

February 2005

Mehrstufige Entscheidungsunterstützung durch Active Data Warehouses

Markus Gelhoet
Universität Osnabrück

Bodo Rieger
Universität Osnabrück

Follow this and additional works at: <http://aisel.aisnet.org/wi2005>

Recommended Citation

Gelhoet, Markus and Rieger, Bodo, "Mehrstufige Entscheidungsunterstützung durch Active Data Warehouses" (2005).
Wirtschaftsinformatik Proceedings 2005. 74.
<http://aisel.aisnet.org/wi2005/74>

This material is brought to you by the Wirtschaftsinformatik at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in Wirtschaftsinformatik Proceedings 2005 by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact elibrary@aisnet.org.

In: Ferstl, Otto K, u.a. (Hg) 2005. *Wirtschaftsinformatik 2005: eEconomy, eGovernment, eSociety*;
7. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 2005. Heidelberg: Physica-Verlag

ISBN: 3-7908-1574-8

© Physica-Verlag Heidelberg 2005

Mehrstufige Entscheidungsunterstützung durch Active Data Warehouses

Markus Gelhoet, Bodo Rieger

Universität Osnabrück

Zusammenfassung: Data Warehouses dienen in zunehmendem Maße nicht mehr nur der Unterstützung strategischer sondern auch operativer und taktischer Entscheidungen. Die typischerweise passive Datenbereitstellung des Data Warehouse ist jedoch zur Unterstützung dieser repetitiven routinemäßigen Entscheidungen in Form einer partiellen Automatisierung nur wenig geeignet. Active Data Warehouses lösen den Entscheidungsprozess ereignisgesteuert aus, automatisieren weitestgehend Parameteränderungen an operativen Systemen und realisieren so einen closed loop. Die Bewertung vergangener Entscheidungen und die Ableitung alternativer Handlungsweisen aus dieser Bewertung werden jedoch nicht unterstützt. In diesem Beitrag wird das Grundprinzip des Active Data Warehouse auf diese Kontrollphase angewandt und das Konzept im Sinne einer mehrstufigen Entscheidungsunterstützung erweitert.

Schlüsselworte: Active Data Warehouse, Entscheidungsprozesse, Entscheidungsunterstützung

1 Active Data Warehouse – State-of-the-Art

Ein Active Data Warehouse ist ein in der Literatur viel diskutiertes Konzept [ScTh00; Tha⁺01; Thal01; Brob02; BrTj01; Mert01]. Der verfolgte Zweck dieser Architektur ist eine weitestgehende Automatisierung wohlstrukturierter Entscheidungsprozesse bei repetitiven routinemäßigen Entscheidungsproblemen im operativen und taktischen Bereich [ScTh00, S. 34]. Die damit einhergehende Explizierung impliziten Wissens des Entscheidungsträgers über Entscheidungsprozesse [vgl. MeRi01] in einem Active Data Warehouse soll eine Konsistenz in der Entscheidungsfindung und eine Erhöhung der Entscheidungsqualität im Unternehmen ermöglichen [Tha⁺01, S. 243; Thal01, S. 76]. Daher ist die Architektur des Active Data Warehouse in der Art zu gestalten, dass es die einzelnen Phasen des Entscheidungsprozesses automatisieren bzw. unterstützen kann.

Nach *Simon* strukturiert sich der Entscheidungsprozess in vier nicht streng sequenziell ablaufende Entscheidungsphasen [Simo77, S. 40f]. Ausgelöst wird der Prozess durch die Anregungsphase, unter der neben der Erkennung von Entschei-

dungsproblemen durch Analyse und Bewertung eines Zustandes auch eine Klärung und Definition des Probleminhaltes verstanden wird [Adam96, S. 32]. Notwendige Voraussetzung für die Problemerkennung ist eine permanente Analyse und Bewertung der aktuellen Unternehmenssituation unter Berücksichtigung unternehmensinterner und –externer Zusammenhänge [Kle⁺03, S. 116]. Die anschließende Suchphase umfasst die Suche von Informationen zur Unterstützung der Entscheidungsfindung, wie z.B. Entscheidungsparameter und Zielinformationen, und die Suche von Handlungsalternativen. Die darauf folgende Entscheidungsfindungsphase beschreibt die Entscheidungsfindung durch die Bewertung der Handlungsalternativen und nachfolgend die Umsetzung der Entscheidung. Abschließend bewertet und evaluiert die Kontrollphase die umgesetzten Entscheidungen [Adam96, S. 32]. Sie ist eng mit der Anregungsphase verknüpft, da bei der Bewertung vergangener Entscheidungen entdeckte Soll-Ist-Abweichungen neue Entscheidungsprobleme erkennen lassen können [Kle⁺03, S. 116].

Wie die einzelnen Phasen eines Entscheidungsprozesses durch die Architektur eines Active Data Warehouse unterstützt bzw. automatisiert werden, zeigt das bisher detaillierteste Konzept zu Active Data Warehouses von *Thalhammer et al.* [ScTh00; Tha⁺01; Thal01]:

Dabei wird das Prinzip aktiver Datenbanken, auf Ereignisse innerhalb und außerhalb der Datenbank mit definierten Aktionen selbständig zu reagieren [Behr95, S. 11], auf Data Warehouses übertragen. Kern der Architektur aktiver Datenbanken sind sog. ECA-Regeln (event – condition – action), bei denen auf ein definiertes Ereignis, z.B. einen UPDATE-Befehl, eine Bedingung innerhalb der Datenbank überprüft wird und in Abhängigkeit davon eine oder mehrere Datenbankoperationen als Aktion ausgeführt werden [Behr95, S. 20].

Analog zu aktiven Datenbanken, verwenden Active Data Warehouses Analyseregeln, mit denen ereignisgesteuert Aktionen eigenständig ausgelöst werden können. Gegenüber den ECA-Regeln verwenden die Analyseregeln jedoch komplexere Bedingungen, da sie sich auf multidimensionale Analysen im Data Warehouse beziehen [Tha⁺01, S. 242f].

