Eine Serviceorientierte Architektur (SOA) für die Integration von RFID-, Sensor- und Lokalisierungsdaten im Facility Management

Daniel Hanhart, Christine Legner, Hubert Österle

Institut für Wirtschaftsinformatik
Universität St. Gallen
Müller-Friedbergstrasse 8
CH-9000 St. Gallen
{daniel.hanhart¦christine.legner¦hubert.oesterle}@unisg.ch

Abstract: RFID-, Sensor- und Lokalisierungstechnologien werden die Abläufe im Facility Management künftig stark verändern. Angesichts der hohen Kosten des Vorort-Einsatzes eines Mitarbeiters und der verteilten Standorte von Immobilien bieten diese Technologien Immobilienbetreibern die Chance, ihre Kostenstrukturen durch hoch integrierte Abläufe zu optimieren und sich im Wettbewerb durch Zusatzleistungen zu differenzieren. Die Integration mobiler und ubiquitärer Technologien in bestehende Systemlandschaften erfordert jedoch die Implementierung zusätzlicher Infrastrukturkomponenten und Schnittstellen. In der Vergangenheit war dies mit dem Einsatz verschiedener, proprietärer Technologien verbunden und führte zu komplexen, schwer beherrschbaren Integrationslösungen. Ausgehend von Anwendungsszenarien in der Instandhaltung von Immobilien zeigt der vorliegende Beitrag, welchen Beitrag Serviceorientierte Architekturen (SOA) für die schnelle und wirtschaftliche Realisierung der vielfältigen, auf RFID-, Sensor- und Lokalisierungstechnologien beruhenden Lösungen leisten können. Dazu konzipieren die Autoren einen serviceorientierten Architekturvorschlag aus fachlicher Sicht und diskutieren den Nutzen im Vergleich zu herkömmlichen Ansätzen.

1 Einleitung

RFID-, Sensor- und Lokalisierungstechnologien stellen für die in einem konsolidierenden Markt operierenden Immobilienbetreiber eine Chance dar, ihre Kostenstrukturen durch hoch integrierte Abläufe zu optimieren und sich im Wettbewerb durch Zusatzleistungen zu differenzieren. Zu den typischen Problemstellungen in der Instandhaltung von Immobilien gehören die geographische Verteilung der Objekte, die hohen Kosten des Vorort-Einsatzes eines Mitarbeiters sowie Medienbrüche in den heutigen Abläufen. Diese Herausforderungen deuten auf beträchtliches Potenzial für mobile und ubiquitäre Lösungen hin [Ea05; Ka05], jedoch erfordert deren Implementierung in der Regel neue Infrastrukturkomponenten und Schnittstellen. In der Vergangenheit wurde dabei jedes Anwendungsszenario mit einer eigenen, proprietären Lösung realisiert. Durch die zunehmende Vielfalt von Szenarien, die RFID-, Sensor- und Lokalisierungstechnologien nutzen, sowie die notwendige Integration mit bestehenden Systemen steigt einerseits die

Komplexität der gesamten Systemlandschaft. Andererseits reduziert sich damit deren Beherrschbarkeit und Anpassungsfähigkeit bei neuen Geschäftsanforderungen.

Serviceorientierte Architekturen stellen daher einen viel versprechenden Ansatz für die schnelle und wirtschaftliche Realisierung mobiler und ubiquitärer Anwendungen dar. Ziel dieses Beitrages ist es, die Potenziale einer SOA für die Realisierung der vielfältigen, auf RFID-, Sensor- und Lokalisierungstechnologien basierender Lösungen zu untersuchen. Ausgehend von typischen Anwendungsszenarien im Störfallmanagement bei Immobilien (Abschnitt 2) entwerfen die Autoren einen serviceorientierten Architekturvorschlag (Abschnitt 3). Sie diskutieren dessen Vorteile gegenüber herkömmlichen Ansätzen (Abschnitt 4) und stellen fest, dass SOA eine Voraussetzung für die zukunftsgerichtete Investition in domänenübergreifende mobile und ubiquitäre Lösungen ist. Der Beitrag ist damit dem Forschungsansatz der Design Science [HMP04] zuzuordnen.

2 Nutzung von RFID-, Sensor- und Lokalisierungsdaten im Störfallmanagement

2.1 Anwendungsszenarien im Störfallmanagement

Aufgabe des Störfallmanagements ist die Annahme, Priorisierung und Verteilung (Disposition) von Störmeldungen sowie die Überwachung der Behebung von Störungen [QG04]. RFID-, Sensor- und Lokalisierungstechnologien finden bereits in folgenden Szenarien Anwendung:

- *Automatische Störmeldung.* Technische Anlagen überwachen ihren Zustand selbst und lösen bei Abweichungen von Sollwerten einen Alarm aus, der zur automatischen Anlage einer Störmeldung im entsprechenden System führt. Stellt das Objekt die Behebung der Störung fest, so meldet es dieses Ereignis und schließt damit die Störmeldung.

- *Mobile Störfallerfassung.* Stellt ein Mitarbeiter eine Störung fest, so erfasst er diese auf seinem mobilen Endgerät und leitet sie zur Behebung weiter. Transponder identifizieren das ausgefallene Objekt. Zusätzlich unterstützt die Lokalisierung des mobilen Endgeräts den Servicemitarbeiter bei der Spezifikation des Schadensortes.

- *Ortsbasierte Personaldisposition.* Die Lokalisierung der Servicemitarbeiter erlaubt dem Disponenten, die verfügbaren Personalressourcen möglichst effektiv einzusetzen und in dringenden Fällen die Aufgabe dem Mitarbeiter zu übergeben, welcher das betreffende Objekt am schnellsten erreichen kann.

