

BAMBERGER BEITRÄGE
ZUR WIRTSCHAFTSINFORMATIK UND ANGEWANDTEN INFORMATIK
ISSN 0937-3349

Nr. 97

**Konzeption einer Komponentenarchitektur für prozessorientierte
OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme**

Thomas Benker

Oktober 2015

Nachfolgender Beitrag wurde beim Workshop für Business Intelligence 2015 (31. Juli 2015, Brühl) vorgestellt. Die Begutachtung zur Beitragsannahme erfolgte doppelt blind.

FAKULTÄT FÜR WIRTSCHAFTSINFORMATIK UND ANGEWANDTE INFORMATIK
OTTO-FRIEDRICH-UNIVERSITÄT BAMBERG

Konzeption einer Komponentenarchitektur für prozessorientierte OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme

Thomas Benker

*Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik,
insbes. Systementwicklung und Datenbankanwendung
Otto-Friedrich-Universität Bamberg*

Abstract

Prozessorientierte Data-Warehouse-Systeme (DWH-Systeme) stellen, im Vergleich zu klassischen DWH-Systemen, neben entscheidungsunterstützenden Daten zum Ergebnis von Geschäftsprozessen auch Daten zu deren Ablauf bereit. Sie sind dabei auf zwei wesentliche Szenarien ausgerichtet: Das erste Szenario hat die Bereitstellung multidimensionaler, prozessbezogener Daten zum Ziel, mit denen die Gestaltung von Prozessen unterstützt werden kann. Das zweite Szenario hat die Datenbereitstellung und die Entscheidungsfindung mit niedriger Latenz zum Ziel. Es ist auf steuernde Maßnahmen in laufenden Prozessinstanzen ausgerichtet. Zur Unterstützung beider Szenarien wird im vorliegenden Beitrag ein Architekturkonzept für prozessorientierte OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme, auf der Basis von Komponenten, vorgeschlagen. Das Architekturkonzept berücksichtigt dabei neben der Realisierung der Funktionen eines prozessorientierten DWH-Systems auch deren Integration mit Funktionen operativer Teilsysteme sowie Funktionen zur automatisierten Entscheidungsfindung. Weitere im Architekturkonzept berücksichtigte Anforderungen sind die zeit- und bedarfsgerechte Informationsversorgung heterogener Nutzergruppen sowie die flexible Anpassbarkeit an Veränderungen in Geschäftsprozessen.

1 Einleitung

Hoher Wettbewerbsdruck und dynamische Märkte stellen zwei Herausforderungen dar, denen sich viele Unternehmen ausgesetzt sehen. In einer dynamischen Umwelt gilt es für

Unternehmen, flexibel und ohne großen Zeitverzug auf den Markt und dessen Veränderungen zu reagieren (Dorn, Burkhart, Werth & Dustdar, 2010). Eine Reaktion kann einerseits das aktive Eingreifen in den Ablauf einer Prozessinstanz bedeuten. Am Beispiel eines Transportdienstleisters können Verzögerungen in Lieferungen von Stammkunden genannt werden. Durch frühzeitiges Erkennen könnte aktiv in den Lieferprozess eingegriffen oder der Kunde zeitnah, zusammen mit einem individuellen Angebot, über die Verzögerung informiert werden. Andererseits können Reaktionen künftig ablaufende Prozessinstanzen beeinflussen. Zu unterscheiden ist, ob hierzu lediglich die Rahmenbedingungen (z.B. Ressourcenausstattung) angepasst werden oder ob eine Neuausrichtung der Prozessstruktur notwendig wird. Am Beispiel des Transportdienstleisters wäre die zeiteffizientere Gestaltung des Prozesses zur Auftragsvergabe denkbar. In den beschriebenen Szenarien sind mitunter komplexe Entscheidungen auf der Grundlage multidimensionaler, prozessbezogener Daten notwendig. Zur Bereitstellung einer geeigneten Datenbasis wird beispielsweise von Bange und Fuchs (2011) oder Schwingel (2010) das Konzept des prozessorientierten Data-Warehouse-Systems (DWH-System) vorgeschlagen. Prozessorientiert bedeutet dabei, dass vom DWH-System nicht nur entscheidungsunterstützende Informationen zu Ergebnissen von Prozessen, sondern auch zu deren Ablauf bereitgestellt werden. Durch die explizite Berücksichtigung der Prozesslogik in Analysen ergeben sich neue Perspektiven für die Business Intelligence (BI) (Baars & Sun, 2013).

Prozessorientierte DWH-Systeme stellen, verglichen mit klassischen, unternehmensweiten DWH-Systemen, spezifische Anforderungen an die Architektur (siehe Abschnitt 2.2). Bei Panian (2008) wird beispielsweise die Anwendung des serviceorientierten Paradigmas auf die Architektur von BI-Anwendungen motiviert, wenn es darum geht, Analysen nahe am Prozess durchzuführen und flexibel auf veränderte Anforderungen zu reagieren. Zur Realisierung der Reaktionen ist, neben der Bereitstellung entscheidungsrelevanter Daten, auch die engere Integration prozessorientierter DWH-Systeme mit operativen Systemen notwendig. Im vorliegenden Beitrag wird deshalb eine Architektur für prozessorientierte DWH-Systeme basierend auf Komponenten vorgeschlagen und in die Architektur prozessorientierter OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme (AwS) eingeordnet. Abbildung 1 zeigt den schematischen Aufbau des prozessorientierten Anwendungssystems. OLTP-Systeme sind für die Prozessdurchführung verantwortlich, während das prozessorientierte DWH-System

OLAP-Zugriffe auf die aufbereiteten Prozessdaten ermöglicht. Auf dieser Grundlage können Entscheidungen zur operativen Steuerung der Prozesse ((teil-)automatisiert) sowie zur Gestaltung der Prozesse und der ausführenden Systeme (teil-automatisiert) getroffen werden.

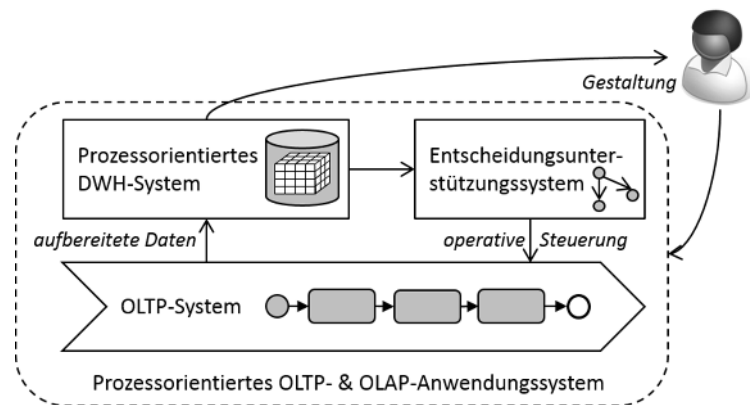


Abbildung 1: Schematischer Aufbau eines prozessorientierten OLTP- & OLAP-Anwendungssystems

Die vorliegende Arbeit behandelt ein Konstruktionsproblem und wird der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik nach Sinz (2010) zugeordnet. Zielsetzung ist es, eine konzeptuelle Architektur für prozessorientierte OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme zu erstellen. Der Beitrag der vorliegenden Arbeit bestimmt sich aus den Schritten zur Lösung des Konstruktionsproblems:

- (i) Spezifikation von Anforderungen an prozessorientierte OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme auf Basis der Literatur.
- (ii) Funktionsorientierte Spezifikation eines generellen Architekturkonzepts für DWH-Systeme, ausgerichtet auf Flexibilität und heterogene Nutzergruppen.
- (iii) Erweiterung eines bestehenden Konzeptes einer Komponentenarchitektur, basierend auf der unter (ii) beschriebenen flexiblen Data-Mart-Architektur, zur Realisierung prozessorientierter OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme.

Hierzu werden anhand der Literatur zunächst in Abschnitt 2 das Konzept des prozessorientierten DWH-Systems eingeführt, sowie Anforderungen an die Architektur abgeleitet.

In Abschnitt 3 werden verwandte Arbeiten anhand der Anforderungen prozessorientierter Systeme diskutiert. Abschnitt 4 hat die Konzeption der prozessorientierten OLTP- & OLAP-Komponentenarchitektur (Schritte (ii) und (iii)) zum Gegenstand. Anhand eines kurzen Beispiels wird zudem der Ablauf zur prozessorientierten Datenbereitstellung erläutert. Der Beitrag schließt mit einer Diskussion ausgewählter Aspekte und künftiger Schritte.

2 Prozessorientierte Data-Warehouse-Systeme

Zunächst wird das Konzept des prozessorientierten DWH-Systems anhand seiner Anwendungsszenarien eingeführt. Darauf aufbauend sowie anhand der Literatur werden Anforderungen an die Architektur prozessorientierter OLTP- & OLAP-AwS formuliert.

2.1 Anwendungsszenarien prozessorientierter Data-Warehouse-Systeme

Das Konzept des prozessorientierten DWH-Systems wird in der Literatur heterogen abgegrenzt. In einigen Arbeiten wird die Anwendung prozessorientierter DWH-Systeme lediglich für operative Szenarien, also zur Unterstützung von Entscheidungen während der Prozessausführung (*Runtime*), motiviert (z.B. Bucher & Dinter, 2008a, 2008b). Andere Beiträge (z.B. Bange & Fuchs, 2011; Schwingel, 2010) beziehen zudem mittelfristige, auf die Prozessgestaltung bezogene Fragestellungen (*Buildtime*) mit ein. Der vorliegende Beitrag setzt auf der letztgenannten Abgrenzung auf. Aus einer unabhängigen Datengrundlage lassen sich Informationen sowohl für operative als auch für gestaltungsbezogene Entscheidungssituationen ableiten. Die beiden DWH-Szenarien werden in Tabelle 1 charakterisiert.