Die Basis eines Active Data Warehouse ist das klassische Data Warehouse, das die Daten aus den operativen Systemen mittels ETL-Prozessen extrahiert, transformiert und lädt und die aufbereiteten, historisierten Daten passiv für Analysen bereitstellt. Im Gegensatz zum ursprünglichen Data-Warehouse-Konzept [vgl. Inmo96; Rieg01] sollte die Datenbasis des Active Data Warehouse auch atomare und aktuelle Daten enthalten, da operative und taktische Entscheidungen zu einem großen Teil aktuelle detaillierte Informationsquellen benötigen. Dementsprechend ist eine mindestens tägliche Aktualisierung der Data Warehouse Daten notwendig [Tha⁺01, S. 244]. Die Analyseregeln ermöglichen eine weitestgehende Automatisierung eines Entscheidungsprozesses durch ein ereignisgesteuertes selbständiges Ausführen von Aktionen auf Basis der Daten im Data Warehouse. Die Aktionen übergeben veränderte Parameter an die operativen Systeme zurück und realisieren

damit einen closed loop zwischen operativen Systemen und dem Active Data Warehouse [Tha⁺01, S. 242].

Die entscheidende Komponente in der Active-Data-Warehouse-Architektur ist die Ereignissteuerung in der Analyseregeln. Nach *Gatzju und Dittrich* ist ein Ereignis definiert als „... ein Indikator für das eigentliche Eintreten einer bestimmten Situation“ [GaDi93, S. 94]. Demnach repräsentiert und automatisiert ein Ereignis die Erkennung eines Entscheidungsproblems innerhalb der Anregungsphase. Der Anstoß des Entscheidungsprozesses durch den Entscheidungsträger ist nicht mehr erforderlich [Thal01, S. 84]. Die permanente Analyse unternehmensinterner und – externer Daten zur Problemerkennung übernimmt das Active Data Warehouse und entlastet somit den Entscheidungsträger [Thal01, S.76; Mert01].

Ereignisse werden in verschiedene Ereignistypen differenziert. Ein Ereignistyp umfasst Datenänderungen in den operativen Systemen (OLTP-Ereignisse), die sich meist auf die Änderung einzelner Datenelemente, beispielsweise des Verkaufspreises eines Artikels, beschränken. Ein weiterer Ereignistyp umfasst absolute und periodische temporale Ereignisse. Ein absolutes temporales Ereignis ist ein feststehender kalendarischer Zeitpunkt, beispielsweise der *21.06.2004*. Ein periodisches temporales Ereignis bildet hingegen eine Sequenz regelmäßiger aufeinanderfolgender Zeitpunkte ab, beispielsweise *jeder erste Tag im Monat*. Die höchste praktische Relevanz hat eher eine Kombination aus einem OLTP-Ereignis und einem temporalen Ereignis, das sog. relative temporale Ereignis. Ein Beispiel für diesen Ereignistyp wäre *2 Wochen nach Änderung des Verkaufspreises*. Mit diesem Ereignistyp können Entscheidungsprozesse ausgelöst werden, die sich auf die Entwicklung der geänderten Objekte nach getroffenen Entscheidungen im operativen oder taktischen Bereich beziehen [Thal01, S. 85ff].

Auf ein Ereignis folgt in der Analyseregeln eine Bedingung. Die Bedingung automatisiert neben der Definition des genauen Entscheidungsproblems innerhalb der Anregungsphase auch die Suchphase des Entscheidungsprozesses. Demnach repräsentiert die Bedingung nach der Erkennung eines Entscheidungsproblems durch ein definiertes Ereignis weitere fest vorgegebene Analysen des Entscheidungsträgers zur genauen Bestimmung des Entscheidungsproblems sowie zur Sammlung von Entscheidungsparametern und Zielinformationen, auf denen die Entscheidung basieren soll [Adam96, S. 32]. Diese Analysen verwenden üblicherweise die multidimensionalen aufbereiteten Daten eines OLAP-Berichtes. Die in Abhängigkeit ausgewählter Dimensionen betrachteten Kennzahlen liefern die Informationen zur Unterstützung der Entscheidungsfindung in Form eines oder mehrerer Werte, die zur Überprüfung der Bedingung notwendig sind [Thal01, S. 88f].

Die Auswahl einer Handlungsalternative innerhalb der Entscheidungsfindungsphase wird auf Basis der Erfüllung oder Nichterfüllung der Bedingung im Rahmen des Aktionsteils der Analyseregeln abgebildet. Zusätzlich automatisiert die Aktion die Umsetzung der Entscheidung innerhalb der Entscheidungsfindungsphase. Die Umsetzung einer Entscheidung im operativen oder taktischen Bereich

ist in den meisten Fällen durch Änderungen von Parametern der operativen Systeme gekennzeichnet. Daher übergibt der Aktionsteil der Analyseregeln definierte Parameterwerte an die operativen Systeme, die daraufhin ihre Parameter entsprechend der übergebenen Werte ändern. Der closed loop zwischen operativen Systemen und dem Active Data Warehouse ist damit realisiert worden [Thal01, S. 90f].

2 Schwachstellenanalyse

Das vorgestellte Konzept des Active Data Warehouse weist eine Reihe von Beschränkungen auf. So wird sowohl das Prinzip des Management by Exception nicht adäquat umgesetzt, als auch die Kontrollphase als Phase des Entscheidungsprozesses nach *Simon* nicht im Active Data Warehouse abgebildet. Im Folgenden werden diese beiden Kritikpunkte dargestellt.

