

ERNST-MORITZ-ARNDT-UNIVERSITÄT GREIFSWALD

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Marketing

Evolutionäre Optimierung mit MUTABA
(Mutativ-Biologischer Algorithmus)
Version 2.1

Programmbeschreibung und Simulationsergebnisse eines mutativ-biologischen Optimierungsverfahrens zur Ableitung optimaler Markteinführungsstrategien für neue Produkte

Dr. Heiko Kay Xander *

Diskussionspapier 5/ 2003

Januar 2003

Wirtschaftswissenschaftliche Diskussionspapiere

ISSN 1437 – 6989

<http://www.rsf.uni-greifswald.de/bwl/paper.html>

* Universität Passau, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Absatzwirtschaft und Handel

INHALTSVERZEICHNIS

1 Marketing-Mix bei Neuprodukteinführungen.....	3
2 Modellentwicklung: Verhaltenstheoretische Grundlagen und ihre Umsetzung.....	4
2.1 Die Adoptions- und Diffusionstheorie.....	4
2.2 Überführung der verhaltenswissenschaftlichen Erkenntnisse in das Nachfragemodell.....	7
2.2.1 Das Marktanteilsmodell.....	9
2.2.2 Der Periodenabsatz.....	14
2.3 Weitere Modellbestandteile: Das Kostenmodell.....	15
2.4 Das Entscheidungsmodell.....	18
3 Vorgehensweise der Untersuchung.....	20
3.1 Das Untersuchungsverfahren: Dynamische Verfahren der numerischen Optimierung.....	21
3.1.1 Das konventionelle Evolutionsverfahren.....	22
3.1.2 Das bereichsspezifische Pyramiden-Mutationsverfahren.....	27
3.1.3 Beurteilung der dynamischen Untersuchungsverfahren.....	29
3.2 Der Ausgangssatzensatz.....	32
4 Anwendungsbeispiele und Simulationsergebnisse.....	34
5 Schlussbetrachtung.....	37
Literatur.....	38

1 Marketing-Mix bei Neuprodukteinführungen

Die Markteinführung neuer Produkte stellt für jedes Unternehmen ein komplexes und von vielen Einflussfaktoren determiniertes Entscheidungsproblem dar. So besteht bei einer Neuprodukteinführung für die Anbieter stets die Gefahr, dass die Nachfrager die Innovation nicht akzeptieren, zum Beispiel wenn die neuen Produkteigenschaften den Marktbedürfnissen nicht entsprechen oder mit der neuen Technologie keine akzeptablen Preise realisierbar sind. Diese, auf konkurrenzintensiven Märkten häufig vorzufindenden Nachfrageunsicherheiten stellen Unternehmen bei der Markteinführung vor hohe Risiken, da den Kosten aus der Entwicklung und Herstellung neuer Produkte und den erforderlichen (Werbe-) Investitionen in den Marktaufbau bei einer mangelnden Akzeptanz durch die Nachfrager nur geringe Erlöse gegenüberstehen. Die Höhe dieses Marktrisikos belegen immer wieder eindrucksvoll die Berichte über "Flopratzen" von Innovationen, die -je nach Branche und Produktart- zwischen 40% und 90% liegen.¹⁾ Die genaue Kenntnis der Faktoren, die das Kaufverhalten bei neuen Produkten bestimmen und die Verbreitung von Innovationen vorantreiben, ist aus Unternehmenssicht für eine Einführungsentscheidung somit von großer Bedeutung. Angesichts der bei neuen Produkten vorhandenen Unsicherheiten über die weitere Marktentwicklung stellt sich im Rahmen des unternehmerischen **Neuproduktmanagements** vor allem die Frage, unter welchen Rahmenbedingungen die *Entwicklung und Einführung neuer Produkte* ökonomisch sinnvoll ist und wie die absatzpolitischen Instrumente zur erfolgreichen Unterstützung ihrer Marktdurchdringung eingesetzt werden müssen. Zur Beantwortung dieser Problemstellung wird im folgenden ein Verfahren entwickelt, mit dem optimale Preis- und Werbeverläufe bei der Markteinführung neuer Produkte abgeleitet werden können. Auf Basis eines komplexen Marketing-Mix-Modells, das die Anbieter- und Nachfragersituation auf einem fiktiven Konkurrenzmarkt nachbildet, wird gezeigt, wie eine gewinnoptimale Einführungsstrategie für neue Produkte ausgestaltet sein muss. Der Ablauf gestaltet sich im einzelnen wie folgt. In Abschnitt 2 werden zunächst die theoretischen Grundlagen und wesentlichen Modellbestandteile des der Untersuchung zugrundeliegenden Entscheidungsmodells erläutert. Im Anschluss wird in Abschnitt 3 auf das zur Anwendung gelangte Verfahren zur Gewinnung dynamisch-optimaler Modellösungen näher eingegangen bevor abschließend in Abschnitt 4 einige ausgewählte Anwendungsbeispiele und Simulationsergebnisse vorgestellt werden.

¹⁾ Zahlreiche Untersuchungen über den Erfolg von neuen Produkten belegen, dass lediglich ein Bruchteil der eingeführten Neuerungen zu tatsächlichen Markterfolgen wird, während ein Großteil am Markt kläglich scheitert, vgl. zu Beispielen und weiteren empirischen Ergebnissen BROCKHOFF, K. (1999), S. 3-5, KORTMANN, W. (1995), S. 3 sowie die Übersicht in ERICHSON, B. (2002), S. 387.

2 Modellentwicklung: Verhaltenstheoretische Grundlagen und ihre Umsetzung

2.1 Die Adoptions- und Diffusionstheorie

In der betriebswirtschaftlichen Literatur hat sich für die Untersuchung von Neuprodukteinführungen die Adoptions- und Diffusionstheorie bewährt.²⁾ Die Adoptions- und Diffusionstheorie befasst sich traditionell mit der Ausbreitung von neuen Produkten in Märkten. Ausgangspunkt bildet die Tatsache, dass die potentiellen Käufer eines neuen Produkts dieses nicht alle zum gleichen Zeitpunkt übernehmen, sondern sich die Übernahmezeitpunkte der einzelnen Nachfrager voneinander unterscheiden. Neuerungen werden bei ihrer Einführung somit nicht von allen potentiellen Übernehmern sofort angenommen, sondern breiten sich erst nach und nach über die Adopterpopulation im Zeitablauf aus ("Diffusion"). Durch Identifikation der Faktoren, die sich *hemmend* bzw. *fördernd* auf die Verbreitung neuer Produkte auswirken, bietet das diffusionstheoretische Instrumentarium Unternehmen damit eine Hilfestellung bei dem Versuch, das "Durchsetzungspotential" neuer Produkte abzuschätzen und frühzeitig Anhaltspunkte für ein mögliches Scheitern einer Neuprodukteinführung zu erhalten. So konnten in zahlreichen empirischen Untersuchungen zum Diffusionsparadigma "glockenförmige" bzw. in kumulierter Darstellung s-förmige ("sigmoide") Diffusionskurven des Ausbreitungsverlaufs neuer Produkte identifiziert werden. Das Zustandekommen dieser -idealtypischen- Diffusionskurven lässt sich aus dem **Kommunikationsverhalten** der Mitglieder des sozialen Systems erklären:³⁾ Zu Beginn der Diffusion übernimmt nur ein kleiner Teil der Nachfrager die Innovation, die dann über verschiedene Arten von *-interpersonellen-* Kommunikationsbeziehungen weitere Käufe initiieren, bis die zunehmende Marktsättigung gegen Ende des Diffusionsprozesses immer weniger Adoptionen zulässt. Das Zustandekommen eines Diffusionsprozesses wird somit maßgeblich über die Kommunikation zwischen den einzelnen Mitgliedern eines sozialen Systems erklärt. Trotz der hohen Bedeutung von Kommunikationsprozessen für die Diffusion handelt es sich beim Diffusionsansatz allerdings nicht um ein reines Kommunikationsmodell, da der Grundbaustein des Ausbreitungsprozesses nach wie vor die *intrapersonelle* Adoption einer Innovation ist. Der Diffusionsprozess ist vielmehr als ein integrierender Prozess zu verstehen, der zwei unterschiedliche Betrachtungsebenen miteinander verbindet:⁴⁾ Den disaggregierten *Adoptions-* und den aggregierten *Kommunikationsprozess*. Während der Untersuchungsbereich der disaggregierten Adoptionstheorie primär in der Analyse von Faktoren liegt, die den *intrapersonellen Adoptionsprozess* bei

2) Vgl. zu Einzelheiten SCHMALEN, H., PECHTL, H. (1992) sowie PECHTL, H. (1991).

3) Vgl. ROGERS, E. (1995).

4) Vgl. hierzu auch RÖCK, C. (2000), S. 19-20, KUHLMANN, C. (1997), S. 141-142.

der Übernahme (Adoption) oder Ablehnung (Rejektion) einer Neuheit auf der Individual-ebene eines *potentiellen Adopters* (Übernehmers) beeinflussen, stehen bei der Diffusionstheorie vor allem die *interpersonellen Beziehungen* zwischen den Mitgliedern eines sozialen Systems im Vordergrund. Beide Theoriebereiche sind demnach eng miteinander verbunden, da ein Diffusionsprozess aus der Aggregation aller individuellen Übernahmeentscheidungen entsteht.⁵⁾

Zur formalen Untersuchung des Diffusionsphänomens wurden in der mathematischen Ausrichtung der Diffusionsforschung zahlreiche Modelle entwickelt. Ausgehend von den ersten, einfach-strukturierten Diffusionsmodellen im Sinne von Bass (1969),⁶⁾ die primär die Reproduktion vergangener bzw. die Prognose zukünftiger Absatzzahlen im Lebenszyklus eines neuen Produkts zum Inhalt haben (sog. Prognosemodelle), interessiert in der *normativen Ausrichtung* der modellorientierten Diffusionsforschung die Frage, welchen Einfluss die absatzpolitischen Instrumenten auf den Verlauf des Diffusionsprozesses haben. Durch Integration marketingrelevante Entscheidungsvariablen wie Preis und Werbung in Diffusionsmodelle wird somit die Ableitung marketingstrategischer Handlungsempfehlungen bei der Planung von Neuprodukteinführungen möglich. Die Bestimmung optimaler Preis- und Werbestrategien im Verlauf des Produktlebenszyklus hat bereits eine lange Tradition innerhalb der modellorientierten Diffusionsforschung.⁷⁾ Die Festlegung des optimalen Preises bzw. der optimalen Werbehöhe bei der Einführung und Verbreitung neuer Produkte im Zeitablauf "ist jedoch eines der schwierigsten Probleme im Marketing."⁸⁾

Ausgangspunkt diffusionstheoretischer Überlegungen zur Bestimmung des Ausbreitungsverlaufs neuer Produkte bildet die Unterscheidung zweier Nachfragergruppen im Markt ("soziales System"), Diese Nachfragergruppen sind durch eine unterschiedliche Reaktion auf soziale Einflüsse gekennzeichnet: Während **Innovatoren** ihre Kaufentscheidung unabhängig von der Übernahmeentscheidung anderer Mitglieder aus dem sozialen System treffen und vielmehr an Neuheiten generell interessiert sind, treffen **Imitatoren** ihre Kaufentscheidung vor allem in Abhängigkeit der Übernahmeentscheidung anderer Mitglieder des sozialen Systems, Sie orientieren sich deshalb maßgeblich am Verbreitungsgrad einer Innovation, was sich folgendermaßen erklären lässt: Mit steigender Zahl an Übernehmern vermittelt der Produktverbreitungsgrad den Imitatoren ein zunehmendes Gefühl der

5) Vgl. GIERL, H. (1987), S. 31.

6) Vgl. BASS, F. (1969) sowie die Ausführungen in SABEL, H., WEISER, C. (1998), S. 33-34.

7) Vgl. für eine Übersicht zum aktuellen "Stand der modellorientierten Diffusionsforschung" SCHMALEN, H, XANDER, H. (2002), S. 411-425.

8) SCHMALEN, H. (1999), S. 555.

Qualitätssicherheit ("Erfahrungsfundus"), ein erhöhtes Maß an -kaufentscheidenden **Innovationsinformationen** und führt insgesamt zu einem Anstieg des **sozialen Übernahmedrucks**. Da es für die Imitatoren nicht erkennbar und deshalb für ihre Kaufmotivation unerheblich ist, inwieweit die bisherige Produktverbreitung von Innovatoren oder Imitatoren getrennt getragen wird, wirken alle Innovatoren und Imitatoren, die bereits gekauft haben, also die gesamte bisherige Produktverbreitung, kaufbeeinflussend auf die Imitatoren, weshalb mit zunehmender Produktverbreitung die Kaufwahrscheinlichkeit der Imitatoren steigt. Das Marketing Mix wirkt ebenfalls kaufbeeinflussend auf die Übernahmegewindigkeit der Nachfrager. Als Einflussvariablen auf das Nachfragerverhalten werden im folgenden der Produktneuigkeitsgrad (N als Maß der Produktqualität), der Produktverbreitungsgrad (Y_t), der Preis (P_t) und die Werbung (W_t) berücksichtigt. *Segmentspezifische Empfindlichkeiten* steuern den Einfluss dieser Instrumente in den einzelnen Segmenten. Die Innovatoren reagieren demnach am stärksten auf den Neuigkeitsgrad, dann auf die Werbung und am schwächsten auf den Preis. Die Imitatoren reagieren dagegen zuerst auf den Produktverbreitungsgrad, dann auf den Preis und zuletzt auf die Werbung.

