



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

**UNIA**  
Universität  
Augsburg  
University

Diskussionspapier WI-173

## **Unternehmensweite Anwendungsintegration - Zentrale Anreizsetzung zur Realisierung von Netzwerkeffekten bei dezentralen Entscheidungsstrukturen**

von

Marc-Andre Bewernik, Bernd Heinrich, Mathias Klier

in: Wirtschaftsinformatik 48 (2006) 3, S. 158-168

# Unternehmensweite Anwendungsintegration - Zentrale Anreizsetzung zur Realisierung von Netzwerkeffekten bei dezentralen Entscheidungsstrukturen

Marc-Andre Bewernik, Bernd Heinrich, Mathias Klier

04.2006

Korrespondierender Autor:

Dipl.-Inf. Marc-Andre Bewernik  
FIM Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement  
Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik, Informations- & Finanzmanagement (WI-IF)  
Universität Augsburg  
Universitätsstraße 12, 86159 Augsburg  
E-Mail: marc.bewernik@wiwi.uni-augsburg.de

Dr. Bernd Heinrich  
FIM Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement  
Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik, Informations- & Finanzmanagement (WI-IF)  
Universität Augsburg  
Universitätsstraße 12, 86159 Augsburg  
E-Mail: bernd.heinrich@wiwi.uni-augsburg.de

Dipl.-Math. oec. Mathias Klier  
FIM Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement  
Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik, Informations- & Finanzmanagement (WI-IF)  
Universität Augsburg  
Universitätsstraße 12, 86159 Augsburg  
E-Mail: mathias.klier@wiwi.uni-augsburg.de

# **Unternehmensweite Anwendungsintegration – Zentrale Anreizsetzung zur Realisierung von Netzwerkeffekten bei dezentralen Entscheidungsstrukturen**

## **1 Einleitung**

Die unternehmensweite Integration von Anwendungssystemen (AWS) wird derzeit intensiv diskutiert. Neben technischen Fragestellungen ist dabei auch die ökonomische Bewertung einer Middleware (MW)-Einführung ein wichtiges Thema [ChWe01; DLPR02; Gilp99; Grög03; HeFr05]. Hier wird jedoch nicht nur ein Business Case berechnet. Vielmehr ist zu beachten, dass in der betrieblichen Praxis derartige Entscheidungen oftmals nicht eine Stelle unternehmenszentral trifft, sondern dass sie von einzelnen dezentralen, budgetverwaltenden Geschäftsbereichen verantwortet werden. Damit hier trotz der Dezentralität dennoch das Optimum für das Gesamtunternehmen erreicht werden kann, stellt sich die Frage nach einer Koordination der dezentralen Entscheidungsträger. Diese Problemstellung, die schon in ähnlicher Weise für allgemeine Standardisierungsfragen untersucht wurde [vgl. BuWK99; Weit04; WeSK01], liegt dem Beitrag zugrunde.

In Kapitel 2 werden die Problemstellung konkretisiert sowie bisherige Arbeiten im Themengebiet diskutiert. Darauf aufbauend wird in Abschnitt 3 ein Optimierungsalgorithmus vorgestellt, der bei unternehmenszentraler Koordination die auszahlungsminimale Anreizsetzung ermittelt. So kann bspw. eine zentrale Architekturabteilung die Geschäftsbereiche zur Realisierung des Gesamtoptimums veranlassen, die ansonsten nur eine MW einführen würden, falls dies für sie selbst ökonomisch vorteilhaft wäre. Die Anwendung des Verfahrens ist danach ausführlich am Beispiel eines Finanzdienstleisters (FDL) dargestellt. In Abschnitt 5 werden die Ergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick gegeben.

## **2 Unternehmensweite Integration von Anwendungssystemen**

Enterprise Application Integration (EAI) steht für die Schaffung einer syntaktischen und semantischen Interoperabilität, damit AWS und die von ihnen unterstützten Prozesse durchgängig und zeitnah integriert werden können [vgl. auch Holt03]. Ausgangspunkt ist dabei die Heterogenität und Proprietät der zu integrierenden Objekte [AiSc03; RuMB01]. Aus letzterem resultiert eine Inflexibilität für das Unternehmen im Großen (z. B. keine durchgängige Kundenberatung zur Geldanlage) wie auch im Kleinen (z. B. Kapselung und Outsourcing einzelner, mandantenfähiger Funktionalitäten).

Hintergrund und Zielsetzung der Integration mittels MW, die eine funktions- und nachrichtenbasierte Teilmenge von EAI bildet und im Folgenden fokussiert wird, ist primär die Reduktion der Anzahl und die Standardisierung von Schnittstellen zwischen AWS. Insofern wird oft auf den Zusammenhang zwischen der maximalen Anzahl von Schnittstellen bei vollständiger

Vermaschung (entspricht  $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$  Schnittstellen bei  $n$  AWS) im Gegensatz zur geringeren

Anzahl bei Einsatz einer MW (entspricht  $n$  Schnittstellen bei  $n$  AWS) verwiesen [LiKS99; Mari02]. Ob eine MW eingeführt werden soll, entscheiden dabei heute oftmals einzelne Geschäftsbereiche, welche die Budgets dafür besitzen und die Investition nur bei einem positiven Kapitalwert ihres MW-Projekts tätigen (zu Veröffentlichungen bzgl. qualitativen Entscheidungskriterien vgl. [HeFr05]). Dass dies zu Fehlentscheidungen aus Gesamtunternehmenssicht führen kann, wird in Abschnitt 2.1 erörtert. Bisherige Arbeiten im Themenkontext der Standardisierung werden darauf basierend in Abschnitt 2.2 diskutiert.

### **2.1 Die Dezentralität von EAI-Investitionsentscheidungen als Problem**

Wie angesprochen, „gehört“ der Großteil der betrieblichen AWS den jeweiligen Bereichen, d. h. diese entscheiden über deren Konzeption, Betrieb und Weiterentwicklung. Dies umschließt jedoch auch die Entscheidung, ob die AWS eines Bereichs (im Weiteren auch *Segment* genannt) an eine MW anzubinden sind. Dabei werden die finanziellen Mittel oftmals nur dann bereitgestellt, wenn die Einsparungen durch Standardisierung proprietärer Schnittstellen (bspw. bei den häufig immensen Wartungskosten) die Investitionen für Anschaffung, Einführung und Betrieb der MW übersteigen [detailliert in DLPR02; HeFr05]. Daneben spielen auch längerfristige Nutzenpotenziale, wie z. B. höhere Flexibilität und geringere Time-to-Market, eine Rolle. Letztendlich erfolgt jedoch eine Kosten-/Nutzen-Abwägung aus Sicht eines einzelnen Bereichs und oftmals nicht aus Unternehmenssicht, außer diese wird explizit bspw. bei kleineren und mittleren Unternehmungen zur Realisierung der Unternehmensstrategie gefordert.

Für MW-Projekte ist der Sachverhalt der dezentralen Entscheidungsträger dabei durchaus charakteristisch [bspw. Angs01; Clem05; Grög03]. Auch im später erläuterten, praktischen Fall entscheiden die einzelnen Bereiche dezentral. Zentrale Bereiche, wie vor allem die Architekturabteilung, werden hier oft beratend hinzugezogen, da sie Wissen und Erfahrung hinsichtlich Technologien, Standards, Einsatzmöglichkeiten von Produkten und Kostenentwicklungen besitzen. Auch bei der Definition und Aushandlung der Service Level Agreements mit den späteren MW-Betreibern (bspw. IT-Abteilung) unterstützen Architekturabteilungen.

Die Dezentralität von Standardisierungsentscheidungen wurde in der Literatur bereits diskutiert (vgl. Kapitel 2.2). Problematisiert wird dabei, dass diese in der Regel zu schlechteren Lösungen führen als zentrale Entscheidungen. Auf den MW-Kontext bezogen, lassen sich folgende Gründe anführen:

- 1) Ein Segment A stellt deswegen nicht um, da aus dezentraler Sicht die Investition durch die eigene Kosteneinsparung nicht gedeckt wäre, obwohl ggf. verbundene Segmente bereits umgestellt haben. Es ergäbe sich somit im Vergleich zur bisherigen Situation für das Segment A ein schlechterer Kapitalwert bspw. in Höhe von  $\Delta a$ . Da jedoch die mit A ver-

