

Enterprise Application Integration - Ein Modell zur Bewertung von IT-Investitionen in die Integration von Anwendungssystemen

Autoren:

Heinrich, Bernd / Fridgen, Michael

Enterprise Application Integration - Ein Modell zur Bewertung von IT-Investitionen in die Integration von Anwendungssystemen

Stichworte: Anwendungssystemintegration, Enterprise Application Integration (EAI), Investitionsentscheidung

Zusammenfassung: In der Arbeit werden quantitative Kriterien zur Unterstützung von EAI-Investitionsentscheidungen abgeleitet. Diese Kriterien berücksichtigen praktische Zielsetzungen und Rahmenbedingungen, wie die Reintegration bestehender „Anwendungsiseln“, die Ausgliederung von Geschäftsfunktionen oder das Betreiben großer, organisch gewachsener Anwendungslandschaften. Somit soll ein Beitrag zur ökonomischen Beurteilung einer EAI-Lösung unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen eines Unternehmens (im Vergleich zur Übertragung von „best-practice“-Ansätzen) geleistet werden.

Summary: In this paper we derived quantitative criteria to support the decision whether an EAI investment is profitable or not. These criteria consider aims of firms as well as preconditions and developments in the future, like the reintegration of existing outdated application software, or the outsourcing of business units and their applications. Thus we contribute to an economically valuation of EAI solutions compared to best practice approaches which often focus on qualitative criteria only.

1 Einleitung

Während mancherorts bereits Ideen von so genannten „real-time enterprises“ entwickelt werden, einem Konzept, das verspricht, Prozesse, Anwendungen, Daten etc. flexibel zu steuern und unternehmensweit schnell auf neue Marktanforderungen auszurichten, sieht hierzu die Realität in vielen Unternehmen gegenteilig aus. Häufig fehlt eine grundlegende Transparenz über die existierenden, komplexen Anwendungen, welche Prozesse sie unterstützen, welche Daten sie nutzen und verändern und welche heterogenen Schnittstellen sie besitzen. Die Folge davon sind nicht nur hohe IT-Ausgaben (z. B. bei großen Finanzdienstleistungsinstituten >1 Mrd. Euro pro Jahr), sondern vor allem ein erheblicher Innovationsstau, da bspw. in 2001 durchschnittlich nur ca. 25% der IT-Ausgaben in innovative, zukunftsgerichtete Aktivitäten investiert werden konnten (vgl. Datamonitor 2002). Insofern ergibt sich die Anforderung die Anwendungslandschaft zu restrukturieren, um einerseits gezielt die Flexibilität für innovative Vorhaben, die nachhaltig den Geschäftserfolg steigern, zu schaffen, als

auch bspw. durch Standardisierung den Ressourceneinsatz für die Wartung heterogener Applikationsschnittstellen zu senken.

Im Zusammenhang derartiger Restrukturierungen wird derzeit die unternehmensweite Integration von Anwendungssystemen (Enterprise Application Integration) stark diskutiert. Sie ist in Kapitel 2 einführend erläutert, wobei der Fokus nicht auf technischen Details liegen soll. Vielmehr steht die ökonomische Beurteilung von Investitionen in die Anwendungssystemintegration im Mittelpunkt, d. h. es soll untersucht werden, in welchen Fällen sich die Investitionen in die Einführung einer EAI-Lösung überhaupt rentieren. Nach Diskussion der hier zu berücksichtigenden Größen werden ebenso bisherige Arbeiten im Themengebiet erläutert. In Kapitel 3 wird ein quantitatives Modell zur Unterstützung der EAI-Investitionsentscheidung vorgestellt, welches nicht nur die Einspareffekte, die Investitionen selbst und die längerfristigen Nutzenpotenziale einbezieht. Vielmehr soll auch, wegen der praktischen Gegebenheiten, die Ausgangssituation in Form der bestehenden, organisch gewachsenen Anwendungslandschaft eines Unternehmens berücksichtigt werden. Die Zusammenfassung der Ergebnisse sowie ein Ausblick erfolgt in Kapitel 4.

2 Unternehmensweite Integration von Anwendungssystemen

Bei EAI steht die Schaffung einer syntaktischen und semantischen Transparenz im Vordergrund, damit Applikationen und die von ihnen unterstützten Prozesse durchgängig, zeitnah und falls nötig auch nur temporär integriert werden können (Buhl/Christ/Pape 2001; vgl. auch Holten 2003). Ausgangspunkt ist dabei die Heterogenität und Proprietät der zu integrierenden Objekte (Aier/Schönherr 2003; Ruh/Maginnis/Brown 2001). Aus letzterem resultiert eine Inflexibilität für das Unternehmen im Großen (z. B. keine bereichsübergreifende Kundensicht) wie auch im Kleinen (z. B. bzgl. Kapselung und Outsourcing einzelner, mandantenfähiger Funktionalitäten oder Prozessteile).

Im Gegensatz zu anderen Arten, wie der daten- oder funktionsorientierten Integration (vgl. Bunjes et al. 2002; Keller 2002; Schissler et al. 2002), mit welcher die (potenziell) gemeinsam genutzten Daten bzw. Funktionalitäten applikationsunabhängig entwickelt, abgegrenzt und beschrieben werden (z. B. Konzepte des Data Warehousing), erfolgt bei EAI die Kopplung nachrichtenbasiert. Der Austausch erfolgt in Form loser Kopplungen durch die Übertragung von Nachrichten (Ferstl/Sinz 2001), dem so genannten Messaging. Messaging bezeichnet den Austausch von spezifisch formatierten Daten (Nachrichten), die Anfrage-/Antwort-Charakter besitzen. Die Koordinierung und korrekte Verteilung der Nachrichten übernimmt ein nicht zwangsweise zentraler Knoten, der über Kanäle zu den beteiligten Ap-

plikationen verfügt. Messaging ermöglicht den angebotenen Applikationen u. a. die Lokalisierung von Ressourcen, das Einhalten von Abhängigkeiten und Verarbeitungsbedingungen sowie die Wiederverwendung des Programmcodes für das Message-Handling. Die wesentliche Funktion dieser Middleware ist jedoch die Kommunikation von unterschiedlichen Applikationen über heterogene Systeme hinweg und damit die Überwindung von Sprach- und Formatbarrieren. Hierbei erfolgt im Allgemeinen keine inhaltliche Transformation und Anreicherung oder eine persistente Speicherung. Hintergrund und Zielsetzung dieser Art der Integration ist primär die Reduktion der Anzahl und die Standardisierung von Schnittstellen zwischen Applikationen. Insofern wird hier oft auf den Zusammenhang zwischen der maximalen Anzahl von Schnittstellen bei vollständiger Vermaschung von Applikationen (entspricht $\frac{n*(n-1)}{2}$ Schnittstellen bei n Anwendungssystemen) im Gegensatz zur geringeren Schnittstellenanzahl einer (zentralisierten) Middleware (entspricht n Schnittstellen bei n Anwendungssystemen) verwiesen (Ließmann/Kaufmann/Schmitzer 1999; Marin 2002). Im Abschnitt 2.1 wird die Investitionsentscheidung zur Einführung einer Middleware anhand wichtiger Anforderungen an das zugehörige Investitionskalkül diskutiert. Bisherige Arbeiten im Themenkontext werden darauf basierend im Abschnitt 2.2 erläutert.

2.1 Die Investitionsentscheidung als Problemstellung

EAI-Investitionen haben sich die Zielsetzung einer nachhaltigen Wertsteigerung des gesamten Unternehmens zu eigen zu machen. Dieses u. a. im Shareholder-Value-Konzept (zu ersten Veröffentlichungen vgl. Rappaport 1986; Rappaport 1991) verankerte Streben fordert die konsequente Quantifizierung und Beurteilung von Entscheidungen bzw. Handlungen an festgelegten Zielgrößen und hier vor allem monetären Größen, wie Zahlungsüberschüssen oder Barwerten. Dies bedeutet im Umkehrschluss die Einflussgrößen auf die Investitionsentscheidung hinsichtlich ihrer monetären Auswirkungen zu beurteilen und im Kalkül zu berücksichtigen. Speziell finanzwirtschaftliche Größen wie Zahlungsströme bieten wegen ihrer Diskontierbarkeit und Bewertungsunabhängigkeit Vorteile, auch wenn viele in der Praxis verwendete Verfahren (noch) auf Größen der Buchhaltung oder Kostenrechnung zurückgreifen.

Daneben werden auch qualitative Kriterien bzw. Nutzwertanalysen als Verfahren zur Bewertung von Investitionsoptionen herangezogen. Unbenommen der Vorteilhaftigkeit bei dominanten Alternativen bleibt die Vergleichbarkeit der qualitativen Kriterien bei nicht-dominanten Optionen ein schwieriges Problem. Vorteile bei Skalierbarkeit oder Nachrichtenstandardisierung können qualitativ nicht ohne weiteres mit Nachteilen beim zukünftigen Change Management oder dem Support verglichen werden. Insofern wird hier für eine Zugrundelegung

direkt und indirekt quantitativ messbarer Größen plädiert, zumal qualitative Faktoren Auswirkungen auf (zukünftige) finanzwirtschaftliche Größen haben müssen, da ihre Betrachtung im Sinne der Shareholder-Value-Konzepts sonst unzweckmäßig wäre. Eine generelle Quantifizierung wird dabei früher oder später ohnehin durch das unternehmensorientierte Ertrags- und Risikomanagement oder im Einzelfall seitens des Marktes (z. B. Börsen) vollzogen, weshalb eine Quantifizierung auch projektbezogen von Vorteil ist. Quantitative Kalküle, welche die Zahlungswirkungen berücksichtigen, erscheinen deswegen selbst bei einer schwierigen praktischen Abschätzung der Größen sinnvoller, da sie (methodisch) eine bewertungsunabhängige, zu einem späteren Zeitpunkt nachprüfbar (hat eine Alternative die Erwartungen erfüllt?) und verschiedene Kriterien integrierende Abwägung erlauben. Folgende Größen sind im Kalkül zu berücksichtigen:

1. Direkte Einsparungen durch Standardisierung des bisherigen Datenaustausches

Durch Middleware kann, wie oben angesprochen, die Schnittstellenanzahl sowie der Umfang der selektiv implementierten Integrationslogik verringert werden. Dadurch wird es möglich, die hierfür nötigen Auszahlungen für den Betrieb und die Weiterentwicklung proprietärer Schnittstellen zu verringern bzw. zu vermeiden. Ferner kann durch die Integration von Anwendungen und Prozessen vorhandene Redundanz in den Systemen abgebaut und ein Investitionsschutz bestehender Anwendungen bewerkstelligt werden. Ersteres reduziert wiederum die Anzahl der benötigten Schnittstellen, wohingegen sich letzteres auf die Entscheidung zur Ablösung bestehender Anwendungen (vgl. Irani/Themistocleous/Love 2003) auswirkt. Beide Aspekte spielen im späteren noch diskutierten Finanzdienstleistungsbereich wegen der Vielzahl vorhandener Anwendungssysteme (insbesondere auch Großrechner-Anwendungssysteme) eine große Rolle. Ohne schon auf die unter Punkt 5 angesprochene historisch gewachsene Heterogenität dieser Anwendungssysteme einzugehen, verfügt bspw. die Deutsche Bank AG über 3.000 IT-Anwendungen, die weltweit in 113 verschiedenen Standorten produktiv laufen (Lamberti 2002). Daneben existieren noch 17 Zentren für die verteilte Speicherung von Transaktions- und Kundendaten, auf welche die Anwendungssysteme zugreifen müssen. Allein die Fülle dieser Anwendungen und ihre Vernetzung verdeutlichen die große Anzahl benötigter Schnittstellen sowie die Schnittstellenkomplexitäten bei der sukzessiven Ablösung eines Altsystems. Insofern ist, so veranschaulicht auch das nachfolgende Beispiel, die Reduktion von Schnittstellen durch EAI-Lösungen eine primäre Aufgabe für mittelgroße oder große Finanzdienstleister.