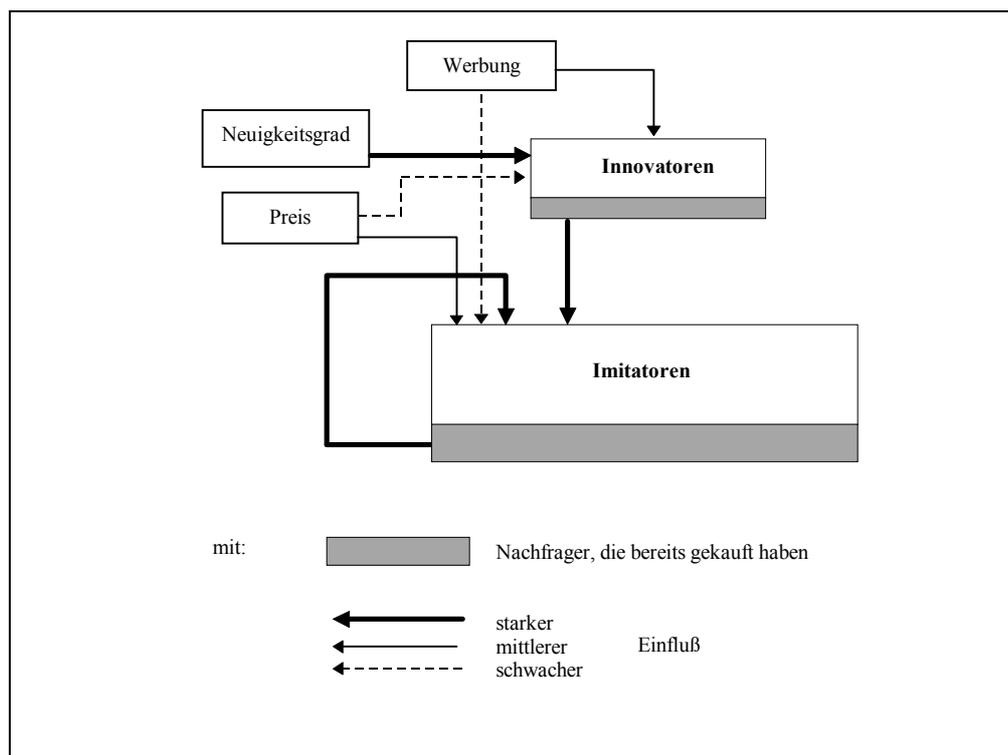


Abbildung 1: Die Nachfragefaktoren im Segmentierungsansatz

2.2 Überführung der verhaltenswissenschaftlichen Erkenntnisse in das Nachfragemodell

Die diffusionstheoretischen Zusammenhänge werden im folgenden in ein Modell überführt, mit dem die Nachfrage nach neuen Produkten untersucht werden kann.⁹⁾ Für die Modellierung der Gesamtnachfrage wird ein Markt (M) für ein langlebiges Gebrauchsgut betrachtet, der sich aus M_i ($i=1..2$) Marktsegmenten, dem *Innovatoren-Marktsegment* (M_1) und dem *Imitatoren-Marktsegment* (M_2) zusammensetzt:¹⁰⁾

$$(1) \quad M = M_1 + M_2$$

mit M_1 = Marktpotential der Innovatoren

M_2 = Marktpotential der Imitatoren

Der gesamte Periodenabsatz S_t ergibt sich aus der Summe der Periodenkäufe S_{1t} im Segment der Innovatoren (M_1) und den Verkäufen S_{2t} aus dem Segment der Imitatoren (M_2). Im einzelnen gilt für $t = 1..T$ (Planungshorizont):

$$(2) \quad S_t = S_{1t} + S_{2t}$$

mit: S_t = Periodengesamtverkäufe

S_{1t} = Periodenkäufe der Innovatoren

S_{2t} = Periodenkäufe der Imitatoren

Die Verkäufe in den Segmenten i errechnen sich durch Multiplikation der segmentspezifischen Kaufwahrscheinlichkeit h_{it} mit dem jeweils unbelieferten Käuferreservoir ("Bedarflücke") des i -ten Segments, als der Differenz aus dem segmentspezifischen Marktpotential und den kumulierten bisherigen Segmentverkäufen ($M_i - X_{it-1}$).

$$(3 a) \quad S_{1t} = h_{1t} \cdot (M_1 - X_{1t-1})$$

$$\text{mit: } X_{1t-1} = \sum_{\tau=1}^{t-1} S_{1\tau}$$

$$(3 b) \quad S_{2t} = h_{2t} \cdot (M_2 - X_{2t-1})$$

⁹⁾ Vgl. zu den modelltheoretischen Grundlagen SCHMALEN, H. (1992), S. 98-107.

¹⁰⁾ Der Gesamtmarkt ist allerdings nicht auf das Vorliegen nur zweier Nachfragersegmente beschränkt. Vgl. zu einer Weiterentwicklung dieses Grundmodells zur Abbildung mehrerer Nachfragerschichten für differenzierte Produkte XANDER, H. (2003).

$$\text{mit: } X_{2t-1} = \sum_{\tau=1}^{t-1} S_{2\tau}$$

mit: h_{1t} = Kaufwahrscheinlichkeit der Innovatoren; $0 < h_{1t} < 1$

h_{2t} = Kaufwahrscheinlichkeit der Imitatoren; $0 < h_{2t} < 1$

X_{it-1} = kumulierte Verkäufe bis t-1 in Segment i

Für die Einbeziehung der Marketing-Mix-Variablen in das Entscheidungskalkül der Nachfrager werden die absatzpolitischen Instrumente mit den segmentspezifischen Kaufwahrscheinlichkeiten der Innovatoren (h_{1t}) und Imitatoren (h_{2t}) verknüpft. Dazu werden die absatzpolitischen Instrumente entsprechend ihrer "Herkunft" verwendet und entsprechend zwischen dem Neuigkeitsgrad (N), der Werbung (W_t), dem Preis (P_t) sowie dem Verbreitungsgrad (Y_t) unterschieden. Um die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Instrumenten zu berücksichtigen, werden diese über eine Cobb-Douglas-Funktion miteinander verknüpft. Dadurch werden auch die Interaktionseffekte zwischen den einzelnen Instrumenten explizit erfasst, die für die Kaufentscheidung bedeutsamer sein können als die isolierten Haupteffekte. Nach Maßgabe der absoluten Empfindlichkeit $r_{(\cdot)i}$ eines absatzpolitischen Instruments (\cdot), die die Wirkungsstärke des Marketingeinsatzes in der jeweiligen Absatzgruppe i festlegt, bestimmen sich die Kaufwahrscheinlichkeiten der einzelnen Segmente wie folgt:

Für die Kaufwahrscheinlichkeit der *Innovatoren* h_{1t} gilt: $h_{1t} = h_{1t}(N, W_t, P_t)$, mit

$$(4 a) \quad h_{1t} = \frac{1}{1 + \frac{g_1}{N^{1/rN}} \cdot [W_t]^{rW_1} \cdot [P_t]^{rP_1}}$$

Für die Kaufwahrscheinlichkeit der *Imitatoren* h_{2t} gilt: $h_{2t} = h_{2t}(Y_t, P_t, W_t)$ mit:

$$(4 b) \quad h_{2t} = \frac{1}{1 + \frac{g_2}{Y^{1/rY}} \cdot [W_t]^{rW_2} \cdot [P_t]^{rP_2}}$$

mit: g_1, g_2 = Marktwiderstand in den Segmenten ("Diffusionsträgheit")

$1/rN$ = absolute Qualitätsempfindlichkeit

$1/rY$ = absolute Empfindlichkeit gegenüber sozialem Übernahmepressur

$rP_{1;2}$ = absolute Preisempfindlichkeit in den Segmenten

$rW_{1;2}$ = absolute Werbeempfindlichkeit in den Segmenten

Die Exponenten $1/r_N$, $1/r_Y$, rP_i und rW_i ($i=1..2$) spiegeln die *absoluten Empfindlichkeiten* wider, mit denen die einzelnen Segmente auf die jeweiligen Marketingfaktoren reagieren. Je höher diese absolute Empfindlichkeit ist, desto höher ist ceteris-paribus der Kaufprozentsatz der jeweiligen Adoptergruppe für die konkurrierenden Produkte. Diese Parameter determinieren somit die unterschiedliche Verhaltensausrichtung innerhalb der Segmente, weshalb sie die eigentlichen -segmentbeschreibenden- Parameter sind. Sie können als Bestandteile der Elastizitäten des jeweiligen Instruments interpretiert werden. Die Reihenfolge der Empfindlichkeiten ergibt sich aus der Bedeutung der Marketinginstrumente in den Segmenten somit wie folgt: Für die

$$\begin{array}{l} \text{Innovatoren gilt :} \quad 1/r_N > rW_1 > rP_1 \\ \text{Imitatoren gilt :} \quad 1/r_Y > rP_2 > rW_2 \end{array}$$

Demnach reagieren die *Innovatoren* besonders elastisch auf den Neuigkeitsgrad, ziemlich unelastisch auf den Preis und ihre Elastizität bezüglich der Werbung liegt in der Mitte. Die Imitatoren reagieren am elastischsten auf die Produktverbreitung, dann auf den Preis und relativ schwach auf die Werbung. Um die produkt- und marketingpolitischen Unterschiede abzubilden, können die Koeffizienten den zu untersuchenden Marktszenarien entsprechend angepasst werden.

Das Modell bildet in der bisherigen Darstellung den Monopolfall ab. Durch eine entsprechende Erweiterung zu einem Marktanteilsmodell kann auch die Konkurrenz weiterer Anbieter berücksichtigt werden ("market share attraction model").

2.2.1 Das Marktanteilsmodell

Um die Möglichkeit der Anbieterkonkurrenz in das Modell mit aufzunehmen, müssen die über ihre anbieterspezifischen Marketingvariablen miteinander konkurrierenden Unternehmen explizit abgebildet werden. Dies geschieht über das "market share attraction model".¹¹⁾ Ausgangspunkt dieses "Attraktionsmodells" bildet die Tatsache, dass ab dem Zeitpunkt z^j des Markteintritts eines neuen Wettbewerbers j also für $t \geq z^j$ sich die Anbieter den Markt teilen müssen. Die *Berechnung der Marktanteile* erfolgt dann über die Attraktivität eines Anbieters. Nach dem allgemeinen Attraktionsmodell bestimmt sich der Marktanteil MA_t^j eines Anbieters j zum Zeitpunkt t aus der Attraktivität A_t^j seines Lei-

¹¹⁾ Vgl. SCHMALEN, H. (1992), S. 105 sowie HRUSCHKA, H. (1996), S. 20.

stungsangebots im Verhältnis zum Leistungsangebot aller n_t Anbieter im Markt. Es gilt dann:

$$(5) \quad MA_t^j = \frac{A_t^j}{\sum_{k=1}^{n_t} A_t^k}$$

mit: MA_t^j = Marktanteil des Anbieters j zum Zeitpunkt t mit $0 \leq MA_t^j \leq 1$
 n_t = Anzahl Marktteilnehmer zum Zeitpunkt t
 (einschließlich Betrachtungsunternehmen j, also $n_t = n_t^k + 1$)
 n_t^k = Anzahl der Konkurrenzunternehmen: $k=1 \dots K$

Die Attraktivität eines Anbieters j ist die mit dem -noch näher zu bestimmenden- Anbietergewicht q_t^j gewichtete "Aufmerksamkeitswirkung", die der Anbieter über den Einsatz seiner, zu einem Marketingpaket (MP_t^j) verbundenen absatzpolitischen Instrumente einschließlich seines Produktverbreitungsgrades erzielt:

$$(6) \quad A_t^j = q_t^j \cdot MP_t^j$$

mit
 A_t^j = Attraktivität des Leistungsangebots von Anbieter j zum Zeitpunkt t
 q_t^j = Gewichtung für Anbieter j zum Zeitpunkt t
 MP_t^j = Zum Zeitpunkt t eingesetztes Marketingpaket des Anbieters j

Das Marketingpaket (MP_t^j) enthält die einzelnen, zum Zeitpunkt t eingesetzten m Marketinginstrumente (MI_{mt}^j) eines Anbieters j. Diese sind über eine multiplikative Verknüpfung miteinander verbunden und wirken nach Maßgabe der relativen Empfindlichkeiten ρ_m .

$$(7) \quad MP_t^j = \prod_{m=1}^M MI_{mt}^j \rho_m$$

mit :
 $MI_{mt}^j = f(1/P_t^j, W_t^j, N_t^j, Y_t^j)$ Marketing-Instrumente des Anbieters j
 ρ_m = relative Empfindlichkeit des Marketing-Instruments m

Für den Marktanteil des Betrachtungsanbieters j bzw. aller Konkurrenten K ergibt sich nach einsetzen:

$$(8) \quad MA_t^j = \frac{q_t^j \cdot MP_t^j}{q_t^j \cdot MP_t^j + n_t^K \cdot q_t^K \cdot MP_t^K} \quad MA_t^K = \frac{n_t^K \cdot q_t^K \cdot MP_t^K}{n_t^K \cdot q_t^K \cdot MP_t^K + q_t^j \cdot MP_t^j}$$

Betrachtungsunternehmen Konkurrenzunternehmen

Dieser Ausdruck lässt sich weiter vereinfachen, und man erhält für den Marktanteil des Betrachtungsunternehmens j und den Marktanteil aller Konkurrenten K:¹²⁾

$$(9) \quad MA_t^j = \frac{1}{1 + n_t^K \cdot \frac{q_t^K}{q_t^j} \cdot \frac{MP_t^K}{MP_t^j}} \quad MA_t^K = \frac{1}{1 + \frac{1}{n_t^K} \cdot \frac{q_t^j}{q_t^K} \cdot \frac{MP_t^j}{MP_t^K}}$$

Betrachtungsunternehmen Konkurrenzunternehmen

Solange sich keine konkurrierenden Anbieter im Markt befinden, also für $t < z^j$ gilt $MA_t^1 = 1$. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Wirkungsweise einzelner Marketing-Instrumente in den jeweiligen Segmenten errechnen sich im Zwei-Anbieter-Fall die Marktanteile wie folgt:

(10 a)

(10 b)

$$MA_{1t}^1 = \frac{1}{1 + n_t \left(\frac{q_t^K}{q_t^1} \right) \cdot \frac{\left[\frac{P_t^1}{P_t^K} \right]^{\rho P_1}}{\left[\frac{N^1}{N^K} \right]^{\rho N} \left[\frac{W_t^1}{W_t^K} \right]^{\rho W_1}}} \quad MA_{1t}^K = \frac{1}{1 + \frac{1}{n_t} \cdot \left(\frac{q_t^1}{q_t^K} \right) \cdot \frac{\left[\frac{P_t^K}{P_t^1} \right]^{\rho P_1}}{\left[\frac{N^K}{N^1} \right]^{\rho N} \left[\frac{W_t^K}{W_t^1} \right]^{\rho W_1}}}$$

= Marktanteil des Pioniers bei den Innovatoren

= Marktanteil des Konkurrenten bei den Innovatoren

¹²⁾ Neben der hier gewählten multiplikativen Verknüpfung (Multiplicative Competitive Interaction Model, MCI) können auch additive oder Multinomiale Logit-Modelle zugrundegelegt werden. Im Gegensatz zum additiven oder Logit-Modell entspricht der Elastizitätenverlauf des multiplikativen Modells allerdings den in der Realität zu beobachtenden Phänomenen.

(10 c)

$$MA_{2t}^1 = \frac{1}{1 + n_t \left(\frac{q_t^K}{q_t^1} \right) \cdot \frac{\left[\frac{P_t^1}{P_t^K} \right]^{\rho P_2}}{\left[\frac{Y_t^1}{Y_t^K} \right]^{\rho Y} \left[\frac{W_t^1}{W_t^K} \right]^{\rho W_2}}}$$

= Marktanteil des Pioniers bei den Imitatoren

(10 d)

$$MA_{2t}^K = \frac{1}{1 + \frac{1}{n_t} \cdot \left(\frac{q_t^1}{q_t^K} \right) \cdot \frac{\left[\frac{P_t^K}{P_t^1} \right]^{\rho P_2}}{\left[\frac{Y_t^K}{Y_t^1} \right]^{\rho Y} \left[\frac{W_t^K}{W_t^1} \right]^{\rho W_2}}}$$

= Marktanteil des Konkurrenten bei den Imitatoren

mit:

 $\rho N, \rho Y$ = relative Empfindlichkeit gegenüber Neuartigkeit, Produktverbreitung $\rho P_{1;2}$ = relative Preisempfindlichkeit $\rho W_{1;2}$ = relative Werbeempfindlichkeit n_t = Anzahl der Konkurrenten

Die segmentspezifischen relativen Empfindlichkeiten ρ_{mi} beziehen sich ähnlich zu den absoluten Empfindlichkeiten auf die einzelnen Absatzinstrumente und zeigen die "Reaktionsstärke", mit der die Mitglieder eines Segments i auf ein Instrument m eines bestimmten *Anbieters* reagieren. Die relativen Empfindlichkeiten lassen sich daher als Bestandteile der Elastizitäten des Marktanteils auf das jeweilige Marketinginstrument interpretieren. Die Segmente unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Anbieterpräferenz:

- *Innovatoren* kaufen vor allem bei Anbietern, die mit einer hohen Produktqualität und einem umfangreichen Werbebudget *früh am Markt* sind; dabei achten sie nur bedingt auf den Preis, den ein Anbieter verlangt.
- *Imitatoren* kaufen vor allem bei Anbietern, die bereits viel verkauft haben und einen günstigen Preis verlangen, während die Anbieterwerbung nur eine geringe Rolle spielt; zudem achten sie bei der Anbieterwahl auf einen schnellen Marktzugang.

