

FH JOANNEUM Gesellschaft mbH

Complex Event Processing

**Entwicklung eines Vorgehensmodells zum Aufbau einer ereignis-
getriebenen Architektur und deren prototypische Umsetzung**

Diplomarbeit

**zur Erlangung des akademischen Grades eines
Diplomingenieurs für Informationsmanagement (FH)**

eingereicht am

Fachhochschul-Studiengang Informationsmanagement

Betreuer: FH-Prof. Dipl.- Ing. Dr. Erwin Zinser

eingereicht von: Dietmar Hafner

Personenkennzahl: 0210062021

September 2006

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Graz, 12. September 2006; Dietmar Hafner

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	2
Inhaltsverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	8
Listingverzeichnis.....	9
Abkürzungsverzeichnis	10
Danksagung	12
Disclaimer	13
Abstract.....	15
1 Einleitung	19
1.1 Problemstellung.....	20
1.2 Motivation	21
1.2.1 Zielsetzungen dieser Arbeit.....	22
1.3 Inhalt dieser Arbeit	23
1.4 Aufbau der Arbeit	24
2 Enterprise Architecture Konzepte und Modelle.....	27
2.1 Prozessorientierung in Unternehmen.....	28
2.1.1 Geschäftsprozessmanagement.....	30
2.1.2 Geschäftsprozessmanagement und Complex Event Processing.....	33
2.2 Real Time Enterprise.....	34
2.3 Zachman Framework	39
2.4 The Open Group Architecture Framework (TOGAF)	43
2.5 Service-oriented Architecture	45
2.5.1 Allgemeines.....	45
2.5.2 Web Services	46
2.5.3 Kerneigenschaften von SOA	48
2.5.4 Komponenten einer SOA.....	49
2.5.5 SOA und Geschäftsprozessmanagement	55
2.5.6 SOA und CEP.....	57
2.5.7 Ausblick.....	59
2.6 Zusammenfassung.....	61
3 IT Service Management	62
3.1 Allgemeines.....	62
3.2 Service Vereinbarungen.....	64
3.3 ITIL	65
3.4 IT Infrastructure Management und IT-Monitoring	67
3.4.1 ITIL	67
3.4.2 Microsoft Operations Framework (MOF)	70
3.5 Zusammenfassung.....	73
4 Complex Event Processing	74
4.1 Einführung in CEP	75
4.2 Event Cloud.....	78
4.3 Anwendungsbereiche von CEP.....	87
4.4 Was sind Events?.....	88
4.5 Event Quellen.....	89
4.6 Event Beziehungen	91
4.6.1 Aggregation	92
4.6.2 Zeit.....	93
4.6.3 Kausalität bzw. Ursache	94

4.7	Event Patterns und Rules.....	96
4.8	Event Pattern Language RAPIDE	104
4.8.1	Datentypen	107
4.8.2	Event Typen	108
4.8.3	Execution Typen.....	108
4.8.4	Event Attribute	109
4.8.5	Basis Event Patterns	110
4.8.6	Operatoren	111
4.8.7	Wiederholende Event Patterns.....	114
4.8.8	Pattern Makros	116
4.9	Event Processing Agents	117
4.9.1	Event Pattern Filter.....	119
4.9.2	Event Pattern Maps	120
4.9.3	Event Pattern Constraints.....	121
4.9.4	Event Pattern Network.....	121
4.10	CEP Produkte und Frameworks.....	123
4.10.1	Vergleich von CEP/ESP Produkten.....	124
4.10.2	Common Base Event.....	135
4.10.3	Common Event Infrastructure.....	141
4.11	Zusammenfassung.....	146
5	Event-Driven Architecture	149
5.1	Was bedeutet EDA?.....	149
5.2	EDA versus SOA.....	154
5.3	Aufbau einer EDA.....	160
5.3.1	Event Verarbeitungsarten einer EDA	164
5.3.2	Komponenten und Werkzeuge	171
5.3.3	Vorherrschende Technologien	175
5.4	Zusammenfassung.....	179
6	Vorgehensmodell zur Implementierung einer EDA	182
6.1	Zielsetzung und Anforderungen des Vorgehensmodells.....	182
6.2	Vorgehensschritte	184
6.2.1	Analyse der Aufgaben- bzw. Problemstellung	185
6.2.2	Erstellung eines groben EDA Modells	187
6.2.3	Detaillierung des EDA Modells	189
6.2.4	Auswahl der Technologien und Produkte.....	191
6.2.5	Modellierung der Softwarekomponenten (Softwaredesign).....	192
6.2.6	Implementierung.....	193
6.2.7	Simulation und Betrieb der Gesamtarchitektur.....	193
7	Praktische Umsetzung des Vorgehensmodells.....	194
7.1	Ausgangssituation	194
7.2	Zielsetzung	196
7.3	Event-Driven Architecture Vorgehensmodell	196
7.3.1	Schritt 1: Analyse der Aufgaben- bzw. Problemstellung.....	196
7.3.2	Schritt 2: Erstellung eines groben EDA Modells	203
7.3.3	Schritt 3: Detaillierung des EDA Modells.....	206
7.3.4	Schritt 4: Auswahl der Technologien und Produkte.....	215
7.3.5	Schritt 5: Modellierung der Softwarekomponenten.....	221
7.3.6	Schritt 6: Implementierung.....	224
7.3.7	Schritt 7: Simulation und Betrieb der Gesamtarchitektur.....	246
7.4	Ergebnisse und Diskussion	249
8	Zusammenfassung und Ausblick	253
8.1	Kritische Betrachtungsweise der Ergebnisse	256
8.2	Ausblick	261

