



Universität Augsburg
Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl
Kernkompetenzzentrum
Finanz- & Informationsmanagement
Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik,
Informations- & Finanzmanagement

UNIA
Universität
Augsburg
University

Diskussionspapier WI-63

Ein generisches Modell zur Kundenindividuellen Leistungsbündelung durch Softwareagenten

von

Hans Oliver Hofmann¹, Dominik Deschner¹, Oliver Dümpe, Andreas Will

Juli 1999

in: Steiner, M., Dittmar, T., Willinsky, C., Hrsg., Elektronische
Dienstleistungswirtschaft und Financial Engineering,
Tagungsband der 2. Internationalen FAN-Tagung 1999,
Augsburg, September 1999, Schöling, Münster, 1999, S.95-112

¹ Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik II, Universität Erlangen-Nürnberg

Ein generisches Modell zur kundenindividuellen

Leistungsbündelung durch Softwareagenten

von

Oliver Hofmann^{*}, Dominik Deschner^{*}, Oliver Dümpe^{**}, Andreas Will^{**}

- 1 Einleitung**
- 2 Leistungsbündelung**
- 3 Eigenschaften des Internet und Folgen für die Leistungsbündelung**
- 4 Softwareagenten**
- 5 Modellbildung**
 - 5.1 Problemstellung**
 - 5.2 Grundlagen**
 - 5.3 Produktion**
 - 5.4 Bündelung**
 - 5.5 Entbündelung**
 - 5.6 Tausch**
 - 5.7 Sequenzen**
 - 5.8 Produktklassen**
 - 5.9 Start und Ziel**
- 6 Anwendung**
 - 6.1 Beispiel**
 - 6.2 Erweiterungen**
- 7 Ausblick**
- Literaturverzeichnis**

* Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik II, {Oliver.Hofmann, Dominik.Deschner}@wiso.uni-erlangen.de

** Universität Augsburg, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, {Oliver.Duempe, Andreas.Will}@wiso.uni-augsburg.de

1 Einleitung

"Aus Kundensicht sind marktfähige Produkte Problemlösungen. Bei Problemlösungen aber handelt es sich gerade nicht um technologisch ermöglichte, isolierte Einzelleistungen, sondern stets um problemadäquate Leistungsbündel. [...] Strategien zur zielorientierten Entwicklung solcher Leistungsbündel versprechen damit nicht nur eine Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Einzelunternehmen, sondern bilden darüber hinaus einen erfolgsversprechenden Ansatzpunkt zur Standortsicherung."¹

Die Entstehung und die wachsende Bedeutung von Netzmärkten² - insbesondere auf der Basis des Internet - eröffnen Chancen für Unternehmen zur Erschließung neuer Märkte und zum Erreichen von Wettbewerbsvorteilen durch die Gestaltung neuartiger Leistungs- und Vertriebsformen. Andererseits stehen Unternehmen auf Netzmärkten auch vor der Herausforderung, sich in einem globalen Umfeld dem wachsenden Konkurrenzdruck durch eine steigende Anzahl internationaler Wettbewerber stellen zu müssen. Räumliche Entfernungen zum Kunden verlieren dabei zusehends an Bedeutung. Um sich in diesem Wettbewerbsumfeld behaupten zu können, ist es nicht nur zwingend erforderlich, Organisationsstrukturen und Geschäftsprozesse effizient zu gestalten, sondern auch geboten, sich von seinen Wettbewerbern durch das Angebot innovativer, kundenindividueller Leistungsbündel als Problemlösungen für spezifische Kundenbedürfnisse zu differenzieren, Kundenbindung aufzubauen und damit Wettbewerbsvorteile zu generieren. Ein entscheidender Erfolgsfaktor bei der marktorientierten Leistungserbringung wie der effizienten Geschäftsprozeßgestaltung ist der zieladäquate Einsatz innovativer Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT).

Ausgangspunkt wirtschaftlicher Aktivitäten ist immer ein konkretes Kundenbedürfnis. Zur Befriedigung des Kundenbedürfnisses genügt in der Regel nicht das Angebot eines Einzelprodukts; vielmehr ist als Problemlösung ein Leistungsbündel aus verschiedenen Teilleistungen zu erstellen. Auf Internet-basierten Netzmärkten können Teilleistungen und Leistungsbündel weltweit von einer Vielzahl von Unternehmen angeboten und transaktionskostengünstig zusammengeführt werden. Eine wesentliche Schwierigkeit aus der Sicht eines nachfragenden Kunden besteht allerdings darin, angesichts der Leistungsvielfalt im globalen „Informationsdschungel“ die passenden Teilleistungen bzw. Leistungsbündel zu identifizieren und optimal zur gewünschten Problemlösung zu

¹ Reichwaldt/Möslein (1997), S. 19f.

² Unter Netzmärkten verstehen wir Elektronische Märkte im weiteren Sinne (vgl. Schmid (1993), S. 468) auf der Basis offener Rechnernetze.

kombinieren. Die Komplexität des Problems wird noch dadurch erhöht, daß es sinnvoll sein kann, bestehende Leistungsbündel zu „entbündeln“ und wieder zu einem neuen Leistungsbündel mit anderer Komponentenzusammensetzung zu integrieren. Zur Unterstützung bei der Lösung solcher Probleme bieten sich Softwareagenten an, die als selbständige Akteure Teilprobleme lösen und zur Gesamtlösung integrieren.

Voraussetzung für den Einsatz von Softwareagenten zur Leistungsbündelung ist eine formale Beschreibung des Problemfelds. Ziel der vorliegenden Arbeit ist daher die Entwicklung eines generischen Modells zur kundenindividuellen Leistungsbündelung durch Softwareagenten. Dazu ist zunächst der Grundgedanke der Leistungsbündelung kurz darzustellen. Anschließend werden die wesentlichen Eigenschaften von Netzmärkten beschrieben, und es wird untersucht, inwiefern und für welche Art von Leistungen Netzmärkte für die kundenindividuelle Leistungsbündelung geeignet sind. Dabei wird deutlich, daß insbesondere (aber nicht nur) für „digitalisierbare“ Leistungen auf Netzmärkten durch kundenindividuelle Leistungsbündelung Wettbewerbsvorteile zu erzielen sind, dies jedoch aufgrund der damit verbundenen Probleme durch eine geeignete Modellierung unterstützt werden muß. Zu diesem Zweck wird ein generisches Modell zur kundenindividuellen Leistungsbündelung durch Softwareagenten entwickelt und an einem Beispiel verdeutlicht und angewendet.