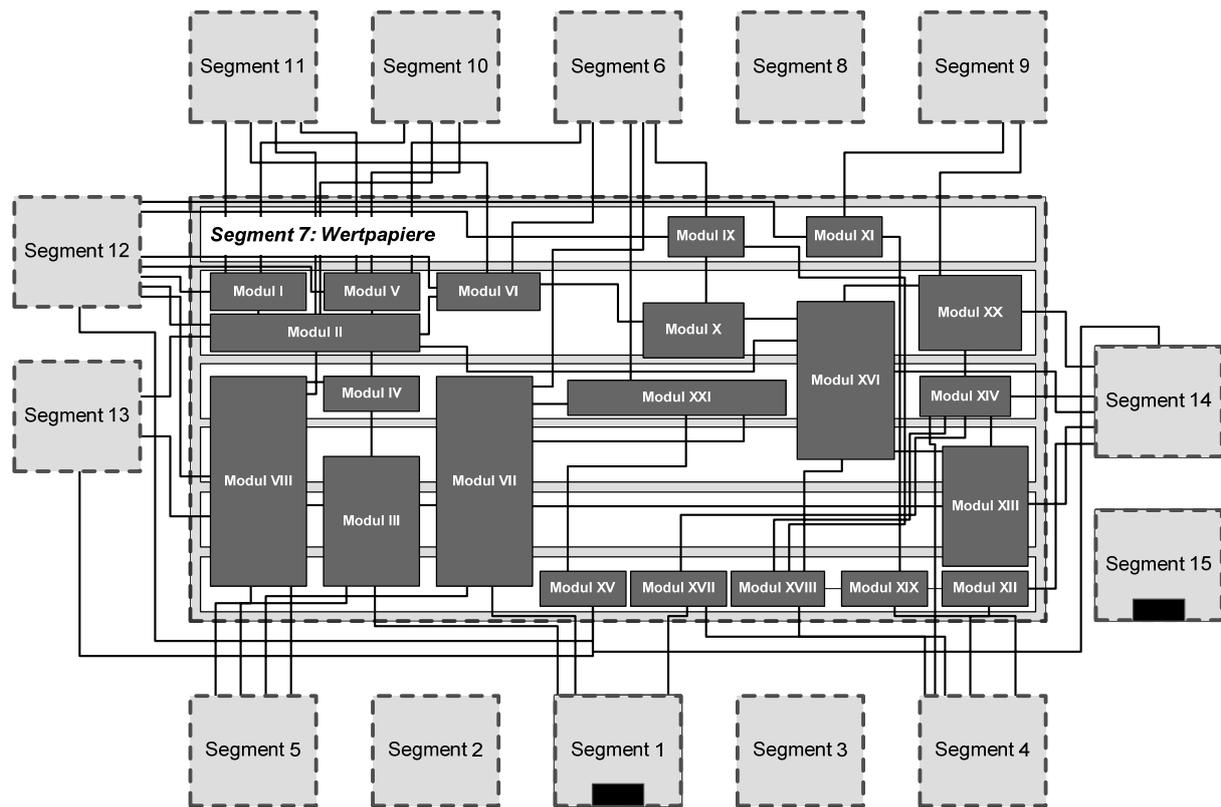
bundenen Segmente durch Standardisierung der proprietären Schnittstellen zu A insgesamt in Höhe von  $\Delta b$  mit  $\Delta b > \Delta a$  profitieren würden, wäre eine Umstellung des Segments A durchaus sinnvoll. Dennoch einigt man sich oftmals aufgrund der schwierigen Verhandlungen (welches der Segmente zahlt wieviel der ggf. erst zukünftig realisierten Kosteneinsparung an A? Welche Transparenz herrscht über die Kosteneinsparung zwischen den Segmenten? Fordert A nur  $\Delta a$  zur Kostendeckung oder möchte es ebenfalls einen Anteil am Überschuss  $\Delta b - \Delta a$ ), etwaigen politischen Unstimmigkeiten zwischen den Bereichsverantwortlichen oder dem Widerstand auf Mitarbeiter- und Realisierungsebene nicht über Ausgleichszahlungen.

- 2) Ein Segment A würde nur dann aus seiner Sicht umstellen, wenn andere, verbundene Segmente bereits umgestellt hätten, da dann die proprietären Schnittstellen und deren Betriebs- und Wartungskosten mit Sicherheit wegfallen würden. Erst durch diesen Wegfall überschreitet die Einsparung die Investition. Trifft dies auch auf andere, mit A verbundene Segmente zu, kommt es zur wechselseitigen Blockade, d. h. die Segmente warten mit der Investition aufeinander. Eine einfache Lösung scheinen hier Abstimmungen zu sein. In der Praxis gestaltet sich dies jedoch oft schwierig, da aufgrund unterschiedlicher, sich ändernder Rahmenbedingungen (konkurrierende Projekte in den Bereichen, Outsourcing von AWS etc.) nur eine sequenzielle Einführung in den Segmenten praktikabel ist, wodurch sich jedoch die Abstimmungsbasis ändert und eine Umstellung ggf. nicht mehr sinnvoll ist. Bei einer solchen Sequenzialität kann außerdem – analog zum ersten Punkt – wiederum das Problem der Ausgleichszahlungen zwischen den Segmenten auftreten. Daneben will auch kein Segment der First-mover sein und damit „Lehrgeld bezahlen“, da sich gerade bei der MW-Einführung Erfahrungswerte und daraus resultierende Lerneffekte in erheblichem Maße lohnen.

Um die Problemstellung weiter zu verdeutlichen wird das Fallbeispiel eines großen FDL geschildert, das auch der Anwendung in Kapitel 4 zugrunde liegt (die Darstellung sowie die Zahlen sind dabei anonymisiert und vereinfacht):

Ein FDL gliedert sich in 15 Geschäftsbereiche, wie bspw. verschiedene Produkt- (wie Wertpapiere, Kredite) oder Vertriebsbereiche für Kundengruppen. Diese lassen ihre AWS vom konzerneigenen IT-Systembereich betreiben, wobei Service Level Agreements existieren, die auch die Betriebs- und Wartungskosten der Schnittstellen festlegen. Unter dem Druck der Kostensenkung und Schnittstellenstandardisierung haben bereits zwei Fachbereiche MW-Technologie eingeführt. Einige andere Bereiche prüfen derzeit die Vorteilhaftigkeit und diskutieren mit dem IT-Bereich über die Standardisierung. Unterstützt wird dies durch die zentrale Architekturabteilung, die aufgrund ihrer Aufgabe des Technologie- und Produkt-screensings MW-Produkte kennt. Diese verfügt zudem über ein Repository, welches die Ein-

führung der AWS nach dem konzerneigenen Vorgehensmodell (mit dem ARIS-Toolset) dokumentiert. Insofern besteht ein Überblick über die AWS-Funktionalität, die eingesetzten Technologien, die genutzten Daten, die Schnittstellen zu anderen AWS sowie die anfallenden Kosten, wobei die Vollständigkeit der Dokumentation bereichsspezifisch variiert. Nach Schätzungen liegt sie derzeit bei ca. 70%. Bild 1 gibt einen Überblick der AWS/Module des 7. Segments Wertpapiere (WP) (kreiert auf Basis von Detaildaten) und stellt einen Teil der segmentinternen bzw. -externen Vermaschung dar.



**Bild 1** Anwendungssysteme des Segments *Wertpapiere*

Die Entscheidung über die MW-Einführung trifft dabei jeder Bereich dezentral, da die Investitionen durch das jeweilige IT-Budget zu decken sind. Zu welchen Nachteilen dies führen kann, lässt sich am Segment *WP* veranschaulichen. Das Segment hat insgesamt 21 Module, die über 34 segmentinterne Schnittstellen und 141 Schnittstellen zu den anderen 14 Segmenten (davon nur 11 zu den beiden bereits umgestellten Segmenten) verfügen. Betrieb und Unterhalt einer Schnittstelle kosten derzeit jährlich 330 € und könnten durch die MW auf 160 € gesenkt werden. Jedoch sind für das Segment Kosten für die einmalige Beschaffung und Lizenzierung der MW in Höhe von 100.000 € sowie 5.000 € jährlich für dessen Wartung zu veranschlagen. Der einmalige Aufwand für die Einrichtung einer MW-Schnittstelle wird mit 1.500 € kalkuliert. Unter diesen Rahmenbedingungen kann bei einer MW-Einführung und der damit verbundenen verringerten Schnittstellenzahl ein Barwertvorteil von

96.750 € erreicht werden (zur Berechnung vgl. Kapitel 3). Dem stehen jedoch Investitionen in Höhe von 181.500 € gegenüber.

Aus Sicht des Segments *WP* lohnt sich somit die Einführung nicht. Hierbei wird jedoch vernachlässigt, dass andere Segmente ebenfalls von der Umstellung (zukünftig) profitieren würden, da sich die Schnittstellenanzahl verringern ließe. Berücksichtigt man dies und berechnet die optimale Lösung für das Gesamtunternehmen, so sollte das Segment *WP* umstellen. Hier müsste sich jedoch *WP* mit anderen Bereichen breit abstimmen. Berücksichtigt man die obigen Gründe unter 1) und 2) ist dies häufig wenig praktikabel. Daher stellt sich die Frage, wie man trotz dezentraler Entscheidungen die unternehmensweit optimale Lösung herbeiführen kann.

## **2.2 Bisherige Arbeiten und Beiträge**

Für die Bewertung von EAI-Investitionen lassen sich einige Veröffentlichungen finden, die den Einsparungen durch die EAI-Lösung die Kosten für Einführung und Betrieb gegenüber stellen [bspw. DLPR02; Gilp99; für einen Überblick siehe HeFr05]. Allerdings gibt es derzeit noch wenige Beiträge, welche die weiterführende Frage der Entscheidungsstrukturen bei EAI-Investitionen ansprechen [vgl. Angs01; Grög03]. Zwar wird hier die obige Fragestellung problematisiert, jedoch keine Lösung vorgeschlagen. Dagegen finden sich für den Kontext der Einführung allgemeiner (Kommunikations-)Standards Arbeiten, die die Auswirkung der Entscheidungsstruktur berücksichtigen [BuKö98; BuWK99; Buxm96; WeSK01; Weit04]. Diese werden im Folgenden erläutert, um den Mehrwert des vorliegenden Beitrags heraus zu arbeiten:

[Buxm96] modelliert das Standardisierungsproblem formal als gerichteten Graphen. Hierbei werden den als fix angenommenen Standardisierungskosten, die für die einzelnen Knoten bzw. Systemelemente (bspw. AWS) anfallen, die monetären Standardisierungsvorteile gegenüber gestellt. Letztere werden dabei genau dann realisiert, wenn beide beteiligten Knoten über den Standard verfügen. Dem von Buxmann entwickelten linearen, ganzzahligen Optimierungsmodell, das die Grundlage für weitere Arbeiten [BuKö98; BuWK99; Weit04] darstellt, liegt der Fall einer zentralen Entscheidungsstruktur zugrunde, d. h. die optimale Lösung für das gesamte Netzwerk kann ohne Einschränkungen umgesetzt werden.

