Ansätzen, die in der Biostatistik zur Ausbreitung von Epidemien benutzt wurden. Eine zentrale Rolle bei den gebräuchlichen Diffusionsmodellen spielen logistische oder generalisierte logistische Modelle (z.B. *Bass*, 1969; *Mansfield*, 1961; *Lewandowski*, 1974; *Schünemann/Bruns*, 1985) und Modelle, die sich vielfach als explizite Lösung von Differentialgleichungen ergeben (z.B. *Fourt/Woodlock*, 1960; *Bass*, 1973; *Kaas*, 1973; *Massy/Montgomery/Morrison*, 1970; *Lewandowski*, 1974 und 1980). Die Modelle sind in der Regel rein deterministisch. Dies wird von *Mahajan/Muller* (1979) als entscheidender Nachteil hervorgehoben.

Nicht zuletzt bei der Planung des Einsatzes geeigneter Marketinginstrumente ist die **Steuerbarkeit** des **Diffusions-** bzw. **Adoptionsprozesses** von zentraler Bedeutung. Welche Übernahmeimpulse kompensieren oder verstärken sich gegenseitig in ihrer simultanen Wirkung und sind daher besonders hemmend bzw. förderlich für den Diffusionsprozeß. In den ursprünglichen Ansätzen wird jedoch die Ausbreitung einer Innovation nur als Funktion der Zeit beschrieben, während Marketing-Aktivitäten und andere kaufbeeinflussende Faktoren nicht explizit in das Modell aufgenommen werden, allenfalls über zeitunabhängige Konstanten. Daher wurde in zunehmendem Maße versucht, die **Steuerungsmechanismen** des Diffusions- bzw. Adoptionsprozesses im Modell abzubilden und die Determinanten der Kaufentscheidung adäquat zu erfassen, insbesondere im Hinblick auf die Wirkung von Marketinginstrumenten. Mittlerweile existieren zu diesem Gebiet bereits eine Reihe von Literaturbeiträgen. Stellvertretend seien *Bonus* (1968) *Dodson/Muller* (1978), *Mahajan/Peterson* (1978), *Schmalen* (1979), *Simon/Horsky* (1983), *Kalish/Lilien* (1983) und *Simon/Sebastian* (1984) genannt. Auch hier stehen deterministische Modelle im Vordergrund.

Eine Erweiterung dieser Modelle stellt die Anwendung der (deterministischen) Kontrolltheorie dar (z.B. *Spremann*, 1982). Es stellt sich heraus, daß bestimmte optimale Marktstrategien sich auf einzelne Diffusionsmodelle übertragen lassen, insbesondere solche der Preispolitik (*Schmalen*, 1982, *Simon*, 1985).

Die bisher erwähnten Ansätze modellieren alle die kumulierte Zahl der Übernehmer in Abhängigkeit von der Zeit ab der Markteinführung der Produktneuheit und zwar mit Hilfe von zeit-diskreten oder zeit-stetigen Modellen. Auf dieser aggregierten Ebene wird ein quasi naturgesetzlich vorbestimmter Verlauf der Absatzentwicklung angenom-

Dr. *Alfred Hamerle* ist Professor für Statistik an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Statistik der Universität Konstanz. Forschungsschwerpunkte: Multivariate Verfahren, stochastische Prozesse und deren Anwendungen, insbesondere im Marketing.

men, der dann durch eine Differentialgleichung beschrieben werden kann. Eine solche Annahme ist jedoch in vielfacher Hinsicht problematisch. Sie impliziert beispielsweise, daß der Prozeß von außen nicht beeinflußt werden kann, d.h. weder Marketing-Aktivitäten des Produzenten noch gesetzgeberische Maßnahmen oder Einstellungsänderungen der Übernehmer besitzen Auswirkungen auf die Marktdurchdringung. Dies steht jedoch im Gegensatz zu grundlegenden theoretischen Befunden der Diffusionsforschung, die die genannten Größen gerade als Determinanten mit entscheidendem Einfluß auf den Diffusionsverlauf ausweisen. Als logische Konsequenz stellt sich deshalb bei empirischen Anwendungen heraus, daß Differentialgleichungsmodelle vielfach ungeeignet sind, tatsächliche Marktdurchdringungsverläufe angemessen abzubilden (z.B. *Heeler/Hustand*, 1980; *Gierl*, 1986). Nach allgemeiner Auffassung (z.B. *Böcker/Dichtl*, 1985, S. 110) ist die Adoptionszeit stets das Ergebnis eines individuellen Entscheidungsprozesses, der seinerseits wieder unter anderem durch die in den einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus ergriffenen absatzpolitischen Anstrengungen und durch weitere Umweltbedingungen beeinflußt wird. Die Diffusionsforschung möchte die Ursachen erforschen, warum manche potentiellen Adopter eine Innovation frühzeitig, manche erst längere Zeit nach der Markteinführung und einige überhaupt nicht übernehmen. Darüber hinaus ist zu klären, durch welche Maßnahmen und Aktivitäten ein Anbieter die Übernahmewahrscheinlichkeiten der potentiellen Adopter erhöhen und damit die Geschwindigkeit der Marktdurchdringung seines Produkts beeinflussen kann. Aus diesen Gründen erscheint es zweckmäßig, nach alternativen Ansätzen zu den Differentialgleichungsmodellen zu suchen. Eine Möglichkeit besteht darin, den dynamischen Prozeß auf der individuellen Ebene zu modellieren. Dies ist Gegenstand des vorliegenden Beitrags. Es wird der individuelle Übernahmeentscheidungsprozeß modelliert. Die Diffusion ergibt sich dann durch Aggregation aller individuellen Übernahmeentscheidungsprozesse. Geht man hingegen wie bei den herkömmlichen Modellen gleich von der aggregierten Ebene aus, so können sämtliche Vorgänge und Prozesse, die auf der individuellen Ebene ablaufen, nicht mehr adäquat abgebildet werden. Wie eben ausgeführt, betreffen jedoch viele Einflußfaktoren und Übernahmeimpulse die Individualebene und ihre Auswirkungen können nur in einem Modell des individuellen Übernahmeentscheidungsprozesses angemessen erfaßt werden. In einer grundlegenden Arbeit haben *Hauser/Wisniewski* (1982) versucht, verschiedene Aspekte der Diffusionsforschung in einem allgemeinen Modell auf Individualebene zu integrieren. Sie wählten dafür ein Semi-Markov-Modell, das den Diffusions- bzw. Adoptionsprozeß als Bestandteil enthält. Dieser repräsentiert im einfachsten Fall die Zeitdauer bis zum ersten Übergang (Zustandswechsel). Es können aber durch geeignete Wahl des Zustandsraums noch Zwischenstufen eingeführt werden, etwa die ‚Informiertheit über das neue Produkt' als eigener Zustand. Weitere Übergänge charakterisieren dann Wiederholungskäufe, Markenwechsel, etc.