	<i>DWH-Szenario</i>	
	operativ <i>(Runtime)</i>	gestaltungsbezogen <i>(Buildtime)</i>
Gegenstand	laufende Instanz	beendete Instanzen
Einfluss auf laufende Instanz	... nachfolgende Instanzen
Zielsetzung	aktive Steuerung	Verbesserung/Gestaltung
Entscheidungsfindung	teil-/voll-automatisiert	teil-automatisiert
Informationsbedarf	Ereignisse u. Prozessablaufkennzahlen	Ereignisse, Prozessablauf- u. -ergebniskennzahlen

Tabelle 1: Charakterisierung prozessorientierter DWH-Szenarien

Im *operativen*, auf die Ausführung von Prozessen ausgerichteten DWH-Szenario bildet die laufende Instanz eines Prozesses den zentralen Untersuchungsgegenstand. Zielsetzung ist die aktive Steuerung dieser Prozessinstanz. Entscheidungssituationen ergeben sich v.a. aufgrund von Ereignissen in Geschäftsprozessen bzw. deren ausführbaren Instanzen. Die Entscheidungsfindung kann dabei teil- oder voll-automatisiert ablaufen. Als Entscheidungsgrundlage dienen mehrheitlich Ereignisse im Prozess und Prozessablaufkennzahlen (z.B. Laufzeit von Aktivitäten) (Schwingel, 2010). Im *gestaltungsbezogenen DWH-Szenario* fließen zudem Prozessergebniskennzahlen (z.B. Absatzmenge, Gesamtlaufzeit) in die teil-automatisierte Entscheidungsfindung mit ein (Schwingel, 2010). Zielsetzung ist die Gestaltung bzw. Verbesserung von Prozessen. Resultierende Maßnahmen können dabei die Rahmenbedingungen (z.B. Ressourcenausstattung, technische Ausstattung maschineller Aufgabenträger) zur Prozessdurchführung oder auch die Prozessstruktur betreffen (Felden, Chamoni & Linden, 2010). Unter teil-automatisierter Entscheidungsfindung wird die Bereitstellung des multidimensionalen Entscheidungskontexts durch ein AwS verstanden, wobei die eigentliche Entscheidungsfindung durch eine Person erfolgt. Bei voll-automatisierter Entscheidungsfindung werden beide Teilaufgaben automatisiert durchgeführt.

2.2 Anforderungen an prozessorientierte OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme

Nachfolgend werden die Anforderungen an ein prozessorientiertes DWH-System vorgestellt. Die Anforderungen (**A1** bis **A6**) werden anhand der DWH-Szenarien aus Abschnitt 2.1 sowie anhand der bestehenden Literatur abgeleitet.

A1. Datenbereitstellung und Reaktion mit angemessener Latenzzeit: Zur aktiven Steuerung laufender Prozessinstanzen ist eine niedrige Latenz zur Datenbereitstellung, Entscheidungsfindung und Reaktion entscheidend. Nach Russom (2011) geht in diesen Situationen mit zunehmender Verzögerung der finanzielle Verlust des Unternehmens einher. Die Datenbereitstellung muss nicht notwendigerweise in Echtzeit stattfinden. Wichtig ist, dass zum Zeitpunkt der Entscheidungsfindung ein aktueller und konsistenter Datenbestand für den zuständigen Entscheider vorliegt. Für das gestaltungsbezogene DWH-Szenario wird die Latenzzeit zur Entscheidungsfindung als weniger kritisch bewertet.

A2. Informationsversorgung heterogener Zielgruppen: Die Realisierung eines prozessorientierten DWH-Systems ermöglicht einer breiteren und heterogenen Nutzermasse den Zugang zu OLAP-Systemen, als dies bei klassischen DWH-Systemen der Fall ist. Letztere stehen eher wenigen Nutzern im strategischen oder taktischen Management zur Verfügung. Nutzer prozessorientierter DWH-Systeme können während der Prozessausführung hingegen Mitarbeiter und Verantwortliche auf operativer Ebene (aus unterschiedlichen Abteilungen), aus dem taktischen und strategischen Management, Analysten aber auch Geschäftspartner wie Kunden und Lieferanten sein (ElegantJ BI, 2008; White, 2006). Für das gestaltungsbezogene DWH-Szenario leitet sich die Nutzergruppe aus der Zielsetzung, der Prozessanalyse und -gestaltung ab (Felden et al., 2010). Jede der genannten Nutzergruppen verfolgt eine eigene Zielsetzung, die es durch Bereitstellung bedarfsgerechter Informationen zu unterstützen gilt.

A3. Flexible Anpassbarkeit: DWH-Systeme, insbesondere deren Datenstrukturen, unterliegen im Zeitverlauf Veränderungen und sind somit nicht als stabil anzusehen (Bauer & Günzel, 2009, S. 200). Ursächlich dafür können zum einen Anpassungen an operativen Quellsystemen sein oder neue bzw. veränderte Anforderungen, die sich aus der täglichen Arbeit mit den DWH-Systemen ergeben (Bauer & Günzel, 2009, S. 205f.). Beide Ursachen sind gerade für Unternehmen in einer dynamischen Umwelt von hoher Relevanz. Bei dynamischen AwS mit großer heterogener Nutzergruppe ist nicht nur zur Entwicklungs-, sondern auch während der Betriebsphase von einer kontinuierlichen Anpassung der Anforderungen auszugehen (Casati, Castellanos, Dayal & Salazar, 2007). Hinsichtlich neuausgerichteter Geschäftsprozesse oder veränderter Anforderungen sind neben operativen Systemen auch die prozessorientierten DWH-Systeme flexibel anpassbar zu gestalten.

A4. Bereitstellung eines adäquaten Entscheidungskontexts: Die Entscheidungsfindung während der Prozessausführung basiert mehrheitlich auf Ereignissen und Prozessablaufkennzahlen, hinsichtlich der Prozessgestaltung finden zudem Prozessergebniskennzahlen Berücksichtigung (Schwingel, 2010). Diese Daten sind von einem prozessorientierten DWH-System zur Bereitstellung eines umfassenden Entscheidungskontexts zu erfassen. Die Prozesskennzahlen sollen Analysen zu Qualität, Kosten und Zeit eines Prozesses ermöglichen (Bange & Fuchs, 2011). Als Prozessergebniskennzahlen werden auch quantitative, geschäftsbezogene Kennzahlen, wie Absatzmenge oder Umsatz, verstanden.

A5. Bereitstellung eines multidimensionalen und historisierten Datenbestands: Für umfassende Analysen ist die Bereitstellung eines multidimensionalen, historisierten und nicht-volatilen Datenbestandes wie in unternehmensweiten DWH-Systemen notwendig (Castellanos, Simitsis, Wilkinson & Dayal, 2009; Russom, 2011). Die Daten sollten nicht voragregiert und in der Granularität vorliegen, wie sie von Prozessinstanzen abgegriffen werden können (Inmon, 2000). Es muss jedoch die Möglichkeit zur Abstraktion bestehen (Castellanos et al., 2009).

A6. Ermöglichen eines Bi-direktionalen Datentransfers: In klassischen DWH-Systemen läuft der Datentransfer i.d.R. ausschließlich vom operativen zum analytischen System. Für das operative DWH-Szenario wird bei Russom (2011) die Anforderung spezifiziert, operative und analytische Systeme enger zu integrieren, um einen schnelleren, häufigeren und v.a. bi-direktionalen Datentransfer zwischen diesen zu ermöglichen. Entscheidungsergebnisse können damit an das operative System übermittelt werden. Um neben der Latenz zur Datenbereitstellung auch die Latenz zur Entscheidungsfindung und Reaktion zu reduzieren, können zudem Komponenten zur automatisierten Entscheidungsfindung integriert werden (White, 2006).

3 Verwandte Forschungsarbeiten

Als verwandt werden Arbeiten angesehen, die sich mit Architekturen für prozessorientierte DWH-Systeme beschäftigen und wenigstens eines der in Abschnitt 2.1 eingeführten DWH-Szenarien abdecken. Mehrheitlich finden sich dabei Arbeiten mit Bezug zum operativen Szenario.

Eine erste Gruppe von Ansätzen beschreibt technische Konzepte (z.B. In-Memory-Technologien, spaltenorientierte Datenmodelle) für Datenbanksysteme zur Unterstützung hybrider OLTP- und OLAP-Anwendungsfälle. Bei Schaffner, Bog, Krüger und Zeier (2009) sowie Kemper und Neumann (2011) steht v.a. die Bereitstellung operativer Daten für analytische Zwecke mit geringer Latenz (**A1**) sowie die Vermeidung von Blockierungen operativer Datenbankzugriffe durch langlaufende Analysen bzw. Datenextraktion im Fokus.

Eine weitere Gruppe von Ansätzen erweitert klassische DWH-Architekturen für entweder das operative oder das gestaltungsbezogene DWH-Szenario: Bei Linden, Neuhaus, Kili-
mann, Bley und Chamoni (2010) wird die Erweiterung für den spezifischen Anwendungs-
fall der ereignisbasierten Steuerung von Logistikprozessen vorgestellt. Gerade die proak-
tive Reaktion mit geringer Latenz (**A1**) steht im Fokus. Ereignisse aus Logistikprozessen
können gemeinsam mit multidimensionalen Daten (**A5**) des Kern-DWHs ausgewertet wer-
den. Bei Christ (2009) wird operatives BI in einer Schicht zwischen operativem AWS und
DWH-System als Erweiterung eines *Operational Data Stores* (ODS) realisiert. Als Anfor-
derung wird explizit die Verkürzung der Latenzzeit (**A1**) genannt. Daten werden auf Gra-
nularität der Geschäftstransaktion (**A5**) jedoch nur volatil mit kurzfristiger Historisierung
vorgehalten. Bei Schiefer, Jeng, Kapoor und Chowdhary (2004) wird die *Process Informa-
tion Factory*, ein Architekturkonzept zur Verwaltung von Prozessdaten, vorgestellt. Eine
klassische DWH-Architektur wird explizit um eine Prozessperspektive (**A4**) erweitert.
Nicht-volatile, historisierte multidimensionale Daten werden in einem prozessorientierten
DWH-System verwaltet (**A5**). Anfragen mit niedriger Reaktionslatenz werden aus dem
vorgelagerten *Process Data Store* auf Basis volatiler, aktueller (nicht historisierter), aber
detaillierter Transaktionsdaten beantwortet (**A1**). Bei Casati et al. (2007) wird eine generi-
sche Lösung für ein prozessorientiertes DWH-System unter Berücksichtigung der Prozess-
perspektive (**A4**) und sich dynamisch verändernder Anforderungen (**A2**) spezifiziert. Zur
Darstellung von Prozessinformationen wird ein multidimensionales Modell vorgeschlagen,
das die Integration betriebswirtschaftlicher und prozessbezogener Daten ermöglicht (**A5**).