Dezentrale Entscheidungen, deren Auswirkungen und die Inferiorität resultierender Lösungen im Vergleich zur zentralen Entscheidung werden von [BuWK99] thematisiert. Ob ein Knoten (hier: ein menschlicher/maschineller Kommunikationspartner) aus seiner dezentralen Sicht einen Standard einführen soll, wird hier mit Hilfe seines knotenbezogenen Investitionskalküls entschieden, das wegen der positiven Netzwerkeffekte auch die Standardisierungsentscheidungen benachbarter Knoten berücksichtigt. Neben den eigenen Kosten-/Nutzengrößen kennt ein Knoten (per Annahme) die potentiellen Kosteneinsparungen aller inziden-

ten Kanten sowie die Standardisierungskosten der verbundenen Knoten. Die Kostenstrukturen zwischen dritten Knoten sind dagegen nicht bekannt. Deshalb muss deren Standardisierungsentscheidung letztlich abgeschätzt werden, d. h. es wird eine Wahrscheinlichkeit ermittelt, mit der die benachbarten Knoten standardisieren. Auf dieser Basis wird ein Vergleich zentraler vs. dezentraler Standardisierungsentscheidungen mittels Simulation durchgeführt und verdeutlicht, dass beide Verfahren zu einem unterschiedlichen Umfang an Standardisierung führen können. Lediglich in denjenigen Fällen, in welchen die Standardisierung (sehr) unrentabel bzw. rentabel ist und somit eine eindeutige Nach- bzw. Vorteilhaftigkeit besteht, entsprechen sich die Ergebnisse beider Verfahren. In diesem Zusammenhang wird auch ein Anreiz- bzw. Ausgleichssystem gefordert sowie die Frage nach Prämienzahlungen gestellt.

In [WeSK01] wird ebenfalls ein einperiodiges Modell zur Untersuchung von Infrastrukturentscheidungen entwickelt und am Beispiel des X.500 Directory Service verdeutlicht. Dabei werden wie in [BuWK99] zentrale und dezentrale Entscheidungsstrukturen unterschieden und Grundlagen zur Entwicklung von Anreiz-/Ausgleichsmechanismen diskutiert, die dazu dienen, das Problem des asymmetrischen Anfalls von Kosten und Nutzen im Netzwerk zu lösen. Um die Inferiorität dezentraler Entscheidungen zu vermeiden, wird hier die Einführung einer virtuellen, zentralen Instanz (Intermediär) vorgeschlagen, welche die ökonomischen Wirkungen so koordiniert, dass die Kosten der beteiligten Knoten (bspw. Unternehmungen) gedeckt sind. Der Intermediär schafft dabei im Wesentlichen Transparenz über die dezentralen Situationen und legt Informationen offen. Insgesamt erfolgt hier jedoch keine Modellentwicklung, sondern eine verbale Beschreibung und ein Ausblick auf zukünftige Arbeiten. Etwaige Probleme einer (transparenten) Koordination im Sinne eines opportunistischen Verhaltens einzelner Akteure, des First-mover-Nachteils, etc. werden nicht behandelt.

[Weit04] greift das zentrale und dezentrale Modell aus [BuWK99] auf, erweitert letzteres um Ansätze aus der nicht-kooperativen Spieltheorie und führt Simulationen durch, um die Standardisierungslücke zwischen den beiden Verfahren zu verdeutlichen. Bei dezentralen Entscheidungen werden dabei wie in [BuWK99] Schätzer einbezogen, die die Wahrscheinlichkeiten der Standardisierung anderer Knoten repräsentieren. Zudem wird die zeitliche Sequenzialität der Knotenumstellung betrachtet, da realistischere nicht alle Knoten zu einem Zeitpunkt umstellen und sich die Entscheidungen gegenseitig beeinflussen. Modelliert wird dies mit Hilfe eines sequenziellen Spiels, in dem die geschätzten Wahrscheinlichkeiten sukzessive durch die in den bisherigen Stufen getroffenen Entscheidungen der Knoten ersetzt werden. Eine Koordination seitens einer zentralen Instanz zur Herbeiführung der optimalen Lösung wird hier noch nicht thematisiert, weswegen diese nicht zwingend erreicht wird (Standardisierungslücke).

In einem zweiten Modell schlägt [Weit04] (bilaterale) Ausgleichszahlungen vor, damit die Standardisierungslücke auch im Falle dezentraler Entscheidungsstrukturen geschlossen

wird. Dabei greift er die Idee der virtuellen, mit allen Informationen ausgestatteten Instanz auf, welche die optimale Lösung berechnet und durch Koordination herbeiführt. Insofern wird das im ersten Modell thematisierte sequenzielle und nicht-kooperative Spiel in ein zentrales Problem überführt, bei dem die Knoten gleichzeitig über die Standardisierung entscheiden. Der hierbei insgesamt generierte Return-on-Investment (ROI) für das Netzwerk wird durch zentral koordinierte Ausgleichszahlungen an die Knoten weitergegeben ( $ROI_{network} = ROI_i \forall$  Knoten  $i$ ). So werden Knoten, die nicht oder wenig von der Standardisierung profitieren, durch solche subventioniert, die einen besonders großen Vorteil erzielen. Durch die prozentuale Umlage der Netzwerkeffekte und der zentralen Koordinationskosten im Verhältnis zur Investitionshöhe (Standardisierungskosten), soll eine faire Verteilung erfolgen. Das Modell stellt eine interessante Möglichkeit dar, durch Kooperation die Standardisierungslücke zu schließen und die gemeinsam generierten Vorteile der Standardisierung auf die beteiligten Partner aufzuteilen. Allerdings kann das Vorgehen dazu führen, dass Knoten, die bereits aus rein lokaler Sicht standardisieren, gezwungen werden, einen Teil des ohne Koordination zu Stande kommenden ROI teilen zu müssen. Demnach kann aus ihrer Sicht die zentrale Koordination sogar nachteilig sein.

Zusammenfassend ergeben sich folgende Ansatzpunkte für die eigene Modellentwicklung:

- In den analysierten Arbeiten sind die Knoten als „Black-box“ mit fixen Standardisierungskosten modelliert. Die für die MW-Entscheidung notwendige Berücksichtigung einer *Knoten- und Segmentstruktur* mit den AWS der Segmente, den segmentinternen Schnittstellen sowie der Vielzahl an Schnittstellen zu anderen Segmenten (nicht nur eine Schnittstelle) erfolgt nicht. Würde man in den Beiträgen die Knoten als einzelne AWS verstehen und so versuchen, die *Schnittstellenstruktur* nachzubilden, kann für das gesamte Segment als Menge an Knoten keine Investitionsentscheidung getroffen werden. Durch die im Weiteren vorgestellte Modellierung von Segmenten ist die Abbildung historisch gewachsener Anwendungslandschaften realitätsgetreuer möglich. Zudem lassen sich Veränderungen im Sinne zukünftiger Entwicklungen, wie z. B. das Outsourcing, die Hinzunahme von AWS oder eine Intensivierung der segmentinternen und -externen Kommunikation, einfacher darstellen. Ein Geschäftsbereich muss dabei nicht notwendigerweise als Segment verstanden werden und als Gruppierungskriterium dienen. Vielmehr können bspw. auch Teile eines Bereichs einem Segment entsprechen.
- Für eine Entscheidungsunterstützung im MW-Kontext sind die in den obigen Beiträgen verwendeten Kostengrößen zu erweitern. Hier sind verschiedene relevante *Kostengrößen*, wie z. B. Umstellungskosten von Schnittstellen oder einmalige MW-Anschaffungs- bzw. fortlaufende Betriebskosten zu berücksichtigen.