2. Einsparungen durch Verbesserung des bisherigen Datenaustausches

Ferner können durch EAI-Lösungen Auszahlungen aufgrund eines ineffektiven (z. B. nicht zeitgerechten oder fehlerhaften) Datenaustausches vermieden werden. Hier kann jedoch eine praktische Abschätzung im Einzelnen schwierig sein, da der Wert hochwertiger Daten von den Konsequenzen der oder den jeweiligen, die Daten nutzenden Entscheidungen ab-

hängig ist. Wegen 2. ist bspw. auch eine Verrechnung und Umlage von Investitionen auf die verschiedenen Nutzer von EAI kompliziert.

3. Ressourceneinsatz für Anschaffung, Implementierung und Betrieb der EAI-Lösung

Neben dem Einsparpotenzial sind für EAI nicht unerhebliche auszahlungswirksame Größen zu berücksichtigen. So müssen nicht nur für die Anschaffung von EAI-Produkten hohe Investitionen (z. B. für Standardprodukte wie MQSeries von IBM > 1 Mio. €) getätigt werden, sondern auch die Implementierung (für Event-Handling, API-Entwicklung, etc.) und Anpassung sowie der Betrieb der Produkte ist sehr aufwändig.

4. Längerfristige Nutzenpotenziale von EAI

Durch die Steigerung der Flexibilität und Integrationsfähigkeit infolge der (angestrebten) syntaktischen und semantischen Interoperabilität lässt sich die Erschließung neuer geschäftlicher Potenziale unterstützen bzw. es wird zumindest deren Umsetzung nicht behindert. Was dies im Einzelnen bedeutet, wird am Beispiel der Kundenorientierung bzw. -zentrierung als Mittel der Differenzierung von Wettbewerbern diskutiert.

Die Möglichkeiten der Kundenzentrierung bspw. im Finanzdienstleistungsbereich sollen am Konzept des „Sophistication-banking“ (vgl. Buhl/Kundisch/Steck 2002) verdeutlicht werden. Unter „Sophistication-banking“ wird verstanden, dass einem Kunden unter Berücksichtigung seiner Zahlungsbereitschaft individuelle und für ihn optimierte Finanzdienstleistungen informationssystemunterstützt anzubieten sind. Die Idee ist dabei, vorliegende und in den Systemen eines Unternehmens verteilte Kundendaten derart einfließen zu lassen, dass eine Angebotsqualität und eine Kundenbeziehung entsteht, die Konkurrenten in Ermangelung der Daten oder entsprechend notwendiger anderer Ressourcen nicht kopieren können. Zudem entstehen aus Kundensicht derart hohe Wechselkosten, dass ein Anbieterwechsel oder die gleichzeitige Pflege mehrerer Geschäftsverbindungen unattraktiv wird (vgl. Heinrich/Helfert 2003). Für eine zweckmäßige Nutzung der Kundendaten spielt die durchgängige Gestaltung von Prozessen der Beratung und deren IT-Unterstützung eine wesentliche Rolle. Dies bedeutet jedoch bspw., die heute im Front-Office von Finanzdienstleistern noch oftmals vorzufindende produktorientierten Applikationen zielorientiert stärker miteinander zu vernetzen bzw. die Möglichkeiten hierfür zu schaffen. Applikationen des Finanzierungsgeschäfts müssen mit denen des Anlagegeschäfts integriert werden, um für Kunden individuell vorteilhafte Angebote (z. B. Finanzierung einer eigengenutzten Wohnimmobilie zur Altersvorsorge durch Kombination aus endfälligem Darlehen und fondsgebundener Lebensversicherung) unterbreiten zu können. Neben einem höheren Integrationsbedarf bei bestehenden Applikationen kann durch die Kundenzentrierung ebenso die Entwicklung oder der Kauf neuer Applikationen nötig sein.

Insofern soll die mit EAI einhergehende Flexibilität hier zunächst so konkretisiert werden, dass die Fähigkeit zur Abdeckung eines höheren Integrationsbedarfs bzw. zur Integration

neuer Applikationen geschaffen wird. Methodisch kann eine erhöhte Flexibilität und deren (finanzwirtschaftliche) Auswirkungen durch Verfahren, die Entscheidungen unter Unsicherheit berücksichtigen (z. B. zum Realloptionsansatz vgl. Hommel/Scholich/Vollrath 2001; Schwartz (2001) oder Copeland/Antikarov 2001), modelliert werden. Hierauf wird später noch eingegangen.

5. Berücksichtigung der betrieblichen Ausgangssituation

Neben den einzelnen Größen des Investitionskalküls ist auch die betriebliche Ausgangssituation für die EAI-Investition zu diskutieren. Der Einsatz von Middleware ist, wenn überhaupt, in einem Umfeld nötig, welches durch eine Vielzahl von proprietären und heterogenen Systemen gekennzeichnet ist. Bei Finanzdienstleistern lässt sich diese Heterogenität durch einen Blick auf die Historie verdeutlichen. Hier sind Informationssysteme vorzufinden, in denen sich die Strategien, (kurzfristigen) Anforderungen und technologischen Möglichkeiten der Vergangenheit, insbesondere auch der jüngsten Vergangenheit, widerspiegeln. So hat der Internet-Hype betriebswirtschaftlich- wie technologiemoiviert zu einer Verstärkung des „Wildwuchses“ geführt. Anwendungssysteme und Datenhaltungen wurden aus Zeit- und Ressourcengründen ohne Berücksichtigung der Gesamtarchitektur realisiert.

Bezogen auf das zu entwickelnde Entscheidungsmodell bedeutet dies, dass aufgrund:

- der Größe einer Anwendungslandschaft,
- des (in Teilen einer Anwendungslandschaft) unterschiedlichen Heterogenitätsgrads der Systeme und
- des (in Teilen der Anwendungslandschaft) unterschiedlichen fachlichen Integrationsbedarfs (siehe das Beispiel Kundenzentrierung)

nicht zu untersuchen ist, ob eine Middleware generell für die gesamte Anwendungslandschaft eingeführt werden soll. Vielmehr ist zu analysieren, welche Teile einer Anwendungslandschaft (im Weiteren wird diesbezüglich von Segmenten gesprochen) zu integrieren sind, d. h. ob die interne Vernetzung eines Segments bzw. eine Koppelung zwischen Segmenten ökonomisch sinnvoll ist. Bspw. wird von Finanzdienstleistern diese Segmentbildung zur (Re-)Strukturierung der organisch gewachsenen Anwendungslandschaft oftmals vorgenommen. So untergliedert die HypoVereinsbank AG ihre gesamten Informationssysteme in 16 Segmente (*Building Blocks* genannt), die jeweilig die Funktionalität wie z. B. des Order Managements oder der Kontenprodukte abgrenzen (Spitzer 2002). Hintergrund und Zielsetzung ist dabei die Komplexitätsreduktion und die isolierte und parallele Weiterentwicklung der Segmente. Deswegen soll die spätere Modellierung eine derartige Segmentierung berücksichtigen und damit die Möglichkeit von Aussagen über segmentbezogene Investitionen bieten.

Flexibilitätsanforderungen können somit neben einem erhöhten Integrationsbedarf und der Integration neuer Applikationen ebenso die veränderte Einteilung der Segmente sein. Bspw.

kann die Gestaltung durchgängiger Beratungsprozesse sowie die Bündelung von Anlage- und Finanzierungsprodukten eine bislang rein produktorientierte Segmentbildung nicht mehr sinnvoll machen. Auf den Flexibilitätsgedanken wird in Kapitel 3 noch eingegangen.

2.2 Bisherige Arbeiten und Beiträge

Neben den allgemeinen Ansätzen zur Bewertung von IT-Investitionen (vgl. z. B. Pietsch 1999; Perridon/Steiner 2003) lassen sich bisher nur wenige Beiträge finden, die speziell EAI-Investitionen betrachten. Dangelmaier et al. beschreiben für die Auswahl von EAI-Software die UFAB II-Methode (Unterlagen für Ausschreibung und Bewertung von IT-Leistungen) (Dangelmaier et al. 2002), welche als Vorgehen (Nutzwertanalyse) zur Beurteilung von IT-Leistungen im öffentlichen Dienst verwendet wird. Hierbei sind projektspezifisch Kriterienhauptgruppen sowie Einzelkriterien festzulegen, die jeweilig mit Gewichtungen versehen werden. Für EAI sind von (Dangelmaier et al. 2002) exemplarisch neun Hauptgruppen mit qualitativen Einzelkriterien genannt, welche primär die Leistungsfähigkeit der Software (z. B. Connectivity, technische Produkteigenschaften) prüfen. Anhand der Kriterien und deren Bedeutung in der jeweiligen Aufgabenstellung lässt sich ein Gewichtungsbaum erstellen, mit Hilfe dessen die Produkte bewertet werden können. Zusätzlich existieren Ausschlusskriterien, die im Fall der Nichterfüllung dazu führen, dass das Produkt aus der Bewertung genommen wird.

Wie im letzten Satz deutlich wird, steht die Auswahl einer EAI-Software im Mittelpunkt und weniger die grundsätzliche Investitionsentscheidung. Jedoch ist diese Unterscheidung nur vordergründig, da jede Funktionalität, die mittels eines Kriteriums geprüft wird, einerseits Möglichkeiten der Generierung von Barwerten eröffnet und andererseits Auszahlungen für die Anschaffung, Implementierung, Anpassung und Betrieb (potenziell) nach sich zieht. Die Investitionsentscheidung könnte somit zur Auswahl einer Produktalternative ebenso Verwendung finden und vermeidet auf Basis einer validen Schätzung generelle Fehlinvestitionen. Zudem wird durch Barwerte eine subjektive Gewichtung der Kriterien, die aus übergeordneten Zielen schwer ableitbar ist, vermieden.