- *Mobile Instandhaltungsausführung.* Das mobile Endgerät navigiert den Mitarbeiter in verschiedenen Detaillierungsstufen zum zu reparierenden Objekt. In einem ersten Schritt führt das Gerät den Mitarbeiter auf Basis von Strassenkarten und groben Lokalisierungsinformation zum Gebäude, in einem zweiten Schritt auf Basis von Ge-

bäudeplänen zur Anlage und in einem letzten Schritt auf Basis von Explosionszeichnungen zum zu wartenden Objekt bspw. Innerhalb einer komplexen Lüftungs- und Klimaanlage. An die Gebäudekomponenten angebrachte Transponder unterstützen den Servicemitarbeiter bei der eindeutigen Identifikation der Objekte und der Dokumentation der Anwesenheit vor Ort.

2.2 RFID-, Lokalisierungs- und Sensortechnologien

Die Nutzung von RFID-, Lokalisierungs- und Sensortechnologien in den skizzierten Anwendungsszenarien setzt entsprechende Infrastrukturkomponenten sowie Schnittstellen zu bestehenden Anwendungen voraus. Im Einzelnen sind dies:

- *RFID.* Ein RFID-System besteht aus den zwei Komponenten RFID-Transponder und Schreib-/Lesegerät. Ein RFID-Transponder ist ein elektronischer Datenspeicher (Mikrochip), der berührungslos gelesen werden kann. Transponder existieren in unterschiedlichsten Bauformen und werden an dem zu identifizierenden Objekt angebracht. Für den Datenaustausch zwischen Transponder und Lesegerät verwenden RFID-Systeme magnetische oder elektromagnetische Felder.

- *Sensorik.* Gebäude sind für die Steuerung der Temperatur, Beleuchtung, Frischluftversorgung etc. mit einer Vielzahl von Sensoren ausgestattet. Diese sind über definierte Schnittstellen ansprechbar [DH04] und stellen Daten für unterschiedliche Überwachungsfunktionen zur Verfügung [Jo04]. Sie sind über Feldbussysteme vernetzt und kommunizieren über offene industriespezifische Protokolle wie LonTalk[1] oder BACnet[2], die es gestatten, Geräte unterschiedlicher Hersteller in ein Gebäudeautomationssystem zu integrieren. Auch in RFID-Transpondern können Sensoren integriert sein, z.B. Temperatursensoren, die während des Transports von Waren die Temperatur kontinuierlich aufzeichnen und damit durchgängige Kühlketten dokumentieren.

- *Lokalisierung.* Zur Lokalisierung der Endgeräte und damit ihrer Nutzer bzw. Träger existieren unterschiedliche Verfahren und technische Ansätze. Die Verfahren lassen sich den drei Kategorien *Satellitennavigation*, *netzwerkgestützte Verfahren* und *Trackingverfahren* zuordnen [Ro02]. *Satellitennavigationssysteme* basieren auf der Laufzeitmessung der Funksignale zwischen Endgerät und Satellit. *Netzwerkgestützte Verfahren* nutzen die Information, an welcher Sendestation des Kommunikationsnetzes das Endgerät angemeldet ist. Die Verknüpfung mit der Information über den Standort der Sendestation erlaubt die Positionsbestimmung. *Trackingverfahren* kommen meist innerhalb von Gebäuden zur Anwendung und nutzen Transponder oder Tags zur Lokalisierung. Dabei steht nicht die genaue Position im Vordergrund,

---

[1] Das Local Operating Network (LON) ist ein Bussystem und wurde 1991 in den USA von der Firma Echelon entwickelt. LonTalk bezeichnet das Kommunikationsprotokoll dieses Bussystems [Bi05].

[2] BACnet (Building Automation and Control networking) ist ein von der ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers) entwickeltes Protokoll zur Kommunikation zwischen Infrastruktur- und Applikationsebene in Gebäudeautomationssystemen [Ka04].

sondern die Information, ob ein Objekt oder eine Person (mit Transponder) einen bestimmten Wegpunkt (Lesegerät) passiert haben [Ro02; FD03].

2.3 Architekturanforderungen

Tabelle 1 zeigt auf, in welchen Anwendungsszenarien im Störfallmanagement die genannten Technologien zum Einsatz kommen. Dies setzt voraus, dass die oben genannten Infrastrukturkomponenten mit den betrieblichen Anwendungssystemen integriert werden. Letztere umfassen typischerweise neben den spezialisieren CAFM (Computer Aided Facility Management)-Systemen ERP-Systeme für Abrechnungsaspekte sowie CAD-Systeme für grafische Gebäudeinformationen.

Arbeitsschritte / Technologien	Automatische Störmeldung	Mobile Störfallerfassung	Ortsbasierte Personaldisposition	Mobile Instandhaltungsausführung
RFID		●		●
Sensorik	●			
Lokalisierung		●	●	●

Tabelle 1 Technologien der Anwendungsszenarien

3 Konzeption einer Serviceorientierten Architektur

3.1 Grundlagen und Vorgehen

Eine SOA erweitert bestehende Ansätze zur Gestaltung von Informationssystemen wie bspw. Client/Server- oder komponentenorientierte Architekturen [Ha06; Si07]. Das im Rahmen dieser Arbeit verwendete Begriffsverständnis einer SOA orientiert sich an den Arbeiten von [W304; Oa05; Er05; He07]: Eine *SOA* ist eine mehrschichtige, verteilte Informationssystem (IS)-Architektur, die Teile der Applikationsarchitektur zur vereinfachten Prozessintegration als Services kapselt und dabei eine Reihe von Designprinzipien berücksichtigt. Letztere umfassen v.a. Schnittstellenorientierung, Autonomie und Modularität, Interoperabilität und Bedarfsorientierung [He07]. Das zentrale Designobjekt einer SOA sind Services, welche die auf Ebene Anwendungssystem vorhandenen Informationsobjekte und Funktionen kapseln und von der technischen und fachlichen Heterogenität der unterschiedlichen Applikationen abstrahieren [Er05].