Literaturverzeichnis 264

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 Themenübersicht	26
Abbildung 2-1 Zusammenhang zwischen GPM und BPMS	31
Abbildung 2-2 BPMS Fähigkeiten	33
Abbildung 2-3 RTE Roadmap	37
Abbildung 2-4 Das Zachman Framework für Enterprise Architecture	41
Abbildung 2-5 SOA Umfrage bezüglich Flexibilität	46
Abbildung 2-6 SOA Aufbau	50
Abbildung 2-7 Beschreibung eines Services	51
Abbildung 2-8 SOA und GPM	56
Abbildung 2-9 SOA und CEP	58
Abbildung 2-10 IT Infrastruktur Umfrage zum Jahr 2006	60
Abbildung 3-1 Darstellung der Geschäftsfelder	63
Abbildung 3-2 IT Service Management Kernprozesse nach ITIL	66
Abbildung 3-3 Eingliederung von IT Infrastructure Management	67
Abbildung 3-4 ICT Infrastructure Management Prozesse	68
Abbildung 3-5 MOF Prozessmodell	70
Abbildung 4-1 Informationsflut	76
Abbildung 4-2 Beispiel für eine Event Cloud	79
Abbildung 4-3 Das Zusammenspiel von Prozessen und Workflows über Events	81
Abbildung 4-4 Problemrelevante Information innerhalb der Event Cloud	83
Abbildung 4-5 Low-level und High-level Events	84
Abbildung 4-6 Event Überwachung des IT Layers	90
Abbildung 4-7 Event log eines Netzwerkprotokolls	95
Abbildung 4-8 Event Log mit kausalen Beziehungen	95
Abbildung 4-9 Sequenzielle und parallele Regel	98
Abbildung 4-10 Event Hierarchien	103
Abbildung 4-11 Schematische Darstellung eines Event Processing Agents	118
Abbildung 4-12 Konzept eines Event Pattern Networks	122
Abbildung 4-13 Screenshot der Coral8 Studio Oberfläche	131
Abbildung 4-14 Screenshot des RuleCore Designers	133
Abbildung 4-15 Screenshot des StreamBase Studios	134
Abbildung 4-16 CBE Format als UML Diagramm	137
Abbildung 4-17 CEI Architekturübersicht	144
Abbildung 5-1 Publish/Subscribe Mechanismus	152
Abbildung 5-2 Zentrale vs. dezentrale Datenhaltung	153
Abbildung 5-3 Kommunikationsparadigmen bei EDA und SOA	155
Abbildung 5-4 Gegenüberstellung EDA und SOA	159
Abbildung 5-5 Verschiedene Event Flow Layer einer EDA	161
Abbildung 5-6 Einfache Event Verarbeitung	166
Abbildung 5-7 Event Vermittler	167
Abbildung 5-8 Complex Event Processing	168
Abbildung 5-9 Kombination der Event Verarbeitungsarten	169
Abbildung 5-10 Kombination der Event Verarbeitungsarten und Flow Layer	170
Abbildung 5-11 Event Flow Modellierung	172
Abbildung 5-12 Komponenten einer EDA	174
Abbildung 5-13 EDA Technologien und Standards	178
Abbildung 6-1 Vorgehensschritte zur Implementierung einer EDA	185
Abbildung 6-2 Event Quellen Plan	187
Abbildung 6-3 Grobkonzept eines EDA Modells	189

Abbildung 6-4 Feinkonzept einer Event Quelle	190
Abbildung 7-1 MOM Komponenten	198
Abbildung 7-2 Event Quellen Plan mit MOM.....	199
Abbildung 7-3 BizTalk Server Komponenten	201
Abbildung 7-4 Grobkonzept der praktischen Umsetzung.....	205
Abbildung 7-5 Feinkonzept der Event Quelle.....	208
Abbildung 7-6 Feinkonzept des Event Kanals	209
Abbildung 7-7 Feinkonzept der Event Processing Engine	210
Abbildung 7-8 Availability Management Geschäftsprozessmodell.....	212
Abbildung 7-9 Feinkonzept der Event-driven Aktivität	214
Abbildung 7-10 RuleCore Designer Screenshot	216
Abbildung 7-11 Ablaufdiagramm der praktischen Umsetzung	223
Abbildung 7-12 Implementierung der Event Quelle	225
Abbildung 7-13 Screenshot des Details einer MOM Regel.....	226
Abbildung 7-14 Event Kanal Implementierung.....	230
Abbildung 7-15 Screenshot der Composite Condition von Situation 1	233
Abbildung 7-16 Event-driven Aktivität Interface Implementierung	236
Abbildung 7-17 Binding Konfiguration	240
Abbildung 7-18 Arbeitsprozess der Event-driven Aktivität	241
Abbildung 7-19 Schematische Darstellung der Orchestrierung	245
Abbildung 7-20 Konsole des Event Kanals	247
Abbildung 7-21 Konsole der CEP Engine RuleCore	248
Abbildung 7-22 Screenshot der Bestätigungs-E-Mail	249

