

Spezifikation

Version 1.3

13. November 2009



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 6 |
| 1.1 | Zweck des Dokuments | 6 |
| 1.2 | Einsatzbereich und Ziele | 6 |
| 1.3 | Evolution des Dokuments | 6 |
| 1.3.1 | Basisfunktionalität | 6 |
| 1.3.2 | Ausblick | 7 |
| 1.4 | Definitionen | 8 |
| 1.5 | Überblick | 8 |
| 2 | Allgemeine Beschreibung | 9 |
| 2.1 | Einbettung in die Systemumgebung | 9 |
| 2.2 | Funktionen | 10 |
| 2.3 | Sprache | 10 |
| 2.4 | Distributionsform und Installation | 11 |
| 2.5 | Benutzerprofile | 11 |
| 2.6 | Einschränkungen | 11 |
| 3 | Nichtfunktionale Anforderungen | 12 |
| 3.1 | Mengengerüst | 12 |
| 3.2 | Benutzbarkeit | 12 |
| 3.3 | Verfügbarkeit | 12 |
| 3.4 | Robustheit | 12 |
| 3.5 | Sicherheit | 12 |
| 3.6 | Portabilität | 12 |
| 3.7 | Erweiterbarkeit | 13 |
| 3.8 | Wartbarkeit | 13 |
| 3.9 | Skalierbarkeit | 13 |
| 4 | Benutzeroberfläche des SIMPL Eclipse Plug-Ins | 14 |
| 4.1 | Admin-Konsole | 14 |
| 4.1.1 | Globale Einstellungen | 15 |
| 4.1.2 | Auditing | 16 |
| 4.1.3 | Referenzen | 16 |
| 4.2 | Data-Management-Aktivitäten | 19 |
| 5 | Akteure | 20 |
| 5.1 | Prozess-Modellierer | 20 |
| 5.2 | Workflow-Administrator | 20 |
| 5.3 | ODE Workflow-Engine | 20 |
| 5.4 | Eclipse BPEL Designer | 20 |
| 5.5 | SIMPL Core | 20 |
| 6 | Anwendungsfälle (Use-Cases) | 21 |
| 6.1 | Diagramm der Anwendungsfälle | 21 |
| 6.2 | Anwendungsfälle des Prozess-Modellierers | 21 |
| 6.2.1 | Data-Management-Aktivität erstellen | 22 |
| 6.2.2 | Data-Management-Aktivität bearbeiten | 22 |
| 6.2.3 | Data-Management-Aktivität löschen | 23 |
| 6.2.4 | Prozess auf ODE-Server deployen | 23 |
| 6.2.5 | Prozessinstanz starten | 24 |
| 6.3 | Anwendungsfälle des Workflow-Administrators | 24 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6.3.1 | Admin-Konsole öffnen | 25 |
| 6.3.2 | Auditing aktivieren | 25 |
| 6.3.3 | Auditing deaktivieren | 26 |
| 6.3.4 | Auditing-Datenbank festlegen/ändern | 26 |
| 6.3.5 | Globale Einstellungen festlegen/ändern | 26 |
| 6.3.6 | Neue Referenz in RRS einfügen | 27 |
| 6.3.7 | Referenz aus RRS bearbeiten | 27 |
| 6.3.8 | Referenz aus RRS löschen | 28 |
| 6.3.9 | Einstellungen der Admin-Konsole speichern | 28 |
| 6.3.10 | Einstellungen der Admin-Konsole zurücksetzen | 29 |
| 6.3.11 | Default-Einstellungen der Admin-Konsole laden | 29 |
| 6.3.12 | Admin-Konsole schließen | 29 |
| 6.4 | Anwendungsfälle der ODE Workflow-Engine | 30 |
| 6.4.1 | Data-Management-Aktivität ausführen | 31 |
| 6.4.2 | Data-Management-Aktivität zurücksetzen | 32 |
| 6.5 | Anwendungsfälle des Eclipse BPEL Designers | 32 |
| 6.5.1 | Admin-Konsole laden | 33 |
| 6.5.2 | Admin-Konsole Defaults laden | 33 |
| 6.5.3 | Admin-Konsole speichern | 34 |
| 6.5.4 | BPEL-Datei transformieren | 34 |
| 6.6 | Anwendungsfälle des SIMPL Core | 34 |
| 6.6.1 | Referenz auflösen/dereferenzieren | 35 |
| 6.7 | Komponenten und ihre Anwendungsfälle | 35 |
| 7 | Konzepte und Realisierungen | 37 |
| 7.1 | Daten-Referenzen in BPEL (IAAS-Referenzen) | 37 |
| 7.1.1 | Reference Resolution System | 37 |
| 7.1.2 | Referenzen und Endpoint References | 39 |
| 7.1.3 | Realisierung von Referenzen in BPEL | 40 |
| 7.2 | Container-Referenzen in BPEL (IPVS-Referenzen) | 42 |
| 7.3 | Data-Management-Aktivitäten | 42 |
| 7.3.1 | Datenmanagement-Patterns | 42 |
| 7.3.2 | Umsetzung der Datenmanagement-Patterns | 46 |
| 7.3.3 | Resultierende BPEL-Aktivitäten | 52 |
| 7.4 | Transaktionen | 57 |
| 7.5 | Authentifizierung und Autorisierung | 57 |
| 7.5.1 | Authentifizierung | 58 |
| 7.5.2 | Autorisierung | 58 |
| 7.6 | Auditing | 58 |
| 7.6.1 | Momentane Situation - Monitoring von ODE | 58 |
| 7.6.2 | Auditing von SIMPL | 59 |
| 7.6.3 | Event Modell | 59 |
| 8 | Technologien und Werkzeuge | 63 |
| 8.1 | Technologien | 63 |
| 8.2 | Werkzeuge | 64 |
| | Literaturverzeichnis | 65 |
| | Abkürzungsverzeichnis | 66 |
| | Abbildungsverzeichnis | 67 |