Für die relative Innovationsempfindlichkeit (ρN), die relative Imitationsempfindlichkeit (ρY), die relative Preisempfindlichkeit ($\rho P_i, i=1..2$) und die relative Werbeempfindlichkeit ($\rho W_i, i=1..2$) gilt dieselbe Reihenfolge wie für die absoluten Empfindlichkeiten.

bei den Innovatoren: $\rho N > \rho W_1 > \rho P_1$

bei den Imitatoren: $\rho Y > \rho P_2 > \rho W_2$

Aus obiger Gleichung wird deutlich, dass die Marktanteile außer von den anbieterspezifischen Marketinggrößen auch von dem Gewichtungsfaktor q_t^j abhängig sind. Dieser Anbietergewichtungsfaktor berücksichtigt, dass die Bedeutung der einzelnen Anbieter aus Sicht der Nachfrager unterschiedlich ist. Gerade zu Beginn des Produktlebenszyklus besitzt der -marktaufschließende- Pionier aus Sicht der Nachfrager eine höhere Bedeutung als später in den Markt eintretende Konkurrenten. Der Anbieter, der als erster am Markt erscheint, kommt daher in den Genuss eines "Pionierbonus". Den Leistungsangeboten nachfolgender Anbieter, die mit einem Produkt der selben Produktkategorie in den Markt eintreten, haftet dagegen das Image eines Plagiators an. Sie werden von den Käufern zunächst geringer, mit zunehmender Dauer ihrer Marktpräsenz dann aber immer stärker "gewichtet" wahrgenommen, bis nahezu kein Unterschied zwischen der Gewichtung der einzelnen Anbieter mehr besteht. Die Nachfrager begegnen einem Anbieter mit umso höherer Skepsis, je länger es dauert, bis seine Produktversion am Markt erscheint.

Der Pionier, der zum Zeitpunkt $t=1$ als "Erster" in den Markt eintritt, hat von Beginn an bei den Innovatoren und den Imitatoren ein -konstantes- Anbietergewicht in Höhe von:

$$(11) \quad q_t^1 = 1$$

Ein nachfolgender Anbieter, der in einer Periode $1 < z^K \leq T$ in den Markt eintritt, verfügt zum Zeitpunkt $t \geq z^K$ dagegen über das Anbietergewicht q_t^K :

$$(12) \quad q_t^K = \frac{(t - z^K + 1)^{r_D}}{(t - z^K + 1)^{r_D} + a_3 (z^K - 1)^{r_Z}}$$

mit q_t^K = zeitabhängiger Gewichtungsfaktor eines nachfolgenden Konkurrenten

z^K = Markteintrittszeitpunkt eines Konkurrenten

a_3, r_D, r_Z = Parameter für die Gewichtungsfunktion

Während der Pionier (mit $z^1=1$) nach obiger Gleichung in allen Perioden seiner Marktpräsenz über einen Gewichtungsfaktor von $q_t^1 = 1$ verfügt, weisen seine Konkurrenten (mit $z^K \geq 2$) einen umso niedrigeren Gewichtungsfaktor auf, je später sie am Markt erschei-

nen. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich ist, verliert sich dieser zeitliche "Imageverlust" eines nachfolgenden Konkurrenten -in Abhängigkeit der Parameter a_3 , r_D , r_Z - mit zunehmender Dauer seiner Marktpräsenz: Der Parameter a_3 gibt an, wie hoch der Gewichtungsfaktor des Leistungsangebots eines Konkurrenten in dessen Markteintrittsperiode ausfällt ($a \rightarrow c$ in Abbildung 2), r_D bestimmt die Geschwindigkeit, mit der der Gewichtungsfaktor im Zeitablauf ansteigt ($a \rightarrow b$) und r_Z drückt aus, um wieviel niedriger der Gewichtungsfaktor ausfällt, wenn sich der Markteintritt eines Konkurrenten um eine Periode verzögert ($a \rightarrow d$).

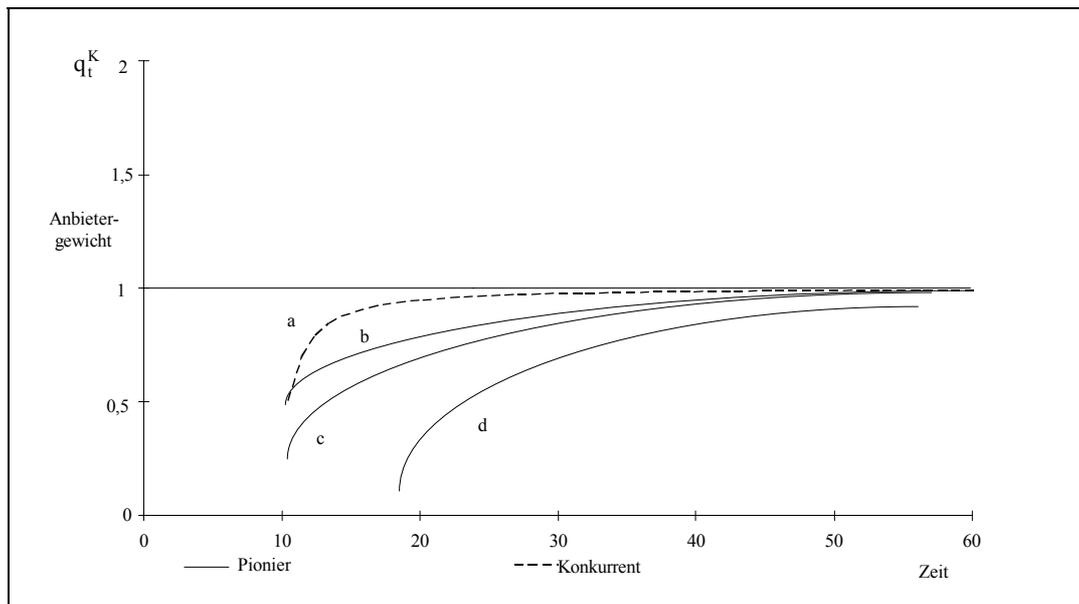


Abbildung 2: Die Gewichtungsfunktion

Ein nachfolgender Anbieter hat zu Beginn seiner Verkaufstätigkeit somit "Imagenachteile" im Segment der Innovatoren und der Imitatoren.

2.2.2 Der Periodenabsatz

Nachdem die Nachfrageentstehung und -verteilung vollständig modelliert ist, müssen für die Nachfragegleichung noch die Eingangsgrößen berechnet werden, da die Absatzkriterien der j Marktteilnehmer in aggregierter und mit dem jeweiligen Anbietergewicht bewerteten Form auf die potentiellen Adopter wirken: Sie setzen sich aus den speziellen Größen N , P_t , W_t , und Y_t zusammen und bilden die durchschnittliche Produktqualität, das durchschnittliche Preisniveau, das Markt-Werbeniveau und den gesamten Produktverbreitungsgrad ab. Mit n_t als Anzahl der Konkurrenten gilt für die Branchengrößen:

$$(13 \text{ a}) \quad P_t = \frac{q_t^1 \cdot P_t^1 + q_t^K \cdot n_t \cdot P_t^K}{q_t^1 + q_t^K \cdot n_t}$$

$$(13 \text{ b}) \quad W_t = q_t^1 \cdot W_t^1 + q_t^K \cdot n_t \cdot W_t^K$$

$$(13 \text{ c}) \quad Y_t = q_t^1 \cdot Y_t^1 + q_t^K \cdot n_t \cdot Y_t^K$$

$$(13 \text{ d}) \quad N = \frac{q_t^1 \cdot N^1 + q_t^K \cdot n_t \cdot N^K}{q_t^1 + q_t^K \cdot n_t}$$

Die absatzrelevanten Einflussgrößen sind damit vollständig spezifiziert. Für jeden Anbieter kann nun der Periodenabsatz errechnet werden. Der anbieterspezifische Periodenabsatz S_t^j ergibt sich aus der Summe der mit dem segmentspezifischen Marktanteil multiplizierten Verkäufe in den einzelnen Segmenten. Für den Pionier (1) bzw. die Konkurrenz (K) gilt:

$$(14) \quad S_t^1 = MA_{1t}^1 \cdot S_{1t} + MA_{2t}^1 \cdot S_{2t}$$

$$\text{und } X_{t-1}^1 = \sum_{\tau=1}^{t-1} S_{\tau}^1 \quad \text{bzw. } Y_t^1 = \frac{X_{t-1}^1}{M}$$

$$(15) \quad S_t^K = MA_{1t}^K \cdot S_{1t} + MA_{2t}^K \cdot S_{2t}$$

$$\text{und } X_{t-1}^K = \sum_{\tau=z^K}^{t-1} S_{\tau}^K \quad \text{bzw. } Y_t^K = \frac{X_{t-1}^K}{M}$$

Das Gesamtnachfragemodell ist nun vollständig dargestellt und bildet den Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung des anbieterspezifischen Kosten- und Gewinnmodells.

2.3 Weitere Modellbestandteile: Das Kostenmodell

Im Kostenmodell werden verschiedene variable und fixe Kostenbestandteile erfasst. Zunächst wird der Neuigkeitsgrad, als das Ergebnis des Produktentwicklungsprozesses, betrachtet. Für die Produktentwicklung steht einem Unternehmen j ein bestimmtes Entwicklungsbudget zu Verfügung, das sich aus seinen durchschnittlichen Entwicklungsausgaben (E^j) und der aufzuwendenden Entwicklungszeit (τ^j) zusammensetzt. Für den daraus resultierenden Produktneuigkeitsgrad N^j gilt:

$$(16) \quad N^j = \frac{1}{1 + \frac{a_4}{\left[(E^j)^{rE} \cdot \tau^j \right]^{rB}}}$$

mit:

- N^j = Neuigkeitsgrad (Produktqualität) des Anbieters j
 a_4 = Entwicklungswiderstand bei der Produktentwicklung
 E^j = aufgewendete Entwicklungsausgaben pro Periode des Anbieters j
 τ^j = Entwicklungszeit des Anbieters j
 rE = Entwicklungselastizität
 rB = Budgetempfindlichkeit

Bei der Produktentwicklung ergibt sich ein umso höheres Entwicklungsergebnis N^j , je länger die anbieterspezifische Entwicklungszeit τ^j bzw. je höher die durchschnittlichen Entwicklungsausgaben pro Periode E^j sind. Die einzelnen Parameter übernehmen dabei folgende Funktionen, die für die Abbildung unterschiedlicher Entwicklungsbemühungen im F&E-Prozess entsprechend angepasst werden können:

- Der Parameter a_4 repräsentiert die dem F&E-Prozess zugrundeliegenden Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel die Organisation der F&E, das Qualifikationsniveau des Personals oder technisches Know How. Diese, auch als Entwicklungswiderstand bezeichnete Größe vereinigt alle "Schwierigkeiten", die bei einer Produktneuentwicklung zu berücksichtigen sind.
- Um diesen Entwicklungswiderstand zu "durchbrechen", muss ein entsprechend umfangreiches Entwicklungsbudget eingesetzt werden, das aus der aufgewendeten Entwicklungszeit und den durchschnittlichen Entwicklungskosten besteht. Der Parameter rB , die Budgetempfindlichkeit, steuert den Einfluss dieser Aufwendungen auf das Entwicklungsergebnis.
- Die Beziehung zwischen Entwicklungszeit und Entwicklungskosten wird über den Parameter rE erfasst. Da eine Verkürzung der Entwicklungszeit aufgrund der dann entstehenden Parallel- und Mehrarbeiten, Überstunden und Zusatzschichten, i.d.R. nur mit überproportional steigenden Entwicklungskosten möglich ist, repräsentiert diese Größe den "time cost trade-off":¹³⁾ Der "time cost trade-off" besagt für $rE = 1$ ($rE < 1$,

¹³⁾ Vgl. zum "time cost trade-off" SCHMALEN, H. (1979), S. 86.

$rE > 1$), dass ein gegebenes Entwicklungsziel bei zunehmender Entwicklungszeit und sinkenden Periodenausgaben mit einem konstanten (geringeren, größeren) Entwicklungsbudget realisierbar ist.

Für die Anwendung des Konzepts des Produktneuigkeitsgrades wird davon ausgegangen, dass die Anbieter auch bereits die jeweilige Vorgängergeneration ihrer Produktvarianten hergestellt haben.

Da der Produktionsapparat auf die Fertigung des neuen Produkts umzustellen ist, fallen zudem Investitionen für die Umrüstung der Produktionsanlagen an. Die Höhe dieser "Umbaukosten" V^j ist abhängig vom Entwicklungsergebnis N^j . Die Umbaukosten stellen insbesondere beim Übergang auf eine hoch-technisierte Herstellungsweise eine nicht zu vernachlässigende Größe dar und gestalten sich wie folgt:

$$(17) \quad V^j = g_V \cdot [N^j]^{r_V}$$

Der Parameter g_V gibt die Höhe der Umbaukosten im Falle eines Entwicklungsergebnisses von 1 an; ansonsten gilt $V^j < g_V$; wenn keinerlei "Veränderung" ($N^j=0$) vorliegt, gilt $V^j=0$. Der Parameter r_V bestimmt die Reagibilität der Umbaukosten auf die jeweilige "Veränderung" und stellt damit die Elastizität der Umbaukosten in Bezug auf den Neuigkeitsgrad dar. Dieser Parameter determiniert die Steiggeschwindigkeit der Umbauausgaben. Für Werte größer (kleiner) eins verursacht die Umstellung des Produktionsapparates zur Herstellung eines neuen Produkts überproportional (unterproportional) steigende Kosten. Die Umbaukosten fallen zu Beginn des Diffusionsprozesses, in der Periode der Produktionsumstellung, einmalig an.