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Beispiel für eine Event Aggregationsregel	100
Tabelle 2 Hierarchische Darstellung eines Netzwerkprotokolls	102
Tabelle 3 Aggregationsregel für schlechte Performance	104
Tabelle 4 Event Attribute	110
Tabelle 5 Relationale Operatoren	113
Tabelle 6 CEP/ESP Produktübersicht	129
Tabelle 7 Allgemeine Eigenschaften von EDA und SOA	157
Tabelle 8 Vor- und Nachteile von EDA und SOA	158
Tabelle 9 Event Formateigenschaften	204
Tabelle 10 Produkt/Technologieübersicht	221
Tabelle 11 MomEventAdapter Eigenschaften	228
Tabelle 12 Event Kanal Implementierungsübersicht	231
Tabelle 13 CEP Regel Konfiguration und Definition	234
Tabelle 14 Interface: Web Service Client Eigenschaften	236
Tabelle 15 Interface: Web Service Server Eigenschaften	237
Tabelle 16 BizTalkServiceChecker Eigenschaften	242
Tabelle 17 BizTalkServiceModifier Eigenschaften	243

Listingverzeichnis

Listing 1 Beispiel Event.....	88
Listing 2 Execution Typ Definitionsbeispiel.....	109
Listing 3 Basis Event Pattern Beispiel.....	111
Listing 4 Wiederkehrende Patterns.....	115
Listing 5 CBE Beispiel.....	140
Listing 6 Beispiel für einen RuleCore Engine Startbefehl.....	218
Listing 7 ITEvent XML Schema.....	227
Listing 8 GAC Installationsbefehl.....	228
Listing 9 RuleCore Bedingung.....	232
Listing 10 Beispiel für Alternativen zu ausgefallenen IT Service Arten.....	243

Abkürzungsverzeichnis

(S) MIME	(Secure) Multipurpose Internet Mail Extension
ADM.....	Architecture Development Method
API.....	Application Programming Interface
ASP	Application Service Provider
B2B.....	Business-to-Business
B2C.....	Business-to-Customer
BPEL	Business Process Execution Language
BPM.....	Business Process Management
BPML.....	Business Process Markup Language
BPMN	Business Process Modeling Notation
BPMS	Business Process Management System
BPR	Business Process Reengineering
CBE	Common Base Event
CEI.....	Common Event Infrastructure
CEP	Complex Event Processing
CORBA.....	Common Object Request Broker Architecture
CRM	Customer Relationship Management
DLL.....	Dynamic Link Library
EA.....	Enterprise Architecture
EDA	Event Driven Architecture
EPA	Event Pattern Agent
EPL.....	Event Pattern Language
EPN	Event Pattern Network
ESB	Enterprise Service Bus
ESP	Event Stream Processing
GAC.....	Global Assembly Cache
GPM	Geschäftsprozessmanagement
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HW.....	Hardware
ICT.....	Information and Communications Technology
IDL.....	Interface Description Language
IIS	Internet Information Server
IT	Informationstechnologie
IT SM.....	IT Service Management
ITIL	Information Technology Infrastructure Library
J2EE.....	Java 2 Enterprise Edition
JMS	Java Messaging Service
MDB.....	Message-driven Beans
MO.....	Managed Objects
MOF.....	Microsoft Operations Framework
MOM.....	Microsoft Operations Manager
OASIS	Organization for the Advancement of Structured Information Standards
OLA	Operational-Level-Agreement
POSET	partial ordered set of events
RFID	Radio Frequency Identification
RTE	Real Time Enterprise
RUP	Rational Unified Process
SDK	Software Development Kit

SLA.....	Service-Level-Agreement
SLM.....	Service-Level-Management
SLR.....	Service-Level-Requirement
SMF.....	Service Management Function
SNMP.....	Simple Network Management Protocol
SOA.....	Service-oriented Architecture
SOAP.....	Simple Object Access Protocol
SQL.....	Structured Query Language
SW.....	Software
TCP/IP.....	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TOGAF.....	The Open Group Architecture Framework
UDDI.....	Universal Description, Discovery and Integration
UML.....	Unified Modeling Language
WS-BPEL.....	Web Service Business Process Execution Language
WSDL.....	Web Service Description Language
WTP.....	Web Tools Platform (Project)
XML.....	Extensible Markup Language
XML-RPC.....	XML Remote Procedure Call
XP.....	Extreme Programming
XPath.....	XML Path Language
ZIFA.....	Zachman Institute for Framework Architecture

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz besonders bei meinem Diplomarbeitsbetreuer FH-Prof. DI Dr. Erwin Zinser bedanken, der durch seine visionären Gedanken und Ideen diese Arbeit entstehen ließ. Weiters gilt mein Dank DI (FH) Christian Reibnegger und Isabell Niederl, die mich tatkräftig bei der praktischen Umsetzung dieser Arbeit unterstützten und ihr Know-how miteinbrachten. Der Dank an das Unternehmen Analog Software (im speziellen Marco Seiriö) für die entgegengebrachten Produktsupportleistungen ist an dieser Stelle ebenso angebracht.