- In den bisherigen Arbeiten wird eine virtuelle, zentrale Instanz zur Koordination dezentraler Entscheidungen eingeführt. Die zugrunde liegenden Annahmen sind allerdings durchaus kritisch zu betrachten. Erstens müssen alle Knoten (bei [Weit04] sind dies im Bsp. eigenständige Unternehmungen) der zentralen Instanz die richtigen Informationen vollständig weitergeben. Insofern dürfen sich die Knoten nicht opportunistisch verhalten, da sie sich durch Weitergabe falscher Informationen Vorteile verschaffen könnten. Zweitens müssen alle Knoten im Netzwerk an der Koordination teilnehmen. Dies kann, wie oben beschrieben, für einige Knoten sogar nachteilig sein, so dass ein offenes Ausscheren nahe liegt. Drittens müssen sich alle Knoten an die Weisung der virtuellen Instanz halten. Dies setzt hohe Anforderungen an deren Durchsetzungskraft bzw. Befugnisse (bspw. bzgl. eingeforderter Ausgleichszahlungen). Insgesamt müsste daher eine große Vertrauensbasis sowohl gegenüber der virtuellen Instanz als auch gegenüber den anderen Knoten bestehen. Zudem dürften deren Einrichtung und die Gewährleistung einer uneingeschränkten Kooperationsbereitschaft in der Realität schwierig sein. Die Alternative, die Standardisierungslücke ohne Transformation des dezentralen in ein zentrales Entscheidungsproblem zu schließen, sondern dies unter *Beibehaltung dezentraler Entscheidungsstrukturen* durch indirekte Anreize zu gewährleisten, soll hier untersucht werden.
- Für den Fall der Koordination durch eine zentrale Stelle wird bislang unterstellt, dass alle Netzwerkknoten zum gleichen Zeitpunkt die Standardisierungsentscheidung treffen. In der Praxis ist dies jedoch unrealistisch, da bspw. durch Ressourcenengpässe, andere Projekte sowie politische Rahmenbedingungen eine simultane Entscheidung schwierig ist. Außerdem ist es für einen Knoten zur Vermeidung des First-mover-Nachteils durchaus sinnvoll, den Standardisierungszeitpunkt zu verzögern. Insofern gilt es die *Sequenzialität des Entscheidungsproblems* zu berücksichtigen.

### **3 Modell zur Optimierung der unternehmenszentralen Anreizsetzung bei dezentralen EAI-Investitionsentscheidungen**

Um die aus Gesamtsicht optimale Lösung bei dezentralen Entscheidungsträgern zu realisieren, wird im Folgenden ein Modell entwickelt, das die Steuerungsmöglichkeiten der zentralen Instanz durch Anreizsetzung berücksichtigt. Dabei liegen folgende Annahmen und Definitionen zugrunde:

- (A1) Eine Unternehmung betreibt eine Anwendungslandschaft mit  $m \in \mathbb{N}$  Segmenten. Jedes Segment  $i$  besteht dabei aus  $n_i \in \mathbb{N}$  Modulen, die der Verantwortung des Segments unterstehen. Die Größe und die Segmentierung der Anwendungslandschaft ändern sich zunächst nicht und die Modulanzahlen hängen nicht davon ab, ob eine MW eingesetzt wird oder nicht.

- (A2) Die Notwendigkeit des Nachrichtenaustauschs und somit die Schnittstellenanzahl  $s_{i,i}$  innerhalb eines Segments  $i$  bzw.  $s_{i,j}$  zwischen den Segmenten  $i$  und  $j$  (jeweils ohne MW-Einsatz) ist gegeben und fachlich begründet.
- (A3) Bindet ein Segment  $i$  an die MW an, so wird jedes enthaltene Modul mit genau einer Schnittstelle an die MW angebunden. Die Module dieses Segments können dabei genau dann ohne direkte Schnittstellen ( $s_{i,j}$ ) auf Module des Segments  $j$  zugreifen, wenn dieses ebenfalls eine MW einsetzt. Die Variable  $\chi_i \in \{0, 1\}$  nimmt den Wert 1 an, falls im Segment  $i$  eine MW eingesetzt wird – andernfalls ist ihr Wert 0.
- (A4) Die MW-Entscheidung in einem Segment trifft der jeweils verantwortliche Bereich. Dieser stellt genau dann um, wenn dies für ihn zu kapitalwertminimalen Auszahlungen für den Nachrichtenaustausch führt. Der Kalkulationszins ist mit  $r \in ]0; 1[$  gegeben.
- (A5) Für die Entscheidung sind dem Bereich  $i$  die Modulanzahl im eigenen Segment  $n_i$ , die segmentinternen Schnittstellen  $s_{i,i}$  sowie die Schnittstellen  $s_{i,j}$  zu den verbundenen Segmenten  $j$  bekannt. Dabei werden nur sichere Entscheidungen der übrigen Segmente bzgl. der MW-Einführung einbezogen. Andere Informationen, wie z. B. informelle Angaben und Spekulationen über die Umstellung anderer Segmente, bleiben unberücksichtigt.
- (A6) Es existiert eine zentrale Architekturabteilung, die das Ziel der optimalen Lösung für die Gesamtunternehmung, d. h. segmentübergreifend kapitalwertminimale Auszahlungen, verfolgt. Ihr sind die Modulanzahlen und Schnittstellen aller Segmente bekannt. Die Architekturabteilung kann die MW-Einführung in einem Segment nicht erzwingen oder verhindern, diese jedoch beeinflussen (vgl. (A9)).
- (A7) Die Anbindung an die MW, für die vereinfachend eine unendliche Nutzungsdauer gelten soll, führt für ein Segment zum Einführungszeitpunkt zu bekannten und von der Schnittstellenanzahl unabhängigen Auszahlungen  $K^m \in \mathfrak{R}^+$  (z. B. Lizenzgebühren). Darüber hinaus fallen pro Segment periodenbezogene, nachschüssige Auszahlungen  $k^m \in \mathfrak{R}^+$  für Betrieb und Wartung an. Die Höhe der Auszahlungen  $K^m$  und  $k^m$  ist hierbei zunächst nicht davon abhängig, ob andere Segmente bereits umgestellt haben (bspw. keine günstigeren Konditionen bei mehr Lizenznahmen).
- (A8) Für eine Schnittstelle, die nicht an die MW angeschlossen ist, werden pro Periode segmentspezifische, nachschüssige Auszahlungen  $k_i^{s,o} \in \mathfrak{R}^+$  veranschlagt (auch hier wird eine unendliche Nutzungsdauer angenommen). Beim Datenaustausch zwischen zwei Segmenten  $i$  und  $j$  werden die Schnittstellenkosten dem Bereich  $i$  mit dem Fak-

tor  $\tau_{i,j}$  (Kostenanteil für  $i$ ) bzw.  $j$  mit  $\tau_{j,i}$  (Kostenanteil für  $j$ ) verrechnet. Für eine Schnittstelle zur MW fallen für Segment  $i$  dagegen Kosten in Höhe von  $k_i^{s,m} \in \mathfrak{R}^+$  pro Periode an. Zusätzlich werden für die Neuerstellung/Umstellung einer Schnittstelle zur MW einmalige Kosten in Höhe von  $K_i^s \in \mathfrak{R}^+$  veranschlagt.

- (A9) Die Architekturabteilung kennt die Kosten und kann, da sie einen Teil der Umstellungsarbeiten leistet, die Höhe der verrechneten Umstellungskosten  $K_i^s$  für das Segment  $i$  beeinflussen. Hierdurch können die real anfallenden Kosten der Schnittstellenmigration  $K_i^{s,real}$  mit dem Faktor  $\psi_i \in \mathfrak{R}^+$  mit  $K_i^s = \psi_i \cdot K_i^{s,real}$  subventioniert (für  $\psi_i < 1$ ) oder verteuert (für  $\psi_i > 1$ ) werden. Die mit den Faktoren  $\psi_i$  verbundenen Anreize zur Herbeiführung des Gesamtoptimums sollen dabei zu minimalen Auszahlungen für die Architekturabteilung erfolgen.

Zur Ermittlung der optimalen Anreizsetzung ist es zunächst notwendig, das Entscheidungskalkül der Segmente aufzustellen, bevor darauf basierend die Koordination der zentralen Architekturabteilung erfolgen kann. Die Tabelle 1 fasst die verwendeten Variablen nochmals kurz zusammen.

**Tabelle 1** Übersicht über die verwendeten Variablen

Variable	Definitionsbereich	Beschreibung
$m$	$N$	Anzahl der Segmente in der Anwendungslandschaft
$n_i$	$N$	Anzahl der Module des Segments $i$
$s_{i,j}$	$N$	Anzahl der Schnittstellen zwischen den Segmenten $i$ und $j$
$r$	$]0,1[$	Kalkulationszinssatz
$K^m$	$\mathfrak{R}^+$	Einmalige Auszahlungen bei der Einführung der Middleware in einem Segment
$k^m$	$\mathfrak{R}^+$	Nachschüssige, periodenbezogene Auszahlungen für die Middleware (je Segment)
$K_i^{s,real}$	$\mathfrak{R}^+$	Einmalige Auszahlungen, die <b>real</b> für die Umstellung einer Schnittstelle des Segments $i$ anfallen
$\psi_i$	$\mathfrak{R}^+$	<b>Zentral</b> gesetzter Anreizfaktor für das Segment $i$ zur Koordination der dezentralen Entscheidungen
$K_i^s$	$\mathfrak{R}^+$	Einmalige Auszahlungen, die Segment $i$ für die Umstellung einer Schnittstelle <b>weiterbelastet</b> werden (mit $K_i^s = \psi_i \cdot K_i^{s,real}$ ), d. h. hier kann bspw. eine Subventionierung mit $\psi_i < 1$ erfolgen.
$k_i^{s,o}$	$\mathfrak{R}^+$	Nachschüssige, periodenbezogene Auszahlungen für eine Schnittstelle des Segments $i$ , die <b>nicht</b> an die Middleware angeschlossen ist
$k_i^{s,m}$	$\mathfrak{R}^+$	Nachschüssige, periodenbezogene Auszahlungen für eine Schnittstelle des Segments $i$ , die an die Middleware angeschlossen ist
$\tau_{i,j}$	$[0;1]$	Faktor, mit dem Segment $i$ an den Auszahlungen $k_i^{s,o}$ für Schnittstellen zwischen Segmenten $i$ und $j$ beteiligt ist
$\chi_i$	$\{0;1\}$	Binäre Variable, die den Wert 1 annimmt, falls im Segment $i$ eine MW eingesetzt wird – anderenfalls ist ihr Wert 0.