Eine dritte Gruppe setzt auf dem serviceorientierten Paradigma auf. Bei Vogt, Neuhaus,
Linden und Chamoni (2008) wird die Realisierung eines operativen DWH-Systems auf
Basis einer serviceorientierten und ereignisgetriebenen Architektur vorgeschlagen. Trans-
aktionale und analytische Dienste werden über einen Enterprise Service Bus zur operativen
Entscheidungsunterstützung flexibel koordiniert. Von Pospiech und Felden (2013) wird
eine serviceorientierte Referenzarchitektur für BI-Anwendungen vorgestellt. Diese ist auf
der Grundlage verwandter Arbeiten im Bereich *SOA-BI* (z.B. Chan, Sim & Yeoh, 2011;
Dinter, 2008; Vogt et al., 2008) konzipiert. Explizit bei der Gestaltung der Referenzarchi-
tektur angesprochene Anforderungen sind neben der Reduktion der Latenz zwischen Ge-
schäftsvorfall und Reaktion (**A1**) die flexible Anpassbarkeit (**A3**) sowie die Verwendung
analytischer Informationen während der Durchführung eines Prozesses (**A6**).

In Tabelle 2 werden die Ansätze und die berücksichtigten Anforderungen zusammenfassend dargestellt. Die heterogene Abdeckung der Anforderungen aus Abschnitt 2.2 ergibt sich aus der jeweiligen Zielsetzung und wird nicht als Lücke der Ansätze verstanden. Der vorliegende Beitrag setzt bei der dritten Gruppe der serviceorientierten BI-Ansätze an, stellt jedoch Struktur und Verhalten fachlich abgegrenzter Komponenten zur Realisierung der Anforderungen A1 bis A6 in den Fokus der Betrachtung. Schnittstellen der Komponenten des nachfolgend vorgestellten Architekturkonzeptes können als *Services* nach Pospiech und Felden (2013) realisiert und in die Referenzarchitektur eingeordnet werden.

		A1	A2	A3	A4	A5	A6
Technische Ansätze	Kemper und Neumann (2011)	X					
	Schaffner et al. (2009)						
Erweiterungen klassischer Architekturen	Linden et al. (2010)	X				X	
	Christ (2009)	X				(X)	
	Schiefer et al. (2004)	X			X	X	
	Casati et al. (2007)		X		X	X	
SOA-BI-Ansätze	Chan et al. (2011)						
	Dinter (2008)						
	Pospiech und Felden (2013)	X		X			X
	Vogt et al. (2008)						

X → Anforderung wurde im Ansatz explizit berücksichtigt

Tabelle 2: Zusammenfassung in verwandten Arbeiten berücksichtigter Anforderungen

4 Konzeption einer Komponentenarchitektur für prozessorientierte OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme

Die Konzeption einer Komponentenarchitektur für prozessorientierte OLTP- & OLAP Anwendungssysteme erfolgt in zwei Schritten. In einem ersten Schritt wird, basierend auf einem generischen Schichtenmodell (Abschnitt 4.1), funktionsorientiert ein Architekturkonzept für DWH-Systeme vorgestellt, das auf heterogene Nutzergruppen sowie flexible Anpassbarkeit ausgerichtet ist (Abschnitt 4.2). Im zweiten Schritt wird darauf aufbauend die Komponentenarchitektur für prozessorientierte OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme konzipiert (Abschnitt 4.3). In Abschnitt 4.4. wird der Ablauf zur Datenbereitstellung anhand eines Beispiels erläutert.

4.1 Ein generisches Schichtenmodell der Architektur von DWH-Systemen

Bei Sinz und Ulbrich-vom Ende (2010) wird, wie in Abbildung 2 dargestellt, die generische Architektur von DWH-Systemen in Form von Softwareschichten beschrieben. Die Schichten sind anhand der durchzuführenden Aufgabe sachzielorientiert abgegrenzt und über Schnittstellen zugreifbar. Für einzelne Schichten ist sowohl eine Realisierung mit persistenter als auch mit virtualisierter Datenverwaltung möglich.

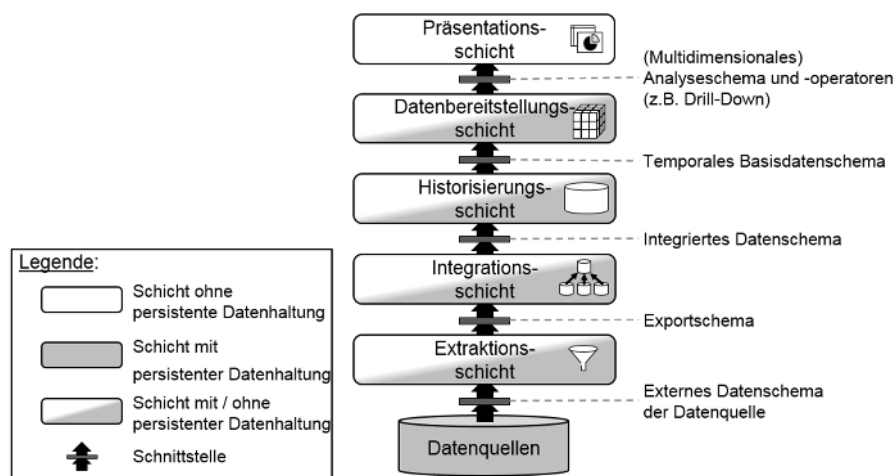


Abbildung 2: Schichtenmodell als generischer Rahmen für die Architektur von DWH-Systemen nach Sinz und Ulbrich-vom Ende (2010)

Die einzelnen Schichten werden nach Sinz und Ulbrich-vom Ende (2010) wie folgt beschrieben:

- *Datenquellen*: Unternehmensinterne oder externe Datenquellen stellen eine Vorstufe des eigentlichen DWH-Systems dar. Über ein externes Schema werden die für das DWH-System bereitgestellten Datenstrukturen beschrieben.
- *Extraktionsschicht*: Die Funktion der Extraktionsschicht stellt das Laden der im DWH-System benötigten Datenstrukturen aus den Datenquellen dar. Die Bereitstellung der extrahierten Datenstrukturen zur Weiterverarbeitung durch übergeordnete Schichten erfolgt über das Exportschema.

- *Integrationsschicht*: Die Funktion der Integrationsschicht umfasst sowohl die Transformation (syntaktische und semantische Bereinigung) als auch die Integration der im Exportschema bereitgestellten Daten. Über ein integriertes Datenschema werden die resultierenden Datenstrukturen weitergegeben.
- *Historisierungsschicht*: In der Historisierungsschicht erfolgt die Erweiterung des integrierten Datenschemas um zeitliche Aspekte hin zu einem temporalen Basisdatenschema.
- *Datenbereitstellungsschicht*: Gegenstand der Datenbereitstellungsschicht ist der Aufbau einer multidimensionalen Datenstruktur, die als multidimensionales Analyseschema mit den zugehörigen OLAP-Operatoren bereitgestellt werden.
- *Präsentationsschicht*: Werkzeuge zur Nutzung des DWH-Systems werden in der Präsentationsschicht realisiert, die meist jedoch nicht als Bestandteil von DWH-Systemen gesehen werden.

4.2 Konzept einer flexiblen Data-Mart-Architektur

Spezifische Architekturformen von DWH-Systemen können als Extension des in Abschnitt 4.1 eingeführten generischen Schichtenmodells gebildet werden. Als Gestaltungsparameter können Form und Anzahl der Exemplare je Schicht sowie deren Konfiguration (z.B. Verteilung der Schichten, Form der Datenverwaltung) herangezogen werden. Als Kriterien zur Gestaltung können die zu unterstützende Organisationsstruktur sowie die Reichweite des DWH-Systems dienen (Sinz & Ulbrich-vom Ende, 2010). Die Konzeption der *flexiblen Data-Mart-Architektur* erfolgt ebenfalls als Extension des generischen Schichtenmodells. Zentrale Gestaltungskriterien stellen dabei die in Abschnitt 2.2 spezifizierten Anforderungen **A1** und **A3** dar. Aus diesen bestimmt sich der Begriff der *flexiblen Data-Mart-Architektur*. Unter Flexibilität wird sowohl die Möglichkeit zur flexiblen Anpassung an veränderte Anforderungen als auch die Flexibilität bei der bedarfsgerechten Bereitstellung entscheidungsrelevanter Daten für heterogene Nutzergruppen verstanden. Die Verwendung des Konzepts der *Data Marts* begründet sich v.a. durch die Anforderungen **A2** und **A5**. Die Anforderungen **A4** und **A6** beschreiben im Wesentlichen Anforderungen für das Zusammenspiel von OLTP- und OLAP-Bestandteilen und werden daher explizit im nachfolgenden Abschnitt aufgegriffen. Die Grundidee zur Erreichung der Flexibilität liegt in der Auf-

teilung der Aufgaben der Datenbereitstellungsschicht. Die multidimensionale Aufbereitung der Daten wird in den Aufgabenbereich der Datenquellen verschoben. Das Konzept der flexiblen Data-Mart-Architektur wird in Abbildung 3 dargestellt.