Weiters verdient meine Freundin Monika Koch besonderen Dank, die mich während meiner Studienzeit stets motiviert hat und mir viel an Unterstützung zukommen ließ.

Disclaimer

Bei den nachfolgenden Produkten handelt es sich um eingetragene Marken der angeführten Hersteller:

Hersteller	Produktname
Microsoft Corporation	Microsoft BizTalk Server 2006
	Microsoft Exchange Server 2003
	Microsoft Internet Information Server 6.0
	Microsoft Operations Manager 2005
	Microsoft SQL Server 2005
	Microsoft Visio 2003
	Microsoft Visual Studio 2005
	Microsoft Windows 2003 Server Enterprise Edition
	Microsoft Windows XP Professional
IBM	IBM Active Middleware Technology (AMIT)
	IBM Common Base Event (CBE)
	IBM Common Event Infrastructure (CEI)
	IBM Tivoli
	IBM Websphere
	IBM Websphere Message Queues Series
TIBCO Software Inc.	TIBCO BusinessEvents
	TIBCO Enterprise Messaging Service
	TIBCO PredictiveBusiness
	TIBCO Rendezvous
Sun Microsystems, Inc.	Java 2 Enterprise Edition (J2EE)
	Java Messaging Service (JMS)
	Message-driven Beans (MDB)
Apache Software Foundation	Apache Tomcat
	Apache XML-RPC
Agent Logic Inc.	Agent Logic Enterprise Agent Server
Aleri Inc.	Aleri Streaming Platform
AptSoft Corporation	AptSoft Director for CEP
ArGo Software Design	ArGoSoft Mail Server
Coral8, Inc.	Coral 8 Engine
Esper	Esper
GemStone Systems	GemFire for CEP / RTE
Herald Logic	IntelliPush
Hewlett-Packard Development Company	OpenView
ipt commerce	Process Modeler for Microsoft Visio
iSpheres	iSpheres Event Server
KnowNow Inc.	LiveServer
LeanWay	StreamWay
Progress Software Corporation	Progress Event Engine Apama ESP Platform
Red Rabbit Software	Corona Enterprise Suite
Rhysome, Inc.	ZOMA

Hersteller	Produktname
RuleCore MS Analog Software kb	RuleCore
SenSage, Inc.	SenSage
StreamBase Systems, Inc.	Stream Processing Engine
Syndera Corporation	Syndera 2.3
The Eclipse Foundation	Eclipse SDK

Abstract

English

Today's companies are confronted with the need for an increased agility and flexibility in respects to the way they do business. This circumstance requires that these enterprises employ information technology (IT) in order to automate and speed up their ability to act. This need to use IT support results in an increase in the complexity of the used IT systems. Companies must follow the customer demand, which is defined with the changes in the market, and changing customer wishes. IT systems help to meet this challenge but their increased usage in different areas results in an amplified complexity, which is difficult for the human being to fully understand and oversee.

This diploma thesis focuses on the simplification of this arising complexity. Moreover, the aim is to also show the dependency between IT systems and business processes which needs to be understood in order to generate benefits in respects to business agility and flexibility. Furthermore, it is shown how to recognize business opportunities and how to learn from experience gained through tracking the causes of problems. These facts are summarized into a new innovation called Complex Event Processing (CEP), where focus rests on the method of dealing with events. In this context, events are intended to represent real-life situations such as customer-orders or IT system errors. By applying CEP methods, such as Event Correlation and Aggregation, it is possible to recognize certain situations and to take the appropriate actions.

Based on the Event Processing methodology from CEP, a concept has been derived for an Event Driven Architecture (EDA). This concept forms a core aspect for this thesis. CEP is regarded as an enabler for an EDA whereas an EDA is understood as a comprehensive model for an IT system that processes events. Founded on these principles, a procedure model

containing the required steps in order to implement such a system is developed. The first part of this thesis establishes a theoretical framework upon which the second part develops a prototypical implementation of an EDA.

Complex Event Processing is currently still not a fully accepted and developed principle due to a lack of standardisation and a certain degree of scepticism. However, this thesis shows that there is great potential to gain a definite advantage from observing and processing business events. The areas in which CEP can be applied are virtually limitless, due to the fact that it attempts to represent reality which, in itself, of course, is a highly diverse entity.