## Dezentrales Kalkül zur Entscheidung über die MW-Anbindung

Prüft ein Segment  $i$  unter den Annahmen (A1) bis (A9) die Anbindung an die MW, so stellt dieses den Kapitalwert der zahlungswirksamen Kosten ohne den Einsatz einer MW ( $KW_i^o$ ) dem Kapitalwert bei Anbindung ( $KW_i^m$ ) gegenüber:

$$KW_i^o \begin{matrix} \leq \\ > \end{matrix} KW_i^m \quad (1)$$

Der Kapitalwert  $KW_i^o$  ergibt sich aus den diskontierten Auszahlungen des Segments für Betrieb und Wartung aller proprietären Schnittstellen. Dabei handelt es sich einerseits um segmentinterne Schnittstellen  $s_{i,i}$  und andererseits um segmentübergreifende Schnittstellen  $s_{i,j}$  ( $i \neq j$ ), bei denen jeweils die Kosten  $k_i^{s,o}$  bzw.  $k_j^{s,o}$  für die Segmente  $i$  bzw.  $j$  mit den Faktoren  $\tau_{i,j}$  bzw.  $\tau_{j,i}$  verrechnet werden. Die resultierenden Kosten gehen dabei mit dem Faktor  $\frac{1}{r}$  ein, da gemäß Annahme (A8) eine unendliche Nutzungsdauer der Schnittstellen unterstellt wird. Diese Annahme gilt vereinfachend, kann jedoch ebenso zugunsten eines begrenzten Zeitraums aufgegeben werden, wenn alle AWS und Schnittstellen über den Zeitraum im Einsatz sind und die Situation, die sich im Anschluss daran ergibt, irrelevant ist. Die auf Basis des Modells abgeleiteten Aussagen würden sich dadurch nicht wesentlich ändern. Der Kapitalwert, falls keine MW-Anbindung erfolgt, ist unabhängig von den MW-Entscheidungen der übrigen Segmente und ergibt sich zu:

$$KW_i^o = \frac{k_i^{s,o}}{r} \cdot s_{i,i} + \frac{k_i^{s,o}}{r} \cdot \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m \tau_{i,j} \cdot s_{i,j} \quad (2)$$

Entscheidet sich das Segment  $i$  dagegen für eine MW-Anbindung, so wird jedes AWS an die MW angebinden (durch eine Modellierung von Subsegmenten kann dies, falls benötigt, auch vermieden werden). Somit werden  $n_i$  MW-Schnittstellen eingerichtet und jeweils mit Kosten in Höhe von  $K_i^s = \psi_i \cdot K_i^{s,real}$  veranschlagt, wobei dem Segment  $i$  dabei lediglich der Betrag  $K_i^s$  kommuniziert wird. Falls eine segmentspezifische Anreizsetzung unter den praktischen Rahmenbedingungen nicht möglich ist, kann anstelle der  $\psi_i$  auch ein für alle Segmente einheitlicher Anreizfaktor  $\psi$  angesetzt werden. Zudem müssen für die MW einmalige Lizenzgebühren in Höhe von  $K^m$  sowie fortlaufende, periodenbezogene Auszahlungen  $k^m$  für deren Betrieb und Wartung pro Segment übernommen werden (vgl. Annahme (A7)). Weitere Kosten  $k_i^{s,m}$  resultieren pro Periode aus der Nutzung der Schnittstellen zur MW. Zum

anderen müssen – trotz Anbindung des Segments – weiterhin Schnittstellen  $s_{i,j}$  zu denjenigen Segmenten  $j$  betrieben werden, die (noch) nicht angebinden sind (d. h.  $\chi_j = 0$ ). Hierbei fällt für das Segment  $i$  wiederum der Anteil  $\tau_{i,j}$  des Kostensatzes  $k_i^{s,o}$  pro Periode an.

Gemäß Annahme (A5) gehen in die Entscheidungsfindung nur sichere Informationen ein. Dies ist damit zu begründen, dass zwar Schätzer für die Wahrscheinlichkeit der Umstellung anderer Segmente auf Basis vorliegender Daten (z. B. Schnittstellen zu verbundenen Segmenten) entwickelt werden könnten [vgl. BuWK99]. Allerdings machen diese nach Einschätzung der Autoren bei *innerbetrieblichen* Integrationsfragestellungen wenig Sinn. Für den Fall von *zwischenbetrieblichen* Entscheidungen ohne zentrale Instanz ist dies anders. Ein Austausch unsicherer Informationen zwischen Segmenten wird auch deswegen nicht berücksichtigt, da hier wiederum Probleme bspw. bzgl. der Verlässlichkeit bei sich in der Realität ändernden Entscheidungsgremien, des unsicheren Zeitpunkts der Beschlussfassung und der Gefahr einer Falschinformation gegeben sind.

Insgesamt ergibt sich bei MW-Anbindung folgender Kapitalwert, der von den bisherigen Entscheidungen  $\chi_j$  ( $j \neq i$ ) der übrigen Segmente abhängig ist:

$$KW_i^m = K^m + \frac{k^m}{r} + \left( \psi_i \cdot K_i^{s,real} + \frac{k_i^{s,m}}{r} \right) n_i + \frac{k_i^{s,o}}{r} \cdot \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m \tau_{i,j} \cdot s_{i,j} \cdot (1 - \chi_j) \quad (3)$$

Mit den Termen (2) und (3) lässt sich das dezentrale Kriterium für eine Anbindung an die MW wie folgt beschreiben:

$$\underbrace{K^m + \frac{k^m}{r} + \left( \psi_i \cdot K_i^{s,real} + \frac{k_i^{s,m}}{r} \right) n_i}_{\text{Notwendige Investitionen für die MW-Einführung / den Betrieb}} < \underbrace{\frac{k_i^{s,o}}{r} \cdot s_{i,i} + \frac{k_i^{s,o}}{r} \cdot \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m \tau_{i,j} \cdot s_{i,j} \cdot \chi_j}_{\text{Einsparungen durch die MW-Einführung}} \quad (4)$$

### Koordination der dezentralen Einzelentscheidungen durch eine zentrale Instanz

Um trotz dezentraler Strukturen inferiore Lösungen aus Gesamtsicht zu vermeiden, kann die Architekturabteilung die Höhe der verrechneten Kosten der Schnittstellenumstellung beeinflussen. Dabei wird die MW-Einführung subventioniert, falls ein Segment  $i$  umstellen soll, das aus lokaler Sicht (noch) nicht anbinden würde. Der segmentspezifische Anreizfaktor ist in diesem Fall  $\psi_i < 1$  und die Kosten  $K_i^{s,real}$ , die für die Schnittstellenmigration real anfallen, werden mit  $K_i^s = \psi_i \cdot K_i^{s,real}$  nur anteilig an das Segment weitergegeben. Umgekehrt kann

die Architekturabteilung die Anbindung eines Segments  $j$ , das von der Umstellung anderer Segmente profitiert, mit  $\psi_j > 1$  verteuern und pro MW-Schnittstelle den Betrag  $(\psi_j - 1) \cdot K_j^{s,real}$  abschöpfen, um die Subventionierung anderer Segmente zu refinanzieren. Dem betroffenen Bereich wird dabei lediglich der Kostensatz  $K_j^s$  kommuniziert. Dies ist zum einen bspw. anhand der (technischen) Eigenschaften von Schnittstellen argumentierbar und zum anderen realisierbar, da die Architektur-/IT-Abteilung die Umstellungsarbeiten durchführt. Die Koordination der dezentralen Entscheidungen sowie ggf. der finanzielle Ausgleich erfolgen somit über die Festlegung der Anreizfaktoren  $\psi_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ).