Der im vorliegenden Beitrag vorgestellte **Event-History-Ansatz** stellt in seiner generellen Form eine Verallgemeinerung des *Hauser/Wisniewski*-Modells dar. Er geht von einer stochastischen Modellierung des dynamischen Prozesses aus. Das zentrale Konzept ist die individuelle **Übernahmerate**, die in Analogie zur Hazardrate der Ereignisanalyse definiert ist. Neben der Erweiterung mit Hilfe stochastischer Terme besteht ein zusätzlicher Vorteil darin, daß auch über die Zeit variierende Einflußgrößen und Übernahmeimpulse in den Ansatz einbezogen werden können. Dies bedeutet, auch parallel zum eigentlichen Prozeß ablaufende beobachtbare exogene oder endogene Prozesse können als Regressoren auftreten. Um nicht durch zu viele technische Details den Blick auf die Grundstruktur des Modells zu verstellen, wird zunächst die Modellierung einfacher Diffusions- bzw. Adoptionsprozesse betrachtet. Viele der für diesen einfachen Fall entwickelten Konzepte können auf komplexere Situationen wie mehrere aufeinanderfolgende Episoden und Übergänge übertragen werden. Die Anwendung auf solche komplexeren Modelle der Kaufentscheidung wird im letzten Abschnitt kurz skizziert. Ein Hauptziel des vorliegenden Beitrags besteht darin, die Nützlichkeit des vorgestellten Ansatzes zur Modellierung von Diffusions- bzw. Adoptionsprozessen und allgemeineren Kaufentscheidungsprozessen zu demonstrieren. Aus diesem Grunde wird auf eine mathematisch-statistisch exakte Formalisierung weitgehend verzichtet. Die mathematisch-statistischen Details und Ableitungen findet man in der Spezialliteratur zur Event-History-Analyse, z.B. in *Blossfeld/Hamerle/Mayer* (1986). Im nächsten Abschnitt werden für ein einfaches Diffusionsmodell die Anwendung des Event-History-Ansatzes dargestellt und die wichtigsten Konzepte erläutert. Abschnitt 3 enthält einige Spezifikationen der individuellen Übernahmerate, die zu unterschiedlichen Verteilungen für die Adoptionszeit führen. In diesem Zusammenhang wird auch die häufig getroffene Annahme einer Normalverteilung für die Adoptionszeit problematisiert. Gegenstand des vierten Abschnitts sind Möglichkeiten der Schätzung der unbekannten Modellparameter und insbesondere die Einsatzmöglichkeiten verfügbarer Programmpakete. Bei der Modellierung des individuellen Übernahmeentscheidungsprozesses ist bei empirischen Anwendungen eine andere, in der Regel aufwendigere Datenbasis erforderlich als bei den Modellen auf der aggregierten Ebene, die im einfachsten Fall von den abgesetzten Stückzahlen der Produktneuheit in aufeinanderfolgenden Zeitperioden ausgehen. Dieser Problemkreis wird ebenfalls im vierten Abschnitt erörtert. Im letzten Kapitel werden schließlich Erweiterungen des Ansatzes beschrieben, die allgemeinere Kaufentscheidungsprozesse modellieren.

2. Der Event-History-Ansatz zur Modellierung von Diffusions- und Kaufentscheidungsprozessen

Event-History-Modelle werden in verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen zur Analyse und Erklärung von Veränderungsprozessen und Wandlungstendenzen eingesetzt. Dabei werden für alle Untersuchungseinheiten die genauen

Zeitdauern bis zum Eintreffen bestimmter Ereignisse (Zustandswechsel) und deren Abfolge registriert. Beispiele aus anderen Bereichen sind Lebens- oder Überlebenszeiten in medizinischen Studien, die Dauer der Arbeitslosigkeit in möglicherweise mehreren aufeinanderfolgenden Perioden, die Dauer der Existenz von politischen oder gesellschaftlichen Organisationen, die Dauer bis zum Umzug in eine andere Region bei Wanderungs- und Mobilitätsanalysen, die Zeitdauer bis zur Rückfälligkeit von Straftätern oder die aufeinanderfolgenden Perioden, in denen ein technisches Gerät nach jeweiliger Reparatur störungsfrei arbeitet.

Im Rahmen der Ereignisanalyse werden also stets qualitative Variablen in Abhängigkeit von der Zeit untersucht. Sie bilden im Zeitablauf eine Folge von Zustandswechseln, die dem Übergang von einer Ausprägung der Variablen in eine andere entspricht. Im einfachsten Fall ist nur ein einziger Übergang möglich in einen bestimmten Zustand. Dies trifft für das einfache Diffusionsmodell zu. Bei allgemeineren Modellen, bei denen auch Wiederholungskäufe und Markenwechsel berücksichtigt werden, sind im Laufe der Zeit mehrfache Übergänge möglich. Diese Modelle werden in Abschnitt 5 kurz behandelt.

Aufgrund der Entwicklung und Anwendung der Verfahren in verschiedenen Disziplinen ist die Terminologie sehr uneinheitlich. So wird – je nach Anwendungsbereich – die in einem Zustand verbrachte Zeit als Verweil- bzw. Aufenthaltsdauer, Lebens- bzw. Überlebenszeit, Ankunftszeit, Wartezeit oder Episodendauer bezeichnet. Zur statistischen Analyse von solchen dynamischen Prozessen können Übergangsraten-Modelle eingesetzt werden, bei denen die Übergangs- bzw. Hazardrate in Abhängigkeit von Kovariablen oder prognostischen Faktoren parametrisiert wird. Einführungen in die statistische Theorie von Übergangsraten-Modellen findet man z.B. bei *Kalbfleisch/Prentice* (1980), *Tuma/Hannan* (1984) oder *Blossfeld/Hamerle/Mayer* (1986).

Um zu zeigen, wie sich der Event-History-Ansatz auf die Modellierung von Diffusionsprozessen anwenden läßt, betrachten wir zunächst ein einfaches Modell der Marktdurchdringung, bei dem die Zeit zwischen der Markteinführung einer Innovation und dem Ersterwerb als abhängige Variable betrachtet wird.

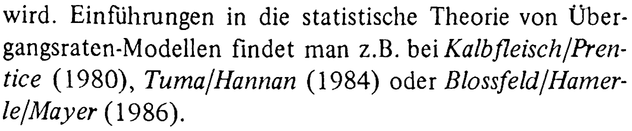

Abb. 1: Darstellung eines einfachen Diffusionsmodells

Dadurch wird etwa die Kaufentscheidung bezüglich eines neu eingeführten, langlebigen Gebrauchsgutes beschrieben, bei dem der Absatz über längere Zeit nur aus Erstkäufen besteht, da Ersatz- und Wiederholungskäufe zunächst nicht stattfinden. In Abschnitt 5 werden dann allgemeinere Modelle für Kaufentscheidungsprozesse beschrieben, die auch Ersatzbeschaffung enthalten.

In der Terminologie der Event-History-Analyse spricht man bei unserem einfachen Diffusionsmodell von einem Ein-Episoden-Modell mit einem Anfangs- und einem Endzustand. Der Prozeß beginnt für alle potentiellen Übernehmer mit der Markteinführung des Produkts und endet mit der Übernahme zum Zeitpunkt t_i ($T_i = t_i$). Für Individuum i wird dies beschrieben durch eine nicht negative stetige Zufallsvariable T_i. Der Einfachheit halber wird der Index i im folgenden weggelassen. Neben T werden eine Reihe von Einflußfaktoren und potentiellen Übernahmeimpulsen erhoben, die auf T einwirken können. Sie werden weiter unten näher beschrieben und im Vektor x zusammengefaßt. Die Verteilungs- und Dichtefunktion von T bei gegebenen Einflußfaktoren x werden mit $F(t|x)$ und $f(t|x)$ bezeichnet.