2 Leistungsbündelung

Unter Leistungsbündelung oder Bundling soll die Integration mehrerer identifizierbarer Teilleistungen verstanden werden, die zu einem Gesamtpreis angeboten werden³. Unter den Begriff der Leistungen fallen dabei sowohl Sach- und Nominalgüter, als auch Dienstleistungen, Rechte etc. Die Bündelung von Leistungen kann ceteris paribus verschiedene Vorteile für den Anbieter der Leistung aufweisen:

- *Kostenvorteile* durch Bundling können entstehen, wenn die Bündelung von Leistungen eine Einsparung von Produktions- und/oder Transaktionskosten aufgrund von economies of scale oder economies of scope bewirkt⁴ oder eine Reduktion von Klassifikations-, Sortier- und Verarbeitungskosten⁵ erreicht werden kann.

³ Vgl. Dieckmann (1993), ähnlich auch in Adams/Yellen (1976), Gultinan (1987), Eppen et al. (1991).

⁴ Vgl. Adams/Yellen (1976), S. 475, Eppen et al. (1991), S. 7, Nagle (1987), S. 219.

⁵ Vgl. Kenney/Klein (1983), S. 502ff.

- *Erlössteigerungen* können erzielt werden, wenn es möglich ist, Bundling als Instrument zur Preisdiskriminierung einzusetzen.⁶ Preisdiskriminierung auf Ebene der Einzelkomponenten kann betrieben werden, obwohl der Bündelpreis konstant ist, wenn die Nachfrager unterschiedliche Zahlungsbereitschaften für die Einzelkomponenten, in der Summe jedoch die gleiche Gesamtzahlungsbereitschaft haben, die dem Bündelpreis entspricht. Durch diese indirekte Art der Preisdiskriminierung kann es einem Unternehmen möglich sein, Konsumentenrente abzuschöpfen und dadurch seine Gewinne zu steigern.⁷ Schwierigkeiten bereitet jedoch die Erhebung der dazu notwendigen Daten (Zahlungsbereitschaften) und die Optimierung der Bündelzusammensetzung und -bepreisung.⁸
- Die Bündelung von Leistungen durch einen Anbieter kann ferner dazu dienen, die Qualität des angebotenen Leistungsbündels sicherzustellen oder zu steigern. Dies trifft in besonderem Maße zu, wenn es sich um technisch oder ökonomisch komplexe Konsum-, Investitions- oder Informationsgüter handelt. In diesem Fall ist die Unterstützung des Kunden durch einen Integrator⁹ oder durch geeignete IKT erforderlich.
- *Wettbewerbsvorteile* können schließlich dann entstehen, wenn es einem Anbieter gelingt, durch das Angebot kundenindividueller Leistungsbündel Kundenbedürfnisse umfassend zu befriedigen, dem Kunden Informations- und Suchkosten zu ersparen und Kundenbindung aufzubauen.¹⁰

Um zu zeigen, daß vor allem die erlös- und wettbewerbsrelevanten Bündelungsvorteile auf Netzmärkten im Internet besonders bedeutsam sind, werden im folgenden Abschnitt kurz die wesentlichen Eigenschaften des Internet und die Implikationen für die Leistungsbündelung dargestellt.

3 Eigenschaften des Internet und Folgen für die Leistungsbündelung

Vier Eigenschaften des Internet lassen es als Medium für eine kundenindividuelle Leistungsbündelung - vor allem von digital(isierbar)en Leistungen - besonders geeignet erscheinen: die Interoperabilität, die Offenheit, die Interaktivität und die Ortslosigkeit.

⁶ Vgl. *Adams/Yellen* (1976), S. 476, *McAfee et al.* (1989), S. 371, *Nagle* (1987), S. 171f., *Phlips* (1983).

⁷ Vgl. *Bakos/Brynjolfsson* (1996), S. 3.

⁸ Vgl. *Simon* (1992), S. 1228f., *Dieckmann* (1993), S. 87, *Hanson/Martin* (1990).

⁹ Vgl. *Eppen et al.* (1991), S. 10f.

¹⁰ Vgl. *Lawless* (1991), S. 270.

Wichtigster Grund ist die *Interoperabilität* des Internet. Als „Netz der Netze“ ist es als Verbindung zwischen heterogenen Teilsystemen und Elementen konstruiert. Das dem Internet zugrundeliegende Kommunikationsprotokoll TCP/IP ist deshalb ein sehr einfacher Standard, der von seiner Anlage her offen für Erweiterungen ist. So ist es für neue Teilnehmer - Kunden und Anbieter - weltweit sehr einfach und kostengünstig möglich, sich an das Internet anzuschließen. Es gibt folglich eine große Auswahl hochspezialisierter kleiner Anbieter, die Teilleistungen für Leistungsbündel beitragen können.

Zum zweiten sind neue technische Entwicklungen - wie beispielsweise die Programmiersprache Java oder Standards für sichere elektronische Transaktionen zeigen - im Internet zu vergleichsweise geringen Kosten und sehr schnell verfügbar. Diese *Offenheit* bildet die Grundlage für die Gestaltung leistungsfähiger Informationssysteme und die Implementierung standardisierter, schnittstellenminimaler durchgängiger Prozesse zwischen den Produzenten von Teilleistungen im Rahmen einer Leistungsbündelung durch mehrere Beteiligte.