Wie lassen sich nunmehr die Faktoren  $\psi_i$  ermitteln, welche zu minimalen Auszahlungen die optimale Lösung herbeiführen? Soll ein Segment  $i$  nach der optimalen Lösung aus Gesamtsicht (zu deren Ermittlung mit Hilfe eines binären Optimierungsproblems vgl. [HeFr05]) dazu bewegt werden, an die MW anzubinden, so ergibt sich für den Faktor  $\psi_i$  durch Umformung der Ungleichung (4) folgende Bedingung:

$$\psi_i < \frac{1}{r \cdot n_i \cdot K_i^{s,real}} \cdot \left( k_i^{s,o} \cdot \left( s_{i,i} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m \tau_{i,j} \cdot s_{i,j} \cdot \chi_j \right) - r \cdot K^m - k^m - n_i \cdot k_i^{s,m} \right) \quad (5)$$

Aufgrund der Interdependenz der dezentralen Entscheidungen muss ein Bereich dabei weniger bezuschusst werden, falls andere Segmente bereits angebunden haben, da die dann sicher realisierbaren Netzwerkeffekte größer sind. Deshalb muss die Sequenzialität der Umstellung der Segmente bei der Ermittlung der auszahlungsminimalen Anreizfaktoren berücksichtigt werden. Ein Algorithmus, der dies leistet, wird im Folgenden in Pseudocode vorgestellt. Die optimale Lösung aus Unternehmenssicht geht dabei in Form des Vektors  $\chi^{opt}$  mit

$$\chi_i^{opt} = \begin{cases} 1 & \text{falls Segment } i \text{ aus Unternehmenssicht anbinden soll} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

in die Berechnungen ein, wobei die Ausgangssituation durch den Vektor  $\chi^0 \neq \chi^{opt}$  gegeben ist:

$$\chi_i^0 = \begin{cases} 1 & \text{falls das Segment } i \text{ bereits an die MW angebunden ist} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

01	<i>Input :</i>
02	$\chi^{opt} = (\chi_1^{opt}, \chi_2^{opt}, \dots, \chi_m^{opt})^T$
03	$\chi^0 = (\chi_1^0, \chi_2^0, \dots, \chi_m^0)^T$
04	$A := \{ i \mid \chi_i^{opt} = 1 \wedge \chi_i^0 \neq 1 \}$
05	$K^{opt} := +\infty$
06	$\psi^{opt} := \mathbf{1}_n = (1, 1, \dots, 1)^T$
07	<i>do:</i> $\forall$ Permutationen $p = (p_1, p_2, \dots, p_{ A })^T$ der Menge $A$
08	$K^p := 0$
09	$\psi^p := \mathbf{1}_n = (1, 1, \dots, 1)^T$
10	$\chi^{tmp} := \chi^0$
11	<i>do:</i> $\forall j = 1, 2, \dots,  A $
12	$\psi_{p_j}^p = \frac{1}{r \cdot n_{p_j} \cdot K_{p_j}^{s,real}} \cdot \left( k_{p_j}^{s,o} \left( s_{p_j,p_j} + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p_j}}^m \tau_{p_j,k} \cdot s_{p_j,k} \cdot \chi_k^{tmp} \right) - r \cdot K^m - k^m - n_{p_j} \cdot k_{p_j}^{s,m} \right) - \varepsilon$
13	$\chi_{p_j}^{tmp} = 1$
14	$K^p = K^p + K_{p_j}^{s,real} \cdot n_{p_j} \cdot (1 - \psi_{p_j}^p)$
15	<i>enddo</i>
16	<i>if</i> $K^p < K^{opt}$ <i>then</i> $K^{opt} = K^p \wedge \psi^{opt} = \psi^p$
17	<i>enddo</i>
18	<i>Output :</i> <i>optimale Anreizfaktoren <math>\psi^{opt}</math>, die die Konstellation <math>\chi^{opt}</math> herbeiführen,</i> <i>sowie die zugehörigen Auszahlungen <math>K^{opt}</math> für Anreize der zentralen Stelle</i>

Im Algorithmus werden dabei zunächst diejenigen Segmente in die Menge  $A$  aufgenommen, die laut Optimallösung umzustellen sind, jedoch bisher keine MW eingeführt haben (Zeile 4). Danach wird in Zeile 5 die Variable  $K^{opt}$  für die Auszahlungen, die mit den optimalen Anreizfaktoren einhergehen, initialisiert. Der Startwert von  $+\infty$  stellt hier sicher, dass dieser Wert im Programmablauf überschrieben wird (Zeile 16), da die Menge  $A$  nach Voraussetzung ( $\chi^0 \neq \chi^{opt}$ ) Segmente enthält und die Schleife (Zeile 7-17) deshalb in jedem Fall durchlaufen wird. Der Vektor  $\psi^{opt}$  nimmt dabei die optimalen Anreizfaktoren auf. Mit den Zeilen 7-17 wird die optimale Reihenfolge ermittelt, in der die betroffenen Segmente zur Umstellung bewegt werden sollen – als optimal gilt hierbei gemäß Annahme (A9) diejenige Konstellation, welche die minimalen  $K^{opt}$  generiert. Hierzu werden für alle Permutationen  $p$  der Menge  $A$  die zugehörigen segmentspezifischen Anreizfaktoren unter Verwendung von Formel (5) berechnet (Zeilen 11-15). Da die Bereiche jeweils über die MW-Anbindung eines Segments

informiert werden, wird der Vektor  $\chi^{imp}$ , der die zum jeweiligen Zeitpunkt bereits umgestellten Segmente indiziert, in jedem Iterationsschritt aktualisiert und die entsprechenden  $\chi_{p_j}^{imp}$  auf 1 gesetzt (Zeile 13). Die Kosten  $K^p$ , die für die Anreize bei der jeweiligen Permutation anfallen, ergeben sich dabei aus der Bezuschussung/Abschöpfung der einzelnen Segmente über den Faktor  $\psi_{p_j}^p$  der tatsächlichen Umstellungskosten der Schnittstellen in Höhe von  $n_{p_j} \cdot K_{p_j}^{s,real}$  (Zeile 14). Die optimalen Anreizfaktoren  $\psi_i^{opt}$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) resultieren aus dem Vergleich der Ergebnisse für die einzelnen Permutationen (Zeile 16). Für die Segmente  $k$ , die aus Sicht der zentralen Instanz nicht umstellen sollen, wird hierbei jeweils ein  $\psi_k^{opt}$  von 1 gesetzt, sodass eine Anbindung dieser Segmente mathematisch nachweisbar ausgeschlossen werden kann.

Die praktische Anwendung des Algorithmus wird im Folgenden am Beispiel eines FDL dargestellt. Bei der Implementierung wurden dabei in Erweiterung zum obigen Algorithmus zusätzliche schnittstellen- und segmentspezifische Kostengrößen sowie Bedingungen berücksichtigt, die jedoch das grundsätzliche Verfahren nicht ändern (z. B. Segmente oder AWS können unter bestimmten Umständen nicht umstellen).

#### 4 Praktische Anwendung des Optimierungsalgorithmus

Bevor auf den Einsatz des Algorithmus im Fallbeispiel eingegangen wird, soll kurz die Ermittlung der Datenbasis dargestellt werden. Wie in Abschnitt 2.1 beschrieben, wird die Dokumentation der Anwendungslandschaft mit dem ARIS Toolset durchgeführt, wobei zur Modellierung der einzelnen AWS und deren Schnittstellen (als Kanten) der Modelltyp AWS-Diagramm Verwendung findet. Ein Segment wird durch ein Diagramm oder mehrere repräsentiert. Die Objekte des AWS-Diagramms sind zudem mit Attributen versehen, mit denen die Kostengrößen (bspw. für die Schnittstellen) hinterlegt werden.

Derzeit sind jedoch noch nicht alle Bereiche des FDL vollständig modelliert. Allerdings konnten für undokumentierte Bereiche insofern eine Nachdokumentation erfolgen, als dass Schnittstellen von modellierten zu (noch) undokumentierten AWS berücksichtigt wurden (wie überdies mit der Problematik noch verfahren wurde, wird später erläutert).

Um die Daten bereitzustellen, wurde zuerst aus den Diagrammen in ARIS ein AML (ARIS Markup Language)-Dokument exportiert. Dies wurde in ein XML-Dokument transformiert, welches anschließend in das Optimierungsprogramm importiert werden konnte. Die Elemente des XML-Dokuments wurden dabei so gewählt, dass die Struktur der Anwendungslandschaft in Form eines Graphen dargestellt wird. Zur quantitativen Veranschaulichung dieser Datenbasis sind in Tabelle 2 für jedes Segment  $i$  des FDL die Modulanzahlen sowie die

Schnittstellen- und Kostenstrukturen (bei hälftiger Aufteilung der Kosten der segmentexternen Schnittstellen) anonymisiert dargestellt.

**Tabelle 2** Schnittstellen- und Kostenstruktur im Fallbeispiel

		Segment															
		<i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Parameter	$n_i$		17	45	57	28	56	85	21	38	137	35	22	82	108	34	43
	$k^{s,o}_i$		520	350	410	390	430	610	330	260	390	350	320	430	550	270	350
	$k^{s,m}_i$		190	250	310	210	220	470	160	150	280	120	210	340	440	130	140
	$K^{s,real}_i$		1100	1700	2300	1500	2500	1900	1500	1000	3500	1150	2100	1900	2700	1700	1200
Anzahl der segmentinternen/-externen Schnittstellen	1		43	11	12	18	32	13	11	8	14	16	14	0	18	6	11
	2			12	0	30	0	0	0	8	12	15	11	16	12	11	0
	3				31	0	30	11	0	0	12	15	9	3	22	6	1
	4					28	23	0	13	1	5	6	15	11	9	13	13
	5						20	14	15	13	0	8	17	0	12	34	9
	6							52	5	12	22	7	2	22	20	2	6
	7								34	0	16	12	21	13	2	33	0
	8									11	4	2	13	8	22	12	0
	9										82	12	4	26	25	7	11
	10											57	0	6	12	11	14
	11												38	13	3	28	14
	12													32	17	20	0
	13														32	12	12
	14															65	32
	15																

Führt man die Berechnungen aus [HeFr05] zur Ermittlung des globalen Optimums durch, so sollten nur die Segmente 1, 4, 5, 7, 10, 11, 14 und 15 an die MW anbinden, wodurch sich ein optimaler Kapitalwert von 6.313.650 € ergibt. Im Vergleich dazu würde bspw. der Kapitalwert um 818.100 € schlechter ausfallen, falls kein Segment umstellt.