Der folgende Architekturvorschlag entwickelt das von [He07] konzipierte Architekturmodell für das Facility Management weiter. Dazu prägt er für die konkreten Anwendungsszenarien im Störfallmanagement die Artefakte einer SOA auf den Ebenen Anwendungssysteme / Domänen, Services, Workflowintegration und Desktopintegration aus. Die SOA-Konzeption wurde in einem systematischen Vorgehen erarbeitet und in Expertengesprächen validiert: Aus den Anwendungsszenarien aus Abschnitt 2.1 leiten sich die Anforderungen an mobile und ubiquitäre Services ab. Die Szenarien wurden daher auf den Ebenen Desktopintegration (als Taskflows) und Workflowintegration (als applikationsübergreifender Workflow) modelliert und einer Liste von Servicekandidaten

hergeleitet. Basis bildet die Anwendungssysteme bzw. Domänen, die als Serviceanbieter auftreten. Die Ableitung der Services erfolgte unter der Annahme, dass der externe Zugriff auf eine Domäne ausschließlich über Serviceschnittellen zu implementieren ist, während eine domänenintern bereitgestellte IT-Unterstützung in der Regel in der gleichen Applikation realisiert ist [He07].

3.2 Ebene Anwendungssystem

Die Ebene Anwendungssystem stellt die Ressourcensicht dar, welche die in Applikationen vorhandene und zur Unterstützung betrieblicher Aktivitäten nutzbaren fachlichen Funktionen und Informationsobjekte umfasst. Um von den Spezifika und der Vielfalt der möglichen Realisierungsvarianten zu abstrahieren, gruppieren wir fachlich zusammengehörende Funktionen und Informationsobjekte in Domänen, die als Serviceanbieter auftreten. Für das Facility Management wurden durch entsprechende Gruppierung von Geschäftsobjekten und Funktionalitäten folgende Domänen abgeleitet (für eine ausführliche Herleitung sei auf [Ha07] verwiesen):

- Die Domäne **Gebäudedaten (GD)** bildet das Gebäudemodell mit den Gebäudekomponenten und den Raumstrukturelementen ab. Sie umfasst alle wichtigen alphanumerischen und grafischen- bzw. CAD-Daten zur Beschreibung von Gebäuden.

- Die Domäne **Kundendaten (KD)** enthält sämtliche Geschäftsobjekte, die Kunden und die dazugehörigen Verträge betreffen.

- Die zentralen Geschäftsobjekte der Domäne **Analyse & Optimierung (AO)** sind alle Zustands- und Nutzungsdaten, die der Prozess Störfallmanagement verwendet.

- Die Domäne **Auftragsabwicklung (AA)** umfasst die zur Planung, Disposition, Abwicklung und Rückmeldung von Tätigkeiten bzw. Aufträgen notwendigen Geschäftsobjekte und Funktionen. Dies sind insbesondere die Geschäftsobjekte Instandhaltungsplan, Instandhaltungsauftrag, Leistungsverzeichnis, Reinigungsauftrag, Rundgang und Umzugsauftrag.

- Die Domäne **Materialwirtschaft (MM)** fasst die zentralen Elemente für die Lagerbewirtschaftung und den Materialeinkauf zusammen. Dies sind die Geschäftsobjekte Material, Lieferant, Reservation, Bestellung, (Lieferanten-)Rechnung und Lagerplatz.

- Die Domäne **Störfallmanagement (SFM)** enthält schliesslich die Geschäftsobjekte Störmeldung und Schadenskatalog sowie die für Fehleranalyse wichtigen Wissensdatenbanken bestehend aus Problem-/Lösungspaaren.

3.3 Ebene Desktopintegration

Die Ebene Desktopintegration unterstützt den Benutzer bei der Durchführung einzelner Arbeitsschritte (Tasks). Dabei bilden Arbeitsschritte atomare Einheiten, die wiederum zu

Aktivitäten zusammengefasst werden. Services unterstützen die manuelle Arbeitsschritte dadurch, dass sie dem Benutzer alle für die Erledigung notwendigen Daten und Funktionen integriert zur Verfügung stellen.

Portale sind heute die häufigste Realisierungsform der Desktopintegration. Sie eignen sich im Facility Management insbesondere für die Unterstützung des Vor-Ort-Einsatzes von Mitarbeitern. RFID-, Sensor- und Lokalisierungstechnologien unterstützen bei den Anwendungsszenarien aus Abschnitt 2.1 folgende manuellen Arbeitsschritte: (1) „Objekt identifizieren“ bei der mobilen Störfallerfassung bzw. mobilen Instandhaltungsausführung; (2) „Mitarbeiter lokalisieren“ bei der mobilen Störfallerfassung zur Spezifikation des Schadensortes, bei der ortsbasierten Personaldisposition zur Bestimmung des geeigneten Mitarbeiters für einen dringenden Störfall und bei der mobilen Instandhaltungsausführung für die Navigation zum Objekt. Tabelle 2 ordnet den identifizierten Arbeitsschritten die benötigten Services und den entsprechenden Domänen zu. Der Arbeitsschritt „Objekt identifizieren“ wird durch ein im mobilen Endgerät integriertes RFID-Lesegerät unterstützt, das die Daten des RFID-Transponders ausliest und bestimmte Felder der Anwendung auf dem mobilen Endgerät füllt. Der Serviceaufruf kann somit geräteintern abgebildet werden. Den Service zur Ermittlung der aktuellen Position kann ein mit einem GPS-Empfänger ausgestattetes Endgerät ebenfalls intern erbringen. Basiert die Lokalisierung auf der Zellinformation in Mobilfunknetzen, so liefert der Mobilfunkanbieter oder bei Trackingverfahren ein RFID-System die zur Endgeräteidentifikation aktuelle Koordinate zurück. In diesen Fällen sind die Lokalisierungsdaten über einen Service der Domäne Analyse & Optimierung (AO) verfügbar.

Nr.	Arbeitsschritt	Service	Eingabe	Ausgabe	Domäne
1	Objekt identifizieren	-	-	[GK-ID]	geräteintern
2	Mitarbeiter lokalisieren	Position ermitteln	[Endgerät-ID]	Koordinate	geräteintern / AO
Legende: ID Schlüsselattribut eines Geschäftsobjekts, GK Gebäudekomponente [ ] Liste von Geschäftsobjekten, AO-Analyse & Optimierung					

Tabelle 2 Zuordnung Services zu Arbeitsschritten

3.4 Ebene Workflowintegration

Die *Ebene Workflowintegration* bildet Prozessabläufe als Workflows ab und trennt so die Prozessablaufsteuerung (Kontrollfluss) von der Applikationslogik [Oe95; Sc02]. Ein Workflow kann sich sowohl aus manuell von Personen als auch automatisiert von Applikationen ausgeführten Aktivitäten zusammensetzen [Wf99; Vo03].