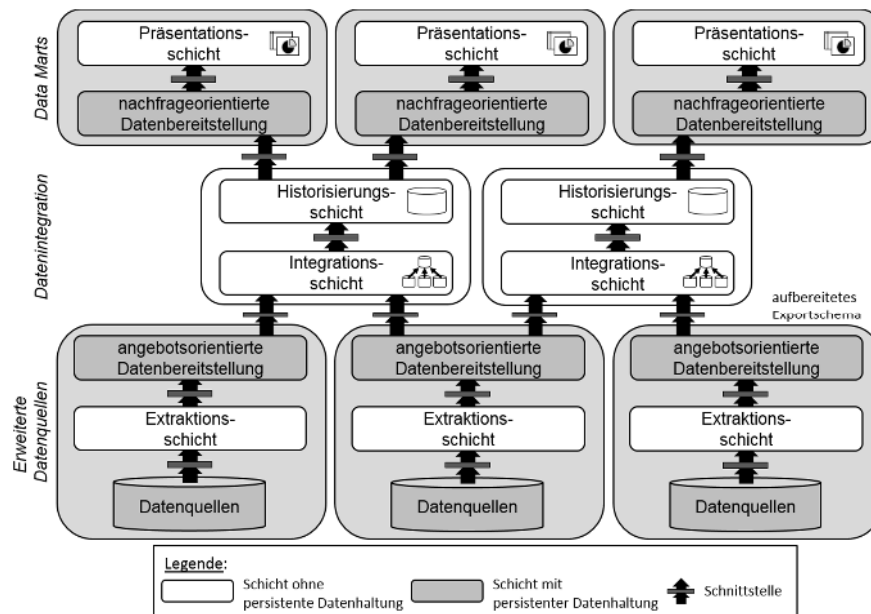


Abbildung 3: Flexible Data-Mart-Architektur

Erweiterte Datenquellen: Interne Datenquellen sind in der flexiblen Data-Mart-Architektur nicht mehr nur für die Verwaltung operativer Daten zuständig. Der Aufgabenbereich wird um die DWH-spezifischen Aufgaben der *Extraktion* sowie der *angebotsorientierten Datenbereitstellung* erweitert. *Angebotsorientiert* bedeutet dabei, möglichst umfassend entscheidungsrelevante Daten aus der verwalteten Datenquelle zu extrahieren und unabhängig von deren Nutzung bereitzustellen. Die Datenbereitstellung erfolgt nicht integriert, multidimensional aufbereitet und auf Granularität von Prozessinstanzen. So können entscheidungsrelevante Daten flexibel zu heterogenen Entscheidungssituationen herangezogen und wiederverwendet werden (Anforderung A3). Beispiele für die multidimensionale Aufbereitung stellen die Berechnung von Kennzahlen oder der Aufbau von Dimensionsstrukturen dar. Die Strukturierung des *erweiterten Exportschemas* der Datenbereitstellung kann in Form von Schlüssel-Wert-Paaren, mit der jeweiligen Transaktions-ID als Schlüssel

und dem multidimensionalen Artefakt als Wert, erfolgen. Die persistente Verwaltung der aufbereiteten Datenbestände erfolgt in der angebotsorientierten Datenbereitstellung, um kurzfristig (**A1**), flexibel (**A3**) und ohne Beeinflussung der operativen Datenquellen entscheidungsrelevante Daten anbieten zu können. Die Realisierung kurzer Latenzzeiten kann durch inkrementelle Aktualisierung des erweiterten Exportschemas gemäß *PUSH*-Prinzip, aufgrund von Veränderung in der operativen Datenquelle, gefördert werden (**A1**).

Die Komplexität der Aufgabe zur angebotsorientierten Bereitstellung von entscheidungsrelevanten Daten ist stark von Komplexität und Größe des verwalteten operativen Datenschemas abhängig. Die klare Abgrenzbarkeit der Datenstrukturen sowie die Verfügbarkeit zusätzlicher Informationen zur multidimensionalen Aufbereitung stellen notwendige Voraussetzungen dar. Externe Datenquellen bieten zwar keinen Zugriff auf die Implementierung, können über Wrapper aber als erweiterte Datenquelle integriert werden.

Data Marts: Die Grundidee von Data Marts besteht darin „(...) einen (...) inhaltlich beschränkten Fokus des Unternehmens oder einer Abteilung als Teilsicht (...) abzubilden“ (Bauer & Günzel, 2009, S. 62). Während erweiterte Datenquellen die Daten angebotsorientiert bereitstellen, erfolgt die Bereitstellung innerhalb der Data Marts nachfrageorientiert, in integrierter multidimensionaler Form. Nachfrageorientiert bedeutet, dass sich Datenschema und Granularität der Instanzen, aber auch Realisierungsform des multidimensionalen Datenmodells und Präsentationswerkzeuge an den Anforderungen der jeweiligen Nutzergruppe orientieren (**A2**). Die persistente Verwaltung der multidimensionalen und historisierten entscheidungsrelevanten Daten erfolgt verteilt ebenfalls durch die Komponenten zur Datenbereitstellung (**A5**).

Datenintegration: Aufgabe der Datenintegration ist das Schließen der Lücke zwischen angebots- und nachfrageorientierter Datenbereitstellung. Nach dem Abgreifen der nicht integrierten aufbereiteten Daten über die Exportschemata der verschiedenen Datenquellen werden diese nach erfolgter Transformation, Integration und Historisierung für die relevanten Data Marts bereitgestellt. Eine Systemkomponente zur Datenintegration kann dabei mehrere Data Marts mit vergleichbarer inhaltlicher Struktur beliefern. Historisierungsschicht und Integrationsschicht werden aufgrund ihres gemeinsamen Versorgungsauftrages zur *Datenintegration* zusammengefasst. Auf eine persistente Datenverwaltung innerhalb

der Datenintegration wird hinsichtlich der flexiblen Anpassbarkeit und der flexiblen Datenbereitstellung verzichtet.

4.3 Konzept einer Komponentenarchitektur für prozessorientierte OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme

Als Zielsetzung der komponentenorientierten Softwareentwicklung wird bei Sharp und Ryan (2005) die Entwicklung hoch flexibler Systeme genannt, um Herausforderungen sich dynamisch verändernder Geschäftsprozesse gewachsen zu sein. Durch die Integration vordefinierter Softwarekomponenten können Kosten-, Zeit- und Wartungsaufwand im Vergleich zu objektorientierten oder auch strukturierten Entwicklungsansätzen reduziert werden (Sharp & Ryan, 2005). Bzgl. der Anforderungen **A1** und **A3** erscheint das komponentenorientierte Paradigma zur Realisierung prozessorientierter AwS als geeignet. Nachfolgend wird eine Architektur für prozessorientierte OLTP- & OLAP-AwS, basierend auf Komponenten, vorgestellt. Als *Architektur* eines AwS wird nachfolgend dessen Bauplan im Sinne der Spezifikation seiner Komponenten, seiner Beziehungen sowie der Konstruktionsregeln zur Erstellung des Bauplanes verstanden. In einem verteilten AwS kooperieren lose gekoppelte, autonome Komponenten zur Erreichung gemeinsamer Ziele (Sinz, 2002). Nach Ackermann et al. (2002) stellt eine *Komponente* Dienste zur Wiederverwendung über eine wohldefinierte Schnittstelle zur Verfügung. Sie wird zudem als abgeschlossen und vermarktbar charakterisiert. Die Realisierung der Komponente bleibt aus Außensicht transparent und kann aus verschiedenartigen Softwareartefakten bestehen. Im vorliegenden Beitrag werden Komponententypen hinsichtlich der verfolgten Zielsetzung in prozessorientierten OLTP- & OLAP-Anwendungsszenarien abgegrenzt. Das Konzept der flexiblen Data-Mart-Architektur wird dazu als Komponentenarchitektur interpretiert und hinsichtlich eines Architekturkonzeptes für prozessorientierte OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme erweitert. Hinsichtlich der Abgrenzung der Komponenten wird die Arbeit von Benker (2013) aufgegriffen und um die Unterstützung prozessorientierter Anwendungsszenarien ergänzt. Bei Benker (2013) wird u.a. die Bereitstellung entscheidungsrelevanter operativer Daten in Data-Mart-Komponenten beschrieben. Abbildung 4 zeigt

das resultierende Architekturkonzept. Als Notation wird das Komponentendiagramm der Unified Modeling Language (UML¹) verwendet.

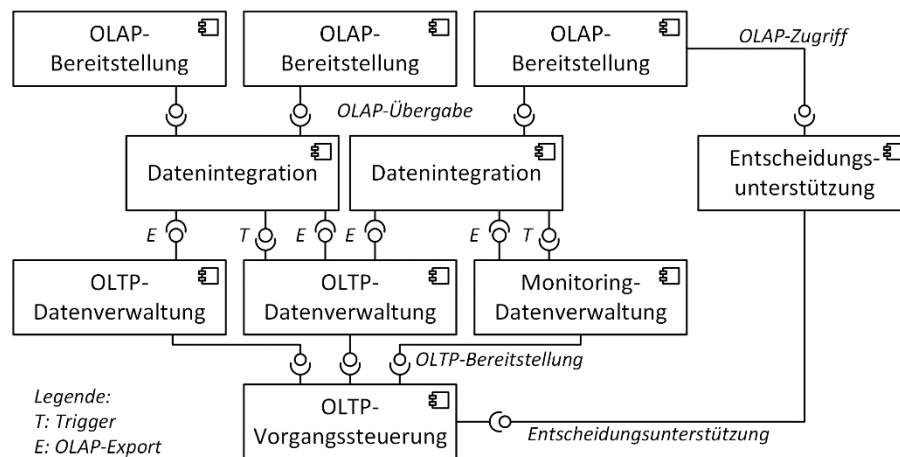


Abbildung 4: Komponentenarchitektur prozessorientierter OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme

Zur Steuerung der automatisierten Durchführung von Prozessen sind Komponenten zur *OLTP-Vorgangssteuerung* vorgesehen. Hierzu orchestrieren diese mehrere Komponenten zur *OLTP-Datenverwaltung* bzw. nutzen Komponenten zur *Monitoring-Datenverwaltung*, um Daten zum Prozessablauf aufzuzeichnen. Der Zugriff auf die Komponenten zur Datenverwaltung erfolgt über die Schnittstelle *OLTP-Bereitstellung* (z.B. *Create*-, *Read*-, *Update*- und *Delete*-Operationen). OLAP-seitig übernehmen die Komponenten zur OLTP-Datenverwaltung die in Abschnitt 4.2 beschriebenen Aufgaben der Extraktion und angebotsorientierten Datenbereitstellung über die Schnittstelle *OLAP-Export* (E).

Komponenten zur *Datenintegration* übernehmen die Aufgaben der Transformation und Historisierung für Daten einer konkreten Prozessinstanz. Ausgelöst wird die Datenintegration durch Ereignisse im Ablauf eines Prozesses. Der Aufruf erfolgt über die *Trigger*-Schnittstelle durch die Komponente, in der das Ereignis wahrgenommen wurde. Möglich

¹ UML Spezifikation: <http://www.omg.org/spec/UML/2.4.1/Superstructure/PDF/> - Zugriff: 18.06.2015

sind fachliche (z.B. Abbruch einer Bestellung) und zeitbezogene Ereignisse (z.B. Zeitpunkte oder Zeitspannen) in Komponenten zur OLTP-Datenverwaltung oder technische Ereignisse (z.B. Ausnahmen in Prozessinstanzen) in Monitoring-Komponenten (Benker, 2013). Ereignisse bieten die Möglichkeit, entscheidungsrelevante Daten zum richtigen Zeitpunkt bereitzustellen, so dass Anfragen auf einem aktuellen und zu den operativen Daten konsistenten Datenbestand ausgeführt werden können (**A1**). Der Zugriff auf die Daten der OLTP-Datenverwaltung erfolgt über die Schnittstelle zum OLAP-Export (E), die den Zugriff auf das in Abschnitt 4.2 beschriebene erweiterte Exportschema bereitstellt. Die Übergabe der Daten an Komponenten zur *OLAP-Bereitstellung* erfolgt über die Schnittstelle *OLAP-Übergabe*. Komponenten zur OLAP-Bereitstellung werden inkrementell erweitert und bieten bedarfsgerecht (bzgl. Aufbereitung der Daten, Realisierungsform des multidimensionalen Datenmodells, Verwendung der Basistechnologien) und zeitgerecht OLAP-Operationen basierend auf einem aktuellen und historisierten Datenbestand an (**A2**). In prozessorientierten DWH-Systemen werden Daten aus klar abgrenzbaren prozessspezifischen Datenquellen verwendet. Es kann weitgehend von homogenen Daten ausgegangen werden. Komplexe Transformationsaufgaben zur syntaktischen und semantischen Bereinigung wie in ETL-Prozessen (Extraktion, Transformation, Laden) unternehmensweiter DWH-Systeme werden damit nicht notwendig. Dies wirkt sich positiv auf die Datenbereitstellung mit niedriger Latenz aus (**A1**).