Deutsch

Die heutige Zeit verlangt von Unternehmen mehr Agilität und Anpassungsfähigkeit in Bezug auf deren Handlungsfähigkeit. Ebenso ist das schnelle bzw. automatisierte Agieren der Unternehmen in den Vordergrund gerückt worden, was mit Hilfe der Informationstechnologie (IT) unterstützt wird. Diese Notwendigkeit, IT weitgehend als Unterstützung einzusetzen, bringt auch das Problem der zunehmenden Komplexität der IT Systeme mit sich. Auf der einen Seite wird an die Unternehmen die Forderung gestellt, eine hohe Dynamik zu besitzen, um auf Markt- und Kundensituationen schnell und effizient reagieren zu können. Andererseits stellen sich IT Systeme genau diesen Anforderungen, wobei durch deren weiteres Voranschreiten in jeglichen Bereichen oder Abteilungen der Unternehmen, deren Komplexität zugleich erhöht wird.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Vereinfachen dieser Komplexität und möchte ebenfalls zeigen, dass zwischen IT Systemen und Geschäftsabläufen (Prozesse) eine Abhängigkeit besteht, die es zu verstehen gilt, um daraus in Bezug auf Agilität und Unternehmensdynamik einen Nutzen zu ziehen. Außerdem will diese Arbeit klären, wie sich auftuende Gelegenheiten für Unternehmen zu erkennen sind bzw. wie man aus Fehlern durch Ursachenrückverfolgung lernen kann. Zusammengefasst werden diese Kernpunkte mit der Innovation Complex Event Processing (CEP), bei der die Verarbeitung von Ereignissen (Events) im Mittelpunkt steht. Ereignisse sind als eingetretene Situationen (z.B. Kundenbestellung oder IT System Fehlermeldung) zu verstehen, welche versuchen, die Realität zu beschreiben. Durch Anwenden von CEP Techniken, zu denen Event Korrelation und Aggregation gehören, wird es möglich, bestimmte Situationen zu erkennen und daraus eine oder mehrere Konsequenz(en) zu ziehen.

Aus dem Bereich der Event Verarbeitung mit CEP hat sich das Konzept einer Event Driven Architecture (EDA) entwickelt, welches in dieser Arbeit eine wichtige Rolle spielt. So ist CEP als „Enabler“ einer EDA zu betrachten,

wobei eine EDA ein umfassendes Konzept darstellt, wie ein Event verarbeitendes IT System aufzubauen ist. In diesem Zusammenhang beschreibt diese Arbeit ein Vorgehensmodell, welches die notwendigen Schritte zum Aufbau eines solchen Systems beinhaltet. Neben den theoretischen Ausführungen in dieser Arbeit, befasst sich der praktische Teil mit der Umsetzung des Vorgehensmodells anhand eines prototypischen Aufbaus einer EDA.

Complex Event Processing besitzt derzeit noch einen geringen Reifegrad, da es im Bereich der Standardisierung mangelt und noch Skepsis darüber herrscht, ob die Event Verarbeitung überhaupt den Durchbruch erlangen wird. Dennoch kann diese Arbeit zeigen, dass ungeheures Potenzial darin steckt, Unternehmensereignisse zu betrachten, diese zu verarbeiten um in weiterer Folge einen Nutzen daraus zu ziehen. Die Einsatzbereiche von CEP sind ebenso vielfältig, da einer Abbildung der Realität keine Grenzen gesetzt sind.

1 Einleitung

„Das Ziel der Wissenschaft ist es immer gewesen, die Komplexität der Welt auf simple Regeln zu reduzieren.“ (vgl. [Wikiquote, 2006] zitiert nach Benoît Mandelbrot)

Die heutige Zeit ist von wachsender Dynamik und ständigem Wandel geprägt. Diese Situation beschränkt sich jedoch nicht nur auf bestimmte Regionen, sondern ist global vorherrschend. Sie kann, bezogen auf Produkte mit drei Worten beschrieben werden: schneller, besser und kleiner.

Unternehmen sind damit besonders konfrontiert und müssen dementsprechend darauf reagieren, um nicht im globalen Wettbewerb unterzugehen. Das Umfeld eines Unternehmens ist zu einem komplexen System geworden, in dem eine Organisation versuchen muss, alle Aspekte der Kundenseite zu erkennen, zu interpretieren und richtig umzusetzen. Diese Kunden verlangen nach mehr Dynamik, schnelleren Entscheidungen, ausgereifteren und billigeren Produkten und Dienstleistungen. Deshalb sieht sich ein Unternehmen gezwungen, mit der Hilfe der Informationstechnologie (IT) Entscheidungen, Entwicklungen bzw. gesamte Unternehmensabläufe weitgehend zu unterstützen, um Schnelligkeit zu besitzen. Dennoch bedeutet das schnelle Agieren der Unternehmen nicht alles. Weiters muss ein Unternehmen in der Lage sein, auf die geforderte Agilität einzugehen. Das bedeutet, sich schnell auf Veränderungen anzupassen und diesen Vorgang oftmals vornehmen zu können. Da ein Unternehmen jedoch als Gesamtsystem betrachtet werden muss, ist die eingesetzte IT ebenfalls mit diesen Anforderungen konfrontiert.