Die für das Störfallmanagement entworfenen Workflows basieren auf dem von [BN03] vorgeschlagenen Referenzprozess und realisieren durchgängige, elektronisch integrierte Prozesse. Die Definition geeigneter Services soll eine lose Kopplung der Domänen und eine flexible Integration der Lösungen auf Basis von RFID-, Sensor- und Lokalisierungstechnologien erlauben. Die folgende Darstellung fokussiert daher auf die domänenübergreifenden Prozessbestandteile und die mit RFID-, Sensor- und Lokalisierungstechnologien unterstützten Aktivitäten und erzeugten Ereignisse.

Das Erkennen einer Störung erfolgt entweder manuell durch eigene Mitarbeiter bzw. Kunden oder automatisiert durch Gebäudekomponenten und löst den Störfallmanagementprozess aus. Diese unterschiedlichen Startereignisse haben Konsequenzen auf die Servicekonzeption und sind daher als Prozessvarianten automatisierte bzw. manuelle Störmeldung dargestellt (vgl. Abbildung 2).

Diese Varianten unterscheiden sich auch im Abschluss des Prozesses. Die von Gebäudekomponenten angelegten Störmeldungen sind automatisch, d.h. vom entsprechenden Ereignis derselben Gebäudekomponente, zu schließen. Wird auf diese Forderung verzichtet, kann dies zu inkonsistenten Systemzuständen führen. Schließt bspw. ein Mitarbeiter die Störmeldung zu einer Gebäudekomponente trotz eines weiterhin bestehenden Alarms des Gebäudeautomationssystems, so wird dieser Alarm nicht weiter behandelt. Für die Bearbeitung einer Störmeldung sind die zu ergreifenden Maßnahmen und die verantwortliche Organisationseinheit festzulegen. Je nach betroffener Komponente kann eine Entstörung per Fernwartung oder durch einen Vor-Ort-Einsatz erfolgen. Ist ein Vor-Ort-Einsatz notwendig, so ist ein entsprechender Instandhaltungsauftrag anzulegen und zu disponieren. Anschließend muss der Mitarbeiter den Auftrag abarbeiten und zurückmelden. Beheben die getroffenen Maßnahmen die Störung nicht, so leitet die für die Störmeldung verantwortliche Organisationseinheit die Meldung weiter, um ggf. einen erneuten Entstörungsversuch einzuleiten. Ist die Störung behoben, so kann die Störmeldung entweder durch die betroffene Gebäudekomponente, durch Schließen des zugehörigen Instandhaltungsauftrags oder manuell geschlossen werden.

Serviceinteraktionsstile

Ein Service kann Ereignisse auslösen und/oder wird von einzelnen Aktivitäten genutzt. Der Interaktionsstil eines Service beeinflusst die Anzahl der Serviceinteraktionen für Sequenzen von Aktivitäten und Ereignissen. [He07] unterscheidet die Interaktionsstile synchron oder asynchron sowie Notification oder Request/Response. Aus den unterschiedlichen Interaktionsstilen ergeben sich die drei in Abbildung 1 dargestellten Interaktionsmuster zwischen Ereignis-/Aktivitätssequenzen und Services. Aktivitäten können sowohl synchrone wie auch asynchrone Notification- (Muster 1) oder Request/Response-Services (Muster 2) nutzen. Auslöser für Ereignisse können in Analogie dazu sowohl synchrone wie auch asynchrone Request/Response-Services (Muster 2) sowie Notification-Services (Muster 3) sein.