Im vorliegenden Modell wird für die Berechnung der laufenden Betriebsausgaben der Anbieter auf verschiedene, bei der Herstellung von Produkten entstehende Kostenbestandteile zurückgegriffen: Neben dem Einfluss der Kosten der Vorgängergeneration spielt -in Übereinstimmung mit empirischen Ergebnissen- insbesondere die Möglichkeit zur Kostenreduktion in Abhängigkeit einer steigenden Ausbringungsmenge eine bedeutende Rolle.¹⁴⁾ Für die Berechnung der Herstellungskosten (k_t^j) eines neuen Produkts gilt folgende Funktion:

¹⁴⁾ Vgl. allgemein hierzu HENDERSON, B. (1984), S. 19.

$$(18) \quad k_t^j = K^j \cdot [X_{t-1}^j]^{-\lambda^j}$$

$$\text{mit: } K^j = a_7 + a_8 [N^j]^{rF} \text{ ("Basisstückkosten")}$$

und a_7 = Stückausgaben der jeweiligen Vorgängergeneration

a_8 = Kostenwirkung des technischen Fortschritts

rF = Parameter

λ^j = anbieterspezifischer Erfahrungskurvenfaktor

Ausgangspunkt für die Berechnung der laufenden Betriebsausgaben eines Anbieters bilden die Basisstückkosten K^j . Die Basisstückkosten knüpfen an den Stückausgaben a_7 der jeweiligen Vorgängergeneration an und werden um die darauf aufbauend durchgeführten Weiterentwicklungen durch den technischen Fortschritt ergänzt. Der technische Fortschritt kann kostensteigernd (zum Beispiel Schwarz-Weiß versus Farbfernseher) oder kostenmindernd wirken. Die Kostenwirkung kommt in der "Basis-Stückausgabenänderung" a_8 zum Ausdruck, die sich für $a_8=0$ ($a_8>0$, $a_8<0$) ausgabenneutral (ausgabensteigernd, ausgabensenkend) darstellt. Das Ausmaß der "Basisstückausgabenänderung" hängt -positiv- von der Höhe des Entwicklungsergebnisses $N^j(A)$ ab und wird nach Maßgabe der Parameter rF_{HK} bzw. rF_U gesteuert. Der Entwicklung der laufenden Betriebsausgaben liegt das Konzept der Erfahrungskurve zugrunde. Demnach vermindern sich die auf die Wertschöpfung bezogenen, preisbereinigten Kosten bei Verdoppelung der im Zeitablauf kumulierten Produktionsmenge um einen konstanten Prozentsatz.¹⁵⁾ Dieser wird durch den -anbieterspezifischen- Erfahrungskurvenfaktor λ^j repräsentiert. Zu berücksichtigen ist, dass es sich beim Erfahrungskurveneffekt allerdings nicht um eine sich automatisch einsetzende "Gesetzmäßigkeit" handelt, sondern es regelmäßig großer Anstrengungen bedarf, um das Kostensenkungspotential eines Unternehmens auszuschöpfen.

2.4 Das Entscheidungsmodell

Für die -abschließend durchzuführende- Entwicklung des Entscheidungsmodells werden sämtliche nachfrage- und kostenorientierten Modellbestandteile zu einem Gewinnmodell miteinander verbunden.¹⁶⁾ Bei der Gewinnermittlung sind einige Besonderheiten zu beachten, die sich aus den unterschiedlichen Zahlungszeitpunkten der Kosten- und Erlös-

¹⁵⁾ Vgl. SIMON, H. (1992), S. 37.

¹⁶⁾ Vgl. im folgenden auch die Anwendungen bei SARTORIUS, B. (1983), S. 119-120, SEIN MIN (1990), S. 93-99 oder BINNINGER, F.-M. (1993), S. 42.

ströme während der Produktentwicklung und -vermarktung ergeben. So müssen, um die Gewinnwerte der einzelnen Marktteilnehmer miteinander vergleichen zu können, diese auf einen gemeinsamen Entscheidungszeitpunkt diskontiert werden. Dieser Entscheidungszeitpunkt ist hier der Marktzugangszeitpunkt des Erstanbieters ($t=0$). Die Zahlungsströme vor der Markteröffnung durch den Pionier werden daher auf diesen Zeitpunkt aufgezinst, die Zahlungsströme nach der Einführung abgezinst. Da die Marktzugangszeitpunkte und Entwicklungszeiten für die Anbieter unterschiedlich sind, gelten getrennte Berechnungsschemata für die Ermittlung der anbieterspezifischen Gewinnbarwerte (19):

In Gleichung 19 werden zunächst die in der *Entstehungsphase* eines neuen Produkts anfallenden Entwicklungskosten E^j über die Anzahl der Entwicklungsperioden τ^j auf den jeweiligen Marktzugangszeitpunkt aufgezinst. Nachfolgende Anbieter müssen -aufgrund des zeitlich verzögerten Marktzugangszeitpunkts- die so entstandenen Kapitalkosten auf den Entscheidungszeitpunkt diskontieren. Alle Umsatz- und Kostenströme, die nach dem Marktzugangszeitpunkt anfallen, werden ebenfalls auf den Entscheidungszeitpunkt $t=0$ abgezinst. Die fixen Kostengrößen (Umbaukosten) fallen einmalig in der Entwicklungsphase vor Beginn der eigentlichen Marktphase des Produktes an, weshalb hier auf eine Aufzinsung verzichtet werden kann.

Unter der Voraussetzung, dass die Anbieter als Ziel die Maximierung ihres Gewinnbarwertes verfolgen, ergeben sich -unter Einbeziehung des Diskontierungsfaktors s und der Werbeausgaben W_t - die Zielfunktionen für die Anbieter.

Anbieter 1, der Pionier, eröffnet den Markt mit einem neuen Produkt. Sein Gewinnbarwert ergibt sich unter Einbeziehung der beschriebenen nachfrage- und kostenorientierten Modellbestandteile nach folgender Vorschrift:

$$(19) \quad G^1 = -E^1 (1+s) \frac{(1+s)^{\tau^1} - 1}{s} - V^1 \quad \text{Entstehungsphase}$$

$$+ \sum_{t=1}^T \left[(P_t^1 - k_t^1) \cdot S_t^1 - W_t^1 \right] \cdot (1+s)^{-t} \quad \text{Marktphase}$$

Nachfolgende Konkurrenten treten zum Zeitpunkt $t=z^K$ in den Markt ein. Der zeitlich verzögerte Marktzugangszeitpunkt der Konkurrenten erfordert eine Abzinsung ihrer Anbietergewinne auf den Entscheidungszeitpunkt in $t=0$. Ihr Gewinnbarwert ergibt sich aus:

$$(20) \quad G^K = \left[-E^K (1+s) \frac{(1+s)^{r^K} - 1}{s} - V^K \right] \cdot (1+s)^{-(z^K-1)} \quad \text{Entstehungsphase}$$

$$+ \sum_{t=z^K}^T \left[(P_t^K - k_t^K) \cdot S_t^K - W_t^K \right] \cdot (1+s)^{-t} \quad \text{Marktphase}$$

- mit z^j = Markteintrittsperiode eines Konkurrenten j
 T = Planungshorizont
 τ^j = Entwicklungszeit eines Anbieters j
 s = Zinssatz

Nachdem die Modellentwicklung nun vollständig abgeschlossen wurde, interessieren im weiteren Verlauf die methodischen Grundlagen der Untersuchung. So muss das bisher nur als abstraktes, in einzelnen Gleichungen dargestellte Diffusionsmodell auf geeignete Art und Weise als computergestütztes "Programm" formalisiert und implementiert werden, um es als Entscheidungshilfe für die Ableitung optimaler Markteinführungs- und Marketing-Mix-Strategien einsetzen zu können. Im folgenden wird gezeigt, wie mit Hilfe eines *evolutionären Algorithmus* gewinnmaximale Modellösungen für das Marketing-Mix-abhängige Diffusionsmodell ermittelt werden können.

3 Vorgehensweise der Untersuchung

3.1 Das Untersuchungsverfahren: Dynamische Verfahren der numerischen Optimierung

Für die Ableitung dynamisch-optimaler Preis-Werbe-Strategien wird im weiteren Verlauf ein simulationsbasiertes *Optimierungsverfahren* entwickelt. Bevor auf dieses Verfahren im Einzelnen eingegangen wird, sind zunächst einige Besonderheiten bei Simulationsanwendungen zu erläutern. So kommen zur Optimierung von Simulationsmodellen heuristische Verfahren zur Anwendung, die auf numerischer Basis "optimale" Lösungen zu ermitteln versuchen. Das im Rahmen einer Simulation gefundene Optimum stellt im streng analytischen Sinn damit kein wirklich optimales Ergebnis dar. Allerdings sollte bedacht werden, dass die numerischen Lösungen aus der Simulation -wegen der unzulänglichen Abbildungsqualität aller Modelle- ohnehin nicht direkt auf die Realität übertragen werden können, das heißt, auch die im Rahmen des Diffusionsmodells abgeleitete optimale Marketingstrategie müsste an die im Modell nicht abgebildeten -in der Realität aber vorzufindenden- Rahmenbedingungen angepasst werden. Die mit der Computersimulation ermit-

telten Ergebnisse dienen nach diesem Verständnis daher eher als *Denkhilfe* und nicht als *Denkersatz*.

Ergebnisse von Simulationsanalysen sind aufgrund der Vielzahl an Parameterkombinationen immer singuläre Ergebnisse, weshalb sie unter Zugrundelegung der getroffenen Annahmen "vorsichtig" zu interpretieren sind und nur in ihrer Tendenz auf das repräsentierte System übertragen werden können.¹⁷⁾ Da die Computersimulation gleichzeitig aber besonders gut geeignet ist, das Verständnis für *komplexe ökonomische Zusammenhänge* zu fördern und neue, bis dahin unbekannte Einsichten in die zugrundeliegenden Systemstrukturen zu erhalten, sind Simulationsanwendungen bei Nachvollziehbarkeit und "richtiger" Interpretation der gefundenen Ergebnisse ein geeignetes Mittel, um in nur geringer Zeit und unter kostengünstigen Bedingungen eine Vielzahl von Informationen zu erhalten. So lassen sich durch einige zusätzliche Simulationsläufe theoretisch begründete Vermutungen über Wirkungsabläufe und Ergebnisse des -realen- Systems schnell und einfach überprüfen und so anhand des Modells entweder bestätigen oder ablehnen.

Einem Einsatz der Simulationstechnik steht in vielen Fällen der mit einer Umsetzung oftmals verbundene, erhebliche Aufwand entgegen. Um zumindest die Übertragung der formalen Modelle in lesbare Programme zu erleichtern, wurden für die Implementierung von Simulationsmodellen in der Vergangenheit eine Reihe problemnaher Programmiersprachen entwickelt, wie zum Beispiel GPSS, SIMPAC, SIMULATE, GSP oder DYNAMO. Da diese speziellen Simulationssprachen aber nicht ohne weiteres in der Lage sind, "optimale" Modellösungen zu ermitteln, wird in dieser Untersuchung für die Umsetzung des dazu erforderlichen Optimierungsalgorithmus auf die klassische, objektorientierte Programmierung mit PASCAL zurückgegriffen. Zusätzlich wird das Modell auch in EXCEL implementiert, was neben einer besseren graphischen Aufbereitung darüberhinaus die Überprüfung auf Übereinstimmung der mit PASCAL ermittelten Ergebnisse erlaubt und so gleichzeitig eine weitere Verifizierung der Modellprogrammierung darstellt.

Für das *Optimierungsverfahren* gilt, dass die "Suche" nach der optimalen dynamischen Marketingstrategie innerhalb eines vorab festgelegten "Wertebereichs" für Preis und Werbung stattfindet. Dazu wird das Preisintervall (Werbeintervall) auf einen bestimmten realistischen "Aktivitätsbereich" mit der Untergrenze 'P' ('W') und der Obergrenze P' ('W') beschränkt. Zugrunde liegt die Überlegung, dass die Nachfrager (d.h. das spezifische Marktpotential) nur einen bestimmten Wertebereich für Preis und Werbung akzeptieren, innerhalb dessen sich die Anbieter mit ihren Varianten der neuartigen Produktkategorie

¹⁷⁾ Vgl. HÄUSLEIN, A. (1993), S. 11.

"bewegen" können und sich erst aus der Höhe des Einsatzes der absatzpolitischen Instrumente der konkrete Zeitpunkt der Adoption bestimmt. Bezeichnet man die veränderbaren Eingangsgrößen, hier zum Beispiel Preis und Werbung, als Faktoren und ihre möglichen Ausprägungen als Stufen, dann bildet die Gesamtheit aller Faktoren (F) und Stufen (S) den für die Anwendung der Untersuchungsverfahren zur Verfügung stehende Faktorraum. Bei der dynamischen Analyse wird die Zielfunktion ("Gewinnfunktion") mit den beiden Variablen Preis und Werbung über einen Untersuchungszeitraum von T Perioden optimiert (Faktorraum). Zur Lösung derartig komplexer Problemstellungen erfordert das schnelle Anwachsen möglicher Faktorstufenkombinationen den Einsatz effizienter Optimierungsverfahren. Aus der Vielzahl möglicher Verfahren der numerischen Optimierung kommt im Rahmen dieser Untersuchung die zufallsgesteuerten Verfahren der *Evolutionsstrategien* zur Anwendung.¹⁸⁾ Im Vergleich zu anderen Optimierungsverfahren, wie zum Beispiel der Gradientenmethode, zeichnen sie sich durch eine klare Struktur und eine hohe Effizienz aus.

3.1.1 Das konventionelle Evolutionsverfahren

Evolutionäre Algorithmen lehnen sich für die Lösung von dynamischen Optimierungsproblemen an den Erkenntnissen aus der Evolution an (sog. Bionik): Wie in der biologischen Evolution, in der sich die Lebewesen (Individuen) durch einen ständigen Veränderungsprozess in Jahrtausenden immer besser an ihre Lebensbedingungen angepasst haben, vollzieht sich auch hier eine Veränderung "in kleinen Schritten". Zu den Hauptformen evolutionärer Algorithmen zählen *Genetische Algorithmen*, *Evolutionsstrategien* (Evolutionsverfahren) und die *Evolutionäre Programmierung*, die alle aus unterschiedlichen Forschungstraditionen stammen.¹⁹⁾ In Deutschland hat die *Evolutionsstrategie* mit ihren Begründern Rechenberg (1973)²⁰⁾ und den Weiterführungen von Schwefel (1981)²¹⁾ Tradition, während im anglo-amerikanischen Sprachraum die *Genetischen Algorithmen* dominieren. Im weiteren interessieren ausschließlich die Evolutionsstrategien, die auch unter den Bezeichnungen "Evolutions- oder Mutationsverfahren" bzw. im angelsächsischen Raum unter "creeping random search method" bekannt sind. Das Evolutionsverfahren (Mutationsverfahren) bedient sich dabei dem Evolutionsprinzip aus *Mutation* und *Selektion*, das bereits Darwin als die treibende Kraft der biologischen Evolution beschrieb. Ein Vorgänger (Eltern- oder Basislösung bzw. Ausgangsstrategie) wird einer stochastischen

18) Vgl. BIETHAN, J. (1978), S. 157-234.

19) Vgl. SCHÖNEBURG, E. ET. AL (1994), S. 141-143.

20) Vgl. RECHENBERG, I. (1973).

21) Vgl. SCHWEFEL, H.-P. (1981).