Ein analoges Vorgehen wie bei Dangelmaier et al. wird auch von Gilpin (Gilpin 1999) bzw. von Christ und Weidmann (Christ/Weidmann 2001) für den Fall der Union Investment (Fondsgesellschaft der Genossenschaftsbanken) beschrieben. In der betrieblichen Praxis werden oftmals qualitative Kriterienlisten zur Investitionsbewertung herangezogen. Das Beispiel der Deutschen Bank AG zeigt 20 verschiedene Bewertungsmerkmale für Produkte im Anwendungsbereich Financial EAI, wie bspw. die Transaktionssicherheit oder die Qualität der Lieferantenbeziehung (Gröger 2003). Der Erfüllungsgrad einer Alternative wird dabei je

Merkmal auf einer Skala von $\{0, 1, \dots, 10\}$ abgetragen, wobei die Ausprägung 10 die beste Wertung darstellt. Der Vorteil einer solchen Bewertung ist die Differenzierung der Merkmale, die je nach konkretem Anwendungsfall auch unterschiedlich priorisiert werden können. Nachteile ergeben sich hingegen bei der Ermittlung der konkreten Merkmalsausprägung einer Alternative mittels Aggregation einzelner Submerkmale sowie wiederum deren Aggregation zu einem Gesamtwert. In beiden Fällen ist ein Austauschverhältnis zwischen den (Sub-)Merkmalen subjektiv festzulegen. Zudem kann der Gesamtwert letztlich nicht interpretiert werden, sowohl hinsichtlich der generellen ökonomischen Vorteilhaftigkeit der Investition als auch für das nachgelagerte Controlling der realisierten Alternative. Letzteres würde das Steuern und Prüfen des Zielerreichungsgrads betreffen, d. h. inwieweit sich die zugrunde gelegten Forderungen und die damit einhergehende Höhe der erwarteten Einsparungen bzw. der kalkulierten Auszahlungen tatsächlich realisieren ließen.

Da durch EAI insbesondere auch die Standardisierung der Kommunikation proprietärer Systeme vorangetrieben wird, sind auch ökonomische Bewertungsansätze für Investitionen in (Kommunikations-)Standards einzubeziehen (Braunstein/White 1985; Buxmann/König 1998; Buxmann 1996). Hier sind primär zwei Fragestellungen interessant: In welchen Fällen investiert ein Unternehmen in Standards und welche positiven Effekte ergeben sich hieraus.

Analog zu den Ausführungen zu EAI wird in den genannten Arbeiten den Kosten der Standardisierung der kurz- und langfristig realisierte Nutzen gegenüber gestellt. Die Kosten des Standards entstehen durch dessen Einführung, Betrieb und Pflege im Unternehmen(snetzwerk). Demgegenüber resultieren Standardisierungsvorteile durch Kosteneinsparungen infolge des Wegfalls proprietärer Kommunikation sowie durch Vermeidung von Friktionen, die sich aus fehlender und nicht qualitätsgerechter Datenbereitstellung ergeben (Buxmann/König 1998; Buxmann 1996). Zudem ergibt sich ein potenzieller Nutzen, der aus durch Standardisierung resultierenden strategischen Optionen, wie bspw. der Implementierung neuer Formen der Zusammenarbeit, folgt. Sowohl die Kosten- als auch die Nutzenseite ist dabei insbesondere auch von der Anzahl der Anwender des Standards abhängig. Hier kann vielfacher Einsatz einerseits (unternehmensübergreifend) Skalen- und Lerneffekte bei der Anschaffung und Implementierung von Standards und somit sinkende Grenzkosten der Standardisierung bewirken. Andererseits erhöhen sich die Interoperabilitätsvorteile eines jeden Anwenders des Standards und damit der resultierende Gesamtnutzen mit zunehmender Anwenderzahl (zur Charakteristik positiver, direkter Netzeffekte sowie zu Gleichgewichtskonzepten in Netzwerken vgl. (König/Weitzel 2003)).

Auf Basis der Kosten- und Nutzenbetrachtung werden Standards nunmehr konkret hinsichtlich der ökonomischen Vorteilhaftigkeit eines Einsatzes im betrieblichen Umfeld bewertet. Bspw. werden in (Weitzel/Son/König 2001) Infrastrukturentscheidungen in Unternehmens-

netzwerken fokussiert und mit dem X.500 Directory Service in einem einperiodigen Modell veranschaulicht.

Übergreifende Zielsetzung ist es, die Wirkung primär der Netzeffekte eines Standards aus Unternehmenssicht zu analysieren, um für dessen inner- oder zwischenbetriebliche Anwendung Handlungsempfehlungen zu folgern. Jedoch bestehen Unterschiede zur hier durchgeführten Bewertung von EAI-Investitionen:

- Längerfristige Nutzenpotenziale von EAI, die aus einer erhöhten Flexibilität im Sinne der Integrations- und Änderungsfähigkeit resultieren, werden durch drei konkrete Szenarien (s. o.) untersucht. Zwar entspricht dies keinem mehrstufigen Entscheidungsprozess. Jedoch sind dadurch die Nutzenpotenziale einer Middleware, die mit der Kundenzentrierung beispielhaft erläutert wurden, ohne Beeinträchtigung der praktischen Anwendbarkeit in das Entscheidungsmodell integrierbar. Hierdurch können Kriterien zur Unterstützung der EAI-Entscheidung bei einer Strategieänderung angegeben werden.
- Die Intensität des Datenaustauschs innerhalb und zwischen Segmenten einer historisch gewachsenen Anwendungslandschaft wird explizit im Modell berücksichtigt.
- Es sollen segmentbezogene Investitionen möglich sein, wobei sowohl eine zentrale als auch eine dezentrale Entscheidungsstruktur (z. B. Profit-Center entscheidet über die Middleware-Einführung im eigenen Bereich) zugrunde gelegt und kurz diskutiert wird, d. h. im vorliegenden Beitrag wird ein Optimierungskalkül auf Einzelunternehmensebene vorgestellt.

3 Modellierung der Entscheidungssituation bei EAI-Investitionen

Auf Basis der bisherigen Diskussion wird die Situation bei Einführung einer Middleware vorgestellt und ein Entscheidungsmodell hierzu entwickelt. Zuvor soll die Entscheidungssituation anhand eines Beispiels motiviert werden:

Ein mittelständischer Finanzdienstleister, der geschlossene Spezialfonds für Privatkunden entwickelt und vertreibt, hat seine Anwendungslandschaft, die er bisher ohne Middleware betreibt, nach organisationalen und funktionalen Gesichtspunkten in zwei Segmente unterteilt: Segment 1 unterstützt vor allem die Prozesse der Fondsentwicklung und -verwaltung, während die Module (ein Modul entspricht einem abgegrenzten Teil des Leistungsumfangs eines Anwendungssystems) von Segment 2 primär im Fondsvertrieb zum Einsatz kommen. D. h. der Finanzdienstleister setzt gegenwärtig auf eine Segmentierung, die dem Produktionsprozess folgt. Das Segment 1 (Fondsentwicklung und Verwaltung) besteht derzeit aus $n_1=25$ Anwendungsmodulen, das Segment 2 (Fondsvertrieb) aus $n_2=16$ Modulen.

Eine zukünftige strategische Umorientierung – bspw. verstärkt kundenorientierte Fondsentwicklung – könnte eine Veränderung der Segmentierung vorteilhaft machen. Für diesen Fall sind dann die Module mit Kundenbezug von denjenigen zu separieren, die primär die Anlageobjekte adressieren.

Der bisherige Bedarf an Datenaustausch α_{ij} der n_i Module eines Segments i mit den n_j Modulen eines Segments j sieht vor, dass es in Segment 1 $s_1=21$ Schnittstellen, in Segment 2 $s_2=9$ Schnittstellen und zwischen den Segmenten $s_{12}=11$ Schnittstellen gibt. α_{ij} entspricht dabei dem benötigten Anteil der maximal möglichen Schnittstellenanzahl bei Datenaustausch ohne Middleware. Bspw. wären zwischen den beiden Segmenten kombinatorisch maximal 400 Schnittstellen ($=n_1n_2$; Begründung s. u.) erforderlich, wenn jedes Modul von Segment 1 mit jedem Modul von Segment 2 Daten austauscht. Zwischen den beiden Segmenten gilt im Beispiel dementsprechend $\alpha_{12}=11/400=0,0275$. Abbildung 1 skizziert die Ausgangssituation der Anwendungslandschaft im Beispiel mittels einer Notation.

(Abbildung 1)

Angesichts dieser Ausgangssituation stellt sich der Finanzdienstleister die Frage, ob und in welcher Form die Einführung einer Middleware vorteilhaft ist. Es wäre möglich, lediglich die Module von Fondsentwicklung und Verwaltung an die Middleware anzubinden, aber im Fondsvertrieb darauf zu verzichten. In einer derartigen Situation erscheint es nahe liegend, wie in der Praxis auch beobachtbar, Gestaltungsentscheidungen an der minimalen Schnittstellenanzahl bzw. am „best-practice“-Vorgehen anderer Unternehmen zu orientieren. Welche Fehlentscheidungen damit einhergehen können, wird im Weiteren anhand des allgemeinen Entscheidungsmodells gezeigt. Ferner stellt sich die Frage, welchen Einfluss zukünftige Strategiewechsel und daraus resultierende Änderungen hinsichtlich des Bedarfs an Datenaustausch, der Modulzahl und der Segmentgestaltung auf die Entscheidungsfindung haben.

Folgende Annahmen werden für das allgemeine Entscheidungsmodell getroffen:

(A1) Ein Unternehmen betreibt eine Systemlandschaft, die aus einer bekannten Anzahl von n_{ges} Anwendungsmodulen besteht. Diese Anzahl ist nicht davon abhängig, ob eine Middleware eingesetzt wird oder nicht. Dabei gilt $n_{ges} \in]1; \infty[$.

D. h. die Modellierung geht aus Gründen der Handhabbarkeit von reellen Anzahlen von Anwendungsmodulen aus. Problematisch ist dies deshalb nicht, weil die Anzahl der Module durchgängig als exogen vorgegeben angenommen wird. Insofern reicht es aus, bei der Interpretation der Modellergebnisse zu berücksichtigen, dass reale Modulanzahlen immer ganzzahlig sind.