Die bereits beschriebenen Ereignistypen sind nicht ausreichend, um alle operativen und taktischen Entscheidungsprozesse in einem Active Data Warehouse abbilden zu können. Entscheidungsprobleme können nicht immer durch Datenänderungen in den operativen Systemen erkannt werden. Vielmehr werden sie im Rahmen eines Management by Exception durch Fehlentwicklungen von Unternehmenszielgrößen identifiziert [McGr00, S. 75]. Diese Fehlentwicklungen sind meist in Form von Soll-Ist-Abweichungen in Standardberichten dokumentiert. Der Entscheidungsträger erkennt diese Abweichungen und damit ein Entscheidungsproblem. Als Folge davon sucht er nach Ursachen für die Fehlentwicklung und trifft Entscheidungen, die eine Korrektur der Zielgröße zum Ziel haben. Soll-Ist-Abweichungen sind jedoch aggregierte, in Bezug zu ausgewählten Dimensionen gesetzte Kennzahlen. Solche aufbereiteten multidimensionalen Daten werden nicht durch die operativen Systeme sondern durch den Derived Data Layer (DDL) des Data Warehouse bereitgestellt. Ein Szenario dieser Art ist bisher jedoch nur bzw. erst in der Bedingung von Analyseregeln abgebildet. Dementsprechend fehlen definierte Ereignisse, die sich auf Datenkonstellationen im Data Warehouse beziehen, da Entscheidungsprobleme auch durch Soll-Ist-Abweichungen erkannt werden können und zudem in der Bedingung (andere) Kennzahlen des Data Warehouse eher zur Klärung der Problemursachen und zur Suche von Zielinformationen und Handlungsalternativen analysiert werden.

Mit der Kontrollphase wird eine wichtige Phase des Entscheidungsprozesses durch das Active Data Warehouse nicht unterstützt bzw. automatisiert. Durch die fehlende Integration dieser Entscheidungsphase in das Active Data Warehouse findet eine Bewertung des Erfolgs von in der Vergangenheit mittels Analyseregeln automatisiert getroffener Entscheidungen nicht statt. Hat sich der Entscheidungskontext in Bezug auf einige Analyseregeln geändert und ist die Korrektur der Entwicklung der Zielgrößen durch die Anwendung der Analyseregeln nicht weiter

gewährleistet, muss der Entscheidungsträger diese Situation selbständig erkennen und die Analyseregeln ohne Unterstützung manuell an den neuen Entscheidungskontext anpassen. Das Ziel des Active Data Warehousing, die Explizierung impliziten Wissens über Entscheidungsprozesse, kann in dieser Phase des Entscheidungsprozesses ebenso nicht erreicht werden wie eine Erhöhung der Entscheidungsqualität.

Vor diesem Hintergrund wird im folgenden Kapitel das Konzept des Active Data Warehouse erweitert, um alle Phasen des Entscheidungsprozesses weitestgehend automatisieren bzw. unterstützen zu können und Entscheidungsprozesse nach dem Prinzip des Management by Exception adäquat mit einzubeziehen.

3 Mehrstufige Entscheidungsunterstützung

Die in den Analyseregeln nicht abgebildete Kontrollphase kann zur Erkennung eines neuen Entscheidungsproblems führen und damit einen neuen Entscheidungsprozess auslösen. Bezogen auf das Active-Data-Warehouse-Konzept soll durch die Bewertung vergangener Entscheidungen das bisherige, in Form von Analyseregeln fest definierte Entscheidungsverhalten hinterfragt werden. Der Zweck des auf die Kontrollphase aufbauenden neuen Entscheidungsprozesses ist es, zu entscheiden, ob und wie die bisher verwendeten Analyseregeln zu modifizieren sind. Dieser Entscheidungsprozess wird auch Metaentscheidungsprozess genannt, der Prozess zur automatisierten Änderung von Parametern in den operativen Systemen wird als Objektentscheidungsprozess bezeichnet [Kirs71, S.89f].

Das in diesem Beitrag verfolgte Ziel ist die Darstellung einer erweiterten Sicht eines Active Data Warehouse, das die Kontrollphase und den darauf folgenden Metaentscheidungsprozess in das Konzept von *Thalhammer et al.* integriert. Dazu wird der Metaentscheidungsprozess in zwei zusätzliche Entscheidungsebenen aufgeteilt. Die erste zusätzliche Ebene (Entscheidungsebene 2) repräsentiert die Anregungsphase und die Suchphase. Nach dem ereignisgesteuerten Erkennen eines Bedarfs zur Anpassung der Analyseregeln als Erkennung eines Entscheidungsproblems steht auf dieser Ebene die Evaluation von Handlungsalternativen mit Hilfe von anwendergesteuerten Modellrechnungen im Vordergrund. Auf Basis dieser Bewertung wird auf der darauf folgenden Ebene (Entscheidungsebene 3) im Rahmen der Entscheidungsfindungsphase dem Entscheidungsträger eine Handlungsalternative zur Entscheidungsunterstützung vorgeschlagen. Die Anpassung der Analyseregeln wird daraufhin vom Entscheidungsträger manuell vorgenommen. Die Differenzierung des Metaentscheidungsprozesses in zwei Entscheidungsebenen ist sinnvoll, da die dritte Entscheidungsebene nur unter bestimmten Voraussetzungen ereignisgesteuert ausgelöst werden soll, beispielsweise falls eine alternative Analyseregeln höher bewertet worden ist als die aktuell implementierte Regel.