Mutation unterzogen und erzeugt daraus einen Nachkommen. Zwischen Vorgänger- und Nachfolgeneration findet dann eine Selektion nach dem "*survival of the fittest*" Motto statt. Aus mathematischer Sicht ist das Selektionskriterium die Verbesserung des Zielfunktionswertes auf Basis der bisherigen Lösung. Die so gefundene neue Lösung ist nun wiederum Ausgangspunkt für eine stochastische Mutation usw. ("Veränderung in kleinen Schritten"). Das Verfahren endet, wenn eine bestimmte Iterationszahl (I) erreicht ist oder wenn nach einer vorgegebenen Zahl an Iterationen keine weiteren Verbesserungen mehr stattfinden. Das *simultane* Mutationsverfahren arbeitet demnach wie ein Bergsteiger auf der Suche nach dem Gipfel: Jeder beliebige Schritt, der einen Gewinn an Höhe bringt, wird als Ausgangsbasis für den nächsten Schritt gewählt; jede "Abwärtsbewegung" wird wieder rückgängig gemacht.

Die Anwendung von Evolutionsstrategien (ES) kann auf verschiedene Arten erfolgen, die sich nach der Zahl der einbezogenen Eingangs- und Ausgangsvariablen (=Vektoren) unterscheiden.²²⁾ Aus Gründen einer einheitlichen Notation wird in der Literatur die Anzahl der Vorgänger (Eltern) mit dem Buchstaben μ und die Anzahl der Nachkommen mit dem Buchstaben λ bezeichnet. Aus der Kombination der Anzahl Eltern und der Anzahl daraus erzeugter Nachkommen entsteht eine Kurzform für die Bezeichnung der betrachteten Evolutionsstrategie $(\mu+\lambda)$ -ES: Die einfachste Variante der Evolutionsstrategie (ES) ist die *zweigliedrige* Evolutionsstrategie, bei der eine einzige Variable (Vektor) betrachtet wird und auf einen Vorgänger ($\mu=1$) genau ein Nachkomme ($\lambda=1$) folgt: $(1+1)$ -ES.²³⁾ Im hier vorliegenden Fall wird für die simultane Optimierung von 2 Variablen (Preis *und* Werbung) allerdings der *mehrgliedrige* Ansatz verwendet (Abbildung 3). Mehrere ($\mu=2$) Eltern erzeugen mehrere ($\lambda=2$) Nachkommen, aus denen wiederum genau $\mu=2$ Individuen überleben und zu neuen Eltern werden: $(2+2)$ -ES.

Übertragen auf die Marketing-Mix-Strategie bedeutet dies, dass eine Basispreisstrategie und eine Basiswerbestrategie als Ausgangslösung vorgegeben werden ($\mu=2$ Eltern). Diese werden dupliziert und daran eine (stochastische) Mutation durchgeführt (mutierte Ausgangsstrategie). Die veränderten Preis- und Werbestrategien werden auf eine Ergebnisverbesserung (Gewinnbarwertsteigerung) überprüft und "die bessere Lösung" als neue Basisstrategie ($\lambda=2$ Nachkommen) beibehalten, usw. Das Verfahren nähert sich somit iterativ dem (unbekannten) Optimum, bis es ein vorgegebenes Abbruchkriterium erreicht, das aus einer bestimmten, maximal zulässigen Anzahl an Iterationen (=Durchläufen) besteht.

22) Vgl. z.B. SCHÖNEBURG, E. ET. AL (1994), S. 152-153.

23) Vgl. CHEN, B. (1990), S. 132.

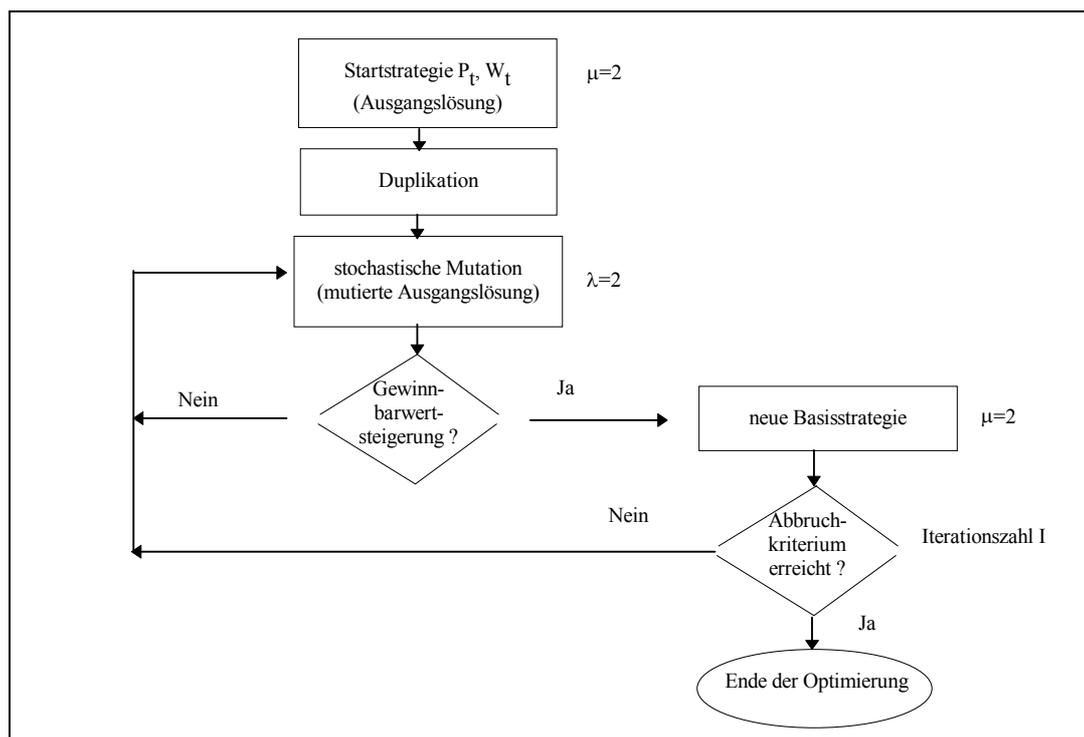


Abbildung 3: Ablaufschema des Mutationsalgorithmus

Die Effizienz dieses zufallsgesteuerten Suchverfahrens wird von zwei Faktoren beeinflusst: Der *Schrittweite* und der *Suchrichtung* mit denen der Lösungsraum abgearbeitet wird. Die *Schrittweite* bestimmt das "Ausmaß" der Strategieveränderung bei einer stochastischen Mutation und definiert damit die *Kanalbreite* in der der Lösungsraum durchsucht wird. Fällt sie zu groß aus, besteht die Gefahr, dass das Verfahren das Optimum überspringt. Bei einer zu kleinen Schrittweite kommt der Prozess dagegen nur sehr langsam voran. Die Bestimmung der "optimalen" Schrittweite muss demnach unter dem Gesichtspunkt eines zügigen Vorankommens des Verfahrens, unter der Bedingung eine "befriedigende" Lösung zu finden, erfolgen. Für die Variable Preis wird eine -konstante- Schrittweite (*Kanalbreite*) von 0,5 Einheiten und für die Variable Werbung eine -konstante- Schrittweite (*Kanalbreite*) von 200 Einheiten gewählt. Die Schrittweiten müssen allerdings weder konstant noch auf diesen Werten belassen werden. Sie haben sich aber anhand verschiedener Experimente mit unterschiedlichen (konstanten) Schrittweiten für das zugrundeliegende Modell bewährt. Die *Suchrichtung* bestimmt, in welcher Umgebung die Basisstrategie -zufallsgesteuert- nach Verbesserungen untersucht wird (*Kanalzone*). Die Suchrichtung wird durch einen Zufallszahlengenerator festgelegt, der die Steuerwerte 1.0, 0.5, 0, -0.5, -1.0 erzeugt (Abbildung 4):²⁴⁾

²⁴⁾ Vgl. SCHMALEN, H. (1992), S. 113.

- beim Steuerwert +1 (-1) wird der neue Variablenwert an der Kanalzonenobergrenze (-untergrenze) festgesetzt,
- beim Steuerwert +0,5 (-0,5) in der Mitte zwischen dem bisherigen Wert und der Kanalobergrenze (Untergrenze) und
- beim Steuerwert 0 auf dem bisherigen Variablenwert belassen.

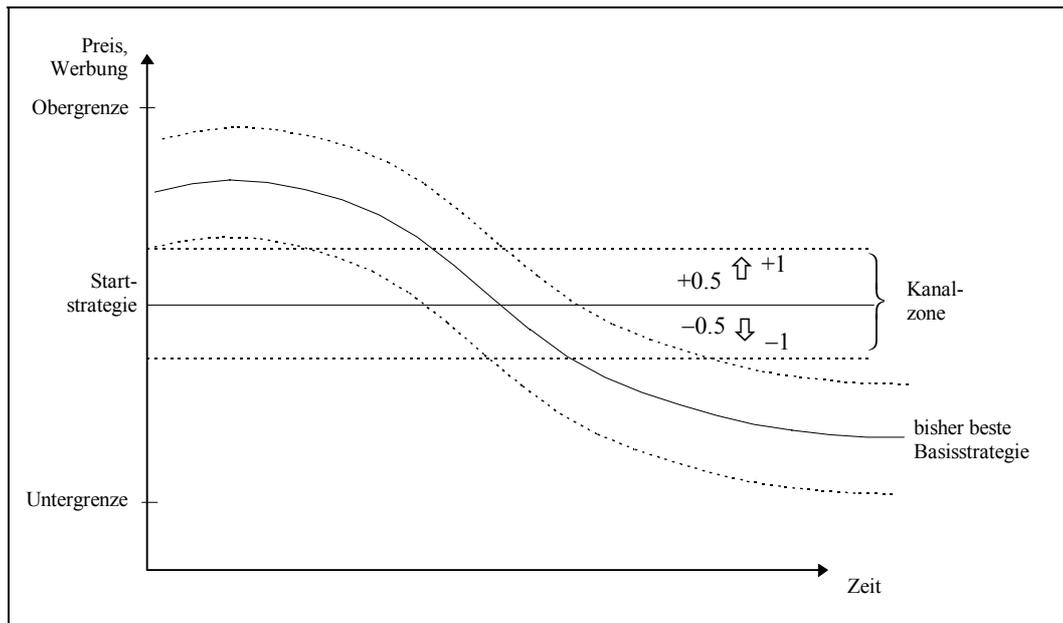


Abbildung 4: Das konventionelle Mutationsverfahren

Nachteilig am Vorgehen des konventionellen Mutationsverfahrens ist, dass nicht mit jeder Mutation automatisch eine Ergebnisverbesserung einhergeht, sondern dass auch eine Vielzahl an Ergebnisverschlechterungen in Kauf genommen werden müssen. Bei den Strategien sind daher auch nach 5000 Iterationen noch deutliche Ausschläge zu erkennen. Diese Ausschläge entstehen, da der Zufallsprozess des konventionellen Mutationsverfahrens verhindert, dass benachbarte Werte stets in die gleiche Richtung verändert werden. Bei Vorliegen einer aussichtsreichen, in eine bestimmte Richtung tendierenden Strategieveränderung kann diese dann nicht systematisch verfolgt werden: es müssen immer wieder "Rücksprünge" (Richtungsänderungen) und damit Ergebnisverschlechterungen in Kauf genommen werden.

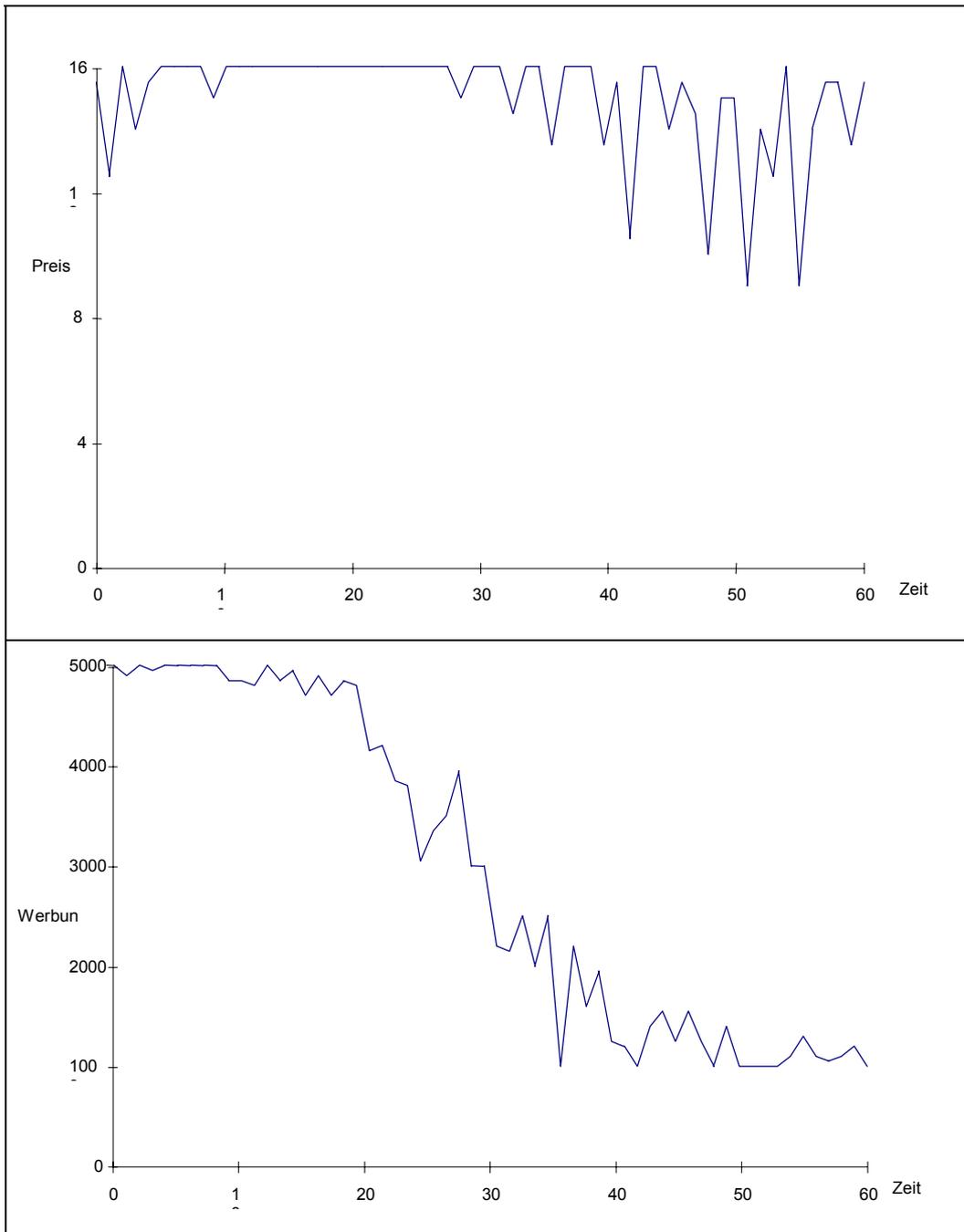


Abbildung 5: Optimale Preis- und Werbestrategien mit dem konventionellen Mutationsverfahren

Um die genannten Nachteile des konventionellen Mutationsverfahrens zu umgehen, wurden an dem Verfahren Verfeinerungen durchgeführt und so zum Beispiel das *systematische Mutationsverfahren* entwickelt, das die Suche bei Erkennen einer "sicheren Tendenz" in diese Richtung fortsetzt.²⁵⁾ Eine andere Möglichkeit zur "Verbesserung" bietet

²⁵⁾ Vgl. BINNINGER, F.-M. (1993), S. 119-129.

das im Rahmen dieser Arbeit zum Einsatz kommende bereichsspezifische *Pyramiden-Mutationsverfahren*.