(A2) Die Anwendungslandschaft ist in $m \in N$ Segmente unterteilt, die bezüglich der Module paarweise disjunkt sind. Durch die Segmente ist die Anwendungslandschaft vollständig repräsentiert. Die Segmentierung ist bekannt und zunächst konstant. Jedes Segment i besteht aus $n_i \in]1; \infty[$ Anwendungsmodulen, d. h. auch hier erfolgt die Modellierung aus mit (A1) vergleichbaren Gründen mit einer reellwertigen Modulanzahl. Damit gilt:

$$n_{ges} = n_1 + \dots + n_r + \dots + n_m \quad (1)$$

(A3) Die Notwendigkeit des Datenaustauschs zwischen einzelnen Anwendungsmodulen ist ebenfalls gegeben, fachlich begründet und nicht davon abhängig, ob und in welcher Form eine Middleware eingesetzt wird. In einem Segment sind durch die Notwendigkeit des Datenaustauschs vermaschte Anwendungsmodule zusammengefasst. Darüber hinaus ist ein Datenaustausch zwischen Modulen unterschiedlicher Segmente erforderlich. Der Grad der Vermaschung α_{ij} , mit $\alpha_{ij} \in [0;1]$, der n_i Anwendungsmodule eines Segments i mit den n_j Modulen eines Segments j ist bekannt und als Quotient zwischen der erforderlichen und der maximal möglichen Anzahl von Datenaustauschbeziehungen der Module definiert. Für die Anzahl der Schnittstellen s_{ij}^o zwischen den Segmenten i und j ohne den Einsatz einer Middleware gilt vereinfachend $s_{ij}^o \in \mathbb{R}^+$.

(A4) Für den Fall des Einsatzes einer Middleware in einem Segment i soll jedes Anwendungsmodul dieses Segments (unabhängig von α_{ij}) zur Realisierung des Datenaustauschs mit genau einer Schnittstelle an die Middleware angebunden werden. Die Anwendungsmodule des an die Middleware angebundenen Segments i können genau dann und ebenfalls unabhängig von α_{ij} ohne zusätzliche Schnittstellen auch auf die Module des Segments j und umgekehrt zugreifen, wenn auch j an die Middleware angebunden ist. Die Variable $\chi_i \in \{0,1\}$ nimmt den Wert 1 an, falls im Segment i eine Middleware eingesetzt wird und 0 falls nicht. $\beta_{ij} \in]0;1]$ entspricht dem Quotienten zwischen den umgesetzten und den maximal möglichen direkten (d. h. ohne Middleware realisierten) Modulschnittstellen zwischen den Segmenten i und j . Dementsprechend gilt bei Einsatz einer Middleware im Segment i für die direkten Modulschnittstellen $\beta_{i\neq} = 0$ bzw. $\beta_{ij} = 0$, wenn sowohl i als auch j an die Middleware angebunden sind.

Abbildung 2 illustriert den Zusammenhang von β_{ij} und α_{ij} , wobei die Segmente 1 und 2 an die Middleware (M) angebunden sind und Segment 3 nicht.

(Abbildung 2)

Unter den getroffenen Annahmen wird nun im Abschnitt 3.1 untersucht, welche Gestaltungsalternativen zu welcher Schnittstellenanzahl führt, um das derzeit in der Praxis oftmals verfolgte Ziel der Minimierung der Schnittstellenanzahl zu diskutieren. Danach werden in Abschnitt 3.2 die Barwertwirkungen der Gestaltungsalternativen betrachtet und damit eine ökonomische Bewertung durchgeführt.

3.1 Die Anzahl der Schnittstellen

Ein Unternehmen, das unter den Annahmen (A1) bis (A4) eine vermaschte Anwendungslandschaft betreibt, evaluiert die Einführung einer EAI-Lösung. Die Middleware kann gemäß (A4) in keinem, einem, mehreren oder allen der m Segmente der Anwendungslandschaft eingeführt werden. Es wird zunächst untersucht, welche Optionen zu welcher Anzahl von Schnittstellen führen.

Die Anzahl der *direkten* (d. h. nicht durch eine Middleware vermittelten) segmentinternen Modulschnittstellen s_{ii}^o eines Segments i ergibt sich kombinatorisch gemäß (A3) mit dem Ausdruck (2). Für die Middleware-Schnittstellen s_{ij}^m des Segments i ergibt sich gemäß (A4) – unabhängig von den Notwendigkeiten des Datenaustauschs – der Ausdruck (3):

$$s_{ii}^o = \beta_{ii} \frac{n_i(n_i - 1)}{2} \quad (2)$$

$$s_{ij}^m = \chi_{ij} n_i \quad (3)$$

Die Anzahl der direkten Modulschnittstellen s_{ij}^o zwischen zwei ohne Middleware vermaschten Segmenten i und j ergibt sich entsprechend (A3) und (A4) und durch Umformen mit:

$$s_{ij}^o = \beta_{ij} \left(\frac{(n_i + n_j)(n_i + n_j - 1)}{2} - \frac{n_i(n_i - 1)}{2} - \frac{n_j(n_j - 1)}{2} \right) = \beta_{ij} n_i n_j \quad (4)$$

Für eine formale Darstellung der Gesamtzahl der Schnittstellen bei vermaschten Anwendungslandschaften siehe *Anhang 1*.

Anzahl der Schnittstellen ohne Einsatz einer Middleware – die besondere Bedeutung des segmentexternen Datenaustauschs

Zunächst soll der Fall genauer betrachtet werden, dass keine Middleware im Einsatz ist. Dabei ist zu bemerken, dass die Schnittstellenzahl unter den Modellannahmen bei Hinzunahme eines weiteren Moduls in dem Segment, in dem die Hinzunahme erfolgt, quadratisch wächst. Die Schnittstellenzahl zwischen dem Segment, in dem die Hinzunahme erfolgt, und den anderen Segmenten der Landschaft wächst linear. Wird untersucht, welchen Einfluss Veränderungen hinsichtlich der Notwendigkeit des Datenaustauschs auf die Schnittstellenzahl haben, lässt sich ableiten, dass die Gesamtzahl der Schnittstellen ohne Einsatz einer Middleware immer dann stärker von Veränderungen der Notwendigkeit des *segmentexternen* Datenaustauschs abhängig ist, wenn die Bedingung (5) erfüllt ist. Wie leicht zu erkennen ist, trifft diese Bedingung generell zu, wenn Ausdruck (5') gilt:

$$\frac{n_i(n_i - 1)}{2} < n_i n_j \quad (5) \quad n_i < 2n_j + 1 \quad (5')$$

Falls (5') gilt, weil bspw. n_j und n_i eine ähnliche Größe aufweisen, so hat eine Zunahme der Notwendigkeit des Datenaustauschs zwischen zwei Segmenten unter den Modellannahmen einen stärker positiven Einfluss auf die Gesamtzahl der Schnittstellen als die Zunahme der Notwendigkeit des Datenaustauschs innerhalb eines Segments.

Durchgängige Geschäftsprozesse, wie sie im *Supply Chain Management* angestrebt werden und wie sie – z. B. in der Finanzdienstleistungsbranche – insbesondere auch der Mehrkanalvertrieb kundenindividuell produzierter Leistungen erforderlich macht, erhöhen die Anforderung an die Integration der Anwendungssysteme. Anpassungsbedarf, der aus derartigen Strategieänderungen resultiert, kann dementsprechend auch als Beispiel für – u. U. auch kurzfristig entstehenden – Flexibilitätsbedarf dienen. Angesichts des aus dieser Argumentation ableitbaren Trends zu Informationsverarbeitung, die insbesondere auch segmentübergreifend stärker integriert ist, ist das relativ starke Ansteigen der Schnittstellenzahl bei Anstieg des Bedarfs an segmentübergreifendem Datenaustausch, das unter den Modellannahmen zu beobachten ist, von besonderer Bedeutung. Gerade in großen vermaschten Umgebungen ohne Middleware ist in dieser Situation ein sehr starkes Wachstum der Gesamtzahl der Schnittstellen zu erwarten.

Das heißt unmittelbar auch, dass derartige zukünftige Strategieänderungen erheblichen Einfluss auf die Schnittstellenzahl haben und dementsprechend – falls die Schnittstellenzahl ein Kriterium für die Entscheidung über den Einsatz einer Middleware ist – in die Entscheidung mit einbezogen werden müssen.

Der Finanzdienstleister, dessen Ausgangssituation oben beschrieben wurde, plant, kundenorientierte Daten verstärkt in Fondsentwicklung und -verwaltung einzubeziehen. Dadurch erhöht sich – das sei im Beispiel gegeben und bekannt – der Bedarf an segmentübergreifendem Datenaustausch um 0,03 auf $\alpha'_{12}=0,0575$, d. h. die Integration kundenorientierter Daten führt im Beispiel dazu, dass sich der Bedarf an Datenaustausch so erhöht, dass die Module zusätzlich 3% der zwischen den Segmenten maximal möglichen Datenaustauschbeziehungen als Schnittstellen benötigen. Die Zahl der segmentübergreifenden Schnittstellen würde dadurch von 11 auf 23 steigen (Anstieg um ca. 109%).

Ein Anstieg des Bedarfs an internem Datenaustausch im größeren Segment 1 von ebenfalls 0,03 auf $\alpha_{11}=0,1$, d. h. die Prozessveränderungen würden nur eine stärkere interne Modulvernetzung nach sich ziehen, ließe die interne Schnittstellenzahl dieses Segments von 21 auf 30 (Anstieg um ca. 43%) ansteigen.

Dementsprechend wird auch im Beispiel deutlich, dass eine Zunahme des Bedarfs an segmentübergreifendem Datenaustausch selbst gegenüber einem *deutlich kleineren* Segment ein stärkeres Schnittstellenwachstum auslöst, als es aus einer Zunahme des Bedarfs an segmentinternem Datenaustausch entsteht.

Schnittstellenzahlen in gemischten Landschaften – die Bedeutung des Anreizsystems

Landschaften, in denen in mindestens einem, aber nicht in allen Segmenten Middleware zum Einsatz kommt, sollen als gemischt bezeichnet werden. Gemischte Landschaften sind in der Realität häufig zu beobachten und können bspw. dann entstehen, wenn eine als Profit-Center geführte Abteilung ein von ihr verantwortetes Segment umstellt, andere Profit-Center jedoch auf die Umstellung verzichten. Die Frage, wann welche Segmente an eine Middleware anzubinden sind, falls eine unternehmungsweit schnittstellenminimale Lösung angestrebt

wird, ist Gegenstand dieses Unterabschnitts. Begleitend wird auch die Frage untersucht, inwiefern Entscheidungsstrukturen im Unternehmen das Ergebnis beeinflussen.

Falls eine Entscheidung über den Einsatz einer Middleware in einem Segment von der Zahl der Schnittstellen zwischen Segmenten unabhängig ist, ist nur die Anzahl der *segmentinternen* Schnittstellen von Bedeutung. Diese Anzahl ist bei Einsatz einer Middleware in Segment i genau dann niedriger als ohne Middleware, wenn gilt:

$$n_i < \alpha_{ii} \frac{n_i(n_i - 1)}{2} \Leftrightarrow n_i > \frac{2}{\alpha_{ii}} + 1 \quad (6)$$

Es zeigt sich, dass eine Zunahme der Notwendigkeit des Datenaustauschs innerhalb eines Segments dazu führt, dass bereits bei einer geringeren Zahl der Module eine Middleware-Lösung eine niedrigere Anzahl von segmentinternen Schnittstellen nach sich zieht, als eine Lösung ohne Einsatz einer Middleware.