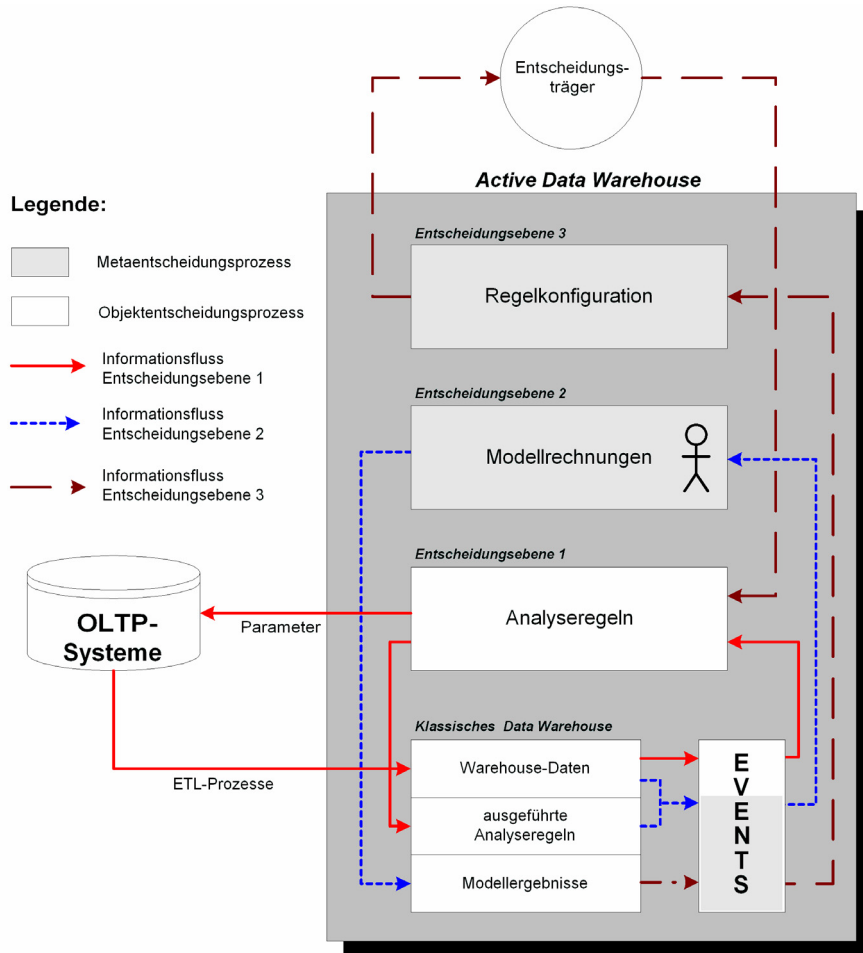


Abbildung 1: Die Architektur eines Active Data Warehouse zur mehrstufigen Entscheidungsunterstützung

Die Integration dieses Metaentscheidungsprozesses in die Architektur des Active Data Warehouse für eine mehrstufige Entscheidungsunterstützung ist in Abb. 1 dargestellt und wird im Folgenden näher erläutert.

3.1 Die erste Entscheidungsebene

Die erste Entscheidungsebene enthält im Wesentlichen das Active-Data-Warehouse-Konzept nach *Thalhammer et al.* Daten werden mittels ETL-Prozessen aus den operativen Systemen in das Data Warehouse geladen. Im Unterschied zu diesem Konzept bezieht sich die Ereignissteuerung des erweiterten

Active-Data-Warehouse-Konzepts nicht nur auf Datenänderungen in den operativen Systemen. Das Überschreiten von Grenzwerten bei Soll-Ist-Abweichungen im Sinne eines Management by Exception wird in der Ereignissteuerung zusätzlich berücksichtigt. Dafür ist der Bezug der Ereignisse auf die aggregierten und aufbereiteten Daten des Data Warehouse notwendig (vgl. Kap. 2). Durch diese Ereignisse werden die Analyseregeln differenzierter ausgelöst, deren Aktion darauf folgend Parameterwerte an die operativen Systeme übergibt.

Ergänzend zu dem dadurch beschriebenen (ersten) closed loop werden neben der Übergabe der Parameterwerte an das operative System auch die angewandten Analyseregeln im Data Warehouse dokumentiert. Die Übernahme der ausgeführten Analyseregeln mit Ereignis, Bedingung und Aktion, inklusive der an ein operatives System übergebenen Parameterwerte, in das Data Warehouse stellt die Grundlage für die Repräsentation einer späteren Bewertung und Evaluation der ausgeführten Entscheidungen (Kontrollphase) im Active Data Warehouse dar. Anhand dieser Daten wird es in der zweiten Entscheidungsebene ermöglicht, den Erfolg der Analyseregeln im Hinblick auf die Entwicklung der Unternehmenszielgrößen beurteilen zu können.

3.2 Die zweite Entscheidungsebene

Die Aufgabe dieser Ebene ist die ereignisgesteuerte Bewertung vergangener Entscheidungen der ersten Ebene sowie die Evaluation möglicher Handlungsalternativen.

Die Kontrollphase des Objektentscheidungsprozesses und die damit eng verbundene Anregungsphase des Metaentscheidungsprozesses werden durch ein Ereignis der zweiten Entscheidungsebene repräsentiert (vgl. Abb. 2). Im Rahmen der Anregungsphase müssen danach weitere Analysen durchgeführt werden, um die Art einer Anpassung der Analyseregeln genau bestimmen und den weiteren Verlauf des Metaentscheidungsprozesses festlegen zu können. Dieses Vorgehen innerhalb der Anregungsphase kann in Analogie zu den ECA-Regeln durch eine Bedingung abgebildet werden.

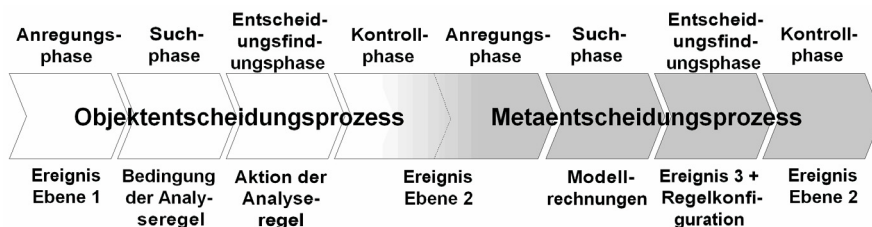


Abbildung 2: Entscheidungsphasen im Active Data Warehouse

Die Kontrollphase und die Anregungsphase repräsentieren das Wissen des Entscheidungsträgers, wie auf Basis einer Bewertung ein Entscheidungsproblem erkannt wird und Metaentscheidungen über die Gestaltung des zukünftigen Entscheidungsverhaltens unter veränderten Umweltbedingungen ausgelöst werden. Wesentliche Elemente dieses Wissens sind in der Data-Warehouse-Komponente des Active Data Warehouse abgebildet. Neben den aufbereiteten Daten über die Entwicklung interner Zielgrößen und unternehmensexterner Daten zur adäquaten Repräsentation veränderter Umweltbedingungen stehen im Data Warehouse die in der Vergangenheit ausgeführten Analyseregeln und deren Bezug zu den jeweiligen Zielgrößen zur Verfügung (vgl. Kap. 3.1).