3.1.2 Das bereichsspezifische Pyramiden-Mutationsverfahren

Beim "Pyramiden-Mutationsverfahren" bzw. "bereichsspezifischen Mutationsverfahren" wird die Basisstrategie stets in "Päckchen", bestehend aus mehreren benachbarten Werten (=Bereich), mutiert. Bei jeder Mutation wird dann nicht mehr jeder einzelne Variablenwert -in unterschiedliche Richtungen- verändert, sondern eine bestimmte Zahl benachbarter Werte (Perioden) in dieselbe Richtung -wobei das Ausmaß der Veränderung von der "Entfernung" zum Beobachtungswert abhängt. Innerhalb eines Bereichs, der mehrere Perioden umschließt, wird ein Wert zufällig verändert und die Nachbarwerte mit abnehmender Stärke in dieselbe Richtung mitmutiert. Der Mutationsbereich bekommt dadurch Ähnlichkeit mit einer Pyramide. "Direkte Nachbarn" werden mit höherem Einfluss mitverändert als weiter entfernte Nachbarn (Perioden). Die Anzahl der in den Bereich (Pyramide) einbezogenen Periodenwerte sowie das Ausmaß, wie stark die nicht direkt betroffenen Nachbarwerte verändert werden, kann exogen festgelegt werden. Die Vorgehensweise der eigentlichen Mutation (Schrittweite, Suchrichtung, etc.) ändert sich hingegen nicht: Nach wie vor kann jeder Wert einer Mutation unterzogen werden, allerdings nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Richtungsänderung und damit die "Gefahr" einer Ergebnisverschlechterung deutlich ab. Das Ergebnis des Pyramiden-Mutationsverfahrens nach 1000 Iterationen für die Variable Preis und Werbung ist in folgender Abbildung dargestellt. Die Auswahl der zu mutierenden Werte erfolgt nach wie vor zufällig, die Koppelung bewirkt lediglich eine Beschleunigung des Verfahrens beim Konvergieren gegen das Optimum.²⁶⁾ Im Ergebnis liegen so schon nach einer erheblich geringeren Anzahl von Iterationen klar erkennbare Strategien vor. Bei der Anwendung des bereichsspezifischen Pyramiden-Mutationsverfahrens kann die Anzahl der einbezogenen Werte in den Mutationsbereich verändert werden. Im vorliegenden Fall werden jeweils 3 vor- und nachgelagerte Nach-

26) Im einzelnen wurde so vorgegangen, dass von einem zufällig ausgewählten Periodenwert der Ausgangslösung (Startstrategie) die Mutationsschrittweite auf den umliegenden "Bereich" von 3 vor- und nachgelagerten Perioden ausgedehnt wurde, woraus sich eine insgesamt 7-periodige Wertepyramide ergibt, die in die gleiche Suchrichtung läuft. Der erste (zweite) [dritte] Nachbarwert des eigentlichen Mutationswert wird mit 75 % (50%) [25%] in die selbe Richtung mitverändert. Diese Methodik wird jeweils auf den gesamten Planungshorizont von 60 Perioden angewendet. Die mit zunehmender Entfernung zum Betrachtungspunkt abnehmende Einflussstärke bei der Variation soll durch den Begriff der "Pyramide" verdeutlicht werden. Bei jeder Iteration werden dann stets zufällig neue "Pyramidenspitzen" ausgewählt. Vgl. zur Möglichkeit der Mutationsgewichtung auch NISSEN, V. (1994), S. 164.

barwerte in eine zufällige Mutation einbezogen, wobei das Ausmaß, was die Stärke der Veränderung der betroffenen Nachbarwerte betrifft, mit der Entfernung abnimmt.²⁷⁾

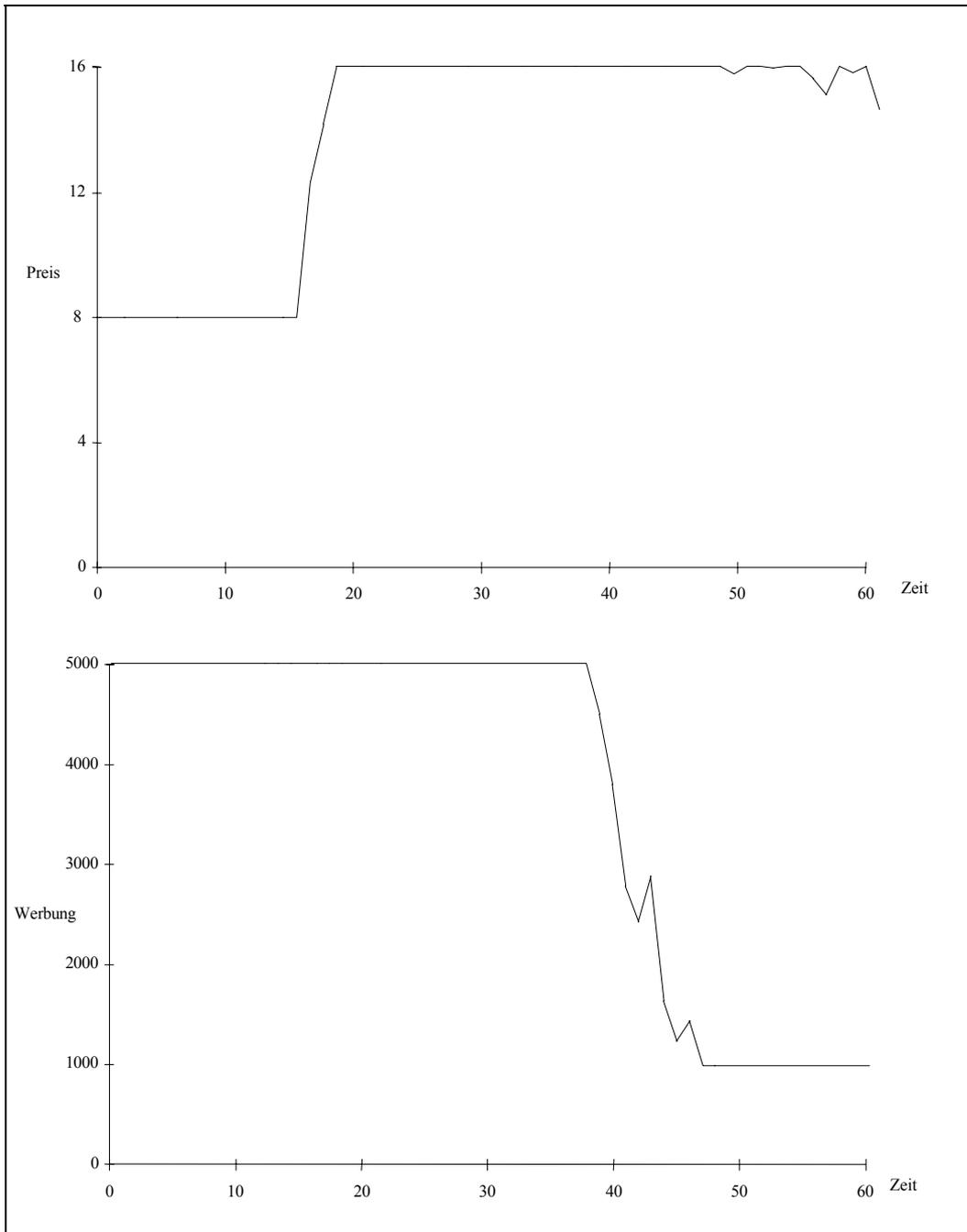


Abbildung 6: Optimale Preis- und Werbestrategien mit dem bereichsspezifischen Pyramiden Mutationsverfahren

²⁷⁾ Die Simulationsanalysen wurden auf einem Intel Pentium-PC 586 mit 32 MB RAM und 133 MHz Taktung durchgeführt. Ein Optimierungslauf mit 1000 Iterationen dauert unter PASCAL ca. 3 Minuten. Vgl. zu weiteren Einzelheiten XANDER, H. (2003).

3.1.3 Beurteilung der dynamischen Untersuchungsverfahren

Bevor das Verfahren in der anschließenden Modellanalyse angewendet werden kann, müssen zunächst einige damit zusammenhängende Probleme diskutiert und auf mögliche "Schwierigkeiten" aufmerksam gemacht werden. Eine Anwendung von heuristischen Optimierungsverfahren ist unproblematisch, solange der Lösungsraum *eingipfelig* ist. Die Gefahr von Suboptima (mehrere lokale Optima), die die Verfahren auf einem Nebenmaximum verharren lassen, stellt für diese heuristischen Verfahren dagegen ein Problem dar, da es keinen Algorithmus gibt, der, trifft er auf ein lokales Optimum, erkennt, dass noch weitere (globale) Optima vorhanden sind. In folgender Abbildung ist zur Verdeutlichung dieses Sachverhalts eine Zielfunktion $f(x_1, x_2)$ mit den unabhängigen Variablen x_1 und x_2 dargestellt, die mehrere lokale und ein globales Maximum enthält.²⁸⁾

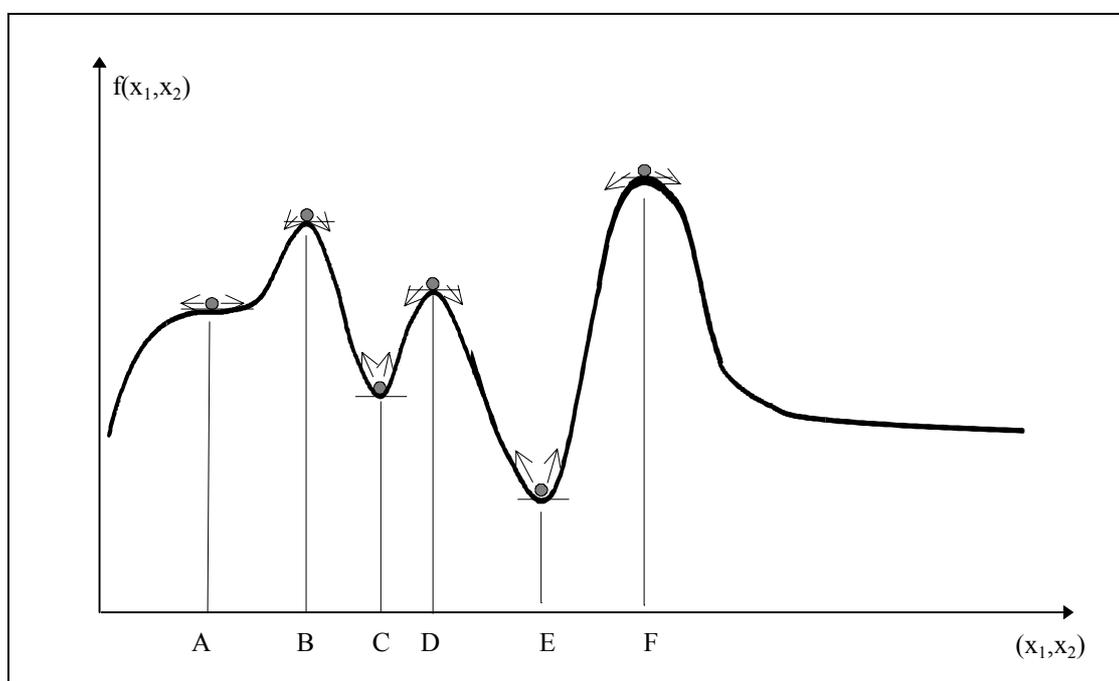


Abbildung 7: Zielfunktion mit mehreren lokalen und globalen Extremwerten

Wird bei der Optimierung dieser Zielfunktion -wie bisher- ein Maximierungsproblem unterstellt, so arbeitet sich das Mutationsverfahren auf dem Weg zum "Gipfel" kontinuierlich voran. Beim ersten "Hindernis" in obiger Abbildung (Punkt A) besteht durch die Wahl einer ausreichend großen Schrittweite die Möglichkeit, diesen Sattelpunkt zu übergehen und einen Abbruch zu vermeiden. Dagegen stellt Punkt B, als erstes lokales Maximum, bereits die Gefahr eines "ernsthaften Abbruchkriteriums" und damit die Wahl einer suboptimalen Lösung dar: In der -näheren- Umgebung von Punkt B gibt es für das Verfahren nur Er-

²⁸⁾ Vgl. zu ähnlichen Überlegungen VAN DOUWE, U. (1996), S. 111-112.

gebnisverschlechterungen (das gleiche gilt für das zweite lokale Maximum in Punkt D), weshalb das eigentliche, weiter entfernte globale Maximum (Punkt F) nicht ohne weiteres gefunden wird. Die lokalen bzw. globalen Minima in Punkt C bzw. Punkt E stellen -da es sich um ein *Maximierungs*problem handelt- hingegen keine Gefahr für das Verfahren dar. Um schließlich das globale Maximum von Punkt F zu erreichen, müssen dem Verfahren bei seiner Suche nach dem Gipfel daher geeignete Maßnahmen zur Unterstützung "an die Seite gestellt" werden. Damit die Optimierung nicht in eine "Sackgasse" läuft, können zum Beispiel weitere Verfahren "hinzugeschaltet" werden: So kann über den Einsatz einer stochastischen Suche, die -ohne einen Lernprozess- willkürlich neue Strategiekombinationen generiert, der Gefahr entgegengewirkt werden, auf einem der Nebenmaxima zu "verharren". Alternativ können unterschiedliche Startpunkte (Startstrategien) vorgegeben werden: So besteht die Möglichkeit, mit der Basisstrategie an verschiedenen Ausgangspunkten zu starten, da auch die Wahl des Startpunktes großen Einfluss für das Auffinden des Optimums hat.

Entscheidend für die Anwendung des Mutationsverfahrens ist letztlich die Frage, ob es sich bei der dem Diffusionsmodell zugrundeliegenden Gewinnfunktion um eine eingipfelige Zielfunktion handelt. Dies kann ebenfalls durch zufällig gewählte Startstrategien überprüft werden, indem die mit unterschiedlichen Startstrategien gefundenen (Sub-) Optima miteinander verglichen werden. Bei Vorliegen des stets gleichen Optimums kann davon ausgegangen werden, dass ein eingipfeliger Lösungsraum vorhanden ist. Aufgrund der bisherigen Berechnungen kann bei dem hier vorliegenden Diffusionsmodell von einem eingipfeligen Optimierungsproblem ausgegangen werden. Die vorgestellten Optimierungsverfahren können somit "bedenkenlos" angewendet werden. Um die Anwendung des vorgestellten Optimierungsverfahrens aufzuzeigen, wird abschließend das Optimierungsergebnis der Gewinnbarwertfunktion eines monopolistischen Anbieters mit den unabhängigen Variablen Preis bzw. Werbung anhand einer dreidimensionalen Darstellung gezeigt.