Die Anzahl der Schnittstellen zwischen zwei Segmenten ist gemäß (A4) dann null, wenn beide Segmente an die Middleware angebunden sind. Ansonsten entspricht sie der Anzahl, die sich ergibt, wenn keines der beiden Segmente an die Middleware angeschlossen ist.

Falls ohne Berücksichtigung von Auszahlungen eine unternehmensweit schnittstellenminimale Landschaft angestrebt wird, sind die folgenden Segmente an die Middleware anzubinden: Alle Segmente, für die (6) gilt und bei denen damit die Anzahl der segmentinternen Schnittstellen bei Einsatz einer Middleware niedriger ist, als ohne Middleware.

Darüber hinaus alle Segmente, für die bei einer Anbindung der Wegfall der segmentexternen Schnittstellen die Zunahme der internen Schnittstellenanzahl überkompensiert.

Somit kann der Einsatz der Middleware in kleinen Segmenten die unternehmensweite Gesamtzahl der Schnittstellen dann reduzieren, wenn das kleine Segment mit einem oder mehreren anderen Segmenten durch intensiven Datenaustausch verbunden ist.

Generell muss das Anreizsystem in Unternehmen mit dezentralen Entscheidungsstrukturen (z. B. in Profit-Center-Organisationen) derart ausgestaltet sein, dass der segmentübergreifende Datenaustausch im Entscheidungskalkül berücksichtigt wird, um eine möglichst niedrige, im Idealfall minimale Schnittstellenanzahl zu gewährleisten. Eine eventuell nahe liegende hälftige Zurechnung einer externen Modulschnittstelle zu den beiden beteiligten Segmenten führt allerdings - wie sich leicht zeigen lässt - dazu, dass für kleine Segmente in einer Landschaft, welche wiederum weitgehend durch eine Middleware versorgt sind, entgegen dem unternehmensweiten Optimum auf die Anbindung verzichtet wird. Dagegen könnte das Anreizsystem auch so gestaltet werden, dass jedem Segment die Auszahlungen auch für die externen Schnittstellen seiner Module voll zugerechnet werden. Dann wäre allerdings eine Überversorgung mit Middleware wahrscheinlich. Deshalb ist dafür zu plädieren, eine zentrale, unternehmensweite Optimierung zur Herstellung einer Schnittstellenminimalität durchzu-

führen. Hieraus können selektive Anreize bei der Entscheidungsfindung einzelner Segmente zur EAI-Einführung gesetzt werden.

Darüber hinaus lässt sich - in Verbindung mit dem Ergebnis, dass bei Verzicht auf den Einsatz einer Middleware und steigendem Bedarf an Datenaustausch die Anzahl der Schnittstellen zwischen den Segmenten stärker steigt als innerhalb eines Segments - Folgendes feststellen: Falls unter unternehmensweiter Betrachtung eine Minimierung der Gesamtzahl der Schnittstellen angestrebt wird, werden unter den Modellannahmen (A1) bis (A4) Segmente – insbesondere kleine – eher dann an die Middleware angebunden, wenn die Notwendigkeit des *segmentexternen* Datenaustauschs zunimmt, als wenn mehr *segmentinterner* Datenaustausch erforderlich ist.

3.2 Erweiterung des Modells um Auszahlungswirkungen

Im Weiteren sollen nun zusätzliche Annahmen getroffen werden, um die Frage nach einer auszahlungsminimalen Gestaltung der Anwendungslandschaft zu beantworten.

(A5) Angesichts eines als fix angenommenen Leistungsumfangs wird angenommen, dass dieser zu barwertminimalen Auszahlungen bereitgestellt werden soll. Der Kalkulationszins ist mit $i \in]0;1]$ gegeben.

(A6) Die Neuerstellung einer Schnittstelle hat zum Erstellungszeitpunkt bekannte Auszahlungen $K_s \in R^+$ zur Folge. Vereinfachend fallen in jeder folgenden Periode bekannte und konstante nachschüssige Auszahlungen für Wartung und Weiterentwicklung pro Schnittstelle $k_s \in R^+$ an. Darüber hinaus wird vereinfachend davon ausgegangen, dass Schnittstellen, die einmal eingerichtet sind, unendlich lange genutzt werden.

Die Annahme der unbegrenzten Nutzung könnte man zugunsten der Annahme eines begrenzten Planungshorizonts aufgeben, wenn alle Anwendungsmodule und Schnittstellen über den kompletten Planungshorizont eingesetzt werden und die Situation, die sich im Anschluss an diesen Planungshorizont ergäbe, irrelevant ist. Die abgeleiteten Aussagen des Modells ändern sich dadurch jedoch nicht.

(A7) Die Einführung einer Middleware, die unternehmensweit genutzt werden kann, zieht bekannte und von der Schnittstellenzahl unabhängige Auszahlungen $K_m \in R^+$ zum Einführungszeitpunkt nach sich. Darüber hinaus sind bei der Einführung einer Middleware periodenbezogene bekannte nachschüssige Auszahlungen $k_m \in R^+$ für die Wartung zu berücksichtigen. Auch hinsichtlich der Middleware wird eine unendliche Nutzungsdauer angenommen.

Unter den Annahmen (A1) bis (A7) ergeben sich der Barwert BW_s^{t0} der Auszahlungen für die Einrichtung einer Schnittstelle respektive der Barwert BW_m^{t0} für die Einrichtung der Middleware folgendermaßen:

$$BW_s^{t0} = K_s + \frac{k_s}{i} \quad (7)$$

$$BW_m^{t0} = K_m + \frac{k_m}{i} \quad (8)$$

Die Barwerte der Auszahlungen einer bestehenden Schnittstelle respektive Middleware BW_s bzw. BW_m ergeben sich dementsprechend mit (für den Barwert der Schnittstellenauszahlungen inklusive einer etwaigen Middleware in einer bestehenden Landschaft siehe *Anhang 1*):

$$BW_s = \frac{k_s}{i} \quad (BW_m = \frac{k_m}{i}) \quad (9)$$

Unter den Modellannahmen (A1)-(A7) wäre es möglich, die Barwertwirkungen beliebiger Änderungen der Landschaft zu evaluieren. Hier sind Veränderungen der Struktur oder Modulzahl der Segmente, der Notwendigkeit des Datenaustauschs, des Middleware-Einsatzes oder der Kostenstruktur denkbar und in der Realität zu beobachten.

Wie oben diskutiert, wird in der aktuellen Diskussion zur Anwendungsintegration auf Flexibilitätsvorteile von EAI-Lösungen hingewiesen. Die Argumentation derartiger Flexibilitätsvorteile geht zunächst davon aus, dass – im Gegensatz zu (A5) – im Allgemeinen Veränderungen des angestrebten Leitungsumfangs zu erwarten sind.

Die folgenden beiden Unterabschnitte untersuchen typische Flexibilitätsszenarien, die sich im Rahmen der Einführung einer Middleware ergeben.

Die Entscheidung über die Anbindung eines Segments an eine Middleware

Im ersten Szenario wird untersucht, in welchen Fällen es bei zentralen Entscheidungsstrukturen vorteilhaft ist, ein bestehendes Segment umzustellen, das bisher noch nicht an eine Middleware angebinden ist. Diese Frage stellt den Fall der sukzessiven Umstellung der Segmente einer Anwendungslandschaft dar und könnte sich z. B. nach einer Erweiterung der Landschaft durch ein zunächst unverbundenen zusätzliches Segment ergeben (z. B. Vertriebskanal Internet bei dem im Beispiel angesprochenen mittelständischen Finanzdienstleister). Folgende Annahme wird zusätzlich zu (A1) bis (A7) getroffen:

(A8) Das Unternehmen betreibt eine Anwendungslandschaft, die aus m Segmenten besteht. Außer dem Segment m sind alle Segmente an eine bestehende Middleware angebinden. Die Modulanzahlen n_i sind für die angebindenen, der Grad der Vermaschung mit A für die angebindenen und das neue Segment gegeben. Außerdem sind die erforderlichen Auszahlungen gemäß (A5) bis (A7) bekannt.

Es soll eine Zielfunktion ZF_1 auf Grundlage eines Barwert-orientierten Optimierungskalküls für die Anbindung des Segments m formuliert werden. Die Anbindung des Segments m an

die Middleware soll genau dann erfolgen, wenn die schnittstellenbezogenen Auszahlungen $BW_m^1(n_m)$ bei Anbindung zum Entscheidungszeitpunkt einen geringeren Barwert aufweisen als die Auszahlungen $BW_o^1(n_m)$ bei Fortbestand der direkten Schnittstellen.

$$ZF_1 : BW(n_m) = \min\{BW_m^1(n_m), BW_o^1(n_m)\} \quad (10)$$

Hier ergibt sich der Barwert $BW_o^1(n_m)$ mit (2), (4) und (9) folgendermaßen:

$$BW_o^1(n_m) = \frac{k_s}{i} \left(\alpha_{mm} \frac{n_m^2 - n_m}{2} + \sum_{i=1}^{m-1} \alpha_{im} n_i n_m \right) \quad (11)$$

Eine Analyse der Monotonie- und Krümmungseigenschaften zeigt, dass (11) im gesamten Definitionsbereich konvex und streng monoton steigend ist (siehe *Anhang 2*).

Falls eine Anbindung an die Middleware erfolgt und damit die bisherigen direkten Schnittstellen aufgegeben werden, ergibt sich mit (3) und (7) der Barwert der Auszahlungen $BW_m^1(n_m)$ mit:

$$BW_m^1(n_m) = \left(K_s + \frac{k_s}{i} \right) n_m \quad (12)$$

Gemäß (A6) ist auch (12) im gesamten Definitionsbereich mit positiver Steigung linear und daher streng monoton steigend. Das Segment m wird genau dann über die Middleware angebinden werden, wenn (13) erfüllt ist.

$$n_m > 1 + \frac{2}{\alpha_{mm}} \left(\frac{K_s}{\frac{k_s}{i}} + 1 - \sum_{i=1}^{m-1} \alpha_{im} n_i \right) \quad (13)$$

Eine Analyse von (13) zeigt, dass – wie zu erwarten war – umso kleinere Segmente umgestellt werden, je größer der Barwert der Wartungsauszahlungen einer Schnittstelle relativ zu den für die Einrichtung erforderlichen Auszahlungen ist. Außerdem fällt auf, dass die Bedeutung des Verhältnisses zwischen den Auszahlungen für Erstellung und Wartung von Schnittstellen zurückgeht, wenn der Bedarf an segmentinternem Datenaustausch steigt. Das heißt, wenn der Bedarf an segmentinternem Datenaustausch hoch ist, wird auch bei relativ geringeren Wartungsauszahlungen umgestellt. Diese Aussage ist sogar noch dahin gehend zu verschärfen, dass bei realistischen Auszahlungswerten ein hoher Bedarf an segmentexternem Datenaustausch unabhängig vom Verhältnis der Auszahlungen dazu führt, dass der Finanzdienstleister bereits kleine Segmente umstellt.