Die auf die Anregungsphase folgende Suchphase wird auf dieser Entscheidungsebene nur noch partiell automatisiert unterstützt. Im Vordergrund dieser Entscheidungsphase steht die Evaluation von Handlungsalternativen, d.h. die unterschiedliche Gestaltung von Parametern im Aktionsteil der Analyseregeln. Eine automatisierte Berechnung des Einflusses verschiedener Parameter-konstellationen auf die Unternehmenszielgröße sowie eine als Aktion gestaltete automatisierte Umsetzung der höchstbewerteten Parameterkonstellation in eine modifizierte Analyseregeln ohne Interaktion eines Anwenders ist sehr komplex und aufgrund fehlender Kontrollmöglichkeiten wenig erfolgversprechend. Daher wird über ein Ereignis dieser Entscheidungsebene ein Anwender beauftragt, Modellrechnungen, z.B. Simulationsrechnungen, für die Anpassung einer festgelegten Analyseregeln durchzuführen. Dabei soll der jeweilige Einfluss verschiedener Parameterkonstellationen auf die betroffene Unternehmenszielgröße prognostiziert werden. Die im Modell verwendeten Parameter werden in Bedingungs- und Steuerparameter differenziert. Bedingungsparameter repräsentieren die möglichen Schalter der Bedingung von Analyseregeln und bestimmen damit den Zeitpunkt des Auslösens einer Aktion auf der ersten Entscheidungsebene. Steuerparameter hingegen repräsentieren mögliche Stellgrößen von Analyseregeln, die an die operativen Systeme übergeben werden und operative und taktische Geschäftsprozesse steuern sollen.

Als Abschluss der Suchphase werden die Ergebnisse der Modellrechnungen über die Zielgrößenentwicklung unter bestimmten Parameterkonstellationen zurück in das Data Warehouse geschrieben, um auf einer dritten Entscheidungsebene ereignisgesteuert entscheiden zu können, ob eine Anpassung der Analyseregeln erforderlich scheint. Denn es wäre auch möglich, dass die Modellrechnungen die gegenwärtige Kombination von Parameterwerten als am geeignetsten bewerten, andere Parameterwerte hingegen die Entwicklung der Unternehmenszielgröße negativ beeinflussen und damit eine Anpassung der Analyseregeln auf der dritten Entscheidungsebene nicht in Betracht kommt. Die Entscheidungsfindungsphase des Metaentscheidungsprozesses beschränkt sich in diesem Fall auf die Bestätigung der aktuell implementierten Analyseregeln.

3.3 Die dritte Entscheidungsebene

Die dritte Entscheidungsebene dient der ereignisgesteuerten Unterstützung des Entscheidungsträgers bei der Auswahl einer Handlungsalternative zur Anpassung des Objektentscheidungsprozesses auf Basis der Modellergebnisse der zweiten Entscheidungsebene, um in Zukunft eine bessere Entwicklung der Unternehmenszielgröße erzielen zu können.

Auch hier soll wieder ein Ereignis die Umsetzung der Entscheidungsfindungsphase des Metaentscheidungsprozesses bestimmen. Das Ereignis erkennt, ob die Ergebnisse der Modellrechnungen der zweiten Ebene eine Anpassung des Objektentscheidungsprozesses erfordern. Haben die Modellrechnungen die implementierten Analyseregeln bestätigt, wird die dritte Entscheidungsebene nicht angesprochen. Die Entscheidungsfindungsphase beschränkt sich damit auf den Erhalt der implementierten Analyseregeln. Haben die Modellrechnungen für eine andere als die bisher in einer Analyseregeln implementierte Parameterkonstellation einen besseren Einfluss auf die Unternehmenszielgröße prognostiziert, wird die dritte Entscheidungsebene aktiviert. Selbstverständlich sind auch weniger komplexe Ereignisse denkbar. Beispielsweise, falls ein Vorschlag zur Anpassung einer Analyseregeln in einem festgelegten zeitlichen Abstand nach Erhalt der Ergebnisse der Modellrechnungen erstellt werden soll.

Die Entscheidungsfindungsphase des Metaentscheidungsprozesses wird in Form eines Regelkonfigurators konzipiert, der aus den Modellergebnissen einen Änderungsvorschlag für Analyseregeln ableitet, der einen bestmöglichen Einfluss auf die Unternehmenszielgröße verspricht. Der Konfigurator legt fest, welche Bedingungs- bzw. Steuerparameter dazu mit welchen Parameterwerten belegt werden sollen. Dieser generierte Entscheidungsvorschlag wird dem Entscheidungsträger übermittelt. Um eine effektive Entscheidungsunterstützung des Entscheidungsträgers gewährleisten zu können, benötigt dieser neben dem Änderungsvorschlag für die Analyseregeln zusätzlich die prognostizierte Entwicklung der Unternehmenszielgröße sowie das zugrunde liegende Ereignis der zweiten Entscheidungsebene als Auslöser des Metaentscheidungsprozesses. Darüber hinaus erscheint die Bereitstellung anderer Parameterkonstellationen aus den Prognoseergebnissen und deren Einfluss auf die Unternehmenszielgröße sinnvoll, um dem Entscheidungsträger eine Vergleichsmöglichkeit einzuräumen.

Diese Informationen geben dem Entscheidungsträger die erforderliche Transparenz über den ablaufenden Metaentscheidungsprozess. Ihm wird der Einfluss von Bedingungs- und Steuerparametern auf die Unternehmenszielgröße verdeutlicht und er kann daraufhin die Analyseregeln nach seinem Ermessen verändern. Durch die manuelle Regelanpassung wird zudem eine Kontrolle des Objekt- und des Metaentscheidungsprozesses im Active Data Warehouse gewährleistet.

Die abschließende Kontrollphase des Metaentscheidungsprozesses ist implizit in der zweiten Entscheidungsebene implementiert, da auf dieser Ebene der Objekt-

entscheidungsprozess bewertet wird und damit letztendlich auch das Ergebnis eines vorangegangenen Metaentscheidungsprozesses einer kritischen Beurteilung unterzogen wird.