Der Zugriff auf Komponenten zur OLAP-Bereitstellung kann, wie bei Benker (2013) beschrieben, über Präsentationswerkzeuge durch personelle Entscheider erfolgen. Im Kontext prozessorientierter OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme ist jedoch auch der Zugriff zur automatisierten Entscheidungsunterstützung vorzusehen. Die Entscheidungsfindung kann explizit aus den Komponenten zur OLTP-Vorgangsteuerung aufgerufen werden. Entscheidungsunterstützende Komponenten bieten hierzu fachliche Schnittstellen an. Zur Realisierung sind entsprechende Entscheidungsmodelle zu hinterlegen. Durch die Integration von Komponenten zur automatisierten Entscheidungsfindung in die Vorgangsteuerung operativer Prozesse kann zudem die Latenz zwischen Ereignis und adäquater Reaktion reduziert werden (**A1**). Damit wird auch der Informationsfluss von OLAP- zu OLTP-Bestandteilen ermöglicht (**A6**).

Durch die funktionsorientierte Bildung von Komponenten zur OLTP-Bereitstellung, Datenintegration und OLAP-Bereitstellung sowie die Spezifikation stabiler Schnittstellen

wird ein wesentlicher Beitrag zur Flexibilität geleistet. Auf neue oder veränderte Anforderungen bzgl. der Entscheidungsunterstützung oder auf veränderte operative Prozesse kann durch Anpassung der operativen Datenkomponenten, des Integrationsprozesses und/oder der entscheidungsunterstützenden Komponenten flexibel reagiert werden. Je nach Änderungen ist ggf. nur die Anpassung einer der genannten Komponenten notwendig. Änderungen können auch nebenläufig durchgeführt und damit die Entwicklungszeit reduziert werden (A3). Für die Bereitstellung eines adäquaten Entscheidungskontextes (A4) sind im Wesentlichen die Komponenten zur OLTP-Datenverwaltung verantwortlich. OLTP-Komponenten stellen betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Dimensionen und Ereignisse über die von ihnen verwalteten Daten bereit, über Monitoring-Komponenten können technische Daten zum Prozessablauf mit einbezogen werden, so dass für die in Abschnitt 2.1 beschriebenen DWH-Szenarien eine adäquate Entscheidungsgrundlage bereitgestellt wird.

4.4 Exemplarischer Ablauf zur bedarfsgerechten Datenbereitstellung

Komponenten zur OLTP-Datenverwaltung können ausschließlich die von ihnen verwalteten Daten multidimensional aufbereiten und nicht integriert bereitstellen. Um eine ganzheitliche Perspektive auf den Prozess bzw. eine Instanz zu erhalten sowie zur nachfrageorientierten Datenbereitstellung werden die aufbereiteten OLTP-Daten integriert. Nachfolgend wird anhand des eingangs beschriebenen Beispiels eines Transportdienstleisters der Ablauf der Datenbereitstellung erläutert. Abbildung 5 zeigt einen exemplarischen Workflow zur Datenintegration unter Verwendung der Business Process Model and Notation² (BPMN). Er dient der Integration von entscheidungsrelevanten Daten zur Analyse der laufenden Auslieferung von Paketen. Relevant bedeutet dabei, dass eine Komponente zur OLAP-Bereitstellung die Daten explizit zur Deckung des Informationsbedarfs, der aus der Zielsetzung der Nutzer abgeleitet wird, benötigt.

Als Auslöser wird das fachliche Ereignis *Lieferung verzögert* angenommen. Der Workflow zur Datenintegration wird über dessen Schnittstelle (*Trigger*) mit Transaktionskennung und Zustand des Geschäftsprozesses gestartet (*integrate(TID,state)*). Zur Integration entscheidungsrelevanter Daten werden diese anhand ihrer TID über die OLAP-Schnittstellen der

² BPMN Spezifikation: <http://www.bpmn.org/> - Zugriff: 18.06.2015

verwaltenden OLTP-Komponenten abgefragt. Im Beispiel werden die Komponenten zur Verwaltung von Lieferdaten (Kennzahl: Prozesslaufzeit bis zum Ereignis, *getElapsedTime*; Dimension: Lieferkategorie, *getShipmentCategory*) und zur Verwaltung von Kundendaten (Dimension: Kundenkategorie, *getCustomerCategory*) eingebunden. Mit Empfang der Daten werden diese durch den Workflow in einem multidimensionalen Datensatz zusammengefügt und abschließend an die entsprechenden Komponenten zur OLAP-Bereitstellung übergeben (*push*). Der Ablauf eines Workflows zur Datenintegration wird über den Zustand einer Prozessinstanz gesteuert. So können bei der Datenintegration aufgrund des fachlichen Ereignisses *Lieferung verzögert* beispielsweise noch keine Rechnungsinformationen berücksichtigt werden.

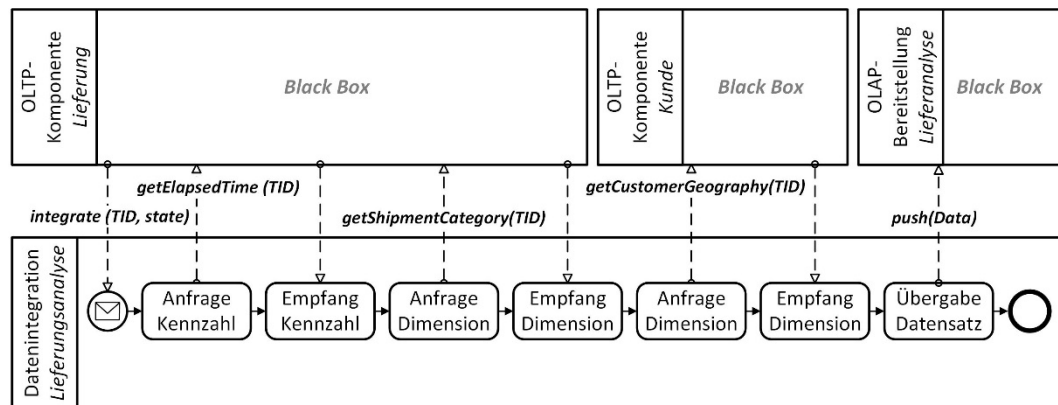


Abbildung 5: Exemplarischer Ablauf zur bedarfsgerechten Datenintegration

5 Diskussion und Ausblick

Der vorliegende Beitrag beschreibt ausgehend von sechs Anforderungen eine Architektur für prozessorientierte DWH-Systeme sowie die Integration dieser Architektur in ein Anwendungssystem für hybride OLTP- & OLAP-Anwendungsszenarien. Zur Realisierung der Anwendungsszenarien wird das Konzept der Komponenten gewählt. Nachfolgend werden ausgewählte Aspekte und zukünftige Forschungsaktivitäten basierend auf der vorgestellten Komponentenarchitektur diskutiert.

Polyglot DWH-Systems: Bei Sadalage und Fowler (2012) wird das Konzept der *Polyglot Persistence* vorgeschlagen. Dieses sieht vor, in Abhängigkeit von technischen und strukturellen Anforderungen einer Anwendungsdomäne das passende Datenbanksystem zu wählen. Als Vorteile sind dabei u.a. die Reduktion der Komplexität während der Entwicklung sowie der Datennutzung zur Laufzeit zu nennen. Durch die NoSQL-Bewegung stehen zahlreiche alternative Technologien zur Datenverwaltung und -analyse zur Verfügung. Es wird angeregt, das Konzept auch auf DWH-Systeme anzuwenden. In DWH-Systemen, auf Basis der flexiblen Data-Mart-Architektur, wird der Einsatz heterogener Datenbanksysteme und Zugriffstechnologien in Data Marts, in Abhängigkeit von den jeweiligen funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen der Nutzer (z.B. Datenvolumen, Strukturen, Latenz) ermöglicht.

Geschäftsprozessorientierte DWH-Systeme: Arbeiten zu prozessorientierten DWH-Systemen verwenden den Begriff *Prozess* im Sinne von *Workflow*, als Lösungsverfahren für Aufgabenträger. Die betriebliche Leistungserstellung und deren Lenkung mit Bezug zu den Unternehmenszielen wird nach Pütz und Sinz (2010) in *Geschäftsprozessen* spezifiziert. Diese werden in Form betrieblicher Aufgaben, die über Ereignisse zueinander in Beziehung stehen, beschrieben. Workflows dienen dabei als Lösungsverfahren für eine oder mehrere betriebliche Aufgaben. Die Geschäftsprozessperspektive findet bislang noch keine Berücksichtigung in prozessorientierten DWH-Systemen. Ergänzend zu der Analyse von Lösungsverfahren für betriebliche Aufgaben (Workflows) ist geplant, künftig durch Berücksichtigung der Geschäftsprozessperspektive Analyseergebnisse auch in den Kontext der betrieblichen Leistungserstellung bzw. der Unternehmensziele einordnen zu können. Für weitere Arbeiten ist geplant die Geschäftsprozessperspektive bereits während der Entwicklung prozessorientierter OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme zu berücksichtigen.