Die bei der arbeitsteiligen Produktion von Leistungsbündeln erforderliche Synchronisation der Beteiligten wird durch die *Interaktivität* des Internet wesentlich unterstützt, also durch die Möglichkeit zu einer wechselseitigen Kommunikation. Die Leistungsfähigkeit derartiger bidirektionaler Kommunikationskanäle wächst mit der Verfügbarkeit von Anwendungsteilen beispielsweise in Form von JAVA-Applets, die eine gemeinsame Bearbeitung von Problemen mit Hilfe verteilter Anwendungssysteme möglich machen. Auf Netzmärkten ermöglicht Interaktivität vor allem auch eine leistungsfähige Kommunikation zwischen Kunde und Anbieter während der Leistungserstellung und stellt somit einen zeitlich eng gekoppelten Kundenkontakt und rasche Reaktionszeiten sicher. Aus Sicht der Anbieter lassen sich Kundenreaktionen gut beobachten; Daten über Kundenbedürfnisse können als Grundlage individueller Leistungsgestaltung gesammelt werden.

Schließlich ist die *Ortslosigkeit* des Internet ein wichtiger Faktor im Bezug auf die Eignung des Internet für die Leistungsbündelung. Kunden können weltweit Produkte kaufen; Anbieter können unabhängig vom Standort ihrer Kunden arbeitsteilig produzieren. Die räumliche Entfernung stellt weder im Vertrieb noch bei der arbeitsteiligen Produktion den beschränkenden Faktor dar. Insbesondere bei digitalen Leistungen ist die räumliche Entfernung zwischen Anbieter und Nachfrager bedeutungslos. Für den Anbieter bedeutet dies z.B. eine weitgehende Freiheit in der Wahl des Produktionsstandortes, der bei digitalen Leistungen nicht zuletzt unter Berücksichtigung steuerlicher Gestaltungsspielräume gewählt werden kann (Betriebsstätten-Server). Für die Nachfrager nehmen Informations- und Suchkosten - bezogen auf einen in Frage stehenden Anbieter - auf Netzmärkten ab; die

Markttransparenz wächst mit der Folge steigender Nachfragermacht und dem Wandel der Märkte hin zu Käufermärkten.

Auf der anderen Seite erhöht sich infolge der niedrigen Markteintrittsbarrieren und der globalen Verfügbarkeit von Informationen die Komplexität der Informationsbeschaffung. Hierdurch ergibt sich ein gegenläufiger Effekt zu den sinkenden Suchkosten und der gesteigerten Markttransparenz. Eine Vielzahl von Anbietern ist auf gleiche Weise und in gleicher „Entfernung“ für den Nachfrager sichtbar. Für die Kunden entsteht angesichts vieler kleiner „namenloser“ Anbieter ein verstärktes Vertrauensproblem. Intermediäre, die Teilleistungen zu einem individuellen Bündel zusammenstellen, dienen folglich nicht nur als bloße Integratoren, sondern auch als unabhängige, Vertrauen gebende Dritte (trusted third party).¹¹ Somit ergibt sich die sowohl technische als auch institutionelle Notwendigkeit der Unterstützung des Nachfragers bei der Suche und Zusammenstellung nach geeigneten Leistungsbündeln.

So zeigt sich insgesamt, daß höhere Wettbewerbsintensität und die technologische Entwicklung kundenindividuelle Leistungsbündelung erfordern und ermöglichen. Das Internet erscheint besonders geeignet, um Leistungsbündel unter der Beteiligung vieler hochspezialisierter Anbieter zu konfigurieren. Wettbewerbsvorteile können vor allem dadurch erzielt werden, daß man - z.B. als Integrator von Leistungsbündeln - leistungsfähige Informationssysteme unter Nutzung der Interoperabilität des Internet einsetzt, um den Kunden Informations- und Suchkosten zu ersparen und Vertrauen und langfristige Kundenbindung aufzubauen. Inwieweit hierbei Softwareagenten vorteilhaft eingesetzt werden können, zeigt der folgende Abschnitt.

4 Softwareagenten

Softwareagenten sind Forschungsgegenstand in verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen. Betrachtungen zu Agenten werden z.B. in der Künstlichen Intelligenz, der Theoretischen Informatik, dem Software Engineering, der Politikwissenschaft und den Wirtschaftswissenschaften angestellt und führen nicht selten zu einem Begriffswirrwarr. Bislang ist es nicht gelungen, sich auf eine allgemein akzeptierte Definition zu einigen.¹²

Im folgenden soll unter einem Softwareagent ein Programm verstanden werden, welches autonom und zielgerichtet im Auftrag einer Person oder Organisation arbeitet. Er kann während seines Lebenszyklus Aufgaben auf eigene Initiative und in

¹¹ Vertrauen oder Sicherheit kann selbst als eine weitere Komponente eines Leistungsbündels verstanden werden (z.B. bei Versicherungsverträgen).

¹² Vgl. *Jennings/Wooldridge* (1998), S. 3.

Kooperation mit anderen Agenten ausführen. Ein wichtiges Unterscheidungskriterium zu herkömmlicher Software ist die Fähigkeit zu selbständigem Handeln (Autonomie), die ein gewisses Maß an „Intelligenz“ voraussetzt.

(Mehr-)Agentensysteme definieren sich als Zusammenspiel autonom agierender Einzelagenten, die - jeder für sich - eigene Pläne und Ziele verfolgen, die es im Sinne einer Problemlösung zu koordinieren gilt.

Von *Jennings/Wooldridge* (1998), S. 3, werden Problemstellungen vorgestellt, die einer Koordination mit Hilfe von Softwareagenten zugänglich sind (z.B. Prozeßüberwachung, Patientenüberwachung im Krankenhaus, Flugsicherung u.a.).