| | |
|---------------------------------|-----------|
| Verzeichnis der Listings | 68 |
| Tabellenverzeichnis | 69 |

Änderungsgeschichte

| Version | Datum | Autor | Änderungen |
|---------|------------|--|---|
| 0.1 | 11.09.2009 | hahnml | Erstellung des Dokuments. |
| 0.2 | 14.09.2009 | zoabfs, hahnml, xitu | Kapitel 3 eingefügt. |
| 0.3 | 17.09.2009 | hahnml, zoabisfs | Kapitel 7 eingefügt. |
| 0.4 | 21.09.2009 | hahnml, zoabisfs, rehnre | Kapitel 5 und 6 eingefügt. |
| 1.0 | 28.09.2009 | hahnml, zoabisfs, schneimi, bruededl, huettiwg, rehnre | Abschließende Überarbeitung des Dokuments. |
| 1.1 | 19.10.2009 | hahnml, schneimi, rehnre | Korrektur der Spezifikation nach dem Review mit den Kunden. |
| 1.2 | 13.11.2009 | hahnml | Korrektur der 1.Iteration der Spezifikation. |
| 1.3 | 13.11.2009 | huettiwg | Abschließende Überarbeitung der 1. Iteration der Spezifikation. |
| 2.0 | 14.11.2009 | hahnml | Erweiterung der Spezifikation auf die 2.Iteration. |

1 Einleitung

In diesem Kapitel wird der Zweck dieses Dokuments sowie der Einsatzbereich und die Ziele der zu entwickelnden Software beschrieben. Weiterhin werden die in diesem Dokument verwendeten Definitionen erläutert und ein Überblick über das restliche Dokument gegeben.

1.1 Zweck des Dokuments

Diese Spezifikation ist die Grundlage für alle weiteren Dokumente, die im Rahmen dieses Projekts entstehen. In ihr sind sämtliche Anforderungen an die zu entwickelnde Software festgelegt. Sie muss stets mit den anderen Dokumenten, insbesondere mit dem Entwurf und der Implementierung, konsistent gehalten werden. Die Spezifikation dient den Team-Mitgliedern als Grundlage und Richtlinie für die Entwicklung der Software und den Kunden als Zwischenergebnis zur Kontrolle.

Zum Leserkreis dieser Spezifikation gehören:

- Die Entwickler der Software,
- die Kunden und
- die Gutachter der Spezifikationsreviews.

1.2 Einsatzbereich und Ziele

Das Entwicklungsteam soll ein erweiterbares und generisches Rahmenwerk für die Modellierung und Ausführung von Workflows erstellen, welches den Zugriff auf nahezu beliebige Datenquellen ermöglichen soll. Bei den Datenquellen kann es sich beispielsweise um Sensornetze, Datenbanken und Dateisysteme handeln. Der Schwerpunkt soll klar auf wissenschaftlichen Workflows liegen, in denen es möglich sein muss, große heterogene Datenmengen verarbeiten zu können. Als Modellierungs- und Ausführungssprache für die hier betrachteten Workflows dient die Business Process Execution Language (BPEL, [4]). Über das Rahmenwerk sollen beliebige Datenmanagement-Funktionen in einen BPEL-Prozess eingebunden werden können. Dafür werden bereits vorhandene Konzepte evaluiert, wie z.B. die Sprache BPEL, und falls nötig erweitert und angepasst. Für eine möglichst hohe Flexibilität soll ein dynamischer Ansatz gewählt werden, so dass auch erst zur Laufzeit des Systems die Datenquellen festgelegt werden können. Nichtsdestoweniger sollte auch die Möglichkeit bestehen, die Datenquellen statisch anbinden zu können. Eine Anforderung des Kunden ist, dass eine vorhandene BPEL-Workflow-Engine sowie ein vorhandenes Modellierungstool um diese gewünschten Funktionen erweitert bzw. angepasst werden. Die BPEL-Prozesse sollen mit dem entsprechenden Modellierungstool spezifiziert und mit der BPEL-Workflow-Engine ausgeführt werden können.