Das zentrale Konzept eines Diffusionsmodells ist dann die **individuelle Übernahmerate**

$$\lambda(t|x) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} P(t \leqslant T < t + \Delta t | T \geqslant t, x) \tag{1}$$

(1) ist der Grenzwert der bedingten Wahrscheinlichkeit, daß die Übernahme im Intervall $[t, t + \Delta t)$ erfolgt unter der Voraussetzung, daß bis zum Zeitpunkt t noch kein Ersterwerb stattgefunden hat und gegeben der Vektor x der Regressoren. (1) stellt eine Verallgemeinerung der Definition im Diffusionsmodell von *Bass* (1969) dar. In der Terminologie der Survival-Analyse entspricht (1) der Hazardrate (z.B. *Kalbfleisch/Prentice*, 1980) und bei Verweildauer-Modellen der Übergangsrate (vgl. z.B. *Blossfeld/Hamerle/Mayer*, 1986).

Die individuelle Übernahmerate wird in Abhängigkeit von potentiellen Einflußgrößen modelliert. Sie repräsentieren Faktoren, die den Diffusionsprozeß steuern. Dies können sowohl **exogene** als auch **endogene** Einflußfaktoren sein. Es sind vor allem **Produktmerkmale**, wie Preis, Einfachheit der Substitution, Größe/Komplexität, Neuigkeitsgrad, Übereinstimmung mit bestehenden Bedarfsstrukturen, **Merkmale der Konkurrenz, Marketing-Maßnahmen, Merkmale der Übernehmer**, wie Aufgeschlossenheit gegenüber Innovationen, ‚Meinungsführereigenschaft', Einkommen, Alter, Geschlecht, demographische Merkmale, Zufriedenheit mit substitutiven Produkten, etc., **Merkmale der Informationsübertragung**, Merkmale, die den **Kommunikationskanal** beschreiben, aber auch andere **Übernahmeimpulse** wie sozialer Druck (Imitation, Lernen), Gesetzgebung, Konjunktur, etc. Dabei können einige Faktoren und Übernahmeimpulse diffusionsfördernd sein, während andere diffusionshemmend wirken und ein wichtiges Ziel der statistischen Analyse besteht darin, das quantitative Ausmaß ihres Einflusses zu ermitteln.

Bei den Einflußfaktoren und Übernahmeimpulsen, die im Modell zu berücksichtigen sind, kann es sich um **quantitative** oder um **qualitative** Merkmale handeln. Ein quantitatives Merkmal x_j wird wie in der herkömmlichen multiplen Regression mit einem Regressionskoeffizienten β_j gewichtet. Bei kategorialen Merkmalen geht man in Analogie zur Varianzanalyse über zu einer Kodierung der einzelnen Kategorien durch Dummy-Variablen. Für verschiedene

Kodierungsmöglichkeiten vergleiche man beispielsweise *Hamerle/Kemény/Tutz*, 1984, S. 214. Im Rahmen dieser Modelle, insbesondere bei kategorialen unabhängigen Merkmalen, kommen auch **Interaktionswirkungen** als Einflußgrößen in Frage. Sie messen den gemeinsamen Einfluß einer bestimmten Kombination von Kategorien von zwei oder mehreren unabhängigen Merkmalen. Formal können sie in einfacher Weise durch die Bildung entsprechender Produkte der Dummy-Variablen in den Regressionsansatz einbezogen werden. Die Werte der quantitativen Einflußgrößen einer Person i sowie die Kodierungen für sämtliche Haupteffekte und im Modell enthaltene Interaktionswirkungen der qualitativen Kovariablen werden in einem Daten- oder Designvektor x_i zusammengefaßt.

Eine entscheidende Erweiterung gegenüber herkömmlichen Regressionsmodellen und Modellen für Diffusionsprozesse besteht darin, daß einige der Einflußfaktoren zeitlich variieren können. So beschreiben die meisten Diffusionsmodelle die Ausbreitung einer Innovation nur als Funktion der Zeit (z.B. *Mahajan/Muller*, 1979), während etwa Marketing-Aktivitäten nicht explizit in das Modell eingehen, oder lediglich über zeitunabhängige Konstante.

Damit bleibt jedoch der wichtige Zusammenhang Marketingvariablen – Diffusionsverlauf unberücksichtigt und insbesondere kann die Wirkung zeitlich befristeter Maßnahmen wie einer in einem gewissen Zeitraum durchgeführten Niedrigpreispolitik nicht ermittelt werden.

Beim Event-History-Ansatz können **zeitabhängige Einflußfaktoren** und **Übernahmeimpulse** ohne Schwierigkeiten einbezogen werden. x(t) bezeichnet dann den Wert der Kovariablen zum Zeitpunkt t. Im einfachsten Fall ist eine zeitabhängige Kovariable eine fest vorgegebene Funktion der Zeit, etwa das Alter. Einige Kovariablen können aber auch stochastische Prozesse sein, die parallel zu dem in Frage stehenden Diffusions- bzw. Adoptionsprozeß verlaufen und zusammen mit ihm beobachtet werden. Beispielsweise kann der Einfluß einer zeitlich befristeten Niedrigpreispolitik im Modell berücksichtigt werden, indem man eine zeitabhängige Kovariable $x_1(t)$ einführt mit

$$x_1(t) = \begin{cases} 1 & \text{während des Zeitraums der Niedrigpreispolitik} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Ist der zugehörige Regressionskoeffizient signifikant positiv, dann ist die Maßnahme effektiv und erhöht die Übernahmerate, d.h. die Wahrscheinlichkeit für einen Kauf.

Daneben können auch andere exogene zeitveränderliche Variablen wie Marktanteil, Marktanteile der Konkurrenz, volkswirtschaftliche Größen, aber auch Faktoren und Kenngrößen des Distributionsnetzes oder personenbezogene zeitveränderliche Merkmale wie Einkommen, Erwerbstätigkeit etc., in das Diffusionsmodell aufgenommen werden. Weitere wichtige zeitveränderliche Kovariablen, die auch in den herkömmlichen Diffusionsmodellen berücksichtigt werden, sind die Anzahl der bisherigen Übernehmer (d.h. die Anzahl der Kunden, die bis zum Zeitpunkt t die Innovation erworben haben) sowie die Anzahl der potentiellen Restübernehmer. Durch die Einbeziehung des Übernehmerbestandes bis zum Zeitpunkt t als Einflußfaktor können unter anderem die Auswirkungen der endogenen Kräfte des Diffusionsprozesses überprüft werden. Ein positives Einflußgewicht stützt die Annahme, daß die Erfahrungen und Kenntnisse sowie der soziale und ökonomische Druck der Umwelt mit zunehmender Marktdurchdringung wachsen.