4 Anwendungsmöglichkeiten

4.1 Allgemeine Voraussetzungen

Das vorgestellte erweiterte Active-Data-Warehouse-Konzept ist nicht für alle Entscheidungssituationen anwendbar. Besonders geeignet ist es für gut strukturierte Problemstellungen, deren Entscheidungsprozesse eher im operativen, taktischen Bereich einzuordnen sind. Solche Entscheidungsprozesse sind gut durch Analyseregeln abzubilden und zu automatisieren. Strategische Entscheidungen, die eher durch schwach strukturierte Problemstellungen gekennzeichnet sind, können dagegen schwer durch ein Regelsystem adäquat abgebildet werden und sind daher für das Konzept des Active Data Warehouse ungeeignet.

Weiterhin sollten die Problemstellungen regelmäßig auftreten, damit sich der Implementierungsaufwand rechnet. Bei einmaligen oder selten auftretenden Problemstellungen überwiegt der Implementierungsaufwand den Nutzen einer Automatisierung.

Darüber hinaus ist es notwendig, dass das Wissen der Entscheidungsträger, wann das bisherige Entscheidungsverhalten wie bei bestimmten Ereignissen angepasst werden muss bzw. kann, explizierbar und bekannt ist. Nur so können Ereignisse definiert bzw. implementiert werden, die den Anpassungsmechanismus der Regeln auslösen können.

Schließlich ist es sinnvoll, ein Active Data Warehouse nur in einer Domäne anzuwenden, deren Problemstellungen durch eine begrenzte Zahl an Entscheidungsparametern gekennzeichnet sind. Dadurch wird es erst ermöglicht, Modellrechnungen auf der zweiten Entscheidungsebene durchzuführen, da sie weniger komplex und somit erfolgversprechender sind.

4.2 Eine beispielhafte Anwendungsdomäne

Das vorgestellte erweiterte Konzept eines Active Data Warehouse soll im Folgenden am Beispiel der Tarifgestaltung in der Mobilfunkbranche dargestellt werden. Diese Domäne entspricht den beschriebenen Voraussetzungen, da Entscheidungen über die Gestaltung verschiedener Tarife eher taktischer als strategischer Natur sind. Das Ziel solcher Entscheidungen ist es, die Entwicklung von Unternehmens-

zielgrößen, wie beispielsweise des Umsatzes oder des Absatzes eines ausgewählten Tarifs, in gewünschter Weise zu beeinflussen.

Strukturierbar werden diese taktischen Entscheidungen zur Steuerung der genannten Zielgrößen hauptsächlich durch die Gestaltung abzählbarer fester Steuerparameter. Sie bestimmen maßgeblich die Ausgestaltung eines Tarifs. Ein möglicher Steuerparameter für die Gestaltung eines Mobilfunktarifs ist der Minutenpreis, differenziert nach Einwahl in Fest- oder Mobilfunknetz sowie unterschieden nach der Tageszeit. Weitere Parameter könnten die Höhe der Grundgebühr, die Subventionierung eines Mobiltelefons bei Vertragsabschluss, der Mindestgesprächsumsatz, die Taktfrequenz bei der Einheitenabrechnung, die Gestaltung der Tageszeitzonen sowie Preise für Zusatzleistungen, z.B. SMS, sein.

Der Einfluss verschiedener Konstellationen von Steuerparametern auf die Unternehmenszielgrößen scheint darüber hinaus abbildbar. Entsprechende Modellrechnungen der zweiten Entscheidungsebene auf Basis einer historisierten Sammlung unternehmensinterner und –externer Daten im Data Warehouse ermöglichen ein Abschätzen der Entwicklung der Zielgrößen. Die Suchphase des Metaentscheidungsprozesses kann deshalb strukturiert dargestellt und damit zwar nicht vollständig automatisiert, zumindest aber in einem hohen Maße unterstützt werden.

4.3 Ein Anwendungsszenario

Das Zusammenspiel der Entscheidungsebenen im Active Data Warehouse und die damit verbundene (partielle) Automatisierung und Unterstützung des Objekt- bzw. Metaentscheidungsprozesses wird im Folgenden in einem stark vereinfachten Anwendungsszenario dargestellt.

Gegeben sei ein Mobilfunkvertrag mit dem Tarif A. Dieser Tarif sei gekennzeichnet durch die Steuerparameter *Zeitintervall Hauptzeit* (z_{i_H}) und *Nebenzeit* (z_{i_N}) und die dazugehörigen *Minutenpreise* (p_H) und (p_N). Dem Parameter z_{i_H} sei der Wert 9-18h, dem Parameter z_{i_N} dementsprechend der Wert 18-9h zugewiesen. Dem Steuerparameter p_H sei der Wert 0,39€ und dem Steuerparameter p_N sei der Wert 0,14€ zugeordnet. Mit der Gestaltung dieser Steuerparameter werde das Ziel verfolgt, die Unternehmenszielgröße *Umsatz durch Mobilfunkverträge des Tarifs A* positiv zu beeinflussen.

Das Ereignis der ersten Entscheidungsebene als Auslöser des Objektentscheidungsprozesses sei definiert als: *Der Umsatz des Tarifs A ist im vergangenen Monat im Vergleich zum Vormonat um 10% gesunken*. Die an dieses Ereignis gekoppelte Analyseregul bestimme vereinfachend lediglich den Steuerparameter p_H in Abhängigkeit von zwei Bedingungsparametern. Der Erste sei die *prozentuale Abweichung des durchschnittlichen Minutenpreises der Konkurrenz eines vergleichbaren Zeitintervalls* (φ_{konk}) und der Zweite sei die *Absatzentwicklung von Verträ-*

gen mit Tarif A des letzten Monats im Vergleich zum Vormonat (AE). Diese Analyseregul (1) dargestellt als Funktion $f(\varphi_{\text{konk}}, AE)$ sei folgendermaßen gestaltet:

$$p_H: f(\varphi_{\text{konk}}, AE) = \begin{cases} p_H = 0.37, \text{ falls } -10\% \leq \varphi_{\text{konk}} < -5\% \quad \square 0\% < AE < 5\% \\ p_H = 0.35, \text{ falls } -15\% \leq \varphi_{\text{konk}} < -10\% \quad \square 0\% < AE < 5\% \\ p_H = 0.33, \text{ falls } \varphi_{\text{konk}} < -15\% \quad \square 0\% < AE < 5\% \\ p_H = 0.39 \text{ sonst} \end{cases} \quad (1)$$