Integration prozessorientierter und unternehmensweiter DWH-Systeme: Prozessorientierte, auf einzelne Geschäftsprozesse ausgerichtete DWH-Systeme sind in eine bestehende unternehmensweite DWH-Systemlandschaft unter Berücksichtigung der Aussagenkonsistenz einzubetten (Baars & Sun, 2013). Für unternehmensweite DWH-Systeme wird angenommen, dass diese entscheidungsrelevante Daten mehrerer Geschäftsprozesse sowie externer Datenquellen integrieren. Hinsichtlich der Konsistenz der entscheidungsrelevanten Daten, die von prozessorientierten und unternehmensweiten DWH-Systemen bereitgestellt werden, wird argumentiert, letztere auf Basis von prozessorientierten DWH-

Systemen zu befüllen. Das erweiterte Exportschema der Datenquellen der flexiblen Data-Mart-Architektur kann dabei als Quelle für die ETL-Prozesse verwendet werden.

Entwicklung prozessorientierter OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme: Die Entwicklung prozessorientierter OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme stellt eine komplexe Aufgabe dar, die neben der Entwicklung der Teilsysteme für OLTP- und OLAP-Funktionalität auch die Integration und Konsistenz zwischen beiden berücksichtigen muss. Vor dem Hintergrund der zuvor diskutierten Aspekte ist als weiterer Schritt geplant, eine Methodik zum Entwurf operativer Anwendungssysteme ausgehend von Geschäftsprozessmodellen um die Entwicklung von OLTP- & OLAP-Anwendungssystemen zu erweitern.

6 Literatur

- Ackermann, J., Brinkop, F., Conrad, S., Fettke, P., Frick, A., Glistau, E., . . . Turowski, K. (2002). *Memorandum zu Vereinheitlichte Spezifikation von Fachkomponenten*.
- Baars, H. & Sun, X. (2013). Wo sind die Klippen im Prozess?: Business Process Intelligence - das unterschätzte Potenzial. *BI Spektrum*, 8(4), 10–12.
- Bange, C. & Fuchs, C. (2011). *Wege zu prozessorientiertem BI*. <http://www.computerwoche.de/a/wege-zu-prozessorientiertem-bi,1905827>, letzter Zugriff: 2015-06-23.
- Bauer, A. & Günzel, H. (2009). *Data-Warehouse-Systeme: Architektur, Entwicklung, Anwendung* (3rd ed.). Heidelberg: dpunkt.
- Benker, T. (2013). A Hybrid OLAP & OLTP Architecture Using Non-Relational Data Components. In R. Jung & M. Reichert (Eds.), *GI Edition Proceedings: Vol. 222. Fifth Int. Workshop on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures (EMISA 2013). September 5 – 6, 2013 St.Gallen, Switzerland*. Bonn: Köllen.
- Bucher, T. & Dinter, B. (2008a). Anwendungsfälle der Nutzung analytischer Informationen im operativen Kontext. In M. Bichler, T. Hess, H. Krcmar, U. Lechner, F. Matthes, A. Picot, . . . P. Wolf (Eds.), *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik, MKWI 2008, München, 26.2.2008 - 28.2.2008, Proceedings*. Berlin: GITO-Verlag.
- Bucher, T. & Dinter, B. (2008b). Process Orientation of Information Logistics - An Empirical Analysis to Assess Benefits, Design Factors, and Realization Approaches. In *Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Casati, F., Castellanos, M., Dayal, U. & Salazar, N. (2007). A Generic solution for Warehousing Business Process Data. In Christoph Koch, Johannes Gehrke, Minos N. Garofalakis, Divesh Srivastava, Karl Aberer, Anand Deshpande, . . . Erich J. Neuhold (Eds.), *Proceedings of the 33rd International Conference on Very Large Data Bases* (S. 1128–1137). ACM.

- Castellanos, M., Simitsis, A., Wilkinson, K. & Dayal, U. (2009). Automating the loading of business process data warehouses. In *Proceedings of the 12th International Conference on Extending Database Technology: Advances in Database Technology* (S. 612–623). Saint Petersburg, Russia: ACM.
- Chan, L.-K., Sim, Y.-W. & Yeoh, W. (2011). A SOA-Driven Business Intelligence Architecture. *Communications of the IBIMA*, (S. 1–8).
- Christ, U. (2009). An Architecture for Integrated Operational Business Intelligence. In J. C. Freytag, T. Ruf, W. Lehner & G. Vossen (Eds.): *Vol. 144. LNI, Datenbanksysteme in Business, Technologie und Web (BTW 2009), 13. Fachtagung des GI-Fachbereichs Datenbanken und Informationssysteme* (S. 460–468).
- Dinter, B. (2008). Einsatzmöglichkeiten serviceorientierter Architekturen in der Informationslogistik. In J. Töpfer & R. Winter (Eds.), *Active Enterprise Intelligence™* (S. 221–241). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Dorn, C., Burkhart, T., Werth, D. & Dustdar, S. (2010). Self-adjusting Recommendations for People-Driven Ad-Hoc Processes. In R. Hull, J. Mendling & S. Tai (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science. Business Process Management* (S. 327–342). Berlin, Heidelberg: Springer.
- ElegantJ BI. (2008). *Operational Business Intelligence (BI): Integrated Business Intelligence for Performance Management, Operational Business Intelligence and Data Management*. <http://www.tutorialspoint.com/white-papers/371.pdf>, letzter Zugriff: 2015-06-23.
- Felden, C., Chamoni, P. & Linden, M. (2010). From Process Execution towards a Business Process Intelligence. In W. Abramowicz & R. Tolksdorf (Eds.), *Lecture Notes in Business Information Processing. Business Information Systems* (S. 195–206). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Inmon, W. H. (2000). *Operational and Informational Reporting*. <http://www.information-management.com/issues/20000701/2349-1.html>, letzter Zugriff: 2015-06-23.
- Kemper, A. & Neumann, T. (2011). HyPer: A hybrid OLTP&OLAP main memory database system based on virtual memory snapshots. In *27th International Conference on Data Engineering (ICDE)* (S. 195–206).
- Linden, M., Neuhaus, S., Kilimann, D., Bley, T. & Chamoni, P. (2010). Event-Driven Business Intelligence Architecture for Real-Time Process Execution in Supply Chains. In W. Abramowicz & R. Tolksdorf (Eds.), *Lecture Notes in Business Information Processing. Business Information Systems* (S. 280–290). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Panian, Z. (2008). How to Make Business Intelligence Actionable through Service-oriented Architectures. *WSEAS TRANSACTIONS on BUSINESS and ECONOMICS*, 5(5), (S. 210–221).
- Pospiech, M. & Felden, C. (2013). Service-Oriented Business Intelligence Reference Architecture in Face of Advanced BI Concepts: Research in Progress. In *Proceedings of the Nineteenth Americas Conference on Information Systems*.

- Pütz, C. & Sinz, E. J. (2010). Model-driven Derivation of BPMN Workflow Schemata from SOM Business Process Models. *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures*, 5(2), 57–72.
- Russom, P. (2011). Operational Data Warehousing: The Integration of Operational Applications and Data Warehouses. In tdwi.org (Ed.), *TDWI Best Practices Report. Operational Data Warehousing*. <http://tdwi.org/research/2010/10/bpr-q4-operational-data-warehousing.aspx>, letzter Zugriff: 2015-06-23.
- Sadalage, P. J. & Fowler, M. (2012). *NoSQL distilled: A brief guide to the emerging world of polyglot persistence*. Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley.
- Schaffner, J., Bog, A., Krüger, J. & Zeier, A. (2009). A Hybrid Row-Column OLTP Database Architecture for Operational Reporting. In W. Aalst, J. Mylopoulos, N. M. Sadeh, M. J. Shaw, C. Szyperski, M. Castellanos, . . . T. Sellis (Eds.), *Lecture Notes in Business Information Processing. Business Intelligence for the Real-Time Enterprise* (S. 61–74). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schiefer, J., Jeng, J.-J., Kapoor, S. & Chowdhary, P. (2004). Process information factory: a data management approach for enhancing business process intelligence. In *Proceedings on IEEE International Conference on e-Commerce Technology* (S. 162–169).
- Schwingel, J. (2010). Prozessorientierte BI - Strategien für Process Performance Management. *BI Spektrum*, 14–18.
- Sharp, J. & Ryan, S. (2005). A Review of Component-Based Software Development. In *ICIS 2005 Proceedings* (S. 151–161).
- Sinz, E. J. (2010). Konstruktionsforschung in der Wirtschaftsinformatik: Was sind die Erkenntnisziele gestaltungsorientierter Wirtschaftsinformatikforschung? In H. Österle, R. Winter & W. Brenner (Eds.), *Gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik. Ein Plädoyer für Rigor und Relevanz* (S. 27–33). Nürnberg: Infowerk.
- Sinz, E. J. (2002). Architektur von Informationssystemen. In P. Rechenberg & G. Pomberger (Eds.), *Informatik-Handbuch* (3rd ed., S. 1055–1068). München, Wien: Hanser.
- Sinz, E. J. & Ulbrich-vom Ende, A. (2010). Architektur von Data-Warehouse-Systemen. In P. Chamoni (Ed.), *Analytische Informationssysteme. Business-Intelligence-Technologien und -Anwendungen* (4th ed., S. 175–196). Berlin [u.a.]: Springer.
- Vogt, T., Neuhaus, S., Linden, M. & Chamoni, P. (2008). Business-Intelligence-Konzept auf Basis einer Event-Driven Service-Oriented Architecture. In B. Dinter, R. Winter, P. Chamoni, N. Gronau & K. Turowski (Eds.): *Vol. 138. LNI, DW 2008 - Synergien durch Integration und Informationslogistik* (S. 217–228). GI.
- White, C. (2006). *The Next Generation of Business Intelligence: Operational BI*. http://www.academia.edu/7938823/helping_build_the_smart_business_The_Next_Generation_of_Business_Intelligence_Operational_BI, letzter Zugriff: 2015-06-13.

Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik

- Nr. 1 (1989) Augsburger W., Bartmann D., Sinz E.J.: Das Bamberger Modell: Der Diplom-Studiengang Wirtschaftsinformatik an der Universität Bamberg (Nachdruck Dez. 1990)
- Nr. 2 (1990) Esswein W.: Definition, Implementierung und Einsatz einer kompatiblen Datenbankschnittstelle für PROLOG
- Nr. 3 (1990) Augsburger W., Rieder H., Schwab J.: Endbenutzerorientierte Informationsgewinnung aus numerischen Daten am Beispiel von Unternehmenskennzahlen
- Nr. 4 (1990) Ferstl O.K., Sinz E.J.: Objektmodellierung betrieblicher Informationsmodelle im Semantischen Objektmodell (SOM) (Nachdruck Nov. 1990)
- Nr. 5 (1990) Ferstl O.K., Sinz E.J.: Ein Vorgehensmodell zur Objektmodellierung betrieblicher Informationssysteme im Semantischen Objektmodell (SOM)
- Nr. 6 (1991) Augsburger W., Rieder H., Schwab J.: Systemtheoretische Repräsentation von Strukturen und Bewertungsfunktionen über zeitabhängigen betrieblichen numerischen Daten
- Nr. 7 (1991) Augsburger W., Rieder H., Schwab J.: Wissensbasiertes, inhaltsorientiertes Retrieval statistischer Daten mit EISREVU / Ein Verarbeitungsmodell für eine modulare Bewertung von Kennzahlenwerten für den Endanwender
- Nr. 8 (1991) Schwab J.: Ein computergestütztes Modellierungssystem zur Kennzahlenbewertung
- Nr. 9 (1992) Gross H.-P.: Eine semantiktreue Transformation vom Entity-Relationship-Modell in das Strukturierte Entity-Relationship-Modell
- Nr. 10 (1992) Sinz E.J.: Datenmodellierung im Strukturierten Entity-Relationship-Modell (SERM)
- Nr. 11 (1992) Ferstl O.K., Sinz E. J.: Glossar zum Begriffssystem des Semantischen Objektmodells
- Nr. 12 (1992) Sinz E. J., Popp K.M.: Zur Ableitung der Grobstruktur des konzeptuellen Schemas aus dem Modell der betrieblichen Diskurswelt
- Nr. 13 (1992) Esswein W., Locarek H.: Objektorientierte Programmierung mit dem Objekt-Rollenmodell
- Nr. 14 (1992) Esswein W.: Das Rollenmodell der Organsiation: Die Berücksichtigung aufbauorganisatorische Regelungen in Unternehmensmodellen
- Nr. 15 (1992) Schwab H. J.: EISREVU-Modellierungssystem. Benutzerhandbuch
- Nr. 16 (1992) Schwab K.: Die Implementierung eines relationalen DBMS nach dem Client/Server-Prinzip
- Nr. 17 (1993) Schwab K.: Konzeption, Entwicklung und Implementierung eines computergestützten Bürovorgangssystems zur Modellierung von Vorgangsklassen und Abwicklung und Überwachung von Vorgängen. Dissertation
- Nr. 18 (1993) Ferstl O.K., Sinz E.J.: Der Modellierungsansatz des Semantischen Objektmodells
- Nr. 19 (1994) Ferstl O.K., Sinz E.J., Amberg M., Hagemann U., Malischewski C.: Tool-Based Business Process Modeling Using the SOM Approach

- Nr. 20 (1994) Ferstl O.K., Sinz E.J.: From Business Process Modeling to the Specification of Distributed Business Application Systems - An Object-Oriented Approach -. 1st edition, June 1994
- Ferstl O.K., Sinz E.J. : Multi-Layered Development of Business Process Models and Distributed Business Application Systems - An Object-Oriented Approach -. 2nd edition, November 1994
- Nr. 21 (1994) Ferstl O.K., Sinz E.J.: Der Ansatz des Semantischen Objektmodells zur Modellierung von Geschäftsprozessen
- Nr. 22 (1994) Augsburg W., Schwab K.: Using Formalism and Semi-Formal Constructs for Modeling Information Systems
- Nr. 23 (1994) Ferstl O.K., Hagemann U.: Simulation hierarischer objekt- und transaktionsorientierter Modelle
- Nr. 24 (1994) Sinz E.J.: Das Informationssystem der Universität als Instrument zur zielgerichteten Lenkung von Universitätsprozessen
- Nr. 25 (1994) Wittke M., Mekinic, G.: Kooperierende Informationsräume. Ein Ansatz für verteilte Führungsinformationssysteme
- Nr. 26 (1995) Ferstl O.K., Sinz E.J.: Re-Engineering von Geschäftsprozessen auf der Grundlage des SOM-Ansatzes
- Nr. 27 (1995) Ferstl, O.K., Mannmeusel, Th.: Dezentrale Produktionslenkung. Erscheint in CIM-Management 3/1995
- Nr. 28 (1995) Ludwig, H., Schwab, K.: Integrating cooperation systems: an event-based approach
- Nr. 30 (1995) Augsburg W., Ludwig H., Schwab K.: Koordinationsmethoden und -werkzeuge bei der computergestützten kooperativen Arbeit
- Nr. 31 (1995) Ferstl O.K., Mannmeusel T.: Gestaltung industrieller Geschäftsprozesse
- Nr. 32 (1995) Gunzenhäuser R., Duske A., Ferstl O.K., Ludwig H., Mekinic G., Rieder H., Schwab H.-J., Schwab K., Sinz E.J., Wittke M: Festschrift zum 60. Geburtstag von Walter Augsburg
- Nr. 33 (1995) Sinz, E.J.: Kann das Geschäftsprozeßmodell der Unternehmung das unternehmensweite Datenschema ablösen?
- Nr. 34 (1995) Sinz E.J.: Ansätze zur fachlichen Modellierung betrieblicher Informationssysteme - Entwicklung, aktueller Stand und Trends -
- Nr. 35 (1995) Sinz E.J.: Serviceorientierung der Hochschulverwaltung und ihre Unterstützung durch workflow-orientierte Anwendungssysteme
- Nr. 36 (1996) Ferstl O.K., Sinz, E.J., Amberg M.: Stichwörter zum Fachgebiet Wirtschaftsinformatik. Erscheint in: Broy M., Spaniol O. (Hrsg.): Lexikon Informatik und Kommunikationstechnik, 2. Auflage, VDI-Verlag, Düsseldorf 1996
- Nr. 37 (1996) Ferstl O.K., Sinz E.J.: Flexible Organizations Through Object-oriented and Transaction-oriented Information Systems, July 1996
- Nr. 38 (1996) Ferstl O.K., Schäfer R.: Eine Lernumgebung für die betriebliche Aus- und Weiterbildung on demand, Juli 1996

- Nr. 39 (1996) Hazebrouck J.-P.: Einsatzpotentiale von Fuzzy-Logic im Strategischen Management dargestellt an Fuzzy-System-Konzepten für Portfolio-Ansätze
- Nr. 40 (1997) Sinz E.J.: Architektur betrieblicher Informationssysteme. In: Rechenberg P., Pomberger G. (Hrsg.): Handbuch der Informatik, Hanser-Verlag, München 1997
- Nr. 41 (1997) Sinz E.J.: Analyse und Gestaltung universitärer Geschäftsprozesse und Anwendungssysteme. Angenommen für: Informatik '97. Informatik als Innovationsmotor. 27. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Aachen 24.-26.9.1997
- Nr. 42 (1997) Ferstl O.K., Sinz E.J., Hammel C., Schlitt M., Wolf S.: Application Objects – fachliche Bausteine für die Entwicklung komponentenbasierter Anwendungssysteme. Angenommen für: HMD – Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik. Schwerpunktheft ComponentWare, 1997
- Nr. 43 (1997): Ferstl O.K., Sinz E.J.: Modeling of Business Systems Using the Semantic Object Model (SOM) – A Methodological Framework - . Accepted for: P. Bernus, K. Mertins, and G. Schmidt (ed.): Handbook on Architectures of Information Systems. International Handbook on Information Systems, edited by Bernus P., Blazewicz J., Schmidt G., and Shaw M., Volume I, Springer 1997
- Ferstl O.K., Sinz E.J.: Modeling of Business Systems Using (SOM), 2nd Edition. Appears in: P. Bernus, K. Mertins, and G. Schmidt (ed.): Handbook on Architectures of Information Systems. International Handbook on Information Systems, edited by Bernus P., Blazewicz J., Schmidt G., and Shaw M., Volume I, Springer 1998
- Nr. 44 (1997) Ferstl O.K., Schmitz K.: Zur Nutzung von Hypertextkonzepten in Lernumgebungen. In: Conradi H., Kreutz R., Spitzer K. (Hrsg.): CBT in der Medizin – Methoden, Techniken, Anwendungen - . Proceedings zum Workshop in Aachen 6. – 7. Juni 1997. 1. Auflage Aachen: Verlag der Augustinus Buchhandlung
- Nr. 45 (1998) Ferstl O.K.: Datenkommunikation. In. Schulte Ch. (Hrsg.): Lexikon der Logistik, Oldenbourg-Verlag, München 1998
- Nr. 46 (1998) Sinz E.J.: Prozeßgestaltung und Prozeßunterstützung im Prüfungswesen. Erschienen in: Proceedings Workshop „Informationssysteme für das Hochschulmanagement“. Aachen, September 1997
- Nr. 47 (1998) Sinz, E.J., Wismans B.: Das „Elektronische Prüfungsamt“. Erscheint in: Wirtschaftswissenschaftliches Studium WiSt, 1998
- Nr. 48 (1998) Haase, O., Henrich, A.: A Hybrid Representation of Vague Collections for Distributed Object Management Systems. Erscheint in: IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering
- Nr. 49 (1998) Henrich, A.: Applying Document Retrieval Techniques in Software Engineering Environments. In: Proc. International Conference on Database and Expert Systems Applications. (DEXA 98), Vienna, Austria, Aug. 98, pp. 240-249, Springer, Lecture Notes in Computer Sciences, No. 1460
- Nr. 50 (1999) Henrich, A., Jamin, S.: On the Optimization of Queries containing Regular Path Expressions. Erscheint in: Proceedings of the Fourth Workshop on Next Generation Information Technologies and Systems (NGITS'99), Zikhron-Yaakov, Israel, July, 1999 (Springer, Lecture Notes)