Der Designvektor wird dann zu x(t) und die Definition (1) der individuellen Übernahmerate wird erweitert zu

$$\lambda(t|x(t)) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} P(t \leqslant T < t + \Delta t | T \geqslant t, x(t)). \quad (2)$$

Neben der Übergangsrate $\lambda(t|x(t))$ sind zur stochastischen Analyse noch weitere Begriffe von Bedeutung, etwa

$$S(t|x(t)) = P(T > t|x(t)) = 1 - F(t|x(t)) \quad (3)$$

(3) wird in der Survival-Literatur als Survivorfunktion bezeichnet und gibt die Wahrscheinlichkeit an, den Zeitpunkt t zu ‚erleben'. Bei der Modellierung von Adoptionszeiten ist $S(t|(t))$ die Wahrscheinlichkeit, daß die Innovation bis zum Zeitpunkt t noch nicht erworben wurde. Während bei der Analyse von Lebenszeiten $\lim_{t\to\infty} S(t|x) = 0$ gilt, ist hier auch $\lim_{t\to\infty} S(t|x) > 0$ zugelassen. Dies ist dann der Fall, wenn ein bestimmter Grenzwert der langfristig erreichbaren Erstkäufer anzunehmen ist, der nur einem Teil der potentiellen Käuferschaft entspricht.

Neben $S(t|x(t))$ ist insbesondere zur Parameterschätzung durch die Maximum-Likelihood-Methode die Dichtefunktion $f(t|x(t))$ von Bedeutung. Der Zusammenhang zwischen den Größen ist (vgl. z.B. *Blossfeld/Hamerle/Mayer*, 1986, S. 33)

$$S(t|x(t)) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(u|x(u))\,du\right) \quad (4)$$

$$f(t|x(t)) = \lambda(t|x(t))\,S(t|x(t)) \quad (5)$$

Aus (4) und (5) wird deutlich, daß sowohl $S(t|x)$ als auch $f(t|x)$ durch die Übernahmerate $\lambda(\cdot)$ ausgedrückt werden können. Dies bedeutet, durch die Übernahmerate ist die Verteilung der Adoptionszeit festgelegt und es unterstreicht die zentrale Rolle der Übernahmerate bei der Modellierung von Diffusions- bzw. Adoptionsprozessen.

3. Einige Spezifikationen der Übernahmerate

3.1. Das Exponential-Modell

Das Exponential-Modell ist charakterisiert durch eine im Zeitablauf **konstante Übernahmerate** (ohne Berücksichtigung von Einflußfaktoren)

$$\lambda(t) = \lambda\,.$$

Die Zeit T bis zur Übernahme besitzt dann eine **Exponentialverteilung**. Die Einflußfaktoren und Übernahmeimpulse können in das Modell einbezogen werden, indem man den Parameter λ von den Kovariablen abhängen läßt. Da die Übernahmerate nicht negativ sein muß, bietet sich die Wahl

$$\lambda(x) = \exp(x'\beta)$$

für zeitunabhängige Kovariablen bzw.

$$\lambda(x) = \exp(x(t)'\beta)$$

für zeitabhängige Kovariablen an. Man erhält damit

$$\lambda(t|x) = \exp(x'\beta) \tag{6}$$

bzw.

$$\lambda(t|x(t)) = \exp(x(t)'\beta)\,. \tag{7}$$

Die Hazardrate in (6) ist über die Zeit konstant, Individuen mit verschiedenen Kovariablenvektoren unterscheiden sich jedoch im Niveau (vgl. *Abb. 2*). In (7) wird durch die Zeitabhängigkeit der Einflußfaktoren die Übernahmerate ebenfalls im Zeitablauf variieren.

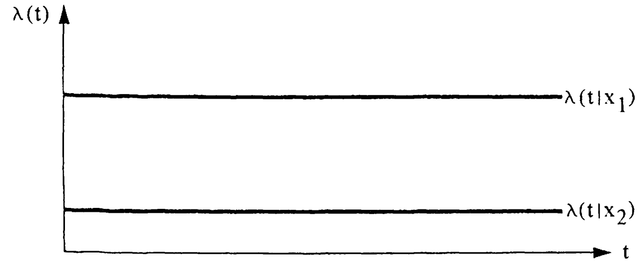

Abb. 2: Hazardraten zweier Individuen bei exponentialverteilten Adoptionszeiten

Das Exponential-Modell besitzt den Vorteil der einfachen Interpretierbarkeit und wird in der Forschungspraxis häufig als Basis- oder Referenz-Modell benutzt, mit dem dann die Schätzungen komplexerer Verteilungsmodelle verglichen werden. Ohne Einflußfaktoren ergibt sich ein homogener Markovprozeß, der vielen stochastischen Analysen von Kaufentscheidungsprozessen zugrundeliegt.

3.2. Das Weibull-Modell

Das *Weibull*-Modell stellt eine Verallgemeinerung des Exponential-Modells dar. Die Übernahmerate ist gegeben durch

$$\lambda(t|x) = \alpha t^{\alpha-1} \exp(x'\beta) \tag{8}$$

bzw.

$$\lambda(t|x(t)) = \alpha t^{\alpha-1} \exp(x(t)'\beta) \tag{9}$$

Bei zeitunabhängigen Einflußfaktoren ist die Übernahmerate des *Weibull*-Modells monoton steigend für $\alpha > 1$ und monoton fallend für $\alpha < 1$. Für den Spezialfall $\alpha = 1$ erhält man wieder das Exponential-Modell.

Ba (1982) legt in seinem Modell *Weibull*-verteilte Übernahmezeitpunkte zugrunde. Allerdings leitet er daraus wieder ein Differentialgleichungsmodell für den Übernehmerbestand im Zeitablauf ab, das dann die Grundlage seiner Analysen bildet.

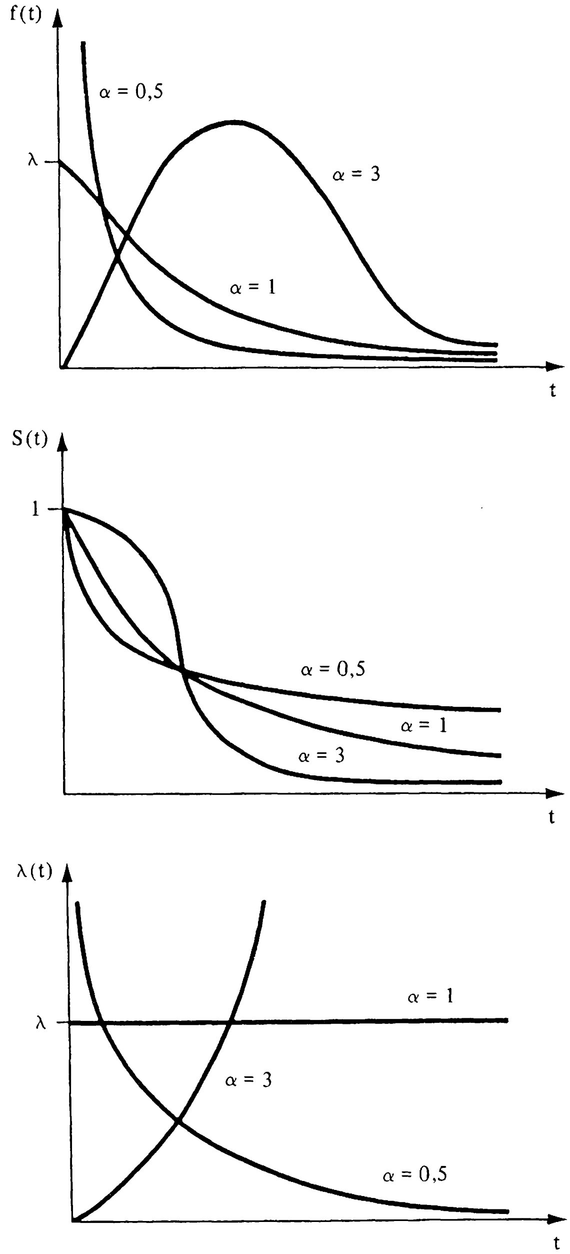

Abb. 3: Dichtefunktion, Survivorfunktion und Hazardrate der Weibull-Verteilung (jeweils für α = 0,5, α = 1 und α = 3), ohne Berücksichtigung von Einflußfaktoren