Im Kontext der oben andiskutierten Problematik der Variation von Segmentzuschnitten lässt sich aus (13) ferner bei Einführung einer Middleware leicht ein Kriterium für die Abtrennung eines Segments bzw. den Verzicht auf dessen Anbindung ableiten. Die Abtrennung empfiehlt sich genau dann, wenn (13) für ein abtrennbares Segment nicht erfüllt ist. Auch hier ist zu betonen, dass die Bedeutung des Verhältnisses zwischen den Auszahlungen für die Einrich-

tung und denjenigen für die Wartung von Schnittstellen zurückgeht, wenn der Bedarf an segmentinternem Datenaustausch steigt. Insbesondere bei hohen Auszahlungen für die Einrichtung von Schnittstellen beeinträchtigt ein hoher Bedarf an internem Datenaustausch eines Segments dessen gesamte Abtrennung und somit eine neue Segmenteinteilung.

Die Middleware-Einführung in großen Umgebungen bei wachsenden Modulzahlen

Klassische situative Gestaltungsansätze empfehlen, Middleware-Entscheidungen an Benchmarks, d. h. an einer erfolgreichen Gestaltung vergleichbarer Ziel-Landschaften auszurichten. Es stellt sich jedoch die Frage, ob bei zu erwartendem Wachstum einer Umgebung nicht auch deren bestehende Größe (Ausgangssituation) Einfluss auf die Vorteilhaftigkeit einer EAI-Lösung hat. In diesem Abschnitt wird deshalb untersucht, ob die Vorteilhaftigkeit der Einführung von der Größe der bestehenden Umgebung abhängt. Diesbezügliche Ergebnisse können auch als Indizien für die Vorteilhaftigkeit einer Schnittstellenlösung bei zukünftiger Zunahme der Modulzahl dienen.

Im Modell wird zunächst analysiert, wann es in einer Situation, in der eine vermaschte Anwendungslandschaft betrieben wird und in der zusätzliche Module in Betrieb genommen werden sollen, zu einer Umstellung kommt. Es wird die Frage beantwortet, wie groß die Anzahl der zusätzlichen Module sein muss, damit sich die Einführung einer Middleware empfiehlt. Demgemäß ersetzt die Annahme (A8') die Annahme (A8).

(A8') Das Unternehmen betreibt eine Anwendungslandschaft, die aus einem Segment $m=1$ besteht. Die vorhandene Modulanzahl ist mit $n_1=n_a$ gegeben. Ebenso ist die Notwendigkeit des Datenaustauschs innerhalb des einen Segments mit α gegeben und auch bei Hinzunahme zusätzlicher Module konstant. Die erforderlichen Auszahlungen sind wiederum gemäß (A5) bis (A7) bekannt. n_a , α und die Auszahlungen sind so gegeben, dass der Einsatz einer Middleware in der bestehenden Landschaft nicht vorteilhaft ist (abhängig von der Zahl zusätzlicher Module n_n kann die Einführung einer Middleware jedoch nachfolgend vorteilhaft werden). Entsprechend ist bisher keine Middleware im Einsatz. Es soll die Zahl von $n_n \in N$ zusätzlichen Modulen in Betrieb genommen werden.

Die Einschränkung auf ein Segment erfolgt, um die sich ergebenden Terme überschaubar zu halten. Unter der Annahme, dass die durchschnittliche Notwendigkeit des Datenaustauschs auch bei Hinzunahme weiterer Module konstant bleibt, folgen daraus keine weiteren Beschränkungen.

Auch hier wird eine Zielfunktion ZF_2 auf Grundlage von Barwerten aufgestellt, anhand derer über die Einführung einer Middleware entschieden wird. Die Middleware ist genau dann einzuführen, wenn die schnittstellenbezogenen Auszahlungen bei Erweiterung der Landschaft um n_n Module und Ausbau der bisherigen direkten Anbindung zum Entscheidungszeitpunkt

einen höheren Barwert $BW_o^2(n_n)$ aufweisen als sich dieser mit $BW_m^2(n_n)$ für die Auszahlungen bei Einführung einer Middleware ergäbe.

$$ZF_2 : BW(n_n) = \min\{BW_m^2(n_n), BW_o^2(n_n)\} \quad (14)$$

Ohne Einführung einer Middleware ergibt sich der Barwert der Auszahlungen $BW_o^2(n_n)$ für die Schnittstellen aus den Auszahlungen für die Wartung der bestehenden und die Einrichtung der neuen Schnittstellen:

$$BW_o^2(n_n) = \frac{k_s}{i} \alpha \frac{n_a^2 - n_a}{2} + \left(K_s + \frac{k_s}{i} \right) \left(\alpha \frac{(n_a + n_n)^2 - (n_a + n_n)}{2} - \alpha \frac{n_a^2 - n_a}{2} \right) \quad (15)$$

Wie eine Analyse zeigt, ist (15) im gesamten Definitionsbereich konvex und streng monoton steigend (siehe *Anhang 3*).

Bei Einführung einer Middleware sind Schnittstellen für die bisherigen und die neuen Module einzurichten. Die vorhandenen direkten Schnittstellen entfallen. Ferner sind die Auszahlungen zu berücksichtigen, die Einführung und Wartung der Middleware verursachen. Dementsprechend ergibt sich der Barwert der Auszahlungen mit:

$$BW_m^2(n_n) = \left(K_s + \frac{k_s}{i} \right) (n_a + n_n) + \left(K_m + \frac{k_m}{i} \right) \quad (16)$$

Unter (A6) und (A7) ist auch (16) im gesamten Definitionsbereich mit positiver Steigung linear und daher streng monoton steigend.

Um das $n_n \in R$ zu ermitteln, für das der Barwert der Middleware-Anbindung zu demjenigen identisch ist, der sich bei direkten Modulschnittstellen ergibt, kann der Barwertvorteil der EAI-Lösung $BW_{\Delta m}^2(n_n)$, der auch negativ sein kann, wenn sich die Einführung einer Middleware nicht empfiehlt, folgendermaßen formuliert werden:

$$BW_{\Delta m}^2(n_n) = BW_o^2(n_n) - BW_m^2(n_n) = \left(K_s + \frac{k_s}{i} \right) \left(\alpha \frac{(n_a + n_n)^2 - (n_a + n_n)}{2} - (n_a + n_n) \right) - K_s \alpha \frac{n_a^2 - n_a}{2} - \left(K_m + \frac{k_m}{i} \right) \quad (17)$$

Wegen der Konvexität von (15) und der Linearität von (16) ist auch (17) konvex im gesamten Definitionsbereich.

Da sich die Vorteilhaftigkeit zwischen Middleware und direkten Schnittstellen an Nullstellen von (17) ändert, wird für (17) eine Nullstellenanalyse durchgeführt (siehe *Anhang 3*). Dabei ergibt sich, dass die Vorteilhaftigkeit der Einführung einer Middleware nicht nur von der Zielumgebung abhängt, sondern auch von der Ausgangsumgebung. Weitere Betrachtungen zeigen, dass sich der Einfluss der Ausgangsumgebung c. p. durch eine Steigerung des Bedarfs an Datenaustausch erhöht und durch eine Senkung der Auszahlungen für die Einrichtung von Schnittstellen gesenkt wird.

Dieser unter den Modellannahmen nachgewiesene Einfluss der Ausgangsumgebung, der aus der Möglichkeit resultiert, die direkten Schnittstellen für die vorhandenen Module beizubehalten, führt dazu, dass Umgebungen, welche die identische Modulzahl n aufweisen, ab-

hängig von ihrer Historie barwertoptimal mit oder ohne Middleware zustande kommen können. Dieser Umstand erschwert die Gestaltung der Landschaft auf Grundlage situativer Ansätze und Benchmarking.

Der Finanzdienstleister aus dem Beispiel hat keines der bestehenden Segmente an eine Middleware angebunden. Er plant jetzt eine Erweiterung auf 65 Anwendungsmodule und geht von einem konstanten Bedarf an Datenaustausch aus. Wird die gesamte Anwendungslandschaft aus der ersten Schilderung des Beispiels als ein Segment verstanden, ergibt sich der Bedarf an Datenaustausch von $\alpha=0,05$ für das Segment in einer Durchschnittsbetrachtung angesichts der 41 direkten Modulschnittstellen (jede zwanzigste der gesamten möglichen Schnittstellen von 820 wird auch wirklich genutzt).

Unter den Modellannahmen (A1) bis (A7) und (A8') stellt sich die Frage, ob und ab welcher Anzahl neuer Module sich bei der Erweiterung der Landschaft die Umstellung auf eine Middleware empfiehlt.

Die Auszahlungen für die Einrichtung einer Schnittstelle werden mit $K_s=10.500$ Geldeinheiten (GE) beziffert. Für Wartung und Weiterentwicklung fallen pro Schnittstelle und Periode Auszahlungen von $k_s=800$ GE an. Der Kalkulationszins des Finanzdienstleisters ist $i=0,1$. Für Einrichtung, Wartung und Weiterentwicklung der Middleware sind $K_m=50.000$ GE und $k_m=1.200$ GE zu berücksichtigen.

Die Analyse ergibt, dass sich ab einer Zielumgebung von über 60 Modulen die Einführung einer Middleware empfiehlt. Dementsprechend wird der Finanzdienstleister bei zukünftig 65 Modulen eine Middleware einführen.

Der Barwert der Auszahlungen liegt bei einer Zielumgebung von 65 Modulen und Anbindung an die Middleware gemäß (16) bei 1.264.500 GE. Bei Verzicht auf die Middleware betrüge der Barwert hier gemäß (15) 1.493.500 GE.

Ein anderer Finanzdienstleister strebt die gleiche Zielumgebung an und stimmt mit der folgenden Ausnahme in allen anderen Parametern mit dem ersten Finanzdienstleister überein: seine Ausgangsumgebung umfasst 56 Module mit 77 Schnittstellen.

Für diesen zweiten Finanzdienstleister würde sich die Umstellung unter den Modellannahmen erst dann empfehlen, wenn er mindestens 69 Module anstreben würde. Dementsprechend wird dieser Finanzdienstleister bei der Zielumgebung von 65 Modulen auf die Einführung einer Middleware verzichten und die Erweiterung unter Einsatz zusätzlicher direkter Schnittstellen vornehmen (falls konkrete Flexibilitätsbedarfe vorliegen, können diese modellendogen bspw. mit einem höheren Bedarf an Datenaustausch α oder einer veränderten Modulanzahl n natürlich ebenso einbezogen werden).