1.3 Evolution des Dokuments

Das Projekt SIMPL ist in drei Iterationsstufen aufgeteilt. Die vorliegende Spezifikation beschreibt die Anforderungen, die in der ersten und zweiten Iterationsstufe des Rahmenwerks umgesetzt werden sollen und stellt dessen Grundfunktionalität, sowie erste Erweiterungen dieser, dar. Die Spezifikation und damit die Beschreibung der weitergehenden Funktionalität wird in späteren Iterationen vervollständigt.

Darüber hinaus wird in weiterführenden Kundengesprächen über die Präferenzordnung von optionalen Implementierungen diskutiert, welche in den entsprechenden Iterationen umgesetzt werden sollen. Abschnitt 1.3.1 nennt die Basisfunktionalitäten des Rahmenwerks, die in der ersten Iteration umgesetzt werden. Abschnitt 1.3.2) liefert einen Ausblick auf die Funktionalitäten, die in den weiteren Iterationen umgesetzt werden.

1.3.1 Basisfunktionalität

Folgende Funktionen bilden die Basisfunktionalität des SIMPL-Rahmenwerks:

1. Iteration

- Die statische Anbindung von Datenquellen: Relationale Datenbanken, XML-Datenbanken, Sensornetze und Dateisysteme.
- Eine grundlegende Adminkonsole, die Funktionen wie das An- und Ausschalten des Auditings und die Eingabe globaler Einstellungen für das Rahmenwerk bereitstellt.
- Bereitstellung von generischen BPEL-Aktivitäten im Eclipse BPEL Designer für den Zugriff auf Datenquellen.

2. Iteration

- Implementierung der IAAS-Referenzen [3]. Das heißt, Referenzen, die auf Daten verweisen und anstatt derer zwischen Prozessen hin und her geschickt werden und nur dort wo sie wirklich benötigt werden, aufgelöst und in den Prozess geladen werden (siehe 7.1). Dies wird aus Gründen der Performanz benötigt, da die Datenübergabe standardmäßig per Value erfolgt, was bei großen Datenmengen (bis zu Gigabytes im wissenschaftlichen Bereich) zu erheblichen Performanzeinbußen führt.
- Implementierung der IPVS-Referenzen: Das sind BPEL-Variablen, die als Referenzen auf Datenquellen und Datencontainer (Tabellen, Dateien, XML-Dokumente, etc.) verwendet werden können (siehe 7.2).
- Implementierung eines Plug-In Systems für die Anbindung von verschiedenen Datenquellen.
- Implementierung eines Dateisystem-Adapters am Beispiel des CSV-Dateiformats.

1.3.2 Ausblick

In diesem Abschnitt geht es darum, welche Funktionalität in weiteren Iterationen hinzugefügt wird. Die folgende Liste enthält die Punkte, die auf jeden Fall in einer der folgenden Iterationen umgesetzt werden:

3. Iteration

- Implementierung einer Datenquellen-Registry mit Hilfe derer Datenquellen über den Eclipse BPEL Designer manuell durch den Benutzer oder dynamisch durch das SIMPL Eclipse Plug-In ausgewählt werden können.
- Unterstützung einer automatischen Auswahl von Datenquellen zur Laufzeit. Dabei kann der Benutzer Anforderungen an Datenquellen formulieren und eine Strategie auswählen, mit deren Hilfe eine Datenquelle, die seine Anforderungen erfüllt, ausgewählt wird.
- Einstellung der Granularität des Auditings.

Im Folgenden wird beschrieben, was von uns (unter Absprache mit dem Kunden) als optionale Anforderungen definiert wurden. Diese werden umgesetzt, wenn der zeitliche Rahmen des Projekts es zulässt.

- Implementierung eines Monitorings, welches das bestehende Auditing nutzt, um dessen Daten in definierten Abständen auszulesen und dem Benutzer, zur Beobachtung und Überwachung von BPEL-Prozessen, anzuzeigen. Die kann später auch einfach vom Kunden nachgerüstet werden.

1.4 Definitionen

Die in der Spezifikation verwendeten Begriffe, Definitionen und Abkürzungen werden in einem separaten Begriffslexikon eindeutig definiert und erklärt. Dadurch werden Missverständnisse innerhalb des Projektteams oder zwischen Projektteam und Kunde vermieden.

Auf alle in Abschnitt 7.3.3 beschriebenen BPEL-Aktivitäten wird in diesem Dokument mit dem Sammelbegriff Data-Management-Aktivität verwiesen. Wird also von einer Data-Management-Aktivität gesprochen, ist indirekt eine oder mehrere dieser Aktivitäten gemeint. Über die Definition und Verwendung dieses Sammelbegriffs soll lediglich die Allgemeingültigkeit der getroffenen Aussagen, für jede der in Abschnitt 7.3.3 beschriebenen Aktivitäten, erreicht werden. Nachfolgend wird weiterhin für den Begriff Data-Management-Aktivität die Abkürzung DM-Aktivität verwendet.