Wie in Abschnitt 2.2 geschildert, haben die Segmente 1 und 15 bereits aus segmentinternen Gründen eine MW eingeführt. Legt man dies zugrunde und berücksichtigt noch keine Anreize (d. h.  $\psi_i = 1$ ), so ist eine Umstellung nur bei Segment 10 *Lebensversicherungen* ökonomisch vorteilhaft. Hier liegt der Barwertvorteil bei 19.750 €. Daneben würde kein weiteres Segment umstellen, d. h. die nach dem globalen Optimum umzustellenden Segmente 4, 5, 7, 11 und 14 führen (ohne Anreizsetzung) keine MW ein. Stellen diese Segmente jedoch nicht um, so ist der Kapitalwert im Vergleich zum optimalen Kapitalwert um immerhin 678.600 € geringer.

Wie beschrieben, entscheiden die Bereiche aufgrund ihrer Budgethoheit darüber, ob sie eine MW einsetzen. Zu welchen Nachteilen dies führt, lässt sich einfach am 5. Segment *Corporate & Markets (C&M)* verdeutlichen. Das Segment hat insgesamt 56 einzelne AWS, die über

20 segmentinterne Schnittstellen verfügen. Da die beiden Segmente 4 und 14, die mit C&M 23 bzw. 34 segmentexterne Schnittstellen besitzen, nicht umgestellt haben, stellt auch C&M nicht um. Man „wartet“ gegenseitig aufeinander. Im Gegensatz dazu ist es aus der lokalen Sicht des 7. Segments WP nie sinnvoll, eine MW einzuführen (vgl. Kapitel 2.1). Vielmehr profitieren nur andere, umgestellte oder noch umzustellende Segmente davon.

Der Grund für den Unterschied zwischen zentralem und dezentralem Ergebnis liegt demnach darin, dass die Gewinner einer Umstellung von C&M oder WP andere Segmente sind. Diese sind jedoch teilweise wie Segment 4 noch gar nicht im Entscheidungsprozess (weil bspw. andere Projekte noch abzuschließen sind) oder sie befinden sich gerade wie Segment 14 in diesem Prozess. Das Segment 14 würde jedoch nur dann selbst umstellen, falls Segment C&M eine MW einführt, das dies seinerseits jedoch nur bei Ausgleichszahlungen in Höhe von mindestens 221.850 € realisieren würde. Da Segment 14 selbst nur in Höhe von 35.550 € profitiert (die Umstellung von C&M eingerechnet), wird es diesen Ausgleich nicht leisten. Vielmehr wäre es notwendig, dass sich alle derzeitigen und vor allem zukünftigen Gewinner einer Umstellung von Segment C&M koordinieren und dem Segment den Ausgleich bezahlen. Dies ist allerdings in der Praxis vor dem Hintergrund der Aufteilung des Ausgleichs auf die Gewinnersegmente, der politischen Rahmenbedingungen, aber auch des zeitlichen Auseinanderfallens von Ausgleichszahlungen und Kosteneinsparungen unrealistisch. Bspw. wäre Segment 4 ein wesentlicher Profiteur der Umstellung von Segment C&M, es befindet sich jedoch wegen alternativer Projekte noch nicht im Entscheidungsprozess über die eigene Umstellung. Insofern müsste es bereits Ausgleichszahlungen leisten, obwohl es resultierende Einsparungen erst in späteren Perioden ggf. realisiert und bis dahin auch Umpriorisierungen erfolgen können.

Das praktische Fallbeispiel verdeutlicht, warum die Anreizsetzung durch eine zentrale Architektur-/IT-Abteilung sinnvoll ist. Können Letztere – wie häufig in der Praxis anzutreffen – durch ihre Beteiligung an der Umstellung die Kosten hierfür erhöhen bzw. subventionieren, so lassen sich Ausgleiche zwischen den Segmenten indirekt finden. Besteht keine Einflussnahme oder Koordinationsmöglichkeit, ist die Durchsetzung der optimalen Lösung ohne Änderung der Entscheidungsstrukturen nicht möglich.

Wendet man den Algorithmus im Beispiel an, so ergeben sich für die auszahlungsminimalen Anreize folgende Umstellungsreihenfolge und Faktoren  $\psi_i$ :

Segmente $i$	14	11	7	4	5
Faktoren $\psi_i$	$\psi_{14} = 0,82$	$\psi_{11} = 0,32$	$\psi_7 = 1,77$	$\psi_4 = 1,25$	$\psi_5 = 0,78$

Werden die Segmente in der Reihenfolge 14, 11, 7, 4 und 5 zur Umstellung bewegt, so resultieren minimale Auszahlungen für Anreize in Höhe von 37.400 €. Im Vergleich dazu lägen bspw. bei der Reihenfolge 5, 4, 7, 11 und 14 die Auszahlungen bei 120.950 €. Wie die

Anreizfaktoren zeigen, muss bei den Segmenten 14 und 11 subventioniert werden ( $\psi_{14}, \psi_{11} < 1$ ), damit die Segmente 7 und 4 umstellen, da sie dann von den Netzwerkeffekten der Standardisierung profitieren. Deswegen kann bei den Segmenten 7 und 4 zur Refinanzierung der Subventionen mittels der Anreizfaktoren  $\psi_7, \psi_4 > 1$  ein Teil der Netzwerkeffekte abgeschöpft werden.

Das Ergebnis ist jedoch auch bzgl. folgender Punkte kritisch zu diskutieren:

1. Durch die Sequenzialität ergeben sich unterschiedliche Zahlungszeitpunkte für die Subventionierung bzw. das Abschöpfen der Netzwerkeffekte. Hier ist ggf. eine Zwischenfinanzierung durch die zentrale Koordinationsstelle notwendig. Diese könnte reduziert bzw. vermieden werden, indem man Netzwerkeffekte der auch ohne zentralen Eingriff umstellenden Segmente (im Beispiel 1, 10 und 15) abschöpft.
2. Bisher wurden noch keine Lerneffekte bzw. kein Know-how-Gewinn bei der sequenziellen Umstellung der Segmente berücksichtigt. Dies könnte jedoch bei den Standardisierungskosten  $K^{s,real}$  im Algorithmus ohne weiteres eingebracht werden, d. h. diese sinken entlang der Umstellungssequenz aufgrund der bisherigen Erfahrungen.
3. Einem opportunistischen Verhalten eines Segments, das bewusst die Umstellung anderer Segmente abwartet, um sich größere Netzwerkeffekte zu sichern (First-mover-Nachteil), kann durch die segmentspezifischen Anreizfaktoren entgegen gewirkt werden.
4. Anwendungslandschaften verändern sich im Laufe der Zeit durch die Einführung neuer und die Ablösung bestehender AWS. Hierüber besteht Unsicherheit. Jedoch können in Abwandlung der Annahme (A1) verschiedene Szenarien im Sinne einer proaktiven Planung aufgestellt und mittels des Algorithmus einzeln optimiert werden. Dadurch lässt sich die Robustheit der Umstellungssequenz bei sich verändernden Umweltbedingungen untersuchen. So kann man im obigen Fall bspw. zeigen, dass sich (unter sonst gleichen Bedingungen) beim Segment C&M die Anzahl der AWS im Bereich  $n_5 \in [10; 103]$  (bisher 56 Module) durch ein Teil-Outsourcing oder die Einführung neuer AWS verändern kann, ohne dass dies die bisher optimale Reihenfolge ändert. Mit Hilfe einer Szenarioanalyse lassen sich insofern unsichere Umweltbedingungen einplanen, um robuste Ergebnisse zu erhalten.
5. Derartige Untersuchungen lassen sich auch auf den Fall ausdehnen, dass die Segmente aufgrund veränderter Umweltbedingungen (bspw. Repriorisierung anderer Projekte) nicht in der ermittelten, optimalen Sequenz umstellen. Dabei ist zu analysieren, in welcher Höhe sich die Auszahlungen für Anreize durch eine in Teilen geänderte Sequenz erhöhen. Kann im Fall bspw. das Segment 11 nicht dazu bewegt werden direkt nach dem Segment 14 umzustellen, so erhöhen sich die Koordinationskosten für die dann optimale Sequenz 14, 7, 11, 4 und 5 nur um 1.050 €. Betrachtet man zur Prüfung der Robustheit

alle möglichen Sequenzen, bei welchen Segment 14 zwar als erstes, Segment 11 jedoch nicht als zweites umstellt, so erhöhen sich die Kosten im Durchschnitt um 18.430 € und maximal um 31.650 € (nämlich für Sequenz 14, 5, 4, 11 und 7).

6. Die Annahmen (A5) bzw. (A6) können auch insofern relaxiert werden, als dass Teile der AWS dem Fachbereich bzw. der Architekturabteilung nicht dokumentiert sind. Die diskutierten Sensitivitätsanalysen, d. h. in welchen Bereichen dürfen sich bestimmte Größen wie die Anzahl der AWS oder Schnittstellen bewegen, damit sich die optimale Anreizsetzung nicht ändert, können dafür ebenso genutzt werden. Somit lässt sich ein robustes Optimum ermitteln, auch wenn nach Schätzungen bspw. bis zu 30% der Schnittstellen undokumentiert sind.