Zur Lösung von Aufgaben der Leistungsbündelung auf Netzmärkten bieten sich Agentensysteme ganz besonders an. Durch Softwareagenten sind die am Bündelungsprozeß beteiligten Kunden und Anbieter in natürlicher Weise repräsentiert, d.h. ihr problemspezifisches Wissen und ihre Fähigkeiten zur Problemlösung an einer Stelle gekapselt. Im Gegensatz zu (konventionellen) Bündelungsansätzen auf Netzmärkten, die u.a. auf der Nutzung elektronischer Produktkataloge und von Suchmaschinen basieren, bietet eine agentenunterstützte Leistungsbündelung den Vorzug, mit Hilfe von Regeln „intelligentes“ Verhalten der Agenten im Sinne des repräsentierten Marktteilnehmers abbilden zu können:

- Kontextbezogen können Bündel offeriert bzw. diese Offerten zurückgehalten werden. Elektronische Produktkataloge bieten dieses feingranulare Verhalten i.d.R. nicht.
- Kritische Unternehmensinformationen, wie z.B. Auslastung von Kapazitäten oder Deckungsbeitrag einzelner Teilprodukte, sind durch den vorgeschalteten Agenten geschützt. Bei zentralistisch koordinierter Leistungsbündelung müßten diese Daten offengelegt werden, um sie dem zentralen Koordinationssystem zugänglich zu machen.
- Agenten können mit Planungsfunktionalität ausgestattet werden und so zielgerichtetmehrstufige Markttransaktionen entwickeln und durchführen.

Bei der industriellen Fertigung werden zur Koordination häufig Systeme eingesetzt (z.B. Kanban), die keiner zentralen Koordinationsinstanz bedürfen, sondern bei denen die abhängigen Bereiche autonom agieren, ggf. kooperieren, dabei jedoch ihre Handlungen eigenständig planen und nur teilweise den Partnern offenlegen. Die Übertragung dieser Herangehensweise auf die Koordination bei der Erstellung von Produktbündeln legt somit den Einsatz von Softwareagenten nahe.

5 Modellbildung

5.1 Problemstellung

Die kostengünstige Erstellung eines vom Kunden spezifizierten „Wunschbündels“ durch mehrere Produzenten setzt ein Koordinationsverfahren voraus, das die vorhandenen Ressourcen möglichst effizient einsetzt. Ziel der Koordination muß es hier sein, das Bündel geeignet zu zerlegen, die für die Erstellung der Teilprodukte bzw. Teildienstleistung geeigneten Akteure zu identifizieren und die Teilaufträge zu vergeben. Daneben muß die Zusammenführung der Teilaufträge zum gewünschten Bündel koordiniert werden.

Ein Mehragentensystem, in dem die einzelnen Softwareagenten die für die Erstellung des Bündels einsetzbaren Akteure repräsentieren, kann diese Koordinationsleistung erbringen. Dabei ist insbesondere zu berücksichtigen, ob die beteiligten Akteure in der Lage sind, die Produkte/Dienstleistungen zu bündeln bzw. zu entbündeln und - falls ja - zu welchen Kosten.

Jeder Akteur verfügt über individuelle Fähigkeiten zur Produktion, Bündelung und Entbündelung von Produkten. Zugleich können die Akteure jedoch ggf. abweichende, divergierende Ziele¹³ besitzen, denen sie sich - rationales Verhalten vorausgesetzt - durch die Verhandlungstätigkeit und Austausch anzunähern versuchen (vgl. Abbildung 1).

¹³ Die Modellierung der Ziele der Agenten ist nicht Inhalt der im folgenden vorgestellten Operationalisierung des Bündelns und Tauschens. Die Operationalisierung stellt vielmehr eine Voraussetzung für zielgerichtetes Handeln von Agenten auf Netzmärkten dar.

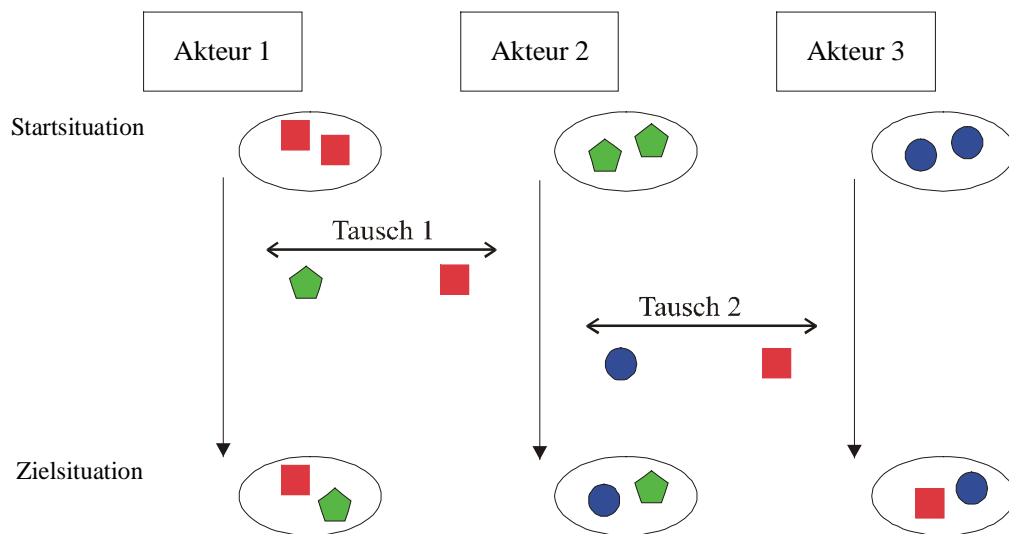


Abbildung 2: Austausch von Produkten und Produktbündeln

Ausgehend von einer Startsituation muß jeder Akteur versuchen, durch eine geeignete Folge der Operationen *Produktion*, *Bündelung*, *Entbündelung* und *Tausch* die gewünschte Zielsituation zu erreichen. Dazu ist eine Sequenz von Operationen a priori zu planen und die sich ergebenden Pläne - insbesondere die Operation *Tausch* - zu koordinieren.¹⁴ Im folgenden werden die denkbaren Aktionen mit Hilfe eines mathematischen Modells operationalisiert.

5.2 Grundlagen

Sei $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ eine Menge von Akteuren. Sei ferner $P_0 = \{p_1, \dots, p_m\}$ eine Menge von atomaren Produkten oder Dienstleistungen.