1.5 Überblick

In diesem Dokument soll die zu entwickelnde Software spezifiziert werden. Dazu werden in Kapitel 2 die spätere Systemumgebung, die Kernfunktionen, die Sprache und weitere Aspekte der Software beschrieben. So erhält der Leser einen Überblick über die Funktionalität der Software und deren Verwendung. Weiterhin werden die Ziele und Aufgaben, die für die Realisierung der Software bestehen, aufgezeigt. Anschließend werden die vom Kunden genannten Anforderungen durch die Kapitel 3, 5, 6 und die vorläufige Benutzeroberfläche in Kapitel 4 aufgezeigt. Dabei werden durch die nichtfunktionalen Anforderungen qualitative (Robustheit, Portabilität, usw.) und quantitative (Mengengerüst) Anforderungen an die Software spezifiziert. Die Anwendungsfälle in Kapitel 6 beschreiben die funktionalen Anforderungen. Es werden also konkret die Funktionen, die die Software enthalten soll und z.T. schon in der Übersicht der Kernfunktionalität in Abschnitt 1.3.1 aufgeführt sind, beschrieben. Im Anschluss folgen in Kapitel 7 die Beschreibungen und Definitionen einiger Konzepte bzw. Ansätze, die zur Umsetzung der gewünschten Funktionalität benötigt werden. Am Ende des Dokuments werden in Kapitel 8 die verwendeten Werkzeuge und Technologien, die für die Erstellung der Software benötigt werden, vorgestellt.

2 Allgemeine Beschreibung

Dieses Kapitel liefert allgemeine Informationen über die zu entwickelnde Software. Dazu gehören beispielsweise die Beschreibung der späteren Systemumgebung, die wichtigsten Funktionen, die verwendete Sprache und Informationen über den Benutzerkreis der Software.

2.1 Einbettung in die Systemumgebung

Das SIMPL Rahmenwerk, bestehend aus dem SIMPL Core und dem SIMPL Eclipse Plug-In, soll in die in Abbildung 1 dargestellte Systemumgebung eingebettet werden. Die Systemumgebung besteht dabei aus Eclipse mit dem BPEL Designer Plug-In, einem Web Server, wie z.B. dem Apache Tomcat (siehe [7]) und den Datenquellen, auf die zugegriffen wird. Der SIMPL Core und eine Workflow-Engine (Apache Orchestration Director Engine (ODE), siehe [6]) werden auf dem Web Server ausgeführt. SIMPL unterstützt relationale Datenbanken (MySQL, IBM DB2), XML-Datenbanken (IBM DB2), Dateisysteme, Sensornetz-Datenbanken (TinyDB) und kann um weitere Datenquellen ergänzt werden. Eine Sensornetz-Datenbank (TinyDB) speichert die Daten von meist kabellos vernetzten Sensoren und liefert so eine zentrale und einheitliche Zugriffsmöglichkeit auf Sensordaten. Abbildung 1 zeigt die von SIMPL unterstützten Datenquellen. Der SIMPL Core läuft als Web Service auf dem Web Server und liefert die Funktionalität, die während der Laufzeit von Prozessen mit DM-Aktivitäten benötigt wird. Durch den SIMPL Core werden weitgehend alle Funktionalitäten, die für den Zugriff auf Datenquellen benötigt werden, geliefert. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit in der Workflow-Engine so wenig wie nötig implementieren zu müssen. Dieser Umstand erhöht die Portabilität und die Erweiterbarkeit des Rahmenwerks beträchtlich. Das SIMPL Eclipse Plug-In besteht selbst aus zwei einzelnen Plug-Ins, dem SIMPL GUI Plug-In und dem SIMPL DM Plug-In. Das SIMPL GUI Plug-In erweitert die grafische Oberfläche von Eclipse um Einstellungen für das SIMPL Rahmenwerk vornehmen zu können. Das SIMPL DM Plug-In erweitert das Eclipse BPEL Designer Plug-In um Prozesse mit DM-Aktivitäten modellieren zu können. Durch diese Trennung ist es möglich auch nur eines der beiden Plug-Ins in Eclipse einzubinden. Die DM-Aktivitäten werden in der Workflow-Engine implementiert und in diese als Plug-In eingebunden. Dabei läuft die benötigte Software auf dem lokalen Rechner des Benutzers, die Datenquellen können auf verschiedene Server verteilt sein.