Nachdem sich IT Systeme in Unternehmen immer weiter ausbreiten und dadurch die **Komplexität** erhöht wird, wird zugleich die Überschaubarkeit der Systeme erschwert. Für die Lösung dieses Problems gilt es einen neuen Ansatz zu finden.

1.1 Problemstellung

Aus der Einleitung ergibt sich die Notwendigkeit, die von IT Systemen geschaffene Komplexität durch einen neuen Ansatz beherrschbar zu machen. Es geht jedoch nicht nur um die Beherrschbarkeit komplexer IT Systeme, sondern um das Verständnis von Geschäftsabläufen. So hat sich in diesem Zusammenhang die Prozessorientierung von Unternehmen als geeigneter Ansatz entwickelt, um Geschäftsvorgänge formal beschreiben zu können und um damit auch Abläufe durch IT Automatisierung beschleunigen zu können. Es entstehen somit zwei Bereiche in Unternehmen, wobei einerseits die Definition von Geschäftsprozessen aus dem wirtschaftlichen Umfeld stammt und andererseits deren Umsetzung sich dem IT Umfeld zuordnen lässt. Es ist jedoch nicht trivial, aus einer Definition eines Geschäftsprozesses einen durch IT Einsatz automatisierten Prozess zu erhalten, da die Vorstellung und die formale Beschreibung eines Prozesses immer von der tatsächlichen Umsetzung abweicht. Um jedoch Business und IT enger aneinander rücken zu lassen, bietet die Methode des Geschäftsprozessmanagements (GPM) eine Möglichkeit, die teilweise divergierenden Entwicklungen der beiden Bereiche wieder zusammenzuführen. Daraus folgt jedoch, dass Geschäftsprozesse und IT Systeme immer stärker aneinander gebunden sind und die resultierenden Abhängigkeiten ebenfalls wieder Komplexität und Undurchsichtigkeit schaffen, die vom Menschen nur teilweise durchschaut und nachvollzogen werden können. Ebenso wird mit Geschäftsprozessmanagement die Möglichkeit der Agilität von Business und IT eingeschränkt, da Geschäftsprozesse als starr definierte Abläufe zu betrachten sind. Um Agilität zu schaffen und Abhängigkeiten zwischen Business und IT zu erkennen, wird in dieser Arbeit der innovative Ansatz von **Complex Event Processing (CEP)**¹ nähergebracht.

Im Mittelpunkt dieses Ansatzes stehen Ereignisse (Events, z.B.: Unternehmensereignis: Bestellung), die durch Techniken und Methodiken

¹ Event Stream Processing als weitere Event Verarbeitungsart wird ebenfalls kurz erklärt.

von CEP verarbeitet werden.

Durch die Betrachtung von Events, die Unternehmensvorgänge bilden, ist es einerseits möglich, die in Unternehmen vorliegenden verteilten IT Systeme besser zu verstehen und andererseits dynamische Geschäftsabläufe zu ermöglichen.

CEP bietet Möglichkeiten Abhängigkeiten zu erkennen, diese zu verarbeiten und aus dessen Verständnis einen Nutzen für Unternehmen zu ziehen.

Neben der theoretischen Beschäftigung mit CEP gilt es in dieser Arbeit ebenfalls zu klären, wie sich ein solches Event verarbeitendes IT System designen, umsetzen und in Betrieb nehmen lässt, um die versprochenen Vorteile verifizieren zu können.

1.2 Motivation

Die Motivation für diese Arbeit ergibt sich aus der Notwendigkeit, dass es derzeit im Bereich Complex Event Processing noch sehr wenige Publikationen und Literaturwerke gibt. Ebenso rar sind Berichte über erprobte Umsetzungskonzepte und „Success Stories“, die durch CEP „enabled“ wurden. Dazu kommt, dass CEP größtenteils durch Analysten in den Vordergrund gedrängt wird, die jedoch nur wenige konkrete Anhaltspunkte auf Umsetzungsmöglichkeiten, Technologien, Standards und Produkte liefern können. So definiert die Gartner Group Complex Event Processing wie folgt:

„CEP agents will analyze, correlate, and summarize these low-level events into higher-level events, suitable for notifying people in human terms or for triggering automated processes. Businesses will operate more efficiently, with early warning of potential opportunities and problems, and with better understanding of the root causes that change conditions.“ (vgl. [Adi] zitiert nach Gartner, Inc. „Emerging Trends in Software Infrastructure“, 2003)

Aus diesem Zitat geht hervor, dass CEP sich mit dem Erkennen und der Nutzung von potenziellen Möglichkeiten beschäftigt. Außerdem wird in einem Unternehmen durch die Wahrnehmung von Problemsituationen und deren Ursache(n), Information erzeugt, um Managemententscheidungen und Entscheidungen auf Ebene der IT Systeme weitgehend zu unterstützen bzw. zu automatisieren.

Die Gartner Group sieht CEP im Jahr 2008 als ausgereiftes Konzept, sofern sich Service-oriented Architecture und Business Rules Architecture ebenso stark etablieren (vgl. [Schipper, 2005] S. 12).