$B_1 := 2^{P_0} \setminus \bigcup_{p_j \in P_0} \{p_j\}$ heißt Menge aller *Bündel* über P_0

$b \in B_1$ heißt *Bündel* über P_0

$P_1 := P_0 \cup B_1$ heißt Menge der Produkte in Bündelungsstufe 1

Bündelung kann als mehrstufiger Prozeß gesehen werden, der eine Aggregation elementarer oder bereits kombinierter Leistungen (Bündel) erlaubt.

¹⁴ Vgl. z.B. Hertzberg (1989), Martial (1990, 1992).

$$B_{n+1} := 2^{P_n} \setminus \bigcup_{\forall p_j \in P_n} \{p_j\}$$

$$P_{n+1} := P_n \cup B_{n+1}$$

$$P_\infty := \bigcup_{i=0}^\infty P_i \text{ heißt transitive Produkthülle über } P_0$$

Jeder Akteur a_i besitzt ein "Lager" $L_i \subseteq P_\infty$ zur Aufnahme von Produkten und Produktbündeln. Das Lager dient zur Bündelung bzw. Entbündelung. Die Relation *stock* heißt *Lagerrelation*.

$$\text{stock} \subseteq A \times P_\infty$$

$$(a_i, b) \in \text{stock} \Leftrightarrow b \in L_i$$

5.3 Produktion

Jeder Akteur besitzt individuelle Fähigkeiten zur Erstellung von Produkten. Die für die Produktion nötigen Rohstoffe werden dem Lager des Akteurs entnommen; die Fertigprodukte werden dem Lager zugeführt. Die Produktionsfähigkeiten der Akteure werden über die *Produktionsrelation prod* ausgedrückt.

$$\text{prod} \subseteq A \times P_\infty \times P_\infty$$

$$(a_i, s, d) \in \text{prod} \Leftrightarrow d \text{ kann durch } a_i \text{ aus } s \text{ produziert werden.}$$

Die Elemente der Produktionsrelation heißen *Produktionsschritte*.

$$(a_i, s, d) \in \text{prod} \text{ heißt ausführbar} \Leftrightarrow s \in L_i$$

Ein Produktionsvorgang hat Auswirkungen auf das Lager eines Akteurs. Sei *stock* die Lagerrelation, a_i der produzierende Akteur und $r = (a_i, s, d) \in \text{prod}$ ein ausführbarer Produktionsschritt.

$$\text{stock} \xrightarrow{r} \text{stock}' \text{ mit}$$

$$\text{stock}' := (\text{stock} \setminus \{(a_i, s)\}) \cup \{(a_i, d)\}$$

5.4 Bündelung

Jeder Akteur besitzt individuelle Fähigkeiten zur Bündelung von Produkten in seinem Lager. Die für die Bündelung nötigen Ausgangsprodukte werden dem Lager des Akteurs entnommen; das erstellte Bündel wird dem Lager zugeführt. Die Bündelungsfähigkeiten der Akteure werden über die *Bündelungsrelation bund* ausgedrückt.

$bund \subseteq A \times P_\infty$
 $(a_i, b) \in bund$ mit $b = \{b_1, \dots, b_n\} : \Leftrightarrow$
 b kann durch a_i gebündelt werden.

Die Elemente der Bündelungsrelation heißen *Bündelungsschritte*.

$(a_i, b) \in bund$ heißt *ausführbar* $:\Leftrightarrow \forall b_j \in \{b_1, \dots, b_n\} : b_j \in L_i$

Ein Bündelungsvorgang hat Auswirkungen auf das Lager eines Akteurs. Sei *stock* die Lagerrelation, a_i der bündelnde Akteur und $q = (a_i, b) \in bund$ mit $b = \{b_1, \dots, b_n\}$ ein ausführbarer Bündelungsschritt.

$stock \xRightarrow{q} stock'$ mit
 $stock' := (stock \setminus \{(a_i, b_1), \dots, (a_i, b_n)\}) \cup \{(a_i, b)\}$

5.5 Entbündelung

Jeder Akteur besitzt individuelle Fähigkeiten zur Entbündelung von Produkten in seinem Lager. Das zu entbündelnde Produkt wird dem Lager des Akteurs entnommen; die sich ergebenden Einzelteile dem Lager zugeführt. Die Entbündelungsfähigkeiten der Akteure werden über die *Entbündelungsrelation cut* ausgedrückt.

$cut \subseteq A \times P_\infty$
 $(a_i, b) \in cut : \Leftrightarrow$
 b kann durch a_i entbündelt werden.

Die Elemente der Entbündelungsrelation heißen *Entbündelungsschritte*.

$(a_i, b) \in cut$ heißt *ausführbar* $:\Leftrightarrow b_j \in L_i$

Ein Entbündelungsvorgang hat Auswirkungen auf das Lager eines Akteurs. Sei *stock* die Lagerrelation, a_i der entbündelnde Akteur und $s = (a_i, b) \in cut$ mit $b = \{b_1, \dots, b_n\}$ ein ausführbarer Bündelungsschritt.

$stock \xRightarrow{s} stock'$ mit
 $stock' := (stock \setminus \{(a_i, b)\}) \cup \bigcup_{j=1}^n \{(a_i, b_j)\}$

5.6 Tausch

Zwischen Akteuren können Kontrakte über den Austausch von Produkten und Produktbündeln geschlossen werden.