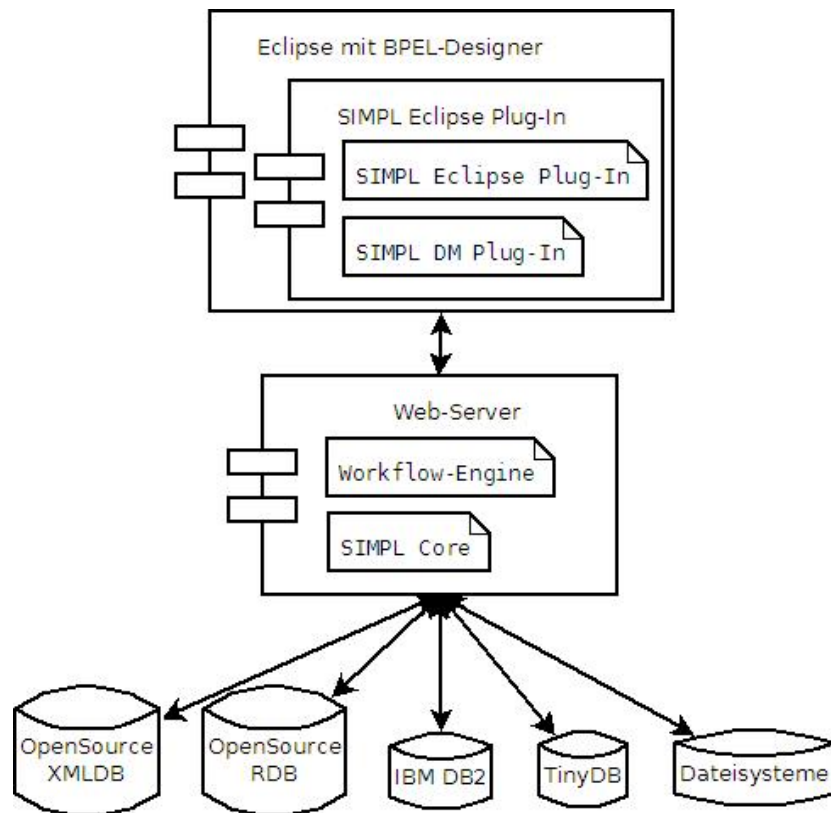


Abbildung 1: Übersicht über die Systemumgebung von SIMPL

2.2 Funktionen

In diesem Abschnitt folgen die wichtigsten Funktionen des Rahmenwerks, die später dessen Kernfunktionalität bilden sollen.

Das Rahmenwerk soll als Eclipse Plug-In verwendet werden und mit der Laufzeitumgebung integriert sein. Es soll die Verarbeitung von großen, heterogenen Datenmengen im Rahmen eines wissenschaftlichen Workflows ermöglichen.

Die vorhandenen BPEL-Aktivitäten des Eclipse BPEL Designers werden dazu um neue Aktivitäten für die Verwaltung von Daten erweitert (DM-Aktivitäten). Mit deren Hilfe wird die Anbindung von Datenquellen in BPEL-Prozessen vereinfacht. In der ersten Iteration werden die Datenquellen über ihre physikalische Adresse angebunden. In einer späteren Iteration wird eine Datenquellen-Registry bereitgestellt. Diese ermöglicht die Realisierung einer grafischen oder automatischen Auswahlmöglichkeit für Datenquellen. Eine nähere Beschreibung der DM-Aktivitäten wird in Abschnitt 7.3 gegeben.

Alle Ereignisse, die während der Laufzeit eines Prozesses auftreten (z.B. Zugriff auf eine Datenquelle), werden durch ein Auditing in einer vom Nutzer definierten Datenbank gespeichert.

Für die Verwaltung des SIMPL-Rahmenwerks und zur Änderung von Einstellungen auch während der Laufzeit von Prozessen, wird eine Admin-Konsole implementiert. Über diese kann zum Beispiel das Auditing an und ausgeschaltet und eine Datenbank zur Speicherung der Auditinginformationen angegeben werden.

2.3 Sprache

Generell gilt, dass alle Dokumente auf Deutsch und jeder Quellcode einschließlich Kommentaren auf Englisch verfasst und ausgeliefert werden sollen. Eine Ausnahme bilden das Handbuch und die ver-

schiedenen Dokumentationen der von uns durchgeführten Erweiterungen, wie z.B. die Erweiterungen von Apache ODE oder dem Eclipse BPEL Designer. Diese Dokumente werden auf Deutsch und auf Englisch verfasst, um sie einem breiteren Leserkreis zur Verfügung stellen zu können.

2.4 Distributionsform und Installation

Das Rahmenwerk wird als Teil eines großen Installationspakets ausgeliefert. Dieses Installationspaket besteht aus allen Programmen, die für die Verwendung des Rahmenwerks benötigt werden. Dazu gehört ein Modellierungstool (Eclipse BPEL Designer), ein Web Server (Apache Tomcat), der eine Workflow-Engine ausführen kann, eine Workflow-Engine (Apache ODE) und natürlich das Rahmenwerk selbst. Mithilfe des Installationspakets ist es möglich, viele Einstellungen bereits vorzudefinieren und dem Benutzer die Installation zu erleichtern. Das Installationspaket wird dabei als RAR-Archiv zusammen mit allen wichtigen Dokumenten auf einer CD/DVD ausgeliefert. So können nachträgliche Erweiterungen/Korrekturen des Rahmenwerks mithilfe der Dokumentationen leichter realisiert werden. Die Installation der einzelnen Komponenten wird dann anhand der mitgelieferten Installationsanleitung durchgeführt. Nähere Informationen liefert [1].