Neben diesen rein an der fachlichen Problemstellung orientierten Punkten ist noch auf weitere praktische Erfahrungen einzugehen. Hier sind primär machtpolitische Gegebenheiten zwischen Architekturabteilung und den dezentralen Geschäftsbereichen zu nennen, d. h. inwieweit eine Beeinflussung durch die zentrale Stelle auch verantwortet und gerechtfertigt werden kann und will. Hier hat es sich als sinnvoll erwiesen auch qualitative Argumente, die sich auf strategische Unternehmensziele beziehen, anzuführen, um dem eigenen Vorgehen neben den direkten Kostenvorteilen auch eine langfristige Rechtfertigung zu verschaffen. Daneben zeigen die Erfahrungen, dass die dezentralen Bereiche durchaus unsichere Informationen über die zukünftige MW-Einführung anderer Segmente einbeziehen, auch wenn dies im Einzelfall bei einer kurzfristigen Änderung des Einführungszeitpunkts oder des Votums anderer Segmente zu (kaskadierenden) Problemen bei der eigenen Entscheidung (z. B. Vertagung der Realisation) führt.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Beitrag wurde ein Verfahren zur unternehmenszentralen Koordination von dezentralen MW-Investitionsentscheidungen vorgestellt. Zentrale Stellen wie Architektur- oder Informationsmanagement, die in Zeiten stark dezentraler Budgetverantwortung derartige Entscheidungen nicht treffen, sind hierdurch in der Lage, die für die Gesamtunternehmung optimale Lösung (unterlegt durch monetäre Größen) indirekt herbeizuführen. Die Anwendung wurde anhand eines Praxisfalls erläutert. Wesentliche Ergebnisse sind:

- Die für die MW-Problemstellung notwendige Modellierung der *Segment-, Anwendungs- und Schnittstellenstruktur* einer (organisch gewachsenen) Anwendungslandschaft sowie der verschiedenen relevanten *Kostengrößen* kann mit dem obigen Ansatz realitätsgetreu erfolgen. Daneben können auch zukünftige Entwicklungen (z. B. Outsourcing von AWS) bei den einzelnen Größen ohne weiteres in Szenarien dargestellt werden.
- Die durch eine zentrale Stelle ex-ante ermittelten Anreize reichen aus, um die dezentralen Entscheidungen so zu beeinflussen, dass die optimale Lösung erreicht wird. Ein ex-

plizites Erzwingen der optimalen Lösung verbunden mit weitgehenden Befugnissen der zentralen Stelle ist dabei nicht notwendig. Zudem wird durch die Mitwirkung bei der Berechnung des Business Case und bei der MW-Einführung die Gefahr eines opportunistischen Verhaltens von Segmenten reduziert. Dabei können die Anreizfaktoren segmenteinheitlich oder –spezifisch sein. Unterschiede ergeben sich hier in der Höhe der bereitzustellenden Subventionen. Bei segmentspezifischen Anreizfaktoren kann es im Einzelfall zu einem vollständigen finanziellen Ausgleich zwischen den profitierenden und subventionierenden Bereichen kommen. Auch Situationen, in denen Segmente in ihrer Entscheidungsfindung „aufeinander warten“ oder die verzögerte Entscheidung eines Segments mehrere andere Bereiche blockiert, können gelöst werden. In rein dezentralen Abstimmungsprozessen wäre dies in der Praxis erfahrungsgemäß nicht oder nur sehr schwierig möglich.

- Aufgrund von Ressourcenengpässen, anderen Projekten oder politischen Rahmenbedingungen stellen Unternehmensbereiche zu verschiedenen Zeitpunkten um. Durch den obigen Algorithmus kann nicht nur diese *Sequenzialität* berücksichtigt werden. Vielmehr wird auch die auszahlungsminimale Umstellungssequenz für die zentrale Stelle ermittelt.
- In der Praxis lassen sich bereits vorhandene Dokumentationen über die Anwendungslandschaft systematisch auswerten, um toolbasiert die optimale Lösung und die Anreizfaktoren zu errechnen. Durch den Tooleinsatz lassen sich auch weiterführende Sensitivitätsanalysen durchführen, um bspw. segmentspezifische Kosten oder zukünftige Änderungen der Anwendungslandschaft zu berücksichtigen.

Kritisch sind vor allem drei Punkte zu sehen, die Teil des weiteren Forschungsbedarfs sind. Zum einen sind Koordinationsmechanismen zu entwickeln, falls die zentrale Stelle nicht an der MW-Einführung beteiligt ist, d. h. sehr geringen oder keinen Einfluss besitzt. Zum zweiten ist die Frage zu beantworten, welche Empfehlungen bei unsicheren Informationen über Entscheidungen und die zukünftige Anwendungslandschaft gegeben werden können. Hier sind Wahrscheinlichkeiten einzubeziehen und toolbasiert Sensitivitäten zu bestimmen, die angeben, in welchem Rahmen sich die Einflussfaktoren bewegen dürfen, damit nicht falsch investiert wird. Zum dritten ist die Betrachtung um technische Details von Schnittstellen oder Nachrichtenformaten zu erweitern, die teilweise bereits toolbasiert berücksichtigt wurden und die zur Fragestellung der Einführung mehrerer MW-Produkte führt. Daneben kann die dargestellte Problemstellung ebenfalls für ein Netzwerk selbständiger Unternehmen ohne zentrale Stelle betrachtet werden.

## Literatur

[AiSc03]

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

[Angs01]

- Angstmann, H.*: Transaction Banking – Internet Services – Correspondent Banking und Enterprise Application Integration im Geschäftsbereich Transaction Banking der Dresdner Bank AG. Vortrag auf der bea Technical Conference, 27.11.2001.
- [BuKö94]  
*Buxmann, P.; König, W.*: Ein Entscheidungsmodell zur Bewertung von Investitionen in Standards - dargestellt am Beispiel von ISO-Standards und CCITT-Empfehlungen für eine offene Datenkommunikation. In: *Wirtschaftsinformatik* 36 (1994) 3. S. 252-267.
- [BuKö98]  
*Buxmann, P.; König, W.*: Das Standardisierungsproblem: Zur ökonomischen Auswahl von Standards in Informationssystemen. In: *Wirtschaftsinformatik* 40 (1998) 2, S. 122-129.
- [BuWK99]  
*Buxmann, P.; Weitzel, T.; König, W.*: Auswirkung alternativer Koordinationsmechanismen auf die Auswahl von Kommunikationsstandards. In: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Ergänzungsheft Innovation und Absatz* (1999) 02, S. 133-155.
- [Buxm96]  
*Buxmann, P.*: Standardisierung betrieblicher Informationssysteme. Wiesbaden 1996.
- [ChWe01]  
*Christ, J.; Weidmann, F.*: Evaluierung und Einführung einer EAI-Plattform. <http://www.eai-competence-center.de/>, 2001-08 Abruf am 24.07.2005.
- [Clem05]  
*Clemens, C.*: Architektur-Guidelines am Beispiel einer serviceorientierten CRM-Architektur (Vodafone D2). Vortrag auf dem 16. St. Galler Anwenderforum, 24.01.2005.
- [DLPR02]  
*Dangelmaier, W.; Lessing, H.; Pape, U.; Rüter, M.*: Klassifikation von EAI-Systemen. In: *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik* (2002) 225, S. 61-71.
- [HeFr05]  
*Heinrich, B.; Fridgen, M.*: Enterprise Application Integration - Ein Modell zur Bewertung von IT-Investitionen in die Integration von Anwendungssystemen. In: *Die Betriebswirtschaft* 65 (2005) 1, S. 43-61.
- [Gilp99]  
*Gilpin, M.*: Planning Assumption – How to Select an Enterprise Application Solution. Giga Information Group, Cambridge 1999.
- [Grög03]  
*Gröger, S.*: Enterprise Application Integration in the Financial Services Industry (Deutsche Bank PCAM Global Technology Private Wealth Management). Vortrag auf dem Integration Management Day 2003, 27.05.2003.
- [Holt03]  
*Holten, R.*: Integration von Informationssystemen. In: *Wirtschaftsinformatik* 45 (2003) 1, S. 41-52.
- [LiKS99]  
*Ließmann, H.; Kaufmann, T.; Schmitzer, B.*: Bussysteme als Schlüssel zur betriebswirtschaftlich-semantischen Koppelung von Anwendungssystemen. In: *Wirtschaftsinformatik* 41 (1999) 1, S. 12-19.
- [Mari02]  
*Marin, M.*: Business Process Technology: From EAI and Workflow to BPM. In: Fischer, L. (Hrsg.): *Workflow Handbook 2002. Future Strategies*, Florida 2002, S. 133-145.
- [RuMB01]  
*Ruh, W. A.; Maginnis, F. X.; Brown, W. J.*: Enterprise Application Integration. New York 2001.
- [Weit04]  
*Weitzel, T.*: Economics of standards in information networks. Heidelberg 2004.
- [WeSK01]  
*Weitzel, T.; Son, S.; König, W.*: Infrastrukturentscheidungen in vernetzten Unternehmen: Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse am Beispiel von X.500 Directory Services. In: *Wirtschaftsinformatik* 43 (2001) 4, S. 371-381.