Ein *Kontrakt* $(a_i, a_j, b_n, b_m) \in \text{contract} \subseteq A \times A \times P_\infty \times P_\infty$ vereinbart die Abgabe des Bündels b_n vom Akteur a_i an den Akteur a_j . Umgekehrt wird von a_j das Bündel b_m an a_i übertragen.

$$(a_i, a_j, b_n, b_m) \in \text{contract} \text{ heißt ausführbar } :\Leftrightarrow b_n \in L_i \wedge b_m \in L_j$$

Die Ausführung eines Kontrakts $k = (a_i, a_j, b_n, b_m)$ hat Auswirkungen auf die Lager der beteiligten Akteure.

$$\begin{aligned} & \text{stock} \xRightarrow{k} \text{stock}' \text{ mit} \\ & \text{stock}' := (\text{stock} \setminus \{(a_i, b_n), (a_j, b_m)\}) \cup \{(a_i, b_m), (a_j, b_n)\} \end{aligned}$$

5.7 Sequenzen

Seien o_1, \dots, o_n mit $o_j \in O$ Operationen mit

$$O := \{o \mid o \in \text{prod} \vee o \in \text{bund} \vee o \in \text{cut} \vee o \in \text{contract}\}.$$

Dann können die Operationen o_1, \dots, o_n zu einer *Sequenz* \hat{o} zusammengefügt werden.

Die Sequenz \hat{o} ist ausführbar, wenn gilt:

$$\begin{aligned} & o_1 \text{ ist ausführbar mit } \text{stock} \xRightarrow{o_1} \text{stock}^1 \\ & o_2 \text{ ist ausführbar mit } \text{stock}^1 \xRightarrow{o_2} \text{stock}^2 \\ & \vdots \\ & o_n \text{ ist ausführbar mit } \text{stock}^{n-1} \xRightarrow{o_n} \text{stock}' \end{aligned}$$

Die Auswirkung der Sequenz auf die Lagerrelation ist durch obige Abfolge definiert.

$$\text{stock} \xRightarrow{\hat{o}} \text{stock}' \text{ ist Kurzschreibweise für } \text{stock} \xRightarrow{o_1} \text{stock}^1 \xRightarrow{o_2} \dots \xRightarrow{o_n} \text{stock}'.$$

5.8 Produktklassen

Für die Definition von Zielsituationen für Akteure sind bei *homogenen Produkten* nicht die konkreten Produktausprägungen, sondern abstrakte Produktklassen nötig. So wird

z.B. in einer Buchhandlung nicht "genau dieses Buch", sondern ein "Exemplar" dieses Buches bestellt.

Sei P_∞ eine Menge von Produkten oder Dienstleistungen bzw. deren Bündel und $\doteq \subseteq P_\infty \times P_\infty$.

$$(p_i, p_j) \in \doteq \Leftrightarrow p_i \text{ gehört der gleichen Produktklasse an wie } p_j.$$

Für $(p_i, p_j) \in \doteq$ schreibt man auch kurz $p_i \doteq p_j$.

\doteq ist eine Äquivalenzrelation und partitioniert die Menge der Produkte in die Produktklassen.

Sei $P \subseteq P_\infty$ und \doteq die oben beschriebene Äquivalenzrelation. Dann ist

$$\doteq_q(P) := \{p \in P \mid q \doteq p\}$$

Bei der Produktion, Bündelung, Entbündelung und beim Tausch kann ebenso von konkreten Ausprägungen abstrahiert werden. Die zugehörigen Relationen erweitern sich somit um zusätzliche Einträge:

$$prod_\doteq \subseteq A \times P_\infty \times P_\infty$$

$$(a_i, s_j, d_k) \in prod_\doteq \Leftrightarrow \exists s_n, d_m \in P_\infty : (a_i, s_n, d_m) \in prod \wedge s_n \doteq s_j \wedge d_m \doteq d_k$$

$$bund_\doteq \subseteq A \times P_\infty$$

$$(a_i, b_j) \in bund_\doteq \Leftrightarrow \exists b_k \in P_\infty : (a_i, b_k) \in bund \wedge b_k \doteq b_j$$

$$cut_\doteq \subseteq A \times P_\infty$$

$$(a_i, b_j) \in cut_\doteq \Leftrightarrow \exists b_k \in P_\infty : (a_i, b_k) \in cut \wedge b_k \doteq b_j$$

$$contract_\doteq \subseteq A \times A \times P_\infty \times P_\infty$$

$$(a_i, a_j, b_n, b_m) \in contract_\doteq \Leftrightarrow \exists b_q, b_r \in P_\infty : (a_i, a_j, b_q, b_r) \in contract \wedge b_q \doteq b_n \wedge b_r \doteq b_m$$

Bei *inhomogenen Produkten* kann diese Abstraktion nicht oder nur eingeschränkt angewandt werden.

5.9 Start und Ziel

Die *Ausgangssituation* jedes Akteurs ist zu Beginn des Ablaufs eindeutig gegeben durch die Relation $store \subseteq A \times P_\infty$. Eine *Zielsituation* für einen Akteur wird durch die Relation

$goal \subseteq A \times P_\infty \times N_0$ festgelegt. Ein Ziel (a_i, p_j, k) ist durch die Situation *store* dann erfüllt, wenn gilt:

$$|\dot{=}_{p_j} (L_i)| \geq k$$

6 Anwendung

6.1 Beispiel

Agentenbasierte Koordination von Bündelung und Entbündelung ist insbesondere für digitale Produkte interessant, da alle Marktphasen ohne Medienbruch auf Netzmärkten stattfinden können. Die durch das mathematische Modell eröffneten weitreichenden Möglichkeiten sollen nachfolgend durch ein Beispiel illustriert werden, in dem homogene, digitale Güter (Musikstücke bzw. Kopien von Musikstücken) gebündelt angeboten und nachgefragt werden (vgl. Abbildung 2).