2.5 Benutzerprofile

Die Benutzer sind im Normalfall Wissenschaftler und Ingenieure. Sie haben meist keine bis wenig Vorkenntnisse in den Bereichen Workflow und Informatik und stellen so entsprechende Anforderungen an die Benutzbarkeit des Rahmenwerks (siehe Kapitel 3).

2.6 Einschränkungen

Für die Erstellung und Verwendung des SIMPL Rahmenwerks gelten die folgenden Einschränkungen

- Als Workflow-Modellierungssprache dient die Business Process Execution Language (BPEL).
- Die Modellierung von BPEL-Prozessen ist an das Modellierungswerkzeug Eclipse BPEL Designer gebunden.
- Die Ausführung von BPEL-Prozessen ist an die Workflow-Engine Apache ODE gebunden. Das Auditing einer Prozessausführung wird nur für Apache ODE bereitgestellt.
- Als Programmiersprache für das SIMPL Rahmenwerk kommt Java zum Einsatz.

3 Nichtfunktionale Anforderungen

In diesem Kapitel werden die nichtfunktionalen Anforderungen an die zu entwickelnde Software beschrieben. Dafür werden die entsprechenden Software-Qualitäten aufgeführt und ihre Bedeutung für die zu entwickelnde Software erläutert.

3.1 Mengengerüst

Das Mengengerüst beinhaltet alle quantifizierbaren Anforderungen an das Rahmenwerk:

- Für die Speicherung der Auditing-Daten kann nur eine Datenbank gleichzeitig ausgewählt sein.
- Alle laufenden Prozesse einer Workflow-Engine können zu einem Zeitpunkt gemeinsam nur Daten in Höhe des Speichers, der durch das Betriebssystem zur Verfügung gestellt wird, halten.

3.2 Benutzbarkeit

Die Benutzbarkeit soll sich vor allem an Nutzer mit wenig Kenntnissen im Umgang mit Workflows und BPEL richten und die dafür größtmögliche Transparenz liefern. Dass bedeutet, dass die interne Prozesslogik der Software bestmöglichst vom Benutzer abgeschirmt wird. Dadurch erhält der Benutzer eine einfache und schnell verständliche Schnittstelle zur Software.

3.3 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit des Rahmenwerks soll mindestens so hoch sein, dass sie der Verfügbarkeit der späteren Systemumgebung entspricht oder diese übersteigt, damit durch die Verwendung des Rahmenwerks keine zusätzlichen Ausfallzeiten entstehen.

3.4 Robustheit

Unter Robustheit ist hier zu verstehen, dass selbst wenn es zu ungünstigen Bedingungen kommt, SIMPL weiterhin weitgehend fehlerfrei verwendet werden kann. Ungünstige Bedingungen sind dabei z.B. der Ausfall des Servers oder Probleme bei der Verbindung mit Datenquellen. Dazu sollen Prozesse fehlerfrei ausgeführt werden und entsprechend korrekte Ergebnisse liefern oder das Rahmenwerk sicher beendet werden können. Nach dem Neustart des Rahmenwerks müssen evtl. auch die Prozesse, die zum Zeitpunkt des Fehlers ausgeführt wurden, neu gestartet werden, falls kein Recovery möglich ist.

Benutzereingaben werden nicht vom Rahmenwerk überprüft. Fehlerhafte Eingaben resultieren während dem Deployment bzw. dem Prozessablauf jedoch immer in stabilen Zuständen, die über entsprechende Fehlermeldungen dem Benutzer mitgeteilt werden. Anhand der Fehlermeldungen kann der Benutzer seine Eingaben korrigieren und den Prozess neu deployen bzw. ausführen.

3.5 Sicherheit

Da das Rahmenwerk nur lokal ausgeführt wird und alle lokalen Benutzer momentan die gleichen Rechte besitzen, wird vorerst auf Authentifizierungs- und Autorisierungsmaßnahmen für den Zugriff auf das Rahmenwerk verzichtet. Um eine spätere Realisierung zu vereinfachen, werden bereits jetzt die Rollen Prozess-Modellierer und Workflow-Administrator (siehe Kapitel 5) definiert. Die Authentifizierung und Autorisierung bei Datenquellen wird in Abschnitt 7.5 beschrieben.

3.6 Portabilität

Die Portabilität des SIMPL Eclipse Plug-Ins ist durch die Integration in Eclipse gewährleistet. Der SIMPL Core wird dahingehend implementiert, dass er in allen Java unterstützenden Web Containern lauffähig ist.