Diese Analyseregul bewirkt somit bei nahezu unveränderten Absatzzahlen von Mobilfunkverträgen des Tarifs A und einem geringeren durchschnittlichen Minutenpreis der Konkurrenz eine differenzierte Anpassung des eigenen Minutenpreises an das Preisniveau der Konkurrenz. Das verfolgte Ziel ist neben einer Erhöhung der Gesprächsdauer der Kunden auch ein Abwerben von Kunden der Konkurrenz und eine damit verbundene Steigerung des Umsatzes.

Um den Erfolg der Analyseregul (1) bewerten zu können, sei ein Ereignis der zweiten Entscheidungsebene folgendermaßen definiert: *Die Analyseregul (1) wurde vor einem Monat ausgeführt, der Umsatz für diesen Tarif ist aber im Vergleich zum Vormonat um weniger als 2% angestiegen.* Tritt dieses Ereignis ein, ist zu überprüfen, ob eine Anpassung der Regel (1) sinnvoll ist. Dazu könnte ein Anwender per Email benachrichtigt werden, dass für die angesprochene Analyseregul Modellrechnungen durchgeführt werden müssen, um zu evaluieren, wie die Bedingungsparameter φ_{konk} und AE sowie die Steuerparameter p_H und z_{iH} unter der Annahme eines unveränderten Kundenverhaltens eingestellt werden müssten, um den Umsatz für die Tarifgruppe A ceteris paribus höchstmöglich ansteigen zu lassen. Hat der Anwender Modellrechnungen mit verschiedenen Konstellationen von Bedingungs- und Steuerparametern durchgeführt, würden die Modellergebnisse inklusive einer Bewertung im Data Warehouse dokumentiert. Am besten bewertet (mit der höchsten Umsatzprognose) sei in diesem Szenario eine Parameterkonstellation, bei der die Bedingungsparameter nahezu unverändert bleiben und der Steuerparameter p_H durch z_{iH} mit dem Wert 9-20h ausgetauscht würde¹.

Das Ereignis der dritten Entscheidungsebene vergleicht die Parameter und deren Werte des am höchsten bewerteten Ergebnisses der Modellrechnung mit den verwendeten Parametern und Parameterwerten der Analyseregul (1) sowie deren Bewertung. Besteht ein Unterschied zwischen der Analyseregul und dem Modellergebnis, könnte der Regelkonfigurator der dritten Entscheidungsebene automatisch einen Vorschlag zur Anpassung der Analyseregul auf Basis des Modellergebnisses generieren. Der Vorschlag einer modifizierten Analyseregul (1b) sei folgendermaßen gestaltet:

¹ Dem Steuerparameter z_{iN} wird dementsprechend durch die Änderung von z_{iH} der Wert 20-9h zugewiesen. Die Parameter p_H und p_N bleiben unverändert.

$$z_{iH}: f(\varphi_{\text{konk}}, \text{AE}) = \begin{cases} z_{iH} = 9\text{-}20\text{h}, & \text{falls } \varphi_{\text{konk}} < -5\% \quad \square \quad 0\% < \text{AE} < 5\% \\ z_{iH} = 9\text{-}18\text{h}, & \text{sonst} \end{cases} \quad (1b)$$

Durch diese neue Analyseregeln würde das Kundenverhalten, während der günstigeren Nebenzeit von *18-9h* zu telefonieren, ausgenutzt. Eine Ausweitung der Hauptzeit um zwei Stunden könnte unter der Annahme eines unveränderten Kundenverhaltens ein erhöhtes Gesprächsaufkommen zur Hauptzeit bewirken. Durch den damit verbundenen höheren Minutenpreis im Vergleich zur Nebenzeit könnte der Umsatz gesteigert werden.

Die vorzuschlagende Analyseregeln (*1b*) wird zusammen mit der originären Analyseregeln (*1*) per Email an den Entscheidungsträger versandt. Zusätzlich umfasst die Email die an die Analyseregeln (*1*) gekoppelten Ereignisse der ersten und zweiten Entscheidungsebene sowie die Ergebnisse der durchgeführten Modellrechnungen und deren Einfluss auf den Umsatz der Tarifgruppe A. Dem Entscheidungsträger könnte dadurch eine höchstmögliche Unterstützung bei der Entscheidung über die Anpassung der Analyseregeln geboten werden.

Auf Basis dieser bereitgestellten Informationen könnte der Entscheidungsträger den Vorschlag der dritten Entscheidungsebene zur Modifikation der Analyseregeln (*1*) bestätigen und diese Regeln manuell in der Regelbasis ändern.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem erweiterten Konzept eines Active Data Warehouse wurde ein Ansatz dargestellt, der Schwachstellen des bisher in der Literatur diskutierten Konzepts aufgreift und Lösungsvorschläge darlegt.

Neben der Einbindung des Prinzips Management by Exception in die Ereignissteuerung beinhaltet das erweiterte Konzept vor allem die Automatisierung der Kontrollphase des Objektentscheidungsprozesses und darüber hinaus eine weitgehende Unterstützung und Teilautomatisierung des Metaentscheidungsprozesses zur Anpassung der Analyseregeln. Hierzu wurde das Grundprinzip des Active Data Warehouse (ECA-Regeln) iterativ auf höheren Entscheidungsebenen angewandt. Der Metaentscheidungsprozess wurde dazu in zwei zusätzliche ereignisgesteuerte Entscheidungsebenen aufgeteilt. Die zweite Ebene diente der Evaluation verschiedener Handlungsalternativen zur Anpassung der Analyseregeln. Die dritte Ebene hatte die Aufgabe, aus den Ergebnissen der Evaluation einen Vorschlag zur Regelanpassung abzuleiten und dem Entscheidungsträger zur Entscheidungsunterstützung bereitzustellen.