Bei einer Zielumgebung von ebenfalls 65 Modulen läge der Barwert der Auszahlungen für den zweiten Finanzdienstleister bei Anbindung an die Middleware gemäß (16) bei ebenfalls 1.264.500 GE. Bei Verzicht auf die Middleware beträgt der Barwert hier gemäß (15) lediglich 1.115.500 GE. Die Anwendung eines situativen Ansatzes, der die beiden Finanzdienstleister aufgrund ihrer Zielumgebungen gleichgesetzt hätte, hätte dementsprechend auf Grundlage der Barwerte eine fehlerhafte Empfehlung nach sich gezogen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

In Kapitel 2 wurde die Investitionsentscheidung zur Einführung einer EAI-Lösung diskutiert. Auf dieser Basis sind in den Modellanalysen des dritten Kapitels zunächst Entscheidungskriterien für das Ziel der *Minimierung der Schnittstellenzahl* abgeleitet worden. Folgende Ergebnisse ergaben sich unter den Modellannahmen:

Mit Hilfe des Entscheidungskriteriums (5) kann angegeben werden, ob in Umgebungen, die ausschließlich direkte Modulschnittstellen aufweisen, eine Zunahme des segmentinternen Datenaustauschs die Anzahl der erforderlichen Schnittstellen stärker steigen lässt als eine entsprechende Zunahme des Bedarfs an segmentinternem Datenaustausch. Aktuelle Forderungen in der Praxis nach einer stärker segmentübergreifenden Integration gewachsener Anwendungslandschaften - z. B. infolge der Realisierung eines integrierten Mehrkanalvertriebs oder bei der Reintegration von während des Internet-Hypes entstandenen „Insellösungen“ - werden somit zu einem stärkeren Einsatz von EAI-Lösungen führen.

Eine dezentrale Entscheidung über den EAI-Einsatz führt dabei nicht zwangsläufig zu einem Optimum. Insofern ist dafür zu plädieren, eine zentrale, unternehmensweite Optimierung zur Gewährleistung der Schnittstellenminimalität, z. B. seitens einer Architekturabteilung, durchzuführen. Danach kann diese Instanz selektive Anreize (z. B. bei der Weiterbelastung der Auszahlungen für EAI) für die einzelnen Bereiche bzw. Segmente setzen. Hier sind noch weitergehende Analysen notwendig.

Darüber hinaus wurde im Hinblick auf eine wertorientierte Unternehmensführung ebenso das Ziel der *Minimierung der Barwerte der Auszahlungen* in einem Optimierungsmodell untersucht. Hier lässt sich unter den erweiterten Modellannahmen festhalten:

Will ein Unternehmen ein weiteres Segment (bspw. eine bisherige „Insellösung“) an bereits durch Middleware integrierte Segmente anbinden, so ist die ökonomische Beantwortung dieser Frage zwar von den schnittstellenbezogenen Auszahlungen abhängig. Bei einem hohen segmentinternen und speziell bei einem hohen segmentexternen Datenaustausch werden laut dem Kriterium (13) schon kleine Segmente - nahezu unabhängig von den bisherigen Wartungsauszahlungen einer Schnittstelle sowie den Auszahlungen für die Einrichtung - umgestellt.

Neben der Flexibilitätsanforderung eines höheren, notwendigen Datenaustauschs kann das Kriterium (13) auch die Entscheidung über eine Segmentierungsvariation (z. B. Abtrennung eines Segments) unterstützen. Dies könnte bspw. für die Outsourcing-Entscheidung einzelner Geschäftsbereiche, wie dem Zahlungsverkehr bei Finanzdienstleistern - zusammen mit anderen Kriterien - als Basis herangezogen werden.

Zudem ist bei Erweiterung einer Anwendungslandschaft die Vorteilhaftigkeit der Einführung einer Middleware nicht nur von der Zielumgebung abhängig, sondern auch von der Ausgangsumgebung. Je größer die Ausgangsumgebung relativ zur Zielumgebung ist, desto weniger empfiehlt sich die Einführung einer Middleware. Verallgemeinert heißt das, dass die Entstehungsgeschichte einer Anwendungslandschaft die Gestaltungsentscheidungen auf Grundlage situativer Ansätze und Benchmarking wesentlich erschwert. Ohne das Barwertkalkül zu verletzen, darf nicht unterstellt werden, dass eine (z. B. seitens der Wissenschaft, von Beratungshäusern oder seitens anderer Unternehmen) vorgeschlagene Anwendungslandschaft per se für alle Unternehmen gleichermaßen sinnvoll anzustreben ist.

Damit lässt sich abschließend das folgende Fazit ziehen: Im Markt zu beobachtende Strategieänderungen (z. B. Erstellung kundenindividueller Leistungen) werden zwar den Bedarf an segmentübergreifenden Schnittstellen und somit den Einsatz von segmentübergreifenden Middleware-Lösungen erhöhen. Dies wird allerdings dadurch gehemmt, dass Anwendungslandschaften nicht strategiekonform auf der grünen Wiese geplant werden können. Große bestehende Anwendungslandschaften behindern den Einsatz von EAI-Lösungen, aber auch die Übertragung von „best-practice“-Ansätzen.

Zukünftig soll das Entscheidungsmodell dynamisiert werden, d. h. das Unternehmen trifft zu verschiedenen aufeinander folgenden Zeitpunkten und unter sich verändernden Rahmenbedingungen (z. B. fachliche Anforderungen) wechselseitig abhängige Entscheidungen. Diese Weiterentwicklung erlaubt die bisher noch mit einzelnen Szenarien berücksichtigten Flexibilitätsbedarfe. Hierdurch lassen sich Entscheidungen und Entscheidungszeitpunkte, wie beim Outsourcing der Anwendungen eines Geschäftsbereichs durch das Abwarten neuer Informationen (z. B. kann der Outsourcing-Partner eine benötigte Schnittstelle bereitstellen) optimieren.

Daneben ist das Modell um qualitative Kriterien (z. B. Güte der Beziehung zu Anbietern), welche nur schwer oder nicht sinnvoll zu quantifizieren sind, zu ergänzen. Unbenommen der Bedeutung derartiger Aspekte ist jedoch dafür zu plädieren, nicht subjektive bzw. schwer überprüfbare Faktoren oder das technisch Machbare in den Mittelpunkt der Betrachtung zu rücken, sondern vielmehr das ökonomisch Sinnvolle und Bewertbare.

Verzeichnis der zitierten Literatur

Aier, S./Schönherr, M. (Hrsg.) (2003): Enterprise Application Integration – Flexibilisierung komplexer Unternehmensarchitekturen. Band I der Reihe Enterprise Architecture. Berlin 2003.

- Bamberg, G./Coenenberg, A. G. (2002): Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. München 2002.
- Braunstein, Y.M./White, L.J. (1985): Setting technical compatibility standards: an economic analysis. In: The Antitrust Bulletin, Summer 1985, S. 337-355.
- Buhl, H. U./Kundisch, D./Steck, W. (2001): Sophistication Banking als erfolgreiche Strategie im Informationszeitalter. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 72 (2002) Ergänzungsheft 2, S. 1-12.
- Buhl, L./Christ, J./Pape, U. (2001): Marktstudie: Softwaresysteme für Enterprise Application Integration. In: Dangelmaier, W.; Bohner, M. (Hrsg.): ALB-HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 7, Fraunhofer Anwendungszentrum für Logistikorientierte Betriebswirtschaftslehre, Paderborn 2001.
- Bunjes, B./Friebe, J./Götze, R./Harren, A. (2002): Integration von Daten, Anwendungen und Prozessen am Beispiel des Telekommunikationsunternehmens EWE TEL. In: Wirtschaftsinformatik 44 (2002) 5, S. 415-423.
- Buxmann, P. (1996): Standardisierung betrieblicher Informationssysteme. Wiesbaden 1996.
- Buxmann, P./König, W. (1998): Das Standardisierungsproblem: Zur ökonomischen Auswahl von Standards in Informationssystemen. In: Wirtschaftsinformatik 40 (1998) 2, S. 122-129.
- Christ, J./Weidmann, F. (2001): Evaluierung und Einführung einer EAI-Plattform. Downloadbar unter www.eai-competence-center.de/, Abruf am 14.01.2004.
- Copeland, T. E./Antikarov, V. (2001): Real options: a practitioner's guide, New York, N.Y.: 2001.
- Dangelmaier, W./Lessing, H./Pape, U./Rüther, M. (2002): Klassifikation von EAI-Systemen. In: Praxis der Wirtschaftsinformatik 225 (2002), Juni, S. 61-71.
- Datamonitor (2002). Aufteilung von IT-Ausgaben der Peer Group. Aus dem Vortrag von H.-J. Lamberti (Deutsche Bank) auf dem Bankenkongress CIBI 2002, 17. September 2002.
- Ferstl, O./Sinz, E.J. (2001): Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. 4. Auflage, München 2001.
- Gilpin, M. (1999): Planning Assumption – How to Select an Enterprise Application Solution. Giga Information Group, Cambridge 1999.
- Gröger, S. (2003): Einsatzmöglichkeiten für EAI-Architekturen im Bankenumfeld: Produktselektionsprozess, Typische Anwendungsszenarien und deren Charakteristika, TCO- und ROI-Betrachtungen, Einführungs- und Migrationsstrategien. Vortrag auf dem Integration Management Day 2003, Enterprise Application Integration (EAI), Portale und Architekturmanagement, 27. Mai 2003.
- Heinrich, B./Helfert, M. (2003): Nützt Datenqualität wirklich im CRM? – Wirkungszusammenhänge und Implikationen. In: Uhr, W., Esswein, W., Schoop, E. (Hrsg.), Wirtschaftsinformatik

2003 - Medien - Märkte - Mobilität, Dresden, September 2003, 2. Band, Physica, Heidelberg, 2003, S.231-253.

Holten, R. (2003): Integration von Informationssystemen. In: Wirtschaftsinformatik 45 (2003) 1, S. 41-52.

Hommel, U./Scholich, M./Vollrath, M. (Hrsg.) (2001): Realoptionen in der Unternehmenspraxis. Berlin 2001.

Irani, Z./Themistocleous, M./Love, P.E.D. (2003): The impact of enterprise application integration on information system lifecycles. In: Information & Management, No. 41, 2003, pp. 177-187.

Keller, W. (2002): Enterprise Application Integration. Erfahrungen aus der Praxis, Heidelberg 2002.

König, W./Weitzel, T. (2003): Netzeffekte im E-Business. In: Uhr, W., Esswein, W., Schoop, E. (Hrsg.), Wirtschaftsinformatik 2003 - Medien - Märkte - Mobilität, Dresden, September 2003, 1. Band, Physica, Heidelberg, 2003, S.231-253. S. 9-33.

Lamberti, H.-J. (2002): IT als strategischer Faktor am Beispiel Deutsche Bank, Aus dem Vortrag am 24. Juni 2002 an der Universität Augsburg, 2002.

Ließmann, H./Kaufmann, T./Schmitzer, B. (1999): Bussysteme als Schlüssel zur betriebswirtschaftlich-semantischen Koppelung von Anwendungssystemen. In: Wirtschaftsinformatik 41 (1999) 1, S. 12-19.

Marin, M. (2002): Business Process Technology: From EAI and Workflow to BPM. In: Fischer, L. (Hrsg.): Workflow Handbook 2002. Future Strategies, Florida 2002, S. 133-145.

Perridon, L./Steiner, M. (2003): Finanzwirtschaft der Unternehmung. 12. Auflage, München 2003.