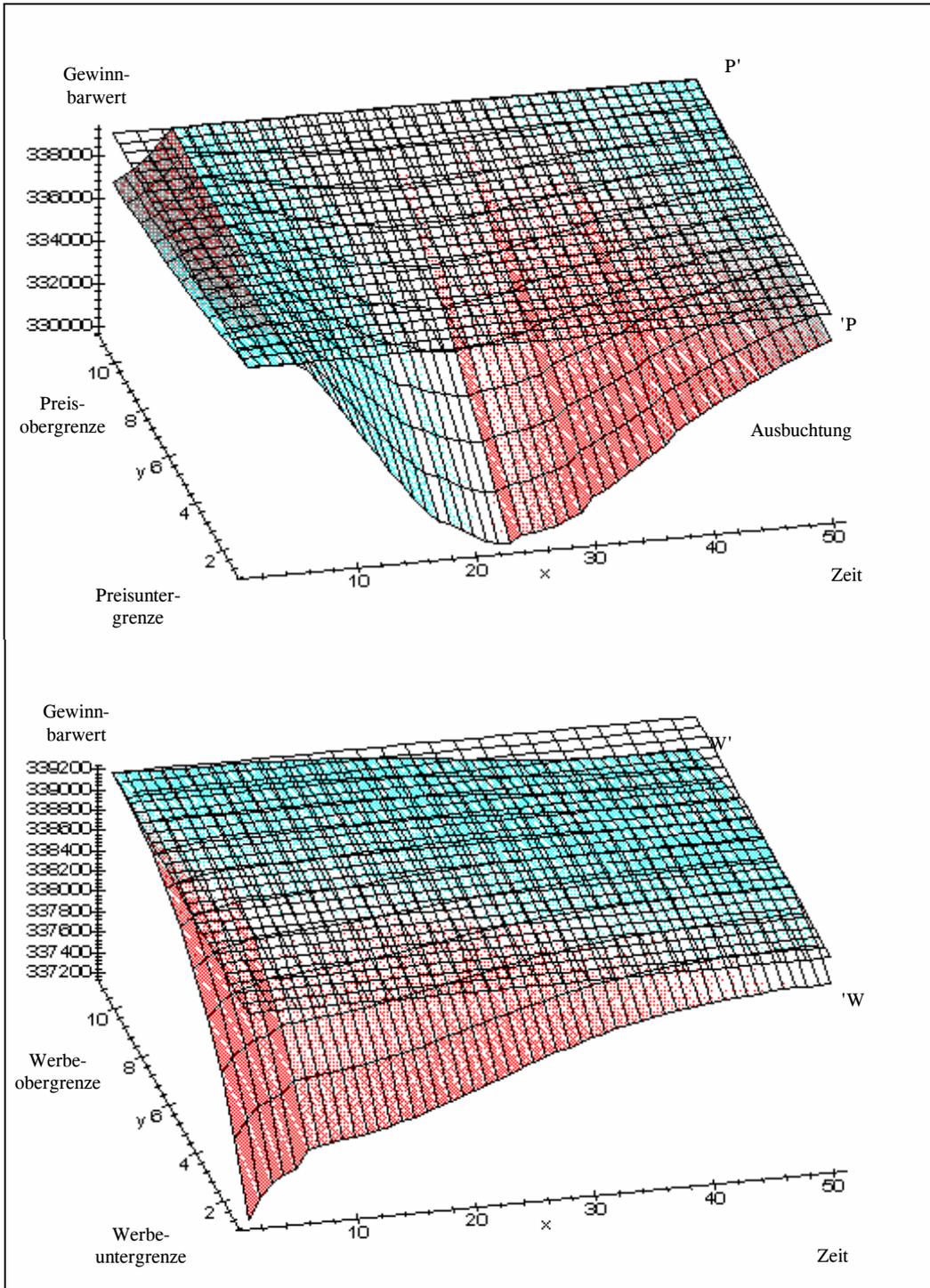


Abbildung 8: Dreidimensionales Gewinngebirge für den Preis und die Werbung

Die Hyperebene für den Gewinnbarwert setzt sich aus jeweils einer der beiden unabhängigen Variablen -Preis bzw. Werbung- und der Zeit zusammen. In dieser Darstellung ist für jede Periode die Auswirkung einer isolierten Veränderung eines Marketinginstruments auf den Gewinnbarwert sichtbar. Zur Verdeutlichung der optimalen Marketing-Strategie wird eine "Maximierungsebene" in das Gewinngebirge projiziert, an deren Schnittpunkt die optimale Strategie als einzelne Linie erscheint ("Gipfelgrat"). Das dreidimensionale Gewinngebirge gibt einen Einblick in die dynamischen Funktionszusammenhänge des Modells, da die Auswirkungen von Strategieveränderungen zu jedem Zeitpunkt ablesbar sind. So ist in der Abbildung zu erkennen, welche Wirkung von einer Preisänderung (Werbeänderung) auf den Pionier-Gewinnbarwert zu einem bestimmten Zeitpunkt (Periode) ausgeht. Bei der hier zugrundeliegenden Parameterkonstellation empfiehlt sich als optimale Strategie für den Faktor Preis, von Beginn der Markteinführung bis zur 8. Periode einen niedrigen Preis zu setzen und diesen -mit voranschreitender Diffusion- auf den Maximalpreis zu erhöhen. Eine Hochpreisstrategie von Beginn des Diffusionsprozesses an hätte -im Vergleich zur optimalen Penetrationsstrategie- in dem hier dargestellten Fall geringere Gewinnwerte zur Folge. Ebenso verhält es sich bei einer über die 9. Periode hinausreichenden Niedrigpreispolitik, die einen deutlichen Einbruch im Gewinnbarwert verursachen würde. Bezüglich der Werbung sollte mit einer Hochwerbepolitik gestartet werden, die nach kurzer Zeit zurückgefahren wird. Für die Werbung zeigen sich die größten Negativ-Auswirkungen auf den Gewinnbarwert, wenn zu Beginn des Diffusionsprozesses nur ein geringer Werbeeinsatz aufgewendet wird.

3.2 *Der Ausgangsdatensatz*

Für die Durchführung der Simulation sind allen Parametern des Modells konkrete Werte zuzuweisen. Dazu wird im folgenden der Ausgangsdatensatz festgelegt, der den "Startpunkt" für den Basislauf des Modells darstellt und damit als Vergleichsmaßstab für Parameterveränderungen dient. Das Gesamtmarktpotential des Konkurrenzmarktes ist auf 100000 Einheiten festgelegt, das sich aus jeweils 20000 Innovatoren und 80000 Imitatoren zusammensetzt. Die eigentliche Marktphase beginnt in Periode 1, wenn der Pionier den Markt eröffnet (Marktlebenszyklus). Eine konkurrierende Variante wird zum -exogen gegebenen- Zeitpunkt $z^K=10$ in den Markt eingeführt. Für die Simulation wird ein Planungshorizont von 60 Perioden vorgegeben. Da eine Periode als ein Monat interpretiert werden kann, ist ein für Marketingabteilungen realistischer Planungshorizont von fünf Jahren abgebildet. Den konkurrierenden Anbietern wird im Ausgangsdatensatz eine stationäre Preis- und Werbepolitik mit gleich hohem Einsatz ihrer absatzpolitischen Instrumente zugewiesen. Die Festlegung der Marketingstrategie auf eine "mittlere" Höhe dient dazu,

den Anbietern beim Einsatz ihrer absatzpolitischen Instrumente einen breiten Spielraum nach "oben" und nach "unten" zu gewähren.

Nachfrageparameter				Gesamt-Marktparameter			
M_1	10 000	M_2	80 000	a_3	0,07	T	60
g_1	500	g_2	30	r_D	1,2	z^u	10
$1/r_N$	1,2	$1/r_Y$	1,2	r_Z	1,2	s	0,05
r_{P_1}	0,4	r_{P_2}	0,6	$'P_t$	8	$'W_t$	1000
r_{W_1}	0,6	r_{W_2}	0,4	\bar{P}_t	11	\bar{W}_t	3000
ρ_N	1,2	ρ_Y	0,8	P'_t	16	W'_t	5000
ρ_{P_1}	0,4	ρ_{P_2}	0,6				
ρ_{W_1}	0,6	ρ_{W_2}	0,4				

Tabelle 8: Der Ausgangsparametersatz für die Nachfragergrößen

Kostenparameter für $j=1, 2$					
Produktentwicklung		Produktherstellung		Umbau	
a_4	150	a_7	5	g_V	16 000
r_E	0,5	a_8	0	r_V	1,5
r_B	1	r_F	1		
τ_j	3	λ_j	0,06		
E^j	2 000				

Tabelle 9: Der Ausgangsparametersatz für das Kostenmodell

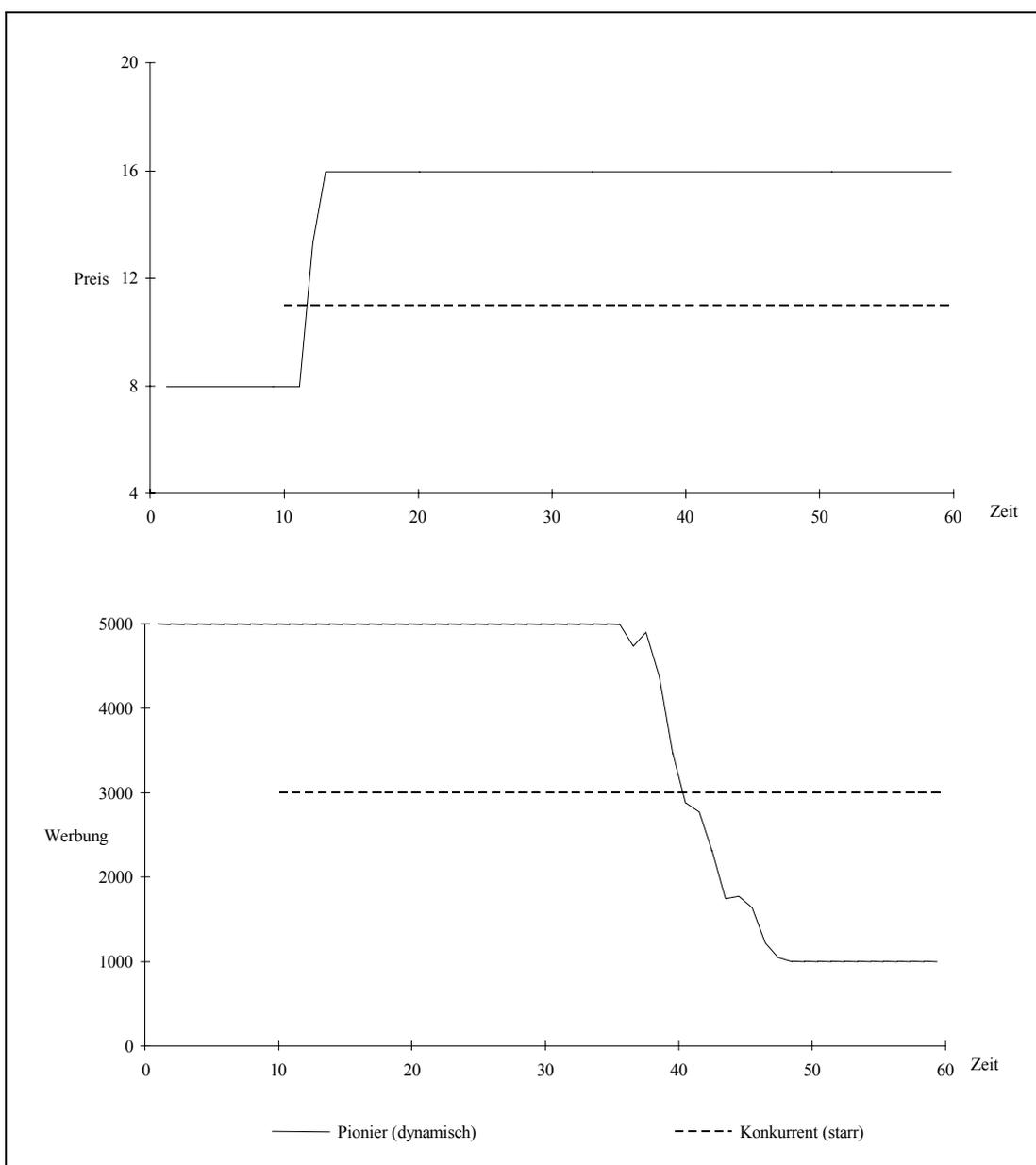
Im Ausgangsdatensatz wird den konkurrierenden Anbietern zunächst ein ähnliches Profil in ihrer Kostenstruktur zugrundegelegt. Dadurch wird verhindert, dass nachfolgende Anbieter mit einem "Ausgangsvor- oder -nachteil" in ihrer Kostenstruktur ausgestattet sind, die die Vergleichbarkeit der Simulationsergebnisse übermäßig verzerren. Für die Optimierung müssen zudem Hypothesen über den "Anbieterverbund" aufgestellt werden. Für die folgenden Analysen wird als Reaktionshypothese für den "nicht zu optimierenden" Wettbewerber, also entweder Pionier oder Konkurrent, eine starre (konstante) Strategie mittlerer Höhe unterstellt ($\bar{P}_t = 11$, $\bar{W}_t = 3000$).

4 Anwendungsbeispiele und Simulationsergebnisse

Für die rein "diffusionsorientierte" Analyse wird von der F&E-Problematik der Produktentstehung abstrahiert und davon ausgegangen, dass die Anbieter ihre Produkte bereits fertig entwickelt haben und mit diesen -zu exogen gegebenen Zeitpunkten- in den Markt eintreten. Um sicherzustellen, dass das unterstellte Käuferverhalten sensibel gegenüber Preis- und Werbebudgetveränderungen bleibt, wird beiden Anbietern die gleiche, relativ niedrige Produktqualität von $N^1=N^2=0,47$ des Ausgangsdatensatzes zugewiesen. In dieser Ausgangssituation hat der markteröffnende Pionier Kenntnis davon, dass ihm in der 10. Periode ein neuer Wettbewerber mit einer eigenen Variante folgt.