Die weitere Forschungsarbeit bei der Entwicklung einer mehrstufigen Entscheidungsunterstützung durch Active Data Warehouses konzentriert sich zunächst auf Möglichkeiten zur Gestaltung der Modellrechnungen auf der zweiten Entscheidungsebene. Dabei ist zu evaluieren, inwieweit verschiedene Modellrechnungen, wie z.B. genetische Algorithmen, Simulationsrechnungen oder LP-Ansätze, für die Abbildung der Suchphase des Metaentscheidungsprozesses geeignet sind. Wichtig ist, zu überprüfen, ob und inwieweit diese Modelle den Einfluss verschiedener Parameterkonstellationen auf festgelegte Zielgrößen prognostizieren können.

Um die praktische Relevanz der vorgestellten Architektur evaluieren zu können, soll zunächst ein Demonstrationsprototyp (mit alternativen/konfigurierbaren ECA-Elementen) entwickelt werden. Damit sollen potenzielle Anwender für Praxiskooperationen zur Implementierung und Evaluation konkreter Active Data Warehouses in Unternehmen gewonnen werden.

Literatur

- [Adam96] Adam, D.: Planung und Entscheidung: Modelle, Ziele, Methoden, Mit Fallstudien und Lösungen. 4. Aufl., Gabler: Wiesbaden, 1996.
- [Behr95] Behrends, H.: Beschreibung ereignisgesteuerter Aktivitäten in datenbankgestützten Informationssystemen. Dissertation, Universität Oldenburg, 1995.
- [Brob02] Brobst, S. A.: Enterprise Application Integration and Active Data Warehousing. In: von Maur, E.; Winter, R. (Hrsg.): Vom Data Warehouse zum Corporate Knowledge Center: Proceedings der Data Warehousing 2002. Physica-Verlag: Heidelberg, 2002, S. 15-22.
- [BrTj01] Bruckner, R. M., Tjoa, A. M.: Managing Time Consistency for Active Data Warehouse Environments. In: Kambayashi, Y.; Winiwarter, W.; Arikawa, M. (Hrsg.): Data Warehousing and Knowledge Discovery – Third International Conference, DaWaK 2001, Munich, Germany, September 5-7, Proceedings, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2114. Springer: Berlin et al., 2001, S.254-263.
- [GaDi93] Gatzju, S.; Dittrich, K. R.: Eine Ereignissprache für das aktive, objektorientierte Datenbanksystem SAMOS. In: Stucky, W.; Oberweis, A.: BTW'93 Tagungsband Datenbanksysteme in Büro, Technik und Wissenschaft. Springer: Braunschweig, 1993, S. 94-103.
- [Inmo96] Inmon, W. H.: Building the Data Warehouse. 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc.: New York et al., 1996.
- [Kirs71] Kirsch, W.: Entscheidungsprozesse, Band III: Entscheidungen in Organisationen. Gabler: Wiesbaden, 1971.
- [Kle⁺03] Klesse, M.; Melchert, F.; von Maur, E.: Corporate Knowledge Center als Grundlage integrierter Entscheidungsunterstützung. In: Reimer, U.; Abecker, A.; Staab, S.;

- Stumme, G. (Hrsg.): Professionelles Wissensmanagement – Erfahrungen und Visionen (WM'2003), 02.-04.04.2003, Luzern, GI-Edition – Lecture Notes in Informatics (LNI), P-28. Köllen Verlag: Bonn, 2003, S. 127-136.
- [MeGr00] Mertens, P.; Griese, J.: Integrierte Informationsverarbeitung 2: Planungs- und Kontrollsysteme in der Industrie. 8. Aufl., Gabler: Wiesbaden, 2000.
- [MeRi01] Mentrup, A.; Rieger, B.: MSS und Wissensmanagement: Dimensionen und Perspektiven der Integration. In: Schnurr, H.-P.; Staab, S.; Studer, R.; Stumme, G.; Sure, Y. (Hrsg.): Professionelles Wissensmanagement – Erfahrungen und Visionen (WM'2001), 14.-16.3.2001, Baden-Baden. Shaker Verlag: Aachen, 2001, S. 99-112.
- [Mert01] Mertens, P.: Aktives Management-Informationssystem (AMIS). In: Mertens, P. et al. (Hrsg.): Lexikon der Wirtschaftsinformatik. 4. Aufl., Springer: Berlin et al., 2001, S. 289-290.
- [Rieg01] Rieger, B.: Data Warehouse-gestützte Management-Informationssysteme. In: von Knop, J.; Haverkamp, W. (Hrsg.): Innovative Anwendungen in Kommunikationsnetzen, 15. DFN-Arbeitstagung über Kommunikationsnetze, GI-Edition – Lecture Notes in Informatics (LNI), P-9. Köllen Verlag: Bonn, 2001, S. 147-154.
- [ScTh00] Schrefl, M.; Thalhammer, T.: On Making Data Warehouses Active. In: Kambayashi, Y.; Mohania, M.; Tjoa, A. M. (Hrsg.): Proceedings of the 2nd International Conference on Data Warehousing and Knowledge Discovery (DaWaK 2000), Greenwich, U.K., September 4-8, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1874. Springer: Berlin et al., 2000, S. 34-46.
- [Simo77] Simon, H. A.: The New Science of Management Decision. Prentice Hall: Englewood Cliffs, USA, 1977.
- [Tha⁺01] Thalhammer, T.; Schrefl, M.; Mohania, M.: Active Data Warehouses: Complementing OLAP with Active Rules. In: Chen, P.P. (ed.); in: Data & Knowledge Engineering (DKE), Vol. 39, Nummer 3. Elsevier Science B.V.: North-Holland, 12-2001, S. 241-269.
- [Thal01] Thalhammer, T.: Active Data Warehouses: Complementing OLAP with Analysis Rules. Dissertation, Universität Linz, 2001.