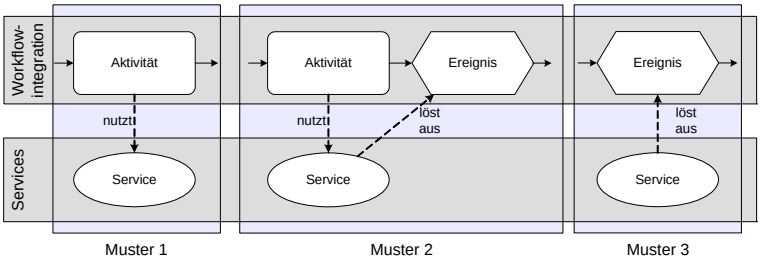


Abbildung 1 Interaktionsmuster zwischen Services, Aktivitäten und Ereignissen

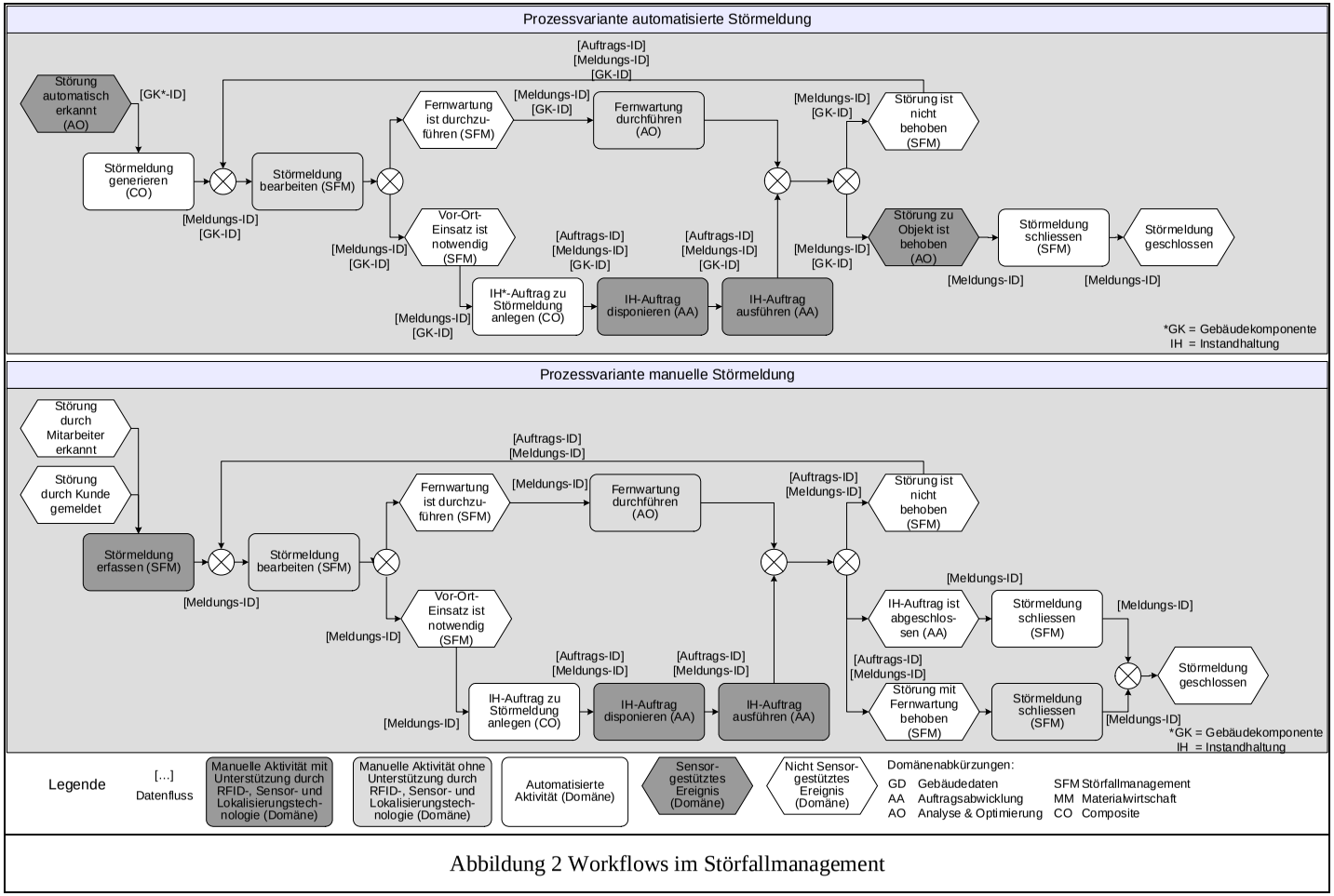


Abbildung 2 Workflows im Störfallmanagement

Der passende Interaktionsstil für einen Service ist vom übertragenen Datenvolumen, Anforderungen an Antwortzeiten und weiteren Faktoren abhängig. Er ist damit abhängig von der konkreten Anwendung des Services festzulegen. Der vorliegende Architekturvorschlag unterscheidet nur zwischen Request/Response-und Notification-Services, verzichtet aber auf die Unterscheidung zwischen synchroner und asynchroner Kommunikation, da diese Unterscheidung die fachliche Konzeption eines Service nicht beeinflusst (s. Abbildung 1). Weiter ist eine Sequenz von Aktivität und Ereignis immer mit einem Request/Response-Service (Muster 2) modelliert. Bei Bedarf ist im konkreten Anwendungsfall ein Request/Response-Service (Muster 2) problemlos in eine Sequenz von zwei Notification-Services (Muster 1 und 3) zu übersetzen. Schließlich verzichtet die hier vorliegende fachliche Modellierung auf das Abbilden von Fehlerfällen (Serviceaufruf bricht ab, zu einem Schlüssel existiert kein Eintrag im System etc.).

Trennung von Daten- und Kontrollfluss in Workflows

Der Informationsfluss entlang eines Workflows unterteilt sich in Kontrollfluss sowie den eigentlichen Datenfluss. Die Kontrolldaten sind die zentralen Informationen der Ebene Workflowintegration und deshalb auch von ihr zu verwalten, während die Daten zu Geschäftsobjekten in den Anwendungssystemen der Domänen enthalten sind. Das Anlegen einer Prozessinstanz, die sowohl Kontroll- wie auch Geschäftsdaten eines Prozessdurchlaufs enthält, würde zu einer redundanten Datenhaltung führen und ist zu vermeiden. Die Steuerungskomponente auf Ebene Workflowintegration soll daher nur die *Schlüsselattribute* der Geschäftsobjekte führen, während die restlichen Geschäftsdaten in den Domänen verbleiben und dort mit den jeweiligen Applikationen bearbeitet werden [Vo03][3]. Die vorgeschlagenen Workflows modellieren den Datenfluss als Austausch von Schlüsselattributen zwischen den Aktivitäten und Ereignissen (s. Abbildung 2). Als Konsequenz sind die domänenübergreifenden Datenflüsse auf Ebene Service abzubilden.

[3] Im Gegensatz dazu lassen andere Autoren die Abbildung eines über die Schlüsselattribute hinausgehenden Datenflusses auf Ebene Workflow zu [Zu04]. Weiter vereinfacht die strikte Trennung von Kontroll- und Datenfluss die Analyse und verbessert das Verständnis von Workflows [KHA03].