Hinsichtlich der Innovation CEP sind auch wirtschaftliche Bereiche von Interesse, die durch den CEP Einsatz einen Vorteil erzielen können. So ist die Optimierung von Geschäftsprozessen ein Aspekt, um die Kosten für die Erstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung zu minimieren. Im Fall einer Prozessautomatisierung durch IT, stellt die zu verarbeitende Information einen wichtigen Aspekt dar. Die Qualität der Information steht dabei besonders im Vordergrund, da sie zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort und für den richtigen Zweck vorliegen muss. Complex Event Processing kann für eine Prozessoptimierung qualitativ hochwertige Information liefern, da Events (in dem Fall Unternehmensereignisse) zu dieser notwendigen Information umgewandelt werden können.

Aus diesen beiden Überlegungen ergeben sich die folgenden Zielsetzungen, welche diese Arbeit verfolgt.

1.2.1 Zielsetzungen dieser Arbeit

Die Zielsetzungen dienen als richtungsweisende Eingrenzungen der Themen dieser Arbeit. Folgende Fragestellungen und Ziele sind in dieser Arbeit von Interesse:

- Analyse der Einbettung von Complex Event Processing in den Bereich Enterprise Architecture, sowie das Anführen möglicher Gegensätze oder Analogien bei den unterschiedlichen Modellen und Konzepten
- Herstellung einer Verbindung zwischen IT-Monitoring und der Dienstorientierung von IT Services
- Detaillierte Untersuchung von CEP durch Erklärung aller relevanten Begriffe

- Abgrenzung der Begriffe CEP und ESP, um eine einheitliche Betrachtungsweise in dieser Arbeit zu schaffen
- Darstellung der Anwendungsbereiche und Umsetzungsmöglichkeiten von CEP (Event Formate, CEP/ESP Produkte, Standards, Technologien und Frameworks)
- Klärung der Einbettung von CEP im Architekturkonzept Event Driven Architecture (EDA)
- Erstellung eines Vorgehensmodells für die Implementierung einer EDA mit Hilfe von CEP
- Erprobung des Vorgehensmodells durch eine prototypische Anwendung und Dokumentation der durchgeführten Tätigkeiten
- Abschätzung der zukünftigen Entwicklungen von CEP und EDA in Hinsicht auf technologische Verbesserungen

Aus den angeführten Zielsetzungen dieser Arbeit ergibt sich das übergeordnete Ziel, Complex Event Processing theoretisch und im praktischen Einsatz (Implementierung einer Architektur, die mit CEP arbeitet) vorzustellen.

1.3 Inhalt dieser Arbeit

Der Inhalt dieser Arbeit geht auf den Bereich Informationsmanagement ein, wobei sich Informationsmanagement einerseits mit wirtschaftlichen und andererseits mit technischen Aspekten auseinandersetzt. Nachdem Complex Event Processing stärker zum technologischen als zum wirtschaftlich Umfeld tendiert, ist der Forschungsschwerpunkt eindeutig der technischen Seite (Informationstechnologie) zuzuordnen. Die Leserin bzw. der Leser sollte aus diesem Grund ein technisches Grundverständnis besitzen, wobei neu auftretende Begriffe weitgehend erklärt werden. Englische Begriffe werden, falls notwendig und sinnvoll, ins Deutsche übersetzt, wobei allgemein gültige

Fachbegriffe aus Gründen der Lesbarkeit im Englischen belassen werden.
An folgende Personengruppen richtet sich diese Arbeit:

- IT Entscheider, die sich im Umfeld von Real Time Enterprise und Echtzeitdatenverarbeitung gut auskennen
- Personen, die sich für die Thematiken Complex Event Processing und Event Driven Architecture interessieren
- Personen, die auf der Suche nach einem konkreten Vorgehensmodell für ein Event verarbeitendes IT System sind

1.4 Aufbau der Arbeit

Im Folgenden wird der Aufbau dieser Arbeit erklärt, um die nachfolgenden Kapitel vorzustellen. Die Einordnung von CEP wird am Ende dieses Unterkapitels anhand einer Abbildung dargestellt (siehe Abbildung 1-1, S. 26).

Zum Einstieg in die Thematik von Complex Event Processing ist es zunächst notwendig, sich auf Modelle und Konzepte im Bereich Enterprise Architecture (EA) (Kapitel 2) zu stützen, um auf oberster Ebene einer IT Architektur zu beginnen. Darin enthalten ist die Klärung der Begriffe **Prozessorientierung in Unternehmen** und **Geschäftsprozessmanagement**, die in der gesamten Arbeit relevant sind. Anschließend wird mit dem **Real Time Enterprise** ein konkretes Konzept vorgestellt, wie sich Unternehmen im Bereich der Echtzeitinformativverarbeitung orientieren können und welche Vorteile sich daraus erzielen lassen. Darauf folgend sind die beiden Enterprise Architekturen Zachman Framework und „The Open Group Architecture Framework“ (TOGAF) von Interesse. Den Abschluss dieses Kapitels bildet die Vorstellung der Service-orientierten Architektur (SOA).