- Nr. 51 (1999) Haase O., Henrich, A.: A Closed Approach to Vague Collections in Partly Inaccessible Distributed Databases. Erscheint in: Proceedings of the Third East-European Conference on Advances in Databases and Information Systems – ADBIS'99, Maribor, Slovenia, September 1999 (Springer, Lecture Notes in Computer Science)
- Nr. 52 (1999) Sinz E.J., Böhnlein M., Ulbrich-vom Ende A.: Konzeption eines Data Warehouse-Systems für Hochschulen. Angenommen für: Workshop „Unternehmen Hochschule“ im Rahmen der 29. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Paderborn, 6. Oktober 1999
- Nr. 53 (1999) Sinz E.J.: Konstruktion von Informationssystemen. Der Beitrag wurde in geringfügig modifizierter Fassung angenommen für: Rechenberg P., Pomberger G. (Hrsg.): Informatik-Handbuch. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser, München 1999
- Nr. 54 (1999) Herda N., Janson A., Reif M., Schindler T., Augsburg W.: Entwicklung des Intranets SPICE: Erfahrungsbericht einer Praxiskooperation.
- Nr. 55 (2000) Böhnlein M., Ulbrich-vom Ende A.: Grundlagen des Data Warehousing. Modellierung und Architektur
- Nr. 56 (2000) Freitag B, Sinz E.J., Wismans B.: Die informationstechnische Infrastruktur der Virtuellen Hochschule Bayern (vvhb). Angenommen für Workshop "Unternehmen Hochschule 2000" im Rahmen der Jahrestagung der Gesellschaft f. Informatik, Berlin 19. - 22. September 2000
- Nr. 57 (2000) Böhnlein M., Ulbrich-vom Ende A.: Developing Data Warehouse Structures from Business Process Models.
- Nr. 58 (2000) Knobloch B.: Der Data-Mining-Ansatz zur Analyse betriebswirtschaftlicher Daten.
- Nr. 59 (2001) Sinz E.J., Böhnlein M., Plaha M., Ulbrich-vom Ende A.: Architekturkonzept eines verteilten Data-Warehouse-Systems für das Hochschulwesen. Angenommen für: WI-IF 2001, Augsburg, 19.-21. September 2001
- Nr. 60 (2001) Sinz E.J., Wismans B.: Anforderungen an die IV-Infrastruktur von Hochschulen. Angenommen für: Workshop „Unternehmen Hochschule 2001“ im Rahmen der Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Wien 25. – 28. September 2001

Änderung des Titels der Schriftenreihe *Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik* in *Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik* ab Nr. 61

Note: The title of our technical report series has been changed from *Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik* to *Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik* starting with TR No. 61

Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik

- Nr. 61 (2002) Goré R., Mendler M., de Paiva V. (Hrsg.): Proceedings of the International Workshop on Intuitionistic Modal Logic and Applications (IMLA 2002), Copenhagen, July 2002.
- Nr. 62 (2002) Sinz E.J., Plaha M., Ulbrich-vom Ende A.: Datenschutz und Datensicherheit in einem landesweiten Data-Warehouse-System für das Hochschulwesen. Erscheint in: Beiträge zur Hochschulforschung, Heft 4-2002, Bayerisches Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung, München 2002
- Nr. 63 (2005) Aguado, J., Mendler, M.: Constructive Semantics for Instantaneous Reactions
- Nr. 64 (2005) Ferstl, O.K.: Lebenslanges Lernen und virtuelle Lehre: globale und lokale Verbesserungspotenziale. Erschienen in: Kerres, Michael; Keil-Slawik, Reinhard (Hrsg.); Hochschulen im digitalen Zeitalter: Innovationspotenziale und Strukturwandel, S. 247 – 263; Reihe education quality forum, herausgegeben durch das Centrum für eCompetence in Hochschulen NRW, Band 2, Münster/New York/München/Berlin: Waxmann 2005
- Nr. 65 (2006) Schönberger, Andreas: Modelling and Validating Business Collaborations: A Case Study on RosettaNet
- Nr. 66 (2006) Markus Dorsch, Martin Grote, Knut Hildebrandt, Maximilian Röglinger, Matthias Sehr, Christian Wilms, Karsten Loesing, and Guido Wirtz: Concealing Presence Information in Instant Messaging Systems, April 2006
- Nr. 67 (2006) Marco Fischer, Andreas Grünert, Sebastian Hudert, Stefan König, Kira Lenskaya, Gregor Scheithauer, Sven Kaffille, and Guido Wirtz: Decentralized Reputation Management for Cooperating Software Agents in Open Multi-Agent Systems, April 2006
- Nr. 68 (2006) Michael Mendler, Thomas R. Shiple, Gérard Berry: Constructive Circuits and the Exactness of Ternary Simulation
- Nr. 69 (2007) Sebastian Hudert: A Proposal for a Web Services Agreement Negotiation Protocol Framework . February 2007
- Nr. 70 (2007) Thomas Meins: Integration eines allgemeinen Service-Centers für PC-und Medientechnik an der Universität Bamberg – Analyse und Realisierungs-Szenarien. February 2007 (out of print)
- Nr. 71 (2007) Andreas Grünert: Life-cycle assistance capabilities of cooperating Software Agents for Virtual Enterprises. März 2007
- Nr. 72 (2007) Michael Mendler, Gerald Lüttgen: Is Observational Congruence on μ -Expressions Axiomatisable in Equational Horn Logic?
- Nr. 73 (2007) Martin Schissler: out of print
- Nr. 74 (2007) Sven Kaffille, Karsten Loesing: Open chord version 1.0.4 User's Manual. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 74, Bamberg University, October 2007. ISSN 0937-3349.

- Nr. 75 (2008) Karsten Loesing (Hrsg.): Extended Abstracts of the Second Privacy Enhancing Technologies Convention (PET-CON 2008.1). Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 75, Bamberg University, April 2008. ISSN 0937-3349.
- Nr. 76 (2008) Gregor Scheithauer, Guido Wirtz: Applying Business Process Management Systems – A Case Study. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 76, Bamberg University, May 2008. ISSN 0937-3349.
- Nr. 77 (2008) Michael Mendler, Stephan Scheele: Towards Constructive Description Logics for Abstraction and Refinement. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 77, Bamberg University, September 2008. ISSN 0937-3349.
- Nr. 78 (2008) Gregor Scheithauer, Matthias Winkler: A Service Description Framework for Service Ecosystems. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 78, Bamberg University, October 2008. ISSN 0937-3349.
- Nr. 79 (2008) Christian Wilms: Improving the Tor Hidden Service Protocol Aiming at Better Performances. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 79, Bamberg University, November 2008. ISSN 0937-3349.
- Nr. 80 (2009) Thomas Benker, Stefan Fritzemeier, Matthias Geiger, Simon Harrer, Tristan Kessner, Johannes Schwalb, Andreas Schönberger, Guido Wirtz: QoS Enabled B2B Integration. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 80, Bamberg University, May 2009. ISSN 0937-3349.
- Nr. 81 (2009) Ute Schmid, Emanuel Kitzelmann, Rinus Plasmeijer (Eds.): Proceedings of the ACM SIGPLAN Workshop on Approaches and Applications of Inductive Programming (AAIP'09), affiliated with ICFP 2009, Edinburgh, Scotland, September 2009. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 81, Bamberg University, September 2009. ISSN 0937-3349.
- Nr. 82 (2009) Ute Schmid, Marco Ragni, Markus Knauff (Eds.): Proceedings of the KI 2009 Workshop Complex Cognition, Paderborn, Germany, September 15, 2009. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 82, Bamberg University, October 2009. ISSN 0937-3349.
- Nr. 83 (2009) Andreas Schönberger, Christian Wilms and Guido Wirtz: A Requirements Analysis of Business-to-Business Integration. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 83, Bamberg University, December 2009. ISSN 0937-3349.
- Nr. 84 (2010) Werner Zirkel, Guido Wirtz: A Process for Identifying Predictive Correlation Patterns in Service Management Systems. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 84, Bamberg University, February 2010. ISSN 0937-3349.
- Nr. 85 (2010) Jan Tobias Mühlberg und Gerald Lüttgen: Symbolic Object Code Analysis. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 85, Bamberg University, February 2010. ISSN 0937-3349.
- Nr. 86 (2010) Werner Zirkel, Guido Wirtz: Proaktives Problem Management durch Eventkorrelation – ein Best Practice Ansatz. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und

- Angewandten Informatik Nr. 86, Bamberg University, August 2010. ISSN 0937-3349.
- Nr. 87 (2010) Johannes Schwalb, Andreas Schönberger: Analyzing the Interoperability of WS-Security and WS-ReliableMessaging Implementations. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 87, Bamberg University, September 2010. ISSN 0937-3349.
- Nr. 88 (2011) Jörg Lenhard: A Pattern-based Analysis of WS-BPEL and Windows Workflow. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 88, Bamberg University, March 2011. ISSN 0937-3349.
- Nr. 89 (2011) Andreas Henrich, Christoph Schlieder, Ute Schmid [eds.]: Visibility in Information Spaces and in Geographic Environments – Post-Proceedings of the KI'11 Workshop. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 89, Bamberg University, December 2011. ISSN 0937-3349.
- Nr. 90 (2012) Simon Harrer, Jörg Lenhard: Betsy - A BPEL Engine Test System. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 90, Bamberg University, July 2012. ISSN 0937-3349.
- Nr. 91 (2013) Michael Mendler, Stephan Scheele: On the Computational Interpretation of CKn for Contextual Information Processing - Ancillary Material. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 91, Bamberg University, May 2013. ISSN 0937-3349.
- Nr. 92 (2013) Matthias Geiger: BPMN 2.0 Process Model Serialization Constraints. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 92, Bamberg University, May 2013. ISSN 0937-3349.
- Nr. 93 (2014) Cedric Röck, Simon Harrer: Literature Survey of Performance Benchmarking Approaches of BPEL Engines. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 93, Bamberg University, May 2014. ISSN 0937-3349.
- Nr. 94 (2014) Joaquin Aguado, Michael Mendler, Reinhard von Hanxleden, Insa Fuhrmann: Grounding Synchronous Deterministic Concurrency in Sequential Programming. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 94, Bamberg University, August 2014. ISSN 0937-3349.
- Nr. 95 (2014) Michael Mendler, Bruno Bodin, Partha S Roop, Jia Jie Wang: WCRT for Synchronous Programs: Studying the Tick Alignment Problem. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 95, Bamberg University, August 2014. ISSN 0937-3349.
- Nr. 96 (2015) Joaquin Aguado, Michael Mendler, Reinhard von Hanxleden, Insa Fuhrmann: Denotational Fixed-Point Semantics for Constructive Scheduling of Synchronous Concurrency. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 96, Bamberg University, April 2015. ISSN 0937-3349.
- Nr. 97 (2015) Thomas Benker: Konzeption einer Komponentenarchitektur für prozessorientierte OLTP- & OLAP-Anwendungssysteme. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik und Angewandten Informatik Nr. 97, Bamberg University, Oktober 2015. ISSN 0937-3349.