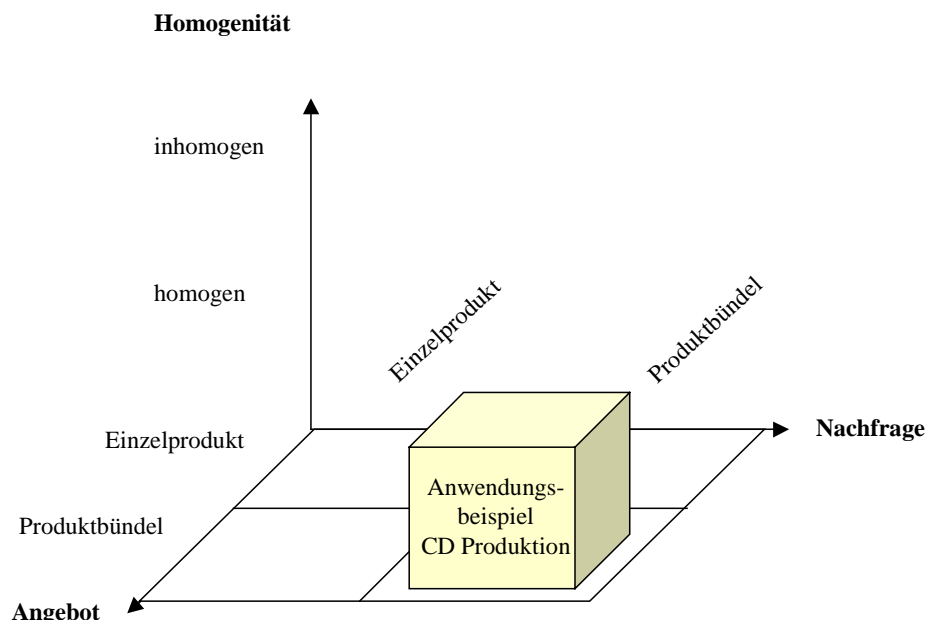


Abbildung 2: Einordnung des Anwendungsbeispiels

Im Internet können multimediale Dienstleistungen als Beispiel für digitalisierbare Produkte übertragen und anschließend durch den Kunden selbst gebündelt werden.¹⁵

¹⁵ Z.B. „Download“ von Musikstücken und nachfolgendes Brennen auf CD.

Darüber hinaus ist auch die kundenindividuelle Zusammenstellung bereits vor Auslieferung möglich¹⁶ und wird im folgenden betrachtet.

In einer beispielhaften Diskurswelt mit vier Akteuren $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$, in der die Akteure a_1 und a_2 als produzierender Anbieter (Musiker), Akteur a_3 als Intermediär mit Bündelungs-/Entbündelungsfähigkeit (Verlag) und Akteur a_4 als Nachfrager agieren, werden vier Produkte (Musikstücke) betrachtet.

Die Produktionsfähigkeiten der Akteure a_1 und a_2 , der Musiker, werden durch Elemente der Relation *prod* festgelegt. Insbesondere sind die Akteure nur bereit, die Musikstücke gebündelt zu produzieren; Akteur a_1 produziert das Bündel $\{p_1, p_2\}$, Akteur a_2 das Bündel $\{p_3, p_4\}$.

$$prod := \{(a_1, \{\}, \{p_1, p_2\}), (a_2, \{\}, \{p_3, p_4\})\}$$

Akteur a_3 , der Verlag, besitzt umfassende Bündelungs-/Entbündelungsfähigkeiten, um bei der CD-Erstellung gezielt Musikstücke in jeder gewünschten Weise auf einer CD kombinieren zu können.

$$\forall b \in P_\infty : (a_3, b) \in cut \wedge (a_3, b) \in bund$$

Akteur a_4 fragt eine CD mit den Musikstücken p_1 und p_3 nach.

$$(a_4, \{p_1, p_3\}, 1) \in goal$$

Alle Akteure sind zu uneingeschränkten Tauschoperationen bereit.

$$\forall a_i, a_j \in A; \forall b_k, b_l \in P_\infty : (a_i, a_j, b_k, b_l) \in contract$$

Ausgehend von einer initialen Situation mit einer Lagerrelation $stock = \emptyset$ wird durch folgende Sequenz eine Zielsituation erreicht:

¹⁶ Z.B. die Bündelung von Musikstücken und ggf. zugehörigen Videos in einer vom Kunden festzulegenden Auswahl und Reihenfolge auf einer CD.

Operation	L_1	L_2	L_3	L_4
$(a_1, \{\}, \{p_1, p_2\}) \in prod$	$\{\{p_1, p_2\}\}$	\emptyset	\emptyset	\emptyset
$(a_1, a_3, \{p_1, p_2\}, \{\}) \in contract$	\emptyset	\emptyset	$\{\{p_1, p_2\}\}$	\emptyset
$(a_2, \{\}, \{p_3, p_4\}) \in prod$	\emptyset	$\{\{p_3, p_4\}\}$	$\{\{p_1, p_2\}\}$	\emptyset
$(a_2, a_3, \{p_3, p_4\}, \{\}) \in contract$	\emptyset	\emptyset	$\{\{p_1, p_2\}, \{p_3, p_4\}\}$	\emptyset
$(a_3, \{p_1, p_2\}) \in cut$	\emptyset	\emptyset	$\{\{p_1, p_2\}, p_3, p_4\}$	\emptyset
$(a_3, \{p_1, p_3\}) \in bund$	\emptyset	\emptyset	$\{\{p_1, p_3\}, p_2, p_4\}$	\emptyset
$(a_3, a_4, \{p_1, p_3\}, \{\}) \in contract$	\emptyset	\emptyset	$\{p_2, p_4\}$	$\{\{p_1, p_3\}\}$

Tabelle 1: Zielführende Sequenz

Diese Sequenz ist nur eine von mehreren möglichen Operationenfolgen, die zu Zielsituationen führen. Sie ist Ergebnis eines Planungsprozesses im Mehragentensystem.¹⁷ Der hier vorgestellte Ansatz fokussiert dabei die Effektivität des Planungsprozesses; ob die generierte Operationenfolge effizient oder gar optimal ist, wird nicht betrachtet.¹⁸

Die vorgestellte Operationalisierung dient dazu, mit Hilfe einer bereits entwickelten Planungskomponente für Softwareagenten Operationenfolgen zu entwerfen und Verhandlungen über Tauschvorgänge agentenunterstützt durchzuführen. Derartige Softwareagenten sind als "Bausteine" in einem auf Netzmärkten agierenden Mehragentensystem zur Leistungsbündelung einsetzbar.