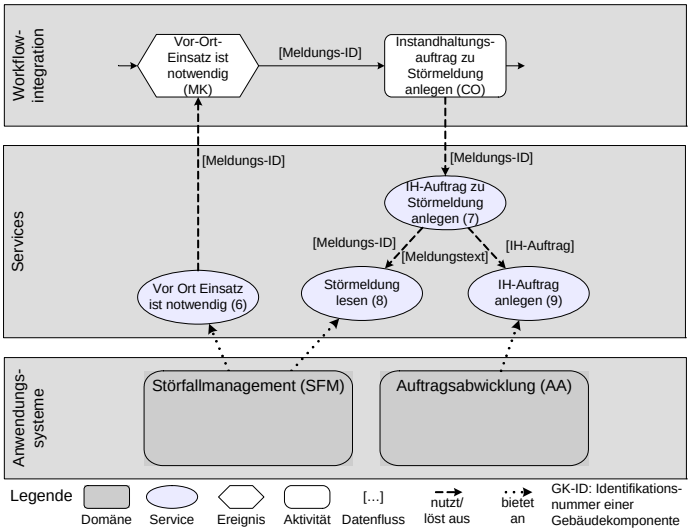


Abbildung 3 Datenflussmodellierung mit Services - Beispiel

Als Beispiel modelliert Abbildung 3 den Datenfluss zwischen dem Ereignis *Vor-Ort-Einsatz ist notwendig* und der Aktivität *Instandhaltungsauftrag anlegen* sowie die notwendigen Serviceaufrufe zur Übergabe des Meldungstextes der Störmeldung in den Instandhaltungsauftrag. Der Workflow übergibt nur das Schlüsselattribut der Störmeldung (Meldungs-ID). Der Meldungstext muss vor dem Anlegen des Instandhaltungsauftrags über den Service *Störmeldung lesen* (8) abgefragt und über den Service *Instandhaltungsauftrag anlegen* (9) als Attribut im Instandhaltungsauftrag abgespeichert werden.

Ableitung der Servicekandidaten

Die Services für *manuelle Aktivitäten* leiten sich aus den Arbeitsschritten ab und sind bereits in Abschnitt 3.3 modelliert. Aus den *automatisierten Aktivitäten* lässt sich auf die konsumierten Request/Response- und aus den *Ereignissen* auf die auslösenden Notification-Services schließen. Für die meisten Ereignisse und Aktivitäten ist eine direkte Zuordnung der Services möglich. Tabelle 3 fasst die Services für das Störfallmanagement zusammen und ordnet diese anhand der zugrunde liegenden Geschäftsobjekte den Domänen zu. Services, die auf Geschäftsobjekten unterschiedlicher Domänen beruhen, sind mit Composite (CO) gekennzeichnet. Die Services (1) bis (12) realisieren die Workflow-Variante automatisierte Störmeldung, (4) bis (14) die Variante manuelle Störmeldung.

	Beschreibung	Typ	Eingabe	Ausgabe	Geschäfts-objekte	Domä-ne[4]
1	Störung automatisch erkannt	N		GK-ID	Zustandsdaten	AO
2	Störmeldung generieren	RR	GK-ID	Meldungs-ID	Störmeldung Zustandsdaten	CO 3 & 4
3	Zustandsdaten lesen	RR	GK-ID	Zustandsdaten	Zustandsdaten	AO
4	Störmeldung anlegen	RR	Störmeldung	Meldungs-ID	Störmeldung	SFM
5	Fernwartung ist durchzu-führen	N		Meldungs-ID	Störmeldung	SFM
6	Vor-Ort-Einsatz ist not-wendig	N		Meldungs-ID	Störmeldung	SFM
7	Instandhaltungsauftrag zu Störmeldung anlegen	RR	Meldungs-ID	Auftrags-ID	IH-Auftrag Störmeldung	CO 8 & 9
8	Störmeldung lesen	RR	Meldungs-ID	Störmeldung	Störmeldung	SFM
9	Instandhaltungsauftrag anlegen	RR	IH-Auftrag	Auftrags-ID	IH-Auftrag	AA
10	Störung ist nicht behoben	N		Meldungs-ID	Störmeldung	SFM
11	Störung zu Objekt ist behoben	N		GK-ID	Zustandsdaten	AO
12	Störmeldung ändern	RR	Störmeldung	Meldungs-ID	Störmeldung	SFM
13	IH-Auftrag abgeschlossen	N		Auftrags-ID	IH-Auftrag	AA
14	Störmeldung manuell geschlossen	N		Meldungs-ID	Störmeldung	SFM

Legende: N Notification; RR Request/Response
ID Schlüsselattribut eines Geschäftsobjekts
GK Gebäudekomponente, RS Raumstrukturelement, IH Instandhaltung,
( ) optionale Inputparameter, [ ] Liste von Geschäftsobjekten
GD-Gebäudedaten, KD-Kundendaten, AA-Auftragsabwicklung, AO-Analyse & Optimierung,
SFM-Störfallmanagement, MM-Materialwirtschaft, CO-Composite

Tabelle 3 Services zur Abbildung des Workflow ungeplante Instandhaltung

Ausnahmen zur 1:1-Realisierung von Aktivitäten und Ereignissen sind:

- Der Service *Störmeldung generieren* (2) soll die aktuellen Zustandsdaten der Gebäudekomponente auslesen und diese Information in die Störmeldung übertragen (z.B. detaillierte Fehlermeldung oder Logdaten des ausgefallenen Objektes). Da die Ebene Workflowintegration nur die Identifikationsnummer der Gebäudekomponente überträgt, ist der Datenfluss als Abfolge von zwei Serviceaufrufen abzubilden. Der erste Service liest den aktuellen Zustand der betroffenen Gebäudekomponente aus (3), der dann Basis für die Anlage der Störmeldung durch den zweiten Service ist (4). Wie in Abbildung 4 dargestellt, koordiniert der Service *Störmeldung generieren* (2) diese zwei Serviceaufrufe, erwartet als Eingabeparameter die Identifikationsnummer der defekten Gebäudekomponente und liefert die Identifikation der angelegten Störmeldung zurück.

- Analog liest der bereits in Abbildung 3 erwähnte Service *Instandhaltungsauftrag zu Störmeldung anlegen* (7) zuerst die Störmeldung aus (8) und legt anschließend den Instandhaltungsauftrag mit Informationen aus der Störmeldung an (9).

[4] Bei komponierten Services findet sich jeweils eine Referenz auf die Services, aus welchen er sich zusammensetzt.

- Das Ereignis *Störung zu Objekt ist behoben* der Prozessvariante automatisierte Störfallanlage (s. Abbildung 5) ist mit einem Notification-Service (11) implementiert, der als Ausgabeparameter die Identifikationsnummer der erneut betriebsbereiten Gebäudekomponente hat. Anschließend setzt die Aktivität „Störmeldung schließen“ mit dem Service *Störmeldung ändern* (12) den Status der Störmeldung auf abgeschlossen. Dieser Service benötigt als Eingabe die Störmeldungsidentifikation. Diese Meldungs-ID liefert nicht der auslösende Notification-Service (11), sondern ist auf Ebene Workflowintegration bei der Prozessinstanz hinterlegt. Die Prozessinstanz ist über die Identifikation der Gebäudekomponente, welche der auslösende Notification-Service (11) liefert, identifizierbar.