3.3. Ein semiparametrischer Ansatz: Das Proportional-Hazard-Modell von Cox

Die in den vorangegangenen Abschnitten vorgestellten Spezifikationen erfordern die genaue Festlegung des zeitlichen Verlaufs der Übernahmerate. In vielen Fällen besitzt man jedoch keine ausreichenden Vorinformationen über den zeitlichen Verlauf der Übernahmerate, so daß dieser nicht durch ein parametrisches Modell erfaßt werden kann. Für derartige Situationen wurde von *Cox* (1972) ein Modell mit der Übergangsrate

$$\lambda(t|x(t)) = \lambda_0(t) \exp(x(t)'\beta) \tag{10}$$

vorgeschlagen. Dabei ist $\lambda_0(t)$ eine nicht näher spezifizierte Grundhazardrate. Das *Cox*-Modell ist außerordentlich flexibel und kann insbesondere in Situationen eingesetzt werden, in denen das Hauptinteresse auf der Ermittlung der Regressionskoeffizienten β, d.h. auf der Ermittlung der Wirkung der Einflußfaktoren und Übernahmeimpulse liegt. Allerdings sind zur Schätzung dieser Parameter andere Verfahren einzusetzen. Man vergleiche dazu die Ausführungen im nächsten Abschnitt.

Das Modell (10) ist eine Erweiterung der *Weibull-* bzw. Exponential-Modelle, die parametrische Proportional-Hazard-Modelle repräsentieren.

Neben den hier vorgestellten Spezifikationen sind noch weitere gebräuchlich, wie z.B. das *Gompertz-* oder das log-logistische Modell. Die wichtigsten Spezifikationen sind in *Blossfeld/Hamerle/Mayer* (1986), Kap. 3, beschrieben.

Von vielen Autoren (vgl. z.B. *Nieschlag/Dichtl/Hörschgen*, 1985, S. 171) wird bei Diffusionsprozessen für die Zeit T bis zur Übernahme der Innovation eine Normalverteilung unterstellt. Es werden dann Adopter-Kategorien (innovators, early adopters, early majority, late majority, laggards; vgl. *Rogers*, 1983) gebildet. Bei den hier vorgestellten Modellen kann die Normalverteilung als Verteilung der Adoptionszeit ebenfalls gewählt werden.

Dichtefunktion und Übernahmerate sind in *Abb. 4* wiedergegeben.

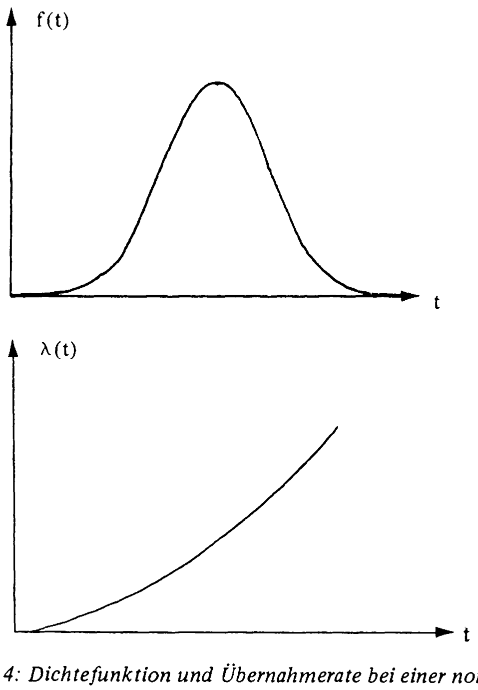

Abb. 4: Dichtefunktion und Übernahmerate bei einer normalverteilten Adoptionszeit

Da die Adoptionszeit T jedoch nur positive Werte annehmen kann, erscheint die Verwendung einer Normalverteilung – entgegen der vielfach eingeschlagenen Vorgehensweise – nicht empfehlenswert. Hier dürfte eine Modellierung durch eine bei 0 kupierte Normalverteilung, durch eine *Weibull*-Verteilung mit $\alpha > 1$ (vgl. *Abb. 3*) oder durch ein Lognormalverteilungs-Modell (vgl. z.B. *Blossfeld/Hamerle/Mayer*, 1986, S. 54) zweckmäßiger sein. Die Einteilung in verschiedene Adopter-Kategorien kann anhand dieser Modelle völlig analog erfolgen, obwohl eine solche Einteilung eher als ein idealtypisches Konzept interpretiert werden sollte. In einer marketingorientierten Diffusionsforschung können empirische Ergebnisse durchaus von dieser idealtypischen Vorstellung abweichen. Man vergleiche dazu die Ausführungen von *Buchholz* (1985), der eine empirische Analyse zur Identifikation von Innovatoren auf der Basis von Individualdaten mit Hilfe von Faktorenanalysen durchführte.

4. Schätzmethoden, Tests, Einsatz von Programmpaketen

Nach der Konstruktion eines geeigneten Modells für den Diffusions- bzw. Adoptionsprozeß sind die unbekannten Parameter, insbesondere die Regressionskoeffizienten, aus den erhobenen Daten zu schätzen. Hier taucht ein besonderes Problem auf, das in der herkömmlichen Regressionsanalyse in der Regel nicht vorhanden ist, nämlich das Problem **zensierter** Daten. Bei der Anwendung der gängigen statistischen Schätzverfahren muß für jedes Stichprobenelement eine Realisation des in Frage stehenden Merkmals vorliegen. Da in einer empirischen Studie das Ende des Beobachtungszeitraums gewöhnlich vorgegeben ist, kann nicht für jedes Mitglied der Stichprobe die Zeitdauer bis zur Übernahme der Innovation ermittelt werden. Man spricht in einem solchen Fall von rechts zensierten Daten. Die Stichprobenrealisation t_i eines Individuums besagt dann lediglich, daß die Dauer bis zur Übernahme mindestens t_i Zeiteinheiten beträgt. Die exakte Zeitdauer läßt sich nicht angeben. In der Regel liegt eine Stichprobe vor, bei der einige Werte t_i exakte Zeitdauern sind, während es sich beim Rest um zensierte Daten handelt. Man bringt dies mit Hilfe eines Zensierungsindikators zum Ausdruck mit

$$\delta_i = \begin{cases} 1 & \text{falls } t_i \text{ nicht zensiert ist,} \\ 0 & \text{falls } t_i \text{ zensiert ist.} \end{cases}$$

Die Möglichkeit, die zensierten Daten einfach zu ignorieren und den Stichprobenumfang zu reduzieren, ist nicht zu empfehlen, da dies verzerrte Resultate zur Folge haben kann. Die Maximum-Likelihood-Methode bietet die Möglichkeit, rechtszensierte Daten explizit im Schätzvorgang zu berücksichtigen. Für eine ausführliche Darstellung der Maximum-Likelihood-Schätzung bei Verweildauer-Modellen mit zensierten Daten vergleiche man *Blossfeld/Hamerle/Mayer* (1986), Kap. 3.6. Eine alternative Vorgehensweise wird für das im Abschnitt 3.3 beschriebene *Cox*-Modell benötigt, da die Likelihoodfunktion die unbekannte Grundhazardrate $\lambda_0(t)$ enthält und daher zur Schätzung von β nicht herangezogen werden kann. Man verwendet in diesem Fall eine sogenannte Partial-Likelihood-Schätzung. Man vergleiche wieder *Blossfeld/Hamerle/Mayer* (1986), Kap. 3.6.4.