In Kapitel 3 wird der Begriff IT anhand der Dienstorientierung näher gebracht. Konkret wird dabei der Begriff **IT Service Management** erklärt, der sich mit der Information Technology Infrastructure Library (ITIL) und dem Microsoft

Operations Framework auseinandersetzt. Die darin vorgestellten Begriffe sind notwendig, um die praktische Erprobung einer CEP unterstützten Architektur zu verstehen.

Die Kernthematik dieser Arbeit wird in Kapitel 4 detailliert erläutert, in welcher **Complex Event Processing** im Mittelpunkt steht. Dabei wird zunächst eine Einleitung zur Event Verarbeitung geboten, die sich über die möglichen CEP Techniken bis hin zu deren Ausführung erstreckt. Im letzten Teil dieses Kapitels werden CEP Produkte, Frameworks und Standards vorgestellt, die als Grundlagen für die nachfolgenden Kapitel dienen.

Kapitel 5 befasst sich mit dem Architekturkonzept einer **Event Driven Architecture** (EDA), das als zentrales Element Complex Event Processing einsetzt. In diesem Kapitel werden die Komponenten einer EDA und die Event Verarbeitungsarten vorgestellt, wobei auch relevante Technologien und Standards erläutert werden.

Um sich ein besseres Bild über die bereits erwähnten Begriffe und Themen machen zu können, zeigt die folgende Abbildung eine grobe Übersicht und mögliche Zu-/Einordnungen dieser (siehe Abbildung 1-1).

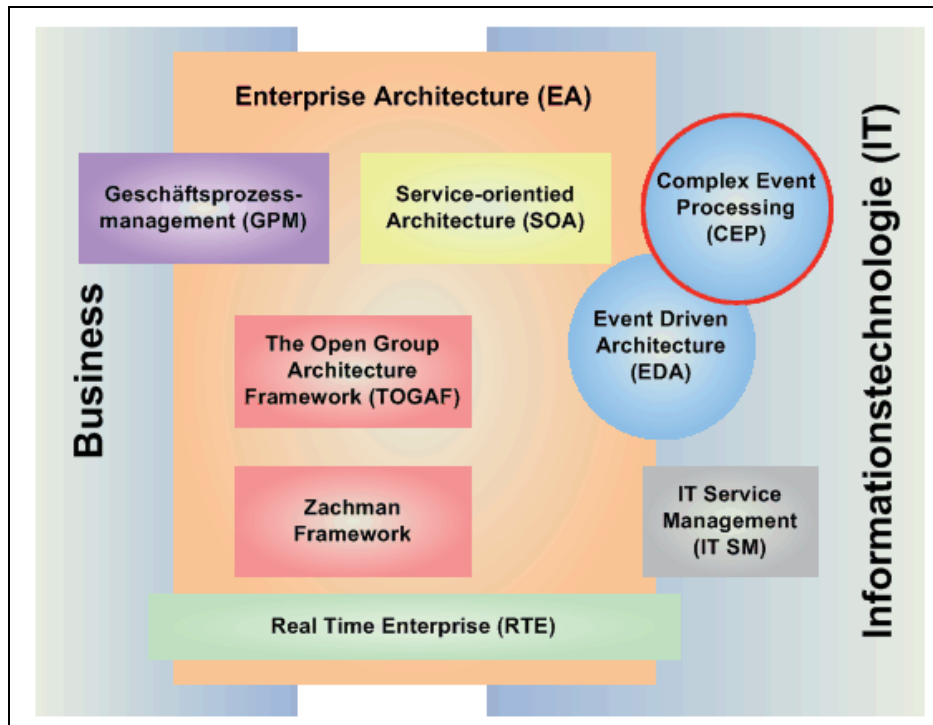


Abbildung 1-1 Themenübersicht

Die Abbildung zeigt die beiden Bereiche Business und Informationstechnologie (IT). Dazwischen sind verschiedene Konzepte, Architekturen und Methoden angesiedelt.

Aus den theoretischen Ausführungen zum Thema EDA ergibt sich die Beschreibung eines **Vorgehensmodells** (Kapitel 6), das zur Implementierung einer solchen Architektur dient. Es wird dabei detailliert auf die notwendigen Schritte des Vorgehensmodells eingegangen.

Kapitel 7 beschreibt die **praktische Umsetzung** dieses Vorgehensmodells und bietet Einblicke in die technologische Umsetzung von Event verarbeitenden Techniken. Die Aufgabenstellung der praktischen Umsetzung ist, Events, die aus einer IT Überwachung stammen, mit automatisierten Geschäftsprozessen in Beziehung zu setzen.

Im letzten Kapitel (Kapitel 8) verschaffen eine **Zusammenfassung** und eine **kritische Betrachtung** einen Überblick über die Ergebnisse dieser Arbeit, wobei im **Ausblick** auf zukünftige Entwicklungen und mögliche Verbesserungsvorschläge seitens des Autors eingegangen wird.