3.7 Erweiterbarkeit

Die Erweiterbarkeit des Systems ist eine zentrale Anforderung, da es über einen langen Zeitraum genutzt und in Zukunft um die Anbindung weiterer Datenquellen, Konzepte für den Datenzugriff und den Umgang mit weiteren Datenformaten ergänzt werden soll. Um die Erweiterbarkeit des Systems zu gewährleisten, werden ein modularer Aufbau zugrunde gelegt und entsprechende Schnittstellen geschaffen. Beispiele für den modularen Aufbau des Rahmenwerks sind:

- Die Aufteilung des Rahmenwerks in SIMPL-Core, erweiterter Workflow-Engine und erweitertes Eclipse Plug-In (siehe Abschnitt 2.1).
- Der SIMPL-Core an sich wird modular aufgebaut sein, damit er selbst erweitert werden kann.

3.8 Wartbarkeit

Durch eine qualitativ hochwertige Dokumentation und ein strukturiertes, geplantes und sauberes Entwicklungsvorgehen soll eine hohe Wartbarkeit erreicht werden. Dazu werden alle Dokumente entsprechend gepflegt und laufend aktualisiert. Weiterhin werden nach jedem Entwicklungsintervall Tests durchgeführt und deren Ergebnisse protokolliert.

3.9 Skalierbarkeit

Die Skalierbarkeit des Systems muss eine sehr flexible Infrastruktur erlauben, da die Computersysteme, auf denen SIMPL später ausgeführt wird, in ihrer Leistung sehr weit auseinander gehen können, d.h. vom normalen Desktop-Computer bis zum Supercomputer kann und soll alles möglich sein. Weiterhin soll die Skalierbarkeit des Rahmenwerks garantieren, dass für die Verarbeitung von größer werdenden Datenmengen die benötigten Ressourcen höchstens in der gleichen Größenordnung steigen.

4 Benutzeroberfläche des SIMPL Eclipse Plug-Ins

In diesem Kapitel wird die grafische Benutzeroberfläche des SIMPL Eclipse Plug-Ins beschrieben. Abbildung 2 zeigt den erweiterten Eclipse BPEL Designer. In der Palette befinden sich die SIMPL DM-Aktivitäten, die wie bereits vorhandene Aktivitäten zur Modellierung von Prozessen verwendet werden können. Für SIMPL wird ein Menü bereitgestellt, über das alle wichtigen Einstellungen und Informationen des SIMPL Rahmenwerks vorgenommen bzw. angezeigt werden können.

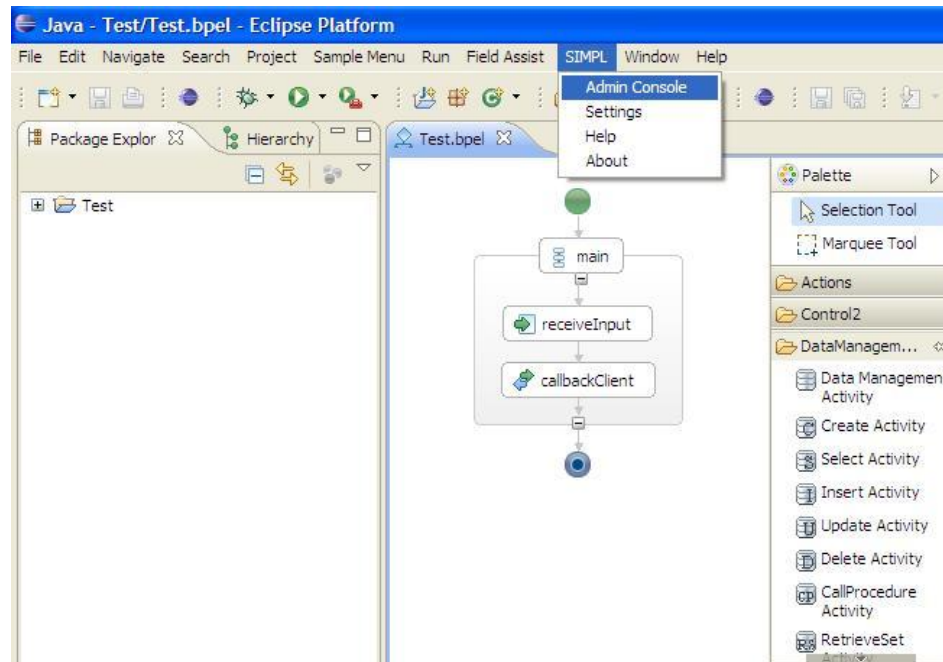


Abbildung 2: SIMPL Menü und Eclipse BPEL Designer mit einigen DM-Aktivitäten

4.1 Admin-Konsole

Die Admin-Konsole kann über das SIMPL Menü geöffnet werden und bietet die Möglichkeit, Einstellungen für das Rahmenwerk vorzunehmen. Dazu gehört beispielsweise die Angabe von globalen Einstellungen und die Verwaltung des Auditings und der Referenzen (siehe Abbildung 3).