Mittlerweile sind in einer Reihe von Statistik-Programmpaketen Programme implementiert, die zur Schätzung von

Modellen für Übernahmeraten bei Diffusions- bzw. Adoptionsprozessen verwendet werden können. Beispielsweise können die im letzten Abschnitt eingeführten parametrischen Modelle (Exponential- und *Weibull*-Modell) mit SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Box 8000, Cary, NC 27511, USA), PROC LIFEREG, aber auch mit Hilfe von GLIM (Generalized Linear Interactive Modelling, Numerical Algorithms Group, 7 Banbury Road, Oxford, OX2 6NN, England) gerechnet werden. Proportional-Hazard-Modelle können mit BMDP(2L) (University of California Press, 2223 Fulton Street, Berkeley, CA 94720, USA) oder mit RATE (N.B. *Tuma*, Stanford University, Stanford, CA 94305, USA; kann von *ZUMA*, Mannheim, bezogen werden) geschätzt werden. *Kemény* (1986) gibt eine vergleichende Übersicht über die Leistungsfähigkeit verfügbarer Programme, allerdings im Kontext der Survival-Analyse. Eine ausführliche Beschreibung der Anwendung der wichtigsten Programmpakete findet man bei *Blossfeld/Hamerle/Mayer* (1986). Dabei wird anhand von konkreten Beispielen aus der Forschungspraxis Schritt für Schritt gezeigt, wie die Daten zu organisieren sind, welche Möglichkeiten der graphischen Präsentation bestehen, wie die Steuerkarten der Programmsysteme jeweils aufgebaut sein müssen und wie die Ergebnisse der Auswertungsläufe zu interpretieren und zu bewerten sind. In den Programmen sind auch Tests zur Überprüfung der Signifikanz einzelner Regressionskoeffizienten oder Modellteile sowie Möglichkeiten zur Residuenanalyse und Modellwahl enthalten, die für eine schrittweise Modellevaluation von Bedeutung sind.

Es ist zu beachten, daß der Datenbedarf zur Schätzung der hier vorgestellten Diffusionsmodelle auf Individualebene sich von dem Datenbedarf der herkömmlichen Differentialgleichungsmodelle unterscheidet. Während bei letzteren in der Regel eine Zeitreihe der Übernehmerzahlen und gegebenenfalls Zeitreihen für exogene Übernahmefaktoren ausreichen, erfordert der Event-History-Ansatz Daten auf Individualniveau. Zur vollständigen Erfassung von Ereignisgeschichten (Zeit bis zum Ersterwerb, Zeit bis zum erneuten Kauf, etc.) der Übernehmer sind in der Regel aufwendigere und kostenintensivere Beobachtungsverfahren notwendig. Mittlerweile werden jedoch von einer Reihe von Marktforschungsinstituten sowie Industrie- und Handelskammern Daten dieser Art erhoben und zugänglich gemacht, insbesondere mit Hilfe von Verbraucherpanels und besonderen Test-Panels. Gelegentlich werden die Daten retrospektiv erhoben. Der zeitliche Verlauf der in Frage stehenden Merkmale des Käuferverhaltens und der potentiellen Einflußfaktoren wird über einen längeren Zeitraum rekonstruiert. Um eine angemessene Reliabilität der Daten zu gewährleisten, ist ein vergleichsweise hohes Maß an Sorgfalt und Kontrolle bei aufwendigen Datenrecherchen und -editionen erforderlich.

Gelegentlich wird für ein Gebrauchsgut der Prozentsatz der Ersterwerber über einen längeren Zeitraum hinweg relativ gering sein. Untersucht man eine Stichprobe (etwa ein Panel) aus der Population über einen Beobachtungszeitraum, so wird in diesen Fällen der Anteil der (rechts-) zensierten Daten sehr hoch sein. Dies kann zu verzerrten Schätzresultaten führen. In derartigen Situationen kann eine andere Vorgehensweise bei der Datenbeschaffung zweckmäßiger sein. Es werden Kunden, die das Produkt erworben haben, befragt und die potentiellen Einflußgrößen werden retrospektiv erhoben. Daneben wird auch eine ‚Kontrollgruppe' von Personen untersucht, die das Produkt nicht erworben hat, wobei jeweils dieselben Merkmale erhoben werden. Diese Vorgehensweise ist analog zu den sogenannten ‚Fall-Kontroll-Studien' bei medizinischen Untersuchungen von Krankheiten mit geringen Inzidenzraten. Über die Einsatzmöglichkeiten von Übergangsraten-Modellen, insbesondere des Proportional-Hazards-Modells, in retrospektiven Studien informieren *Kalbfleisch/Prentice* (1980), S. 198 ff.

5. Allgemeine stochastische Modelle für Kaufentscheidungsprozesse

In diesem Abschnitt werden noch einige Möglichkeiten zur Erweiterung des Diffusionsmodells in Richtung auf eine **allgemeine stochastische Theorie des Kaufentscheidungsprozesses** behandelt, die auch Wiederholungskäufe einschließt. Am zugrundeliegenden stochastischen Prozeß sind zwei verbundene Prozesse beteiligt. Der **Markenwahlprozeß** steuert die Übergänge zwischen den in Frage kommenden Produktmarken (sie repräsentieren die Zustände), während der **Nutzungsdauerprozeß** die Zeitdauern zwischen den aufeinanderfolgenden Kaufzeitpunkten festlegt. Der zugrundeliegende stochastische Prozeß ist somit ein Prozeß mit stetiger Zeit und endlichem Zustandsraum. Die Erwerbszeitpunkte werden repräsentiert durch eine Folge von nicht negativen Zufallsvariablen $0 = T_0 < T_1 < T_2 < \dots$ Die Zustandsvariable wird festgelegt durch $\{Y_k : k = 1, 2, \dots\}$, eine Folge von Zufallsvariablen mit endlichem Zustandsraum. Formal ist der dazu korrespondierende stochastische Prozeß gegeben durch

$$Z(t) = Y_{k-1} \text{ für } \quad T_{k-1} \leqslant t < T_k, \quad k = 1, 2, \dots$$

Der Diffusionsprozeß ist lediglich ein Teil des allgemeinen Modells. Markiert beispielsweise T_0 den Zeitpunkt der Markteinführung einer Innovation, könnte T_1 den Zeitpunkt des Ersterwerbs repräsentieren. Es sind jedoch auch komplexere Situationen vorstellbar. So kann T_1 auch die Zeit bis zur ersten Information über das neue Produkt (awareness) und T_2 der Zeitpunkt des Erstkaufs sein, während $T_3, T_4, \dots$ Wiederholungskäufe repräsentieren. Für die ausführliche Beschreibung eines derartigen Modells vergleiche man *Hauser/Wisniewski* (1982).