Pietsch, T. (1999): Bewertung von Informations- und Kommunikationssystemen: Ein Vergleich betriebswirtschaftlicher Verfahren. Berlin 1999.

Rappaport, A. (1986): Creating shareholder value: the new standard for business performance. New York 1986.

Rappaport, A. (1991): Selecting strategies that create shareholder value. In: Montgomery, C. A.; Porter, M. (Hrsg.): Strategy: seeking and securing competitive advantage, Boston 1991, S. 379-401.

Ring, K. (2000): Enterprise Application Integration: Making the right connections. Boston 2000.

Ruh, W. A./Maginnis, F. X./Brown, W. J. (2001): Enterprise Application Integration. New York 2001.

Schissler, M./Mantel, S./Ferstl, O.K./Sinz, E.J. (2002): Kopplungsarchitekturen zur überbetrieblichen Integration von Anwendungssystemen und ihre Realisierung mit SAP R/3. In: Wirtschaftsinformatik 44 (2002) 5, S. 459-468.

Schwartz, E. S. (Hrsg.) (2001): Real options and investment under uncertainty: classical readings and recent contributions, Cambridge, Mass.: 2001.

Spitzer, P. (2002): Gesamtarchitektur aus Sicht der HVB Group. Aus dem Vortrag auf dem Bankenkongress CIBI 2002, 17. September 2002.

Weitzel, T./Son, S./König, W. (2001): Infrastrukturentscheidungen in vernetzten Unternehmen: Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse am Beispiel von X.500 Directory Services. In: Wirtschaftsinformatik 43 (2001) 4, S. 371-381.

Anhang 1: Gesamtzahl der Schnittstellen

Um die Gesamtzahl der Schnittstellen der vermaschten Anwendungslandschaft s_{ges} bei m Segmenten darstellen zu können, sollen zunächst die Modulanzahlen der Segmente n_i , die Vermaschung der Segmente α_{ij} , die Anteile direkter Modulschnittstellen β_{ij} und der Indikator für den Einsatz der Middleware χ_i in Vektor- bzw. Matrixdarstellung überführt werden. Der Vektor N beschreibt die Modulanzahlen der Segmente der Anwendungslandschaft. Der Vektor X benennt korrespondierend dazu die Segmente, in denen eine Middleware im Einsatz bzw. nicht im Einsatz ist.

$$N = \begin{pmatrix} n_1 \\ \vdots \\ n_i \\ \vdots \\ n_m \end{pmatrix} \text{ und } X = \begin{pmatrix} \chi_1 \\ \vdots \\ \chi_i \\ \vdots \\ \chi_m \end{pmatrix} \quad (18)$$

Die *symmetrische* Matrix A (Ausdruck (19)) beschreibt die Vermaschung der Anwendungslandschaft gemäß (A3), die ebenfalls *symmetrische* Matrix B (Ausdruck (20)) die Anteile der direkten Modulschnittstellen in Abhängigkeit von A und X .

$$A = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \cdots & \alpha_{1i} & \cdots & \alpha_{1j} & \cdots & \alpha_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \alpha_{i1} & \cdots & \alpha_{ii} & \cdots & \alpha_{ij} & \cdots & \alpha_{im} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ \alpha_{j1} & \cdots & \alpha_{ji} & \cdots & \alpha_{jj} & \cdots & \alpha_{jm} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{m1} & \cdots & \alpha_{mi} & \cdots & \alpha_{mj} & \cdots & \alpha_{mm} \end{pmatrix} \quad (19)$$

$$B(A, X) = \begin{pmatrix} \beta_{11} & \cdots & \beta_{1i} & \cdots & \beta_{1j} & \cdots & \beta_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \beta_{i1} & \cdots & \beta_{ii} & \cdots & \beta_{ij} & \cdots & \beta_{im} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ \beta_{j1} & \cdots & \beta_{ji} & \cdots & \beta_{jj} & \cdots & \beta_{jm} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{m1} & \cdots & \beta_{mi} & \cdots & \beta_{mj} & \cdots & \beta_{mm} \end{pmatrix} \quad (20)$$

$$\text{mit } \beta_{ij} = \beta_{ij}(A, X) = \begin{cases} 0 & \text{falls } \chi_i = 1 \vee \chi_j = 1 \\ \alpha_{ij} & \text{sonst} \end{cases}$$

Mit (2)-(20) und wegen der Symmetrie von B , aus der $\beta_{ij}(A, X) = \beta_{ji}(A, X)$ folgt, lässt sich die Gesamtzahl der Schnittstellen s_{ges} in Abhängigkeit von N , A und X jetzt folgendermaßen formulieren:

$$s_{ges}(N, A, X) = \frac{1}{2} \left(N^T (N^T B(A, X))^T - \sum_{i=1}^m \beta_{ii}(A, X) n_i \right) + N^T X \quad (21)$$

Diese Gesamtanzahl kann wiederum genutzt werden, um den Barwert der Auszahlungen für die Schnittstellen inklusive einer etwaigen Middleware zu berechnen. Dieser ergibt sich für eine bestehende Landschaft unter den Modellannahmen (A1)-(A7) mit dem folgenden Term.

$$BW_{ges}(N, A, X, k_s, k_m, i) = \left(\frac{1}{2} \left(N^T (N^T B(A, X))^T - \sum_{i=1}^m \beta_{ii}(A, X) n_i \right) + N^T X \right) \frac{k_s}{i} + \text{sgn} \left(\sum_{i=1}^m x_i \right) \frac{k_m}{i} \quad (22)$$

Anhang 2: Auszahlungswirkungen bei Middleware-Anbindung eines Segments

Zur Analyse von (11) soll die Monotonie- und Krümmungseigenschaften betrachtet werden.

Hier ergibt sich die Extremwertbedingung erster Ordnung mit:

$$\frac{\delta BW_o^1(n_m^*)}{\delta n_m^*} = \frac{k_s}{i} \left(\alpha_{mm} \left(n_m - \frac{1}{2} \right) + \sum_{i=1}^{m-1} \alpha_{im} n_i \right) \stackrel{!}{=} 0 \quad (23)$$

Umformen und Auflösen ergäbe unter der vorübergehenden Annahme eines $n_m^* \in \mathbb{R}$:

$$n_m^* = \frac{1}{2} - \frac{1}{\alpha_{mm}} \sum_{i=1}^{m-1} \alpha_{im} n_i \quad (24)$$

Die Extremwertbedingung zweiter Ordnung ergibt sich für (23) mit:

$$\frac{\delta BW_o^1(n_m^*)}{\delta^2 n_m^*} = \frac{k_s}{i} \alpha_{mm} > 0 \forall n_m^* \quad (25)$$

Daraus folgt, dass $BW_o^1(n_m)$ im gesamten Definitionsbereich konvex ist und sich bei n_m^* ein Minimum ergäbe, falls n_m^* eine innere Lösung wäre. Gemäß (A2), (A3) und (24) gilt aber generell $n_m^* < 0,5$. Wegen (A8) und damit $n_m \in]1; \infty]$ ist also (11) im gesamten Definitionsbereich konvex und streng monoton steigend.

Anhang 3: Auszahlungswirkungen bei Middleware-Einführung und wachsenden Modulzahlen

Wiederum unter vorübergehender Annahme einer reellen Modulanzahl $n_n^* \in \mathbb{R}$ ergibt sich bei (15) die Extremwertbedingung erster Ordnung mit:

$$\frac{\delta BW_o^2(n_n^*)}{\delta n_n^*} = \left(K_s + \frac{k_s}{i} \right) \alpha \left(n_n + n_a - \frac{1}{2} \right) = 0 \quad (26)$$

Für ein $n_n^* \in \mathbb{R}$ ergibt Umformen und Auflösen:

$$n_n^* = \frac{1}{2} - n_a \quad (27)$$

Die Extremwertbedingung zweiter Ordnung ergibt sich für (15) mit:

$$\frac{\delta^2 BW_o^2(n_n^*)}{\delta^2 n_n^*} = \left(K_s + \frac{k_s}{i} \right) \alpha > 0 \forall n_n^* \quad (28)$$

Die Konvexität über den gesamten Definitionsbereich gilt also auch für $BW_o^2(n_n^*)$. Entsprechend ist wiederum zu untersuchen, ob sich bei n_n^* ein Minimum als innere Lösung ergibt. Gemäß (A2), (A3) und (27) gilt aber generell $n_n^* < 0$. Wegen (A8') und damit $n_n \in \mathbb{N}$, ist also auch (15) im gesamten Definitionsbereich konvex und streng monoton steigend.

Da es sich bei (17) um eine quadratische Gleichung handelt, ist zur Nullstellenbestimmung zunächst die Diskriminante zu untersuchen. a ist gemäß (A6) generell positiv, c gemäß (A8') und (26) generell negativ. Dementsprechend ist die Diskriminante generell positiv und hat immer zumindest eine reelle Nullstelle. Die Vorzeichen von a und c führen in Verbindung mit dem Satz von Vieta (die beiden reellen Nullstellen x_1 und x_2 stehen in der Beziehung:

$x_1 x_2 = \frac{c}{a}$) dazu, dass sich eine positive und eine negative Nullstelle ergeben. Da jedoch

definitionsgemäß nach (A8'') $n_n \in \mathbb{N}$ gilt, bleibt festzuhalten, dass (17) im Definitionsbereich genau eine positive Nullstelle hat. Rechts von dieser Nullstelle nimmt (17) – aufgrund der Konvexität – streng monoton zu. Dementsprechend muss der folgende Ausdruck erfüllt sein, damit sich die Einführung einer Middleware empfiehlt:

$$n_n > \frac{1}{2} + \frac{1}{\alpha} - n_a + \frac{\sqrt{\left(\left(K_s + \frac{k_s}{i} \right) \left(\alpha n_a - \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \right)^2 - 4 \left(K_s + \frac{k_s}{i} \right) \frac{\alpha}{2} \left(\frac{k_s}{i} \alpha \frac{n_a^2 - n_a}{2} - \left(K_s + \frac{k_s}{i} \right) n_a - \left(K_m + \frac{k_m}{i} \right) \right)}}{2 \left(K_s + \frac{k_s}{i} \right) \frac{\alpha}{2}} \quad (29)$$

Unterzieht man insbesondere (17) einer genaueren Betrachtung, fällt auf, dass n_a und n_n , abgesehen von dem Term $\left(-K_s \alpha \frac{n_a^2 - n_a}{2} \right)$, jeweils paarweise auftreten und gleichgerichtet wirken. Dieser Term ist gemäß (A2), (A3), (A6) und (A8') generell negativ. Sein Betrag nimmt mit wachsendem n_a quadratisch zu. Aus dem negativen Wirken des genannten Terms folgt

gemäß (17), dass für einen angestrebten Umfang der Anwendungslandschaft $n=n_a+n_n$ der Barwertvorteil (der auch negativ sein kann) der Einführung einer Middleware umso niedriger ist, umso größer der Anteil von n_a an n ist.