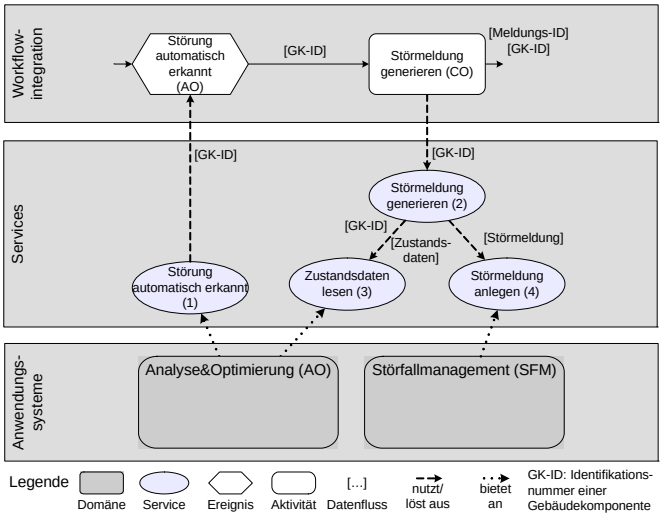


Abbildung 4 Serviceinteraktion für automatisch generierte Störmeldungen

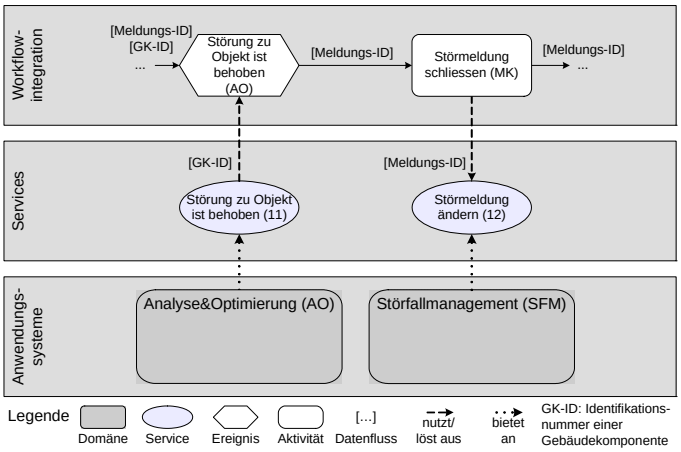


Abbildung 5 Serviceinteraktion für das automatische Schließen von Störmeldungen

- Bei der Prozessvariante manuelle Störmeldung ist analog zu obigen Erläuterungen die Prozessinstanz über die Auftrags-ID des Notification-Services *Instandhaltungsauftrag ist abgeschlossen* (13) identifizierbar. Für die Prozessinstanz ist auf Ebene Workflowintegration die Meldungs-ID hinterlegt, und die Aktivität „Störmeldung schließen" kann mit demselben Service *Störmeldung ändern* (12) realisiert werden.

- Der Notification-Service *Störmeldung manuell geschlossen* (14) ist notwendig, damit die Prozessvariante manuelle Störfallanlage immer im Endzustand „Störmeldung geschlossen" terminiert.

4 Zusammenfassung und Bewertung

Der vorliegende Beitrag konzipierte die fachlogische Sicht einer SOA für typische Anwendungsszenarien von RFID-, Sensor- und Lokalisierungstechnologien im Facility Management. Dazu wurden Taskflows und Workflows für das Szenario Störfallmanagement modelliert und insgesamt 15 Servicekandidaten abgeleitet (vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3), mit denen sich die wichtigsten mobilen und ubiquitären Szenarien realisieren lassen. Bewusst verzichtet der serviceorientierte Architekturvorschlag auf ein komplettes Redesign der IT-Unterstützung im Facility Management, sondern konzentriert sich auf die Verwendung von Services vielmehr zur Prozessintegration an den Domänengrenzen. Vergleicht man den serviceorientierten Architekturvorschlag mit der herkömmlichen Realisierung von Lösungen auf Basis von RFID-, Sensor- und Lokalisierungstechnologien über proprietäre Schnittstellen, so entstehen Vorteile in drei Bereichen:

- *Wiederverwendung.* Mit einer hohen Wiederverwendung bestehender Schnittstellenfunktionalität ist insbesondere bei Notification-Services zu rechnen, wenn die erzeugten Ereignisse mehrere Aktivitäten auslösen, also unterschiedliche Prozesse steuern. Durch die Trennung von Ereignissen und Aktivitäten besteht die Möglichkeit, Ereignisse und damit zugehörige Notification-Services mehrfach zu verwenden. Beispielsweise kann eine automatisierte Störmeldung einerseits die Störungsbehebung wie auch eine Reinigung auslösen. Umgekehrt können manuelle Aktivitäten die von einer automatisierten Aktivität genutzten Services wieder verwenden. So ist bspw. der Service *Störmeldung anlegen* in den beiden Varianten automatische Störmeldung und mobile Störfallerfassung nutzbar.

- *Entkopplung.* Der serviceorientierte Architekturvorschlag reduziert Abhängigkeiten zwischen Applikationen und erhöht so die Beherrschbarkeit der Systemlandschaft. Im Anwendungsfall Störfallmanagement macht sich diese Entkopplung u.a. durch die Trennung von Ereignissen und Aktivitäten bemerkbar, die eine Integration neuer Lösungen auf Basis von RFID, Sensorik und Lokalisierung vereinfacht. Eine neu umzusetzende Lösung muss einzig einen Notification-Service anbieten, welcher auf Ebene Workflowintegration mit den auszulösenden Aktivitäten verknüpft wird. Die Entkoppelung der Domänen vereinfacht spätere Anpassungen der Anwendung bspw. bei Technologiewechseln. Solange die ausgelösten Ereignisse stabil sind, beschränken sich die Anpassungen auf die Neuimplementierung der Notification-

Services und damit auf eine Domäne. Im Facility Management ist insbesondere die Entkopplung der von der Domäne Analyse & Optimierung erzeugten Ereignisse von den Domänen Störfallmanagement oder Auftragsabwicklung von Vorteil.