Da Diffusionsmodelle nur die Erstkäufe eines Produkts erklären, dürften in der Regel bei Ersatzbeschaffungen zusätzliche Einflußgrößen eine Rolle spielen. Vor allem werden eigene Erfahrungen mit dem Produkt zu Determinanten der Kaufentscheidung. Man kann dies in dem allgemeinen dynamischen Modell dadurch berücksichtigen, daß man nach jedem Zustandswechsel, d.h. für jede Episode einen neuen Vektor $x_k(t)$ von Einflußgrößen und Übernahmeimpulsen mißt. Dabei können einige der Einflußgrößen und Übernahmeimpulse wieder zeitabhängig und stochastisch sein.

Der ‚Pfad' eines Individuums beginnt bei $T_0 = 0$, der Markteinführung der Innovation. Die Dauer der ersten Episode, d.h. die Zeit bis zum ersten Übergang, wird gesteuert durch die **Übergangsrate** (entspricht der Übernahmerate im Diffusionsmodell)

$$\lambda^1(t|x_1(t)) =$$

$$= \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} P(t \leqslant T_1 < t + \Delta t | T_1 \geqslant t,\ x_1(t)) \qquad (11)$$

die sich zusammensetzt aus den ‚übergangsspezifischen' Raten

$$\lambda_j^1(t|x_1(t)) =$$

$$= \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} P(t \leqslant T_1 < t + \Delta t,\ Y_1 = j | T_1 \geqslant t,\ x_1(t))\,. \qquad (12)$$

(12) ist der Grenzwert der bedingten Wahrscheinlichkeit, zum Zeitpunkt t in den Zustand j zu wechseln, gegeben der Kovariablenprozeß und daß bis zu diesem Zeitpunkt noch kein Übergang stattgefunden hat. Die Anzahl der möglichen Zustände sei m. Der Zusammenhang zwischen (11) und (12) ist

$$\lambda^1(t|x_1(t)) = \sum_{j=1}^{m} \lambda_j^1(t|x_1(t))\,.$$

Zum Zeitpunkt $T_1 = t_1$ tritt für das Individuum der erste Übergang ein und die zweite Episode beginnt. Auf diese Weise wird fortgefahren und man erhält sukzessive den zeitlichen Verlauf der aufeinanderfolgenden Übergänge und Episoden für das Individuum. Die Zeitpunkte, zu denen Ereignisse bzw. Übergänge stattfinden, sind $t_1 < t_2 < \ldots$. In jeder Episode wird möglicherweise ein neuer Vektor von Einflußgrößen erhoben. Ist eine Person in der k-ten Episode und bezeichnet man die Vorgeschichte des Prozesses mit H_{k-1}, so ist die übergangsspezifische Übergangsrate gegeben durch

$$\lambda_j^k(t|x_k(t),\ H_{k-1}) =$$

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} P(t \leqslant T_k < t + \Delta t,\ Y_k = j | T_k \geqslant t,\ x_k(t),\ H_{k-1})\,. \qquad (13)$$

Diese Übergangsrate kann i.a. auch von Elementen der Vorgeschichte H_{k-1} beeinflußt werden. Beispielsweise kann die letzte Nutzungsdauer die gegenwärtige Dauer bis zum erneuten Kauf beeinflussen. Als Spezialfall, bei dem die aktuelle Übergangsrate nur vom letzten Zustand y_{k-1} abhängt, erhält man Semi-Markovprozesse, wie sie von *Hauser/Wisniewski* (1982) beschrieben werden.

Die Modellierung des gesamten dynamischen Prozesses kann wie im Ein-Episoden-Fall auf die Übergangsraten zurückgeführt werden. Dabei sind die übergangsspezifischen Raten in Abhängigkeit von den Einflußgrößen und Übernahmeimpulsen zu spezifizieren. Als Spezifikationen kommen wieder die Abschnitt 3 vorgestellten Modelle in Betracht. Im allgemeinen Fall können sowohl die zu den Einflußfaktoren gehörenden Regressionskoeffizienten als auch die Parameter, welche die Zeitabhängigkeit der Rate determinieren, vom Vorzustand y_{k-1}, vom Zielzustand y_k und von der laufenden Nummer k der Episode abhängen. Dies führt zu einer wesentlich flexibleren Modellierung des Käuferverhaltens. So kann z.B. der Einfluß bestimmter Merkmale wie Einkommen, Alter, etc. von der Markenwahl (durch verschiedene Zustände repräsentiert) abhängen oder er kann bei Erst- und Wiederholungskäufen unterschiedlich sein.

Zur Schätzung solcher Durations-Modelle mit mehreren aufeinanderfolgenden Episoden und insbesondere auch zur Information über die Einsatzmöglichkeiten geeigneter Programme vergleiche man *Hamerle* (1987).

Die Modellierung der Übergangsraten (13) stellt ein sehr allgemeines und flexibles Konzept zur Analyse des Kaufverhaltensprozesses dar. Darin sind eine Reihe von Spezialfällen enthalten, die in der Literatur diskutiert und angewendet wurden. Man erhält diese Spezialfälle durch unterschiedliche Restriktionen für die Übergangsrate bzw. Übernahmefaktoren. Im einfachsten Fall wird die Übernahmerate als zeitinvariant gewählt. Die Zeitspannen zwischen den Erwerbszeitpunkten sind dann exponentialverteilt und das Kaufverhalten wird durch einen Markovprozeß beschrieben. Für den Duration-Prozeß, d.h. für die aufeinanderfolgenden Kaufzeitpunkte, wurden auch komplexere Modelle verwendet. *Herniter* (1971) beispielsweise postuliert dafür eine *Erlang*-Verteilung, während die Markenwahl wieder durch eine *Markov*-Kette bestimmt wird. Ein etwas allgemeinerer Ansatz wird von *Zufryden* (1977) erörtert. Andere Spezifikationen der Übergangsraten führen zu weiteren Spezialfällen. Gelegentlich werden auch die Zeitspannen zwischen den Käufen vernachlässigt und lediglich die Übergänge mit *Markov*-Ketten, vorwiegend 1. Ordnung, untersucht. Darüber hinaus wurden für die vorliegende Problemstellung Logit- und Probit-Modelle vorgeschlagen (z.B. *McFadden*, 1980, *Jones/Zufryden*, 1980), die ebenfalls nur einen Teil des Problems berücksichtigen. Für eine ausführliche Literaturübersicht über den Einsatz von Modellen zur Analyse des Kaufentscheidungsprozesses vergleiche man *Hauser/Wisniewski* (1982). Nahezu alle der in der Literatur diskutierten Modelle enthalten die restriktive Annahme, daß Festlegung des Erwerbszeitpunkts und Markenwahl unabhängig voneinander erfolgen. Im allgemeinen Ansatz (13) ist eine derartige Annahme nicht erforderlich. Der Event-History-Ansatz integriert einen Großteil dieser Spezialfälle (bei denen der Duration-Prozeß explizit modelliert wird) und stellt eine allgemeine Theorie des Kaufentscheidungsprozesses bereit. In den bisherigen Literaturbeiträgen werden exogene Variablen nur in Ausnahmefällen berücksichtigt. Dies ist jedoch von entscheidender Bedeutung, etwa wenn der Einfluß von Marketing-Mix-Strategien, die eventuell zeitlich befristet sind, beurteilt werden soll. Darin liegt ein weiterer Vorteil des Event-History-Ansatzes, der die Einbeziehung von zeitabhängigen und stochastischen Einflußfaktoren und Übernahmeimpulsen gestattet. Mittlerweile sind bereits eine Reihe von Software-Paketen verfügbar, die zur Auswertung konkreter Datensätze herangezogen werden können. Allerdings erfordert der Ansatz einen vergleichsweise hohen Aufwand bei der Datenbeschaffung, da anstelle der häufig herangezogenen Herstellerangaben Daten von den Übernehmern zu erheben sind.