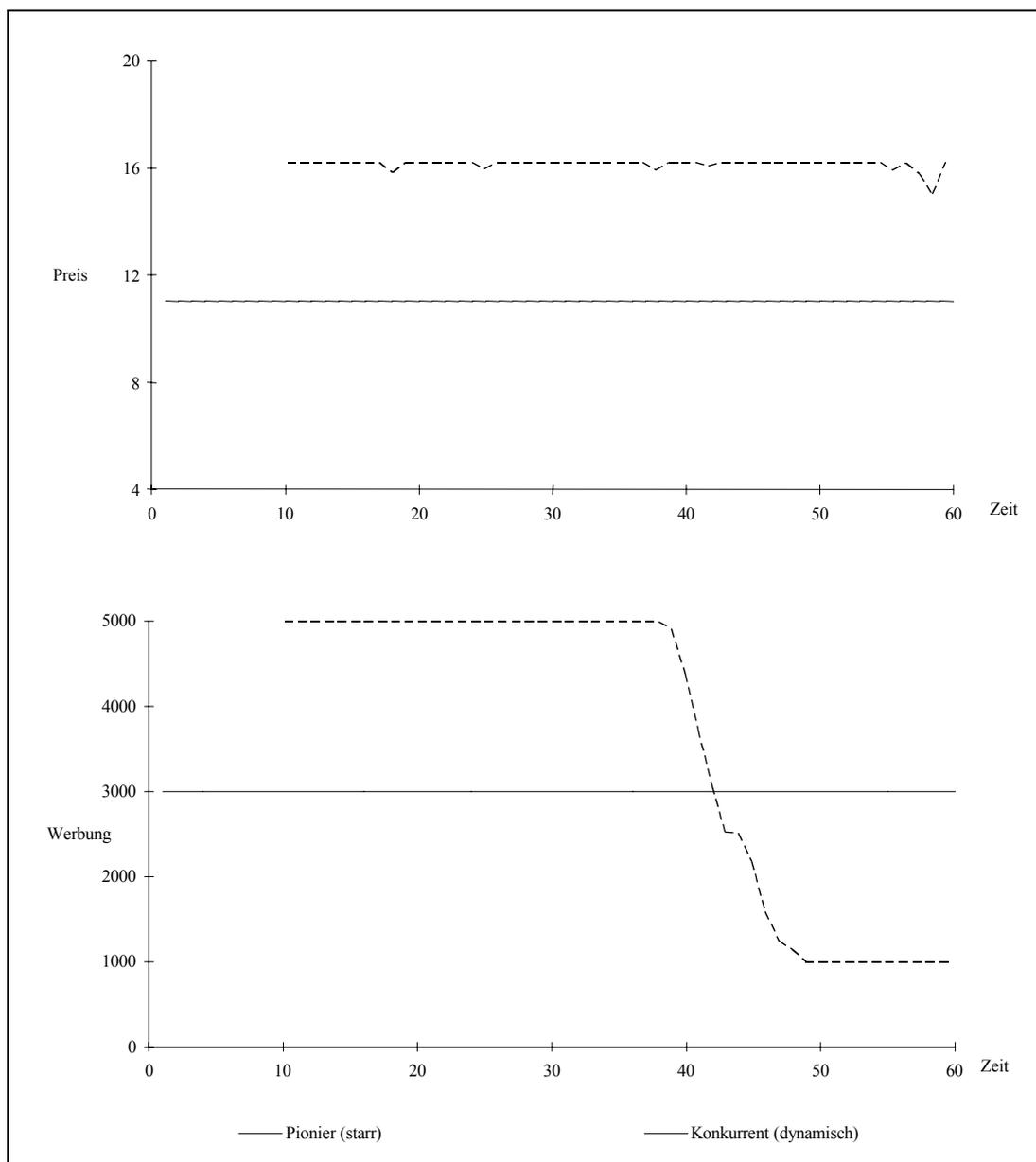
Als Markteröffnungsstrategie wird dem Pionier ein niedriger Einführungspreis und eine hohe Einführungswerbung empfohlen. Die Penetrationsphase sollte bis eine Periode nach Markteintritt des Konkurrenten, also bis zur 11. Periode, aufrechterhalten werden, um in der anfänglichen Monopolzeit eine gesicherte Marktstellung zu erzielen. Nach Markteintritt des Konkurrenten sollte der Preis jedoch erhöht und gegen Ende des Planungshorizonts, wenn das Marktpotential nahezu abgearbeitet ist, die Werbung gesenkt werden (37. Periode). *Penetrationspreis* und *hoher Werbedruck* erschließen dem Pionier den Markt, da die hohe Werbung für umfangreiche Käufe bei den -werbeempfindlichen- Innovatoren sorgt und die dadurch erzielte Produktverbreitung in Kombination mit einem günstigen Preis die Nachfrage der preisempfindlichen- Imitatoren anregt. Eine hohe Produktverbreitung und der dadurch aufgebaute soziale Übernahmepressure sichern dem Pionier somit weitere Verkäufe im Imitatorenssegment, noch bevor der Konkurrent am Markt erscheint. Eine Preisunterbietung in der Eintrittsperiode des Konkurrenten "schwächt" die Konkurrenzposition bei der wechselbereiten Imitatorennachfrage zusätzlich.

Für den *nachfolgenden Konkurrenten*, ist unter der Annahme eines starren Pionierverhaltens dagegen eine *durchgängige -stationäre- Hochpreisstrategie* am oberen Ende des Preisspielraumes optimal. Um die in späteren Perioden verstärkt auftretenden preisempfindlicheren Imitatoren als Nachfrager für sich zu gewinnen, bedarf es jedoch auch hier keiner Preissenkung, da über die zunehmende Produktverbreitung der insgesamt ausgeübte soziale Druck auf diesen Adoptertyp stark zunimmt und so zum dominierenden Kaufkriterium wird. Eine Preiskonkurrenz ist unter diesen Bedingungen folglich nicht angebracht, da in der noch verbleibenden -relativ kurzen- Marktphase der "Preiseffekt" den "Mengeneffekt" dominiert: Der durch eine Penetrationsphase mit niedrigen Preisen induzierte Mehrumsatz aus der Absatzsteigerung ("Mengeneffekt") ist kleiner als der Umsatzrückgang durch die Hochpreisphase ("Preiseffekt").



Basisfall	Konkurrenzverhalten		Pionier		Konkurrent	
	Pionier	Konkurrent	Gewinnbarwert	Verbreitung	Gewinnbarwert	Verbreitung
optimiert	dynamisch	starr	141 308	72,5%	5 610	23,3%
konstant	starr	starr	63 920	64,8%	13 265	32,7%

Abbildung 9: Die Preis- und Werbestrategie des Pioniers im Ausgangsdatensatz



Basisfall	Pionier Konkurrent Konkurrenzverhalten		Pionier Gewinnbarwert Verbreitung		Konkurrent Gewinnbarwert Verbreitung	
	optimiert	starr	dynamisch	64 808	69,4%	59 410
konstant	starr	starr	63 920	64,8%	13 265	32,7%

Abbildung 10: Die Preis- und Werbestrategie des Konkurrenten im Ausgangsdatensatz

Für die *Werbestrategie des Konkurrenten* wird ebenfalls eine *umfangreiche Einführungs-werbung* empfohlen. Die zunehmende Produktverbreitung erlaubt allerdings erst ab der 39. Periode ein allmählich sinkendes Werbebudget, wenn die Nachfrage "praktisch von selbst" läuft. Der Konkurrent wirbt -bei konstanter Pionierstrategie- folglich zwei Perioden länger als der Pionier: Er muss den Nachfrageausfall aufgrund seines verspäteten Marktzugangs mit einem längeren Werbeeinsatz ausgleichen.

5 Schlussbetrachtung

Um Aussagen über den Marketingeinsatz während der Diffusion eines neuen Produkts abzuleiten, wurden in der Literatur bereits eine Vielzahl von Modellen entwickelt. Die Mehrzahl dieser Modelle bedient sich analytischer Lösungen für die Gewinnung optimaler Preis- und Werbepfade im Diffusionsverlauf. Aufgrund der in analytischen Optimierungsansätzen nur begrenzt zu berücksichtigenden Anzahl von Einflussfaktoren unterliegen diese Modelle allerdings einigen äußerst restriktiven Annahmen, die oftmals keine eindeutigen Handlungsanweisungen für das Management zulassen. So wird i.d.R. nur eine der Variablen Preis oder Werbung bei der Untersuchung erfasst oder das Nachfragerverhalten während der Diffusion nur in vereinfachter Weise abgebildet. Zur Untersuchung wirklichkeitsnäherer Aufgabenstellungen kommen daher komplexere Simulationsmodelle zum Einsatz, die aufgrund ihres umfangreicheren Analysespektrums die Ableitung von spezifischeren Handlungsempfehlungen -unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Einflussfaktoren- ermöglichen.

In diesem Beitrag wurde ein derartiges, komplexes Marketing-Mix-Modell vorgestellt und ein mutativ-biologisches Optimierungsverfahren entwickelt (MUTABA), das die Ableitung optimaler Preis- und Werbestrategien für konkurrierende Anbieter neuer Produkte erlaubt. Durch die Simulation typischer Marktszenarien konnte dabei die Robustheit der gefundenen Markteinführungs-Strategien für die einzelnen Anbieter bestätigt werden. So zeigte sich, dass für den Erstanbieter (Pionier) eine aggressive Markteröffnungsstrategie mit **niedrigem Preis** (der nach einiger Zeit hochgefahren werden sollte) und **umfangreicher Werbung** (die gegen Ende des Diffusionsprozesses gesenkt werden sollte) gewinnoptimal ist. Mit dieser Strategie wird der Diffusionseffekt aus dem imitativen Nachfragerverhalten verstärkt und die Eigendynamik des Marktprozesses bei der Ausbreitung einer Innovation unterstützt. Einem nachfolgenden Konkurrenten wird -in Abhängigkeit der Dauer seiner verbleibenden Marktpräsenz- empfohlen, auf einen Preiskampf zu verzichten und stattdessen eine **durchgängige Hochpreisstrategie** in Verbindung mit einer gleichzeitig **länger aufrechtzuerhaltenden Hochwerbephase** zu betreiben. Diese Strategie verhilft ihm zu steigenden Umsätzen und dient dazu, etwaige Nachfrageausfälle aus dem hohen Preis über eine umfangreichere Werbung zu kompensieren. Diese Ergebnisse basieren auf einer Vielzahl von Simulationsläufen auf Basis des vorliegenden Modells, wobei zu berücksichtigen ist, dass sich bei einer Parameterveränderung durchaus auch andere Empfehlungen ergeben können.

Literatur

- BASS, FRANK M. (1969), A New Product Growth For Model Consumer Durables, in: Management Science, Vol. 15, No. 5, 1969, S. 215-227
- BINNINGER, FRANZ-MICHAEL (1993), F&E- und Marketingmanagement im integrierten Produktlebenszyklus. Eine computergestützte Simulationsanalyse, Regensburg, 1993
- BIETHAN, JÖRG (1978), Optimierung und Simulation, Wiesbaden, 1978
- BROCKHOFF, KLAUS (1999), Produktpolitik, 3. Aufl., Stuttgart u.a., 1999
- CHEN, BING (1990), Experimentelle Optimum-Suchstrategien auf der Basis der Computersimulation zur Unterstützung betriebswirtschaftlicher Entscheidungsfindung, Frankfurt a. Main, 1990
- ERICHSON, BERND (2002), Prüfung von Produktideen und Konzepten, in: Albers, Sönke, Herrmann, Andreas (Hrsg.): Handbuch Produktmanagement, 2. Aufl., Wiesbaden, 2002, S. 385-410
- GIERL, HERIBERT (1987), Die Erklärung der Diffusion technischer Produkte, Berlin, 1987
- HÄUSLEIN, ANDREAS (1993), Wissensbasierte Unterstützung der Modellbildung und Simulation im Umweltbereich: Konzeption und prototypische Realisierung eines Simulationssystems, Frankfurt a. Main u.a., 1993
- HENDERSON, BRUCE (1984), Die Erfahrungskurve in der Unternehmensstrategie, 2. Aufl., Frankfurt a. Main, 1984
- HRUSCHKA, HARALD (1996), Marketingentscheidungen, Regensburg, 1996
- KORTMANN, WALTER (1995), Diffusion, Marktentwicklung und Wettbewerb: eine Untersuchung über die Bestimmungsgründe zu Beginn des Ausbreitungsprozesses technologischer Produkte, Frankfurt a. Main u.a., 1995
- KUHLMANN, CHRISTIAN (1997), Diffusion von Informationstechnik, Wiesbaden, 1997
- NISSEN, VOLKER (1994), Evolutionäre Algorithmen: Darstellung, Beispiele, betriebswirtschaftliche Anwendungsmöglichkeiten, Wiesbaden, 1994
- PECHTL, HANS (1991), Innovatoren und Imitatoren im Adoptionsprozess von technischen Neuerungen, Bergisch-Gladbach, Köln, 1991
- RECHENBERG, INGO (1973), Evolutionsstrategien, Stuttgart, 1973
- RÖCK, CHRISTOPH (2000), Die Diffusion von innovativen netzgebundenen Gütern bei unterschiedlichen Interaktionsnetzen, Frankfurt a. Main u.a., 2000

- ROGERS, EVERETT (1995), Diffusion of Innovations, 4th ed., New York. 1995
- SABEL, HERMANN, WEISER, CHRISTOPH (1998), Dynamik im Marketing, 2. Aufl., Wiesbaden, 1998
- SARTORIUS, BODO (1983), Exportmarketing für neuartige Gebrauchsgüter auf verbundenen Märkten. Eine computergestützte Simulationsanalyse, Passau, 1983
- SCHMALEN, HELMUT (1979), Marketing-Mix für neuartige Gebrauchsgüter, Wiesbaden, 1979
- SCHMALEN, HELMUT (1992), Kommunikationspolitik: Werbeplanung, 2. überarb. und erw. Aufl., Stuttgart, u.a., 1992
- SCHMALEN, HELMUT (1999), Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft, 11. Aufl., Köln, 1999
- SCHMALEN, HELMUT, PECHTL, HANS (1992), Technische Neuerungen in Kleinbetrieben, Management von Forschung, Entwicklung und Innovation, Stuttgart, 1992
- SCHMALEN, HELMUT, XANDER, HEIKO (2002), Produkteinführung und Diffusion, in: Albers, Sönke, Herrmann, Andreas (Hrsg.): Handbuch Produktmanagement, 2. Aufl., Wiesbaden, 2002, S. 411-440
- SCHÖNEBURG, EBERHARD, HEINZMANN, FRANK, FEDDERSEN, SVEN (1994), Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien: Eine Einführung in Theorie und Praxis der simulierten Evolution, Bonn, u.a., 1994
- SCHWEFEL, H.-P. (1981), Numerical Optimization of Computer Models, Chichester 1981
- SIMON, HERMANN (1992) Preismanagement, 2. Aufl., Wiesbaden, 1992
- SEIN MIN (1990), Exportmarketing im Wirtschaftsverkehr zwischen Industrie- und Entwicklungsländern, zugl. Diss. Universität Passau 1990, Passau, 1990
- VAN DOUWE, ULRICH (1996), Die Technologiedynamik im Marktentwicklungsprozess. Eine modellgestützte Analyse der Technologieevolution am Beispiel der Personal Computer, zugl.: Diss. Universität Passau 1995, Bergisch Gladbach, Köln, 1996
- XANDER, HEIKO (2003), Marketing-Mix-Strategien in umweltfreundlich-differenzierten Märkten. Computergestützte Simulation und Optimierung eines lebenszyklusübergreifenden Diffusionsmodells, zugl. Diss. Universität Passau 2002, Wiesbaden, 2003