6.2 Erweiterungen

Kundenindividuelle Leistungsbündelung kann eine Differenzierungsstrategie unterstützen und Wettbewerbsvorteile generieren. Dies gilt auch und vor allem auf Netzmärkten und für digitale Leistungen. Es soll anhand mehrerer Szenarien die Einsatzfähigkeit von Intermediären in Abhängigkeit der zugewiesenen Bündelungs- bzw. Entbündelungsfähigkeiten untersucht und simuliert werden.

Mit Hilfe der vorgeschlagenen Relationen *prod*, *bund*, *cut* und *contract* sowie der Zielrelation *goal* lassen sich verschiedenste Anwendungsszenarien konstruieren. Diese Relationen beeinflussen den Planungsprozess; Änderungen während der Systemlaufzeit führen zu einem Umplanungsbedarf ("Reschedule"). Die Relationen *prod*, *bund* und *cut*

¹⁷ Zur Planung in Mehragentensystemen vgl. z.B. *Hertzberg* (1989), *Martial* (1990, 1992).

¹⁸ Im Beispiel verbleiben z.B. zwei Musikstücke „ungewollt“ im Lager des Verlags.

spiegeln individuelle Fähigkeiten der beteiligten Akteure wider und können in einer ersten Betrachtung konstant gehalten werden.

Die Relation *contract* bildet die Tauschbereitschaft der Akteure ab, die während der Laufzeit größeren Schwankungen unterworfen sein kann. Ein denkbarer Ansatz für die Erweiterung der Operationalisierung ist es, *contract* mit "Listenpreisen" zu initialisieren ("Informationsphase") und im weiteren Ablauf durch Verhandlungsergebnisse zu ergänzen/aktualisieren ("Verhandlungsphase").

Werden nur einstufige Kooperationen betrachtet, so lassen sich zwei beteiligte Akteurguppen identifizieren: Anbieter und Nachfrager.¹⁹ Anbieter offerieren Produkte bzw. Produktbündel; Nachfrager suchen nach einem Produkt oder Bündel.

Mehrstufige Kooperationen erscheinen dann sinnvoll, wenn die angebotenen Produkte bzw. Produktbündel von den nachgefragten abweichen und die beteiligten Anbieter bzw. Nachfrager diese Abweichung nicht auflösen können oder wollen. In diesem Fall bieten sich Ansatzpunkte für Intermediäre, die die Leistungsbündelung vornehmen bzw. koordinieren.

Führt man "Geld" als leicht zu (ent)bündelnde Produktklasse ein, so lassen sich typische Marktsituationen nachbilden, z.B. Produzent mit hohen Bündelungskosten kooperiert mit Intermediär, der nur über Bündelungsfähigkeit, nicht aber über Produktionskapazität verfügt.

7 Ausblick

Die Praxisrelevanz und zugleich die Komplexität der Szenarien würde sich durch Vorgabe weiterer Ziele (d.h. Elemente der Relation *goal*) sowie durch Reduktion der im Beispiel angenommenen umfassenden Tauschbereitschaft und den damit verbundenen "Umwegen" bei der Planerstellung erhöhen. Dies gilt insbesondere bei der Einführung des Produkts "Geld" und einer damit verbundenen Zielfunktion.

Gegenstand weiterer Forschung ist es daher, Effizienzbetrachtungen in den Planungsprozeß und die Planauswahl eingehen zu lassen.

¹⁹ Intermediäre stellen aus Nachfragersicht Anbieter dar, für Komponentenanbieter, deren Leistungen von Intermediären ggf. weiterverarbeitet und vermarktet werden, stellen sie Nachfrager dar.

Literaturverzeichnis

- Adams, W. J. / Yellen, J. L. (1976): Commodity bundling and the burden of monopoly, in: *Quarterly Journal of Economics* 40 (1976), S. 475-498.
- Bakos, Y. / Brynjolfsson, E. (1996): Bundling Information Goods: Pricing, Profits and Efficiency. <http://www.gsm.uci.edu/~bakos/> [10.4.1998].
- Dieckmann, R. (1993): Optimale Preis- und Angebotspolitik für komplexe Produkte.
- Eppen, G. D. / Hanson, W. A. / Martin, R. K. (1991): Bundling - New Products, New Markets, Low Risk, in: *Sloan Management Review* 32 (1991) Summer, S. 7-14.
- Guiltinan, J. P. (1987): The Price Bundling of Services: A normativ Framework, in: *Journal of Marketing* 51 (1987), S. 75-85.
- Hanson, W. A. / Martin, R. K. (1990): Optimal Bundle Pricing, in: *Management Science* 36 (1990), S. 155-174.
- Hertzberg, J. (1989): Planen, Mannheim 1989.
- Kenney, R. W. / Klein, B. (1983): The Economics of Block Booking, in: *Journal of Law and Economics*, 26 (1983), S. 497-540.
- Lawless, M. W. (1991): Commodity Bundling for Competitive Advantage: Strategic Implications, in: *Journal of Management Studies* 28 (1991) 3, S. 267-280.
- McAfee, R. P. / McMillan, J. / Whinston, M. D. (1989): Multiproduct Monopoly, Commodity Bundling and Correlation of Values, in: *Quarterly Journal of Economics* 114 (1989), S. 371-383.
- Nagle, T. T. (1987): *The Strategy and Tactics of Pricing*, 1987.
- Phlips, L. (1983): *The Economics of Price Discrimination*, Cambridge 1983.
- Reichwald, R., Möslin, K. (1997): Chancen und Herausforderungen für neue unternehmerische Strukturen und Handlungsspielräume in der Informationsgesellschaft, in: Picot, A. (Hrsg.): *Telekooperation und virtuelle Unternehmen*, Heidelberg 1997.
- Schmid, B. (1993): Elektronische Märkte, in: *Wirtschaftsinformatik* 35 (1993) 5, S. 465 – 480.
- Simon, H. (1992): Preisbündelung, in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 62 (1992) 11, S. 1213-1235.