Literaturverzeichnis

Bass, F.M. (1969): A new product growth model for consumer durables, in: Management Science 15, S. 215–227.

Bass, F.M. (1980): The relationship between diffusion rates, experience curves, and demand elasticities for consumer durable technological innovations, in: The Journal of Business 53, 1980, S. 51–67.

Bea, F.X.; Dichtl, E.; Schweitzer, M. (Hrsg.) (1985): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Bd. 3, 2. Aufl., Stuttgart 1985.

Blossfeld, H.P.; Hamerle, A.; Mayer, K.U. (1986): Ereignisanalyse: Statistische Theorie und Anwendung in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Frankfurt a.M. 1986.

Böcker, F.; Thomas, L. (1981): Marketing, Stuttgart 1981.

Böcker, F.; Dichtl, E. (1985): Marketing, in: *Bea, F.X.; Dichtl, E.; Schweitzer, M.* (Hrsg.): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Bd. 3, 2. Aufl., Stuttgart 1985, S. 91–150.

Bonus, H. (1968): Die Ausbreitung des Fernsehens, Meisenheim am Glan 1968.

Buchholz, R. (1985): Identifizierung von Innovatoren auf einstellungstheoretischer Grundlage am Beispiel des Marktes für Nahrungsmittel, in: Marketing · ZFP, 7. Jg. (1985), S. 173–179.

Cox, D.R. (1972): Regression models and life-tables (with discussion), in: Journal of the Royal Statistical Society B, 1972, S. 187–220.

Dodson, J.A.; Muller, E. (1978): Models of new product diffusion through advertising and word of mouth, in: Management Science 24, S. 1568–1578.

Fahrmeir, L.; Hamerle, A. (1984): Multivariate statistische Verfahren, Berlin 1984.

Fourt, L.A.; Woodlock, J.W. (1960): Early prediction of market success for new grocery products, Journal of Marketing 25, 1960, S. 31–38.

Gierl, H. (1986): Die Erklärung der Diffusion neuer technischer Produkte, Dissertation, Universität Regensburg 1986.

Hamerle, A. (1987): Multiple-spell regression models for duration data, Applied Statistics 36 (to appear).

Hamerle, A.; Kemény, P.; Tutz, G. (1984): Kategoriale Regression, in: *Fahrmeir, L.; Hamerle, A.* (Hrsg.): Multivariate statistische Verfahren, Berlin 1984, Kap. 6.

Hauser, J.R.; Wisniewski, K.J. (1982): Dynamic analysis of consumer response to marketing strategies, Management Science 28, 1982, S. 455–486.

Heeler, R.M.; Hustad, T.P. (1980): Problems in predicting new product growth for consumer durables, in: Management Science 26, 1980, S. 1007–1020.

Herniter, J. (1971): A probabilistic market model of purchase timing and brand selection, in: Management Science 18, 1971, S. 102–113.

Jones, J.M.; Zufryden, F.S. (1980): Adding explanatory variables to a consumer purchase behavior model, in: Journal of Marketing Research 17, 1980, S. 323–334.

Kaas, K.P. (1973): Diffusion und Marketing, Stuttgart 1973.

Kalbfleisch, J.D.; Prentice, R.L. (1980): The statistical analysis of failure time data, New York 1980.

Kalish, S.; Lilien, G.L. (1983): Optimal price subsidy policy for accelerating the diffusion of innovation, in: Marketing Science 2, 1983, S. 407–420.

Kemény, P. (1986): Regressionsmodelle zur Analyse von Verweildauern – ein Software-Vergleich, in: *Lehmacher, W.; Hörmann, A.* (Hrsg.): Statistik-Software: 3. Konferenz über wissenschaftliche Anwendung von Statistik-Software, Stuttgart 1986.

Lewandowski, R. (1974): Prognose- und Informationssysteme und ihre Anwendungen, Band 1, Berlin, New York 1974.

Lewandowski, R. (1980): Prognose- und Informationssysteme und ihre Anwendungen, Band 2, Berlin, New York 1980.

Mahajan, V.; Muller, E. (1979): Innovation diffusion and new product growth models in Marketing, in: Journal of Marketing 43, 1979, S. 55–68.

Mahajan, V.; Peterson, R.A. (1978): Innovation Diffusion in a dynamic potential adopter, population, in: Management Science 24, S. 1589–1597.

Mansfield, E. (1961): Technical change and the rate of imitation, in: Econometrica 29, 1961, S. 741–766.

Massy, W.F.; Montgomery, D.B.; Morrison, D.G. (1970): Stochastic models of buying behavior, Cambridge 1970.

McFadden, D. (1980): Econometric models for probabilistic choice among products, in: The Journal of Business 53, 1980, S. 513–536.

Nieschlag, R.; Dichtl, E.; Hörschgen, H. (1985): Marketing, 14. Aufl., Berlin 1985.

Rogers, E.M. (1983): The diffusion of innovation, 3. Aufl., New York 1983.

Rogers, E.M.; Shoemaker, F.F. (1971): Communications of innovations: A cross-cultural approach, New York 1971.

Schmalen, H. (1979): Marketing-Mix für neuartige Gebrauchsgüter, Wiesbaden 1979.

Schmalen, H. (1982): Preispolitik, Stuttgart 1982.

Schünemann, T.; Bruns, T. (1985): Entwicklung eines Diffusionsmodells für technische Innovationen, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 55, 1985, S. 166–185.

Simon, H. (1985): Goodwill und Marketingstrategie, Wiesbaden 1985.

Simon, H.; Sebastian, K.H. (1984): Diffusion and advertising: The German telephone campaign, Working Paper, Universität Bielefeld 1984.

Simon, L.S.; Horsky, D. (1983): Advertising and the diffusion of new products, in: Marketing Science 2, S. 1–17.

Spremann, K. (1982): Hybrid product life cycles and the Nerlove-Arrow model, Working Paper, Universität Ulm 1982.

Wind, Y. (1982): Product-Policy. Concepts, methods and strategy, Reading, Mass. 1982.

Zufryden, F.S. (1977): A composite heterogeneous model of brand choice and purchase timing behavior, in: Management Science 24, S. 121–136.

Summary

The diffusion process represents the level of spread of an innovation among a given set of prospective adopters. Since adoption time is the result of an individual's decision process, a stochastic model on the individual level is an appropriate alternative to the aggregate models based on differential equations. In the present paper the event history approach is proposed to model diffusion of innovation and more general dynamic models of consumer response and purchase behavior. The models are based on the individual specific diffusion rate or the transition rate in more general models. Various specifications of the diffusion or transition rates are possible. Time dependent and stochastic explanatory variables, e.g. marketing strategies, can be incorporated. To conclude, the availability and applicability of appropriate computer programs are discussed.