- *Realisierung domänenübergreifender Anwendungen.* Sowohl die technische Standardisierung wie auch die konzeptionelle Vereinheitlichung beim Servicedesign erlauben, Funktionen unterschiedlicher Domänen zur Realisierung einer Applikation so zu verwenden, als ob diese von einer einzigen Anwendung zur Verfügung gestellt würden. Beispiele solcher Applikationen sind Portale oder mobile Anwendungen, welche auf Ebene Desktopintegration alle zur Erledigung einer Aktivität notwendigen Funktionen zusammenführen. So kann bspw. die Anwendung für das Anwendungsszenario „mobile Störfallerfassung“ sowohl auf Lokalisierungs- und Zustands-/Nutzungsdaten der Domäne Analyse & Optimierung zugreifen, wie auch in der Domäne Störfallmanagement eine Störmeldung anlegen. Auch Workflowmanagementsysteme können als Service gekapselte Funktionalität unterschiedlicher Domänen nutzen. Mit der Zuweisung manueller Aktivitäten zu Personen und der Verwaltung von Aktivitäten unterschiedlicher Domänen ist die Realisierung eines zentralen domänenübergreifenden Arbeitsvorrates möglich.

Angesichts der immer integrierteren Abläufe im Facility Management kommt den hier angesprochenen Nutzenpotenzialen besondere Bedeutung zu, da sich aktuelle Systemlandschaften durch eine steigende Anzahl von Systemen mit einer exponentiell steigenden Menge von Integrationsbeziehungen auszeichnen. Eine Serviceorientierte Architektur kann somit die Voraussetzung für eine zukunftsgerichtete Investition in Lösungen auf Basis von RFID-, Sensor und Lokalisierungstechnologien angesehen werden.

Literaturverzeichnis

[BN03] Becker, J., Neumann, S., Referenzmodell für Workflow-Applikationen in technischen Dienstleistungen, in: Bullinger, H.-J., Scheer, A.-W. (Hrsg.), Service Engineering: Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen, Springer, Berlin etc. 2003, S. 619-645

[Bi05] Biehlig, C., Haustechnik für Verwalter, Vermieter und Makler, Haufe, München 2005

[DH04] Diekmann, T., Hagenhoff, S., Eignung von Web Services für Embedded Devices in betrieblichen Anwendungssystemen, Working Paper, Universität Göttingen, Göttingen 2004

[Ea05] Eastwood, G., The Enterprise Mobility Market Outlook - Fast growth in mobile solutions, devices, email and security, Business Insights, 2005

[Er05] Erl, T., Service-Oriented Architecture, Prentice Hall, New York 2005

[FD03] Fleisch, E., Dierkes, M., Ubiquitous Computing aus betriebswirtschaftlicher Sicht, in: Wirtschaftsinformatik, 45, 2003, Nr. 6, S. 611-620

[Ka05] Habermann, K., AVENTON Mobile Business Assistant - Creating and Optimizing "Mobile Business Processes", in: Wirtschaftsinformatik, 47, 2005, Nr. 1, S. 55-62

[Ha07] Hanhart, D., Mobile und Ubiquitous Computing - Anwendungen im Facility Management und serviceorientierter Architekturvorschlag, Dissertation, Universität St. Gallen, St. Gallen 2007

[Ha06] Hasselbring, W., Software-Architektur, in: Informatik Spektrum, 29, 2006, Nr. 1

[He07] Heutschi, R., Serviceorientierte Architektur - Architekturstil und Ansätze für die Umsetzung, Dissertation, Universität St. Gallen, St. Gallen 2007

[HMP04] Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., Ram, S., Design Science in Information Systems Research, in: MIS Quarterly, 28, 2004, Nr. 1, S. 75-105

[Jo04] Jones, T. M., TCP/IP Application Layer Protocol for Embedded Systems, Laxmi, New Dehli 2004

[Ka04] Karbach, A., Gebäudeleittechnik und technisches Gebäudemanagement, in: Regelungstechnik, A.d.P.f. (Hrsg.), Digitale Gebäudeautomation, Springer, Berlin 2004, S. 315-371

[KHA03] Kiepuszewski, B., Hofstede, A. H. M. t., van der Aalst, W. M. P., Fundamentals of control flow in workflows, in: Acta Informatica, 39, 2003, Nr. 3, S. 143-209

[Oe95] Österle, H., Business Engineering: Prozess- und Systementwicklung, Band 1: Entwurfstechniken, 2. Auflage, Springer, Berlin 1995

[QG04] Quadt, M., Görze, R., Geschäftsprozesse im Facility Management und ihre Abbildung in der IT, in: May, M. (Hrsg.), IT im Facility Management erfolgreich einsetzen: Das CAFM-Handbuch, Springer, Berlin 2004, S. 37-79

[Ro02] Roth, J., Mobile Computing: Grundlagen, Technik, Konzepte, dpunkt-Verlag, Heidelberg 2002

[Sc02] Scheer, A.-W., ARIS - vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem, Springer, Berlin 2002

[Si07] Siedersleben, J., SOA revisited: Komponentenorientierung bei Systemlandschaften, in: Wirtschaftsinfomatik, 49, 2007, Nr., S. 110-117

[Vo03] Vogler, P., Prozess- und Systemintegration: Umsetzung des organisatorischen Wandels in Prozessen und Informationssystemen, Habilitationsschrift, Habilitation, Universität St. Gallen, 2003

[Wf99] WfMC, Terminology & Glossary, http://www.wfmc.org/standards/docs/TC-1011_term_glossary_v3.pdf, 08.06.2006

[Zu04] Zur Muehlen, M., Workflow-based Process Controlling. Foundation, Design, and Application of workflow-driven Process Information Systems., Logos, Berlin 2004