Folgende Schaltflächen stehen durchgängig zur Verfügung:

- [Default]: Laden der Standard-Einstellungen
- [Save]: Speichern aller durchgeführten Änderungen
- [Reset]: Zurücksetzen aller durchgeführten Änderungen auf den letzten Speicherstand
- [Close]: Schließen der Admin-Konsole und Verwerfen aller Änderungen

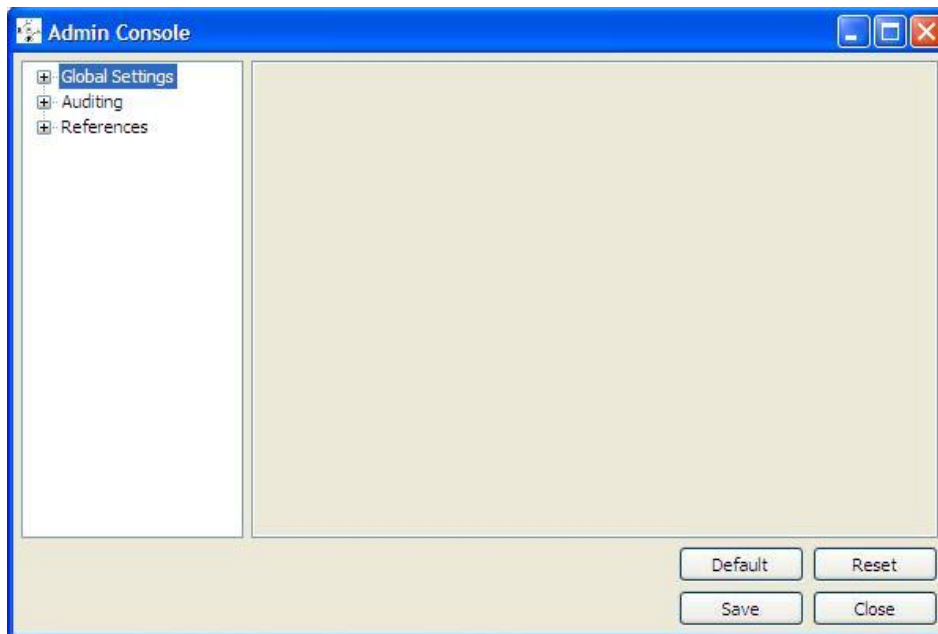


Abbildung 3: Admin-Konsole

4.1.1 Globale Einstellungen

In Abbildung 4 wird der Unterpunkt "Global Settings" der Admin-Konsole gezeigt. Hier können Standardwerte für die Authentifizierung bei Datenquellen angegeben werden.

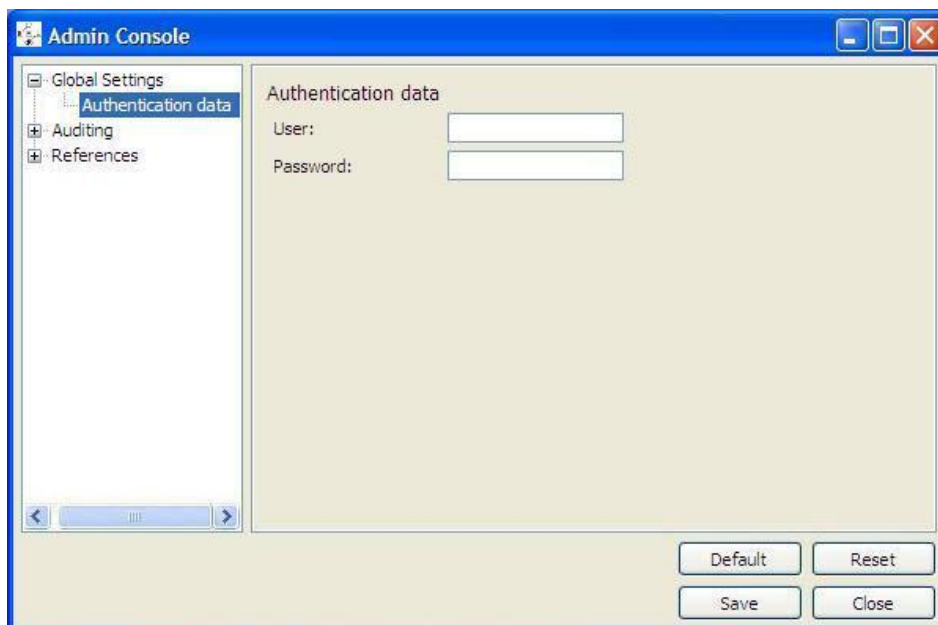


Abbildung 4: Dialog der globalen Eigenschaften

4.1.2 Auditing

In Abbildung 5 wird der Unterpunkt “Auditing” der Admin-Konsole gezeigt. Hier kann das Auditing an- und abgeschaltet werden und eine Datenbank für das Auditing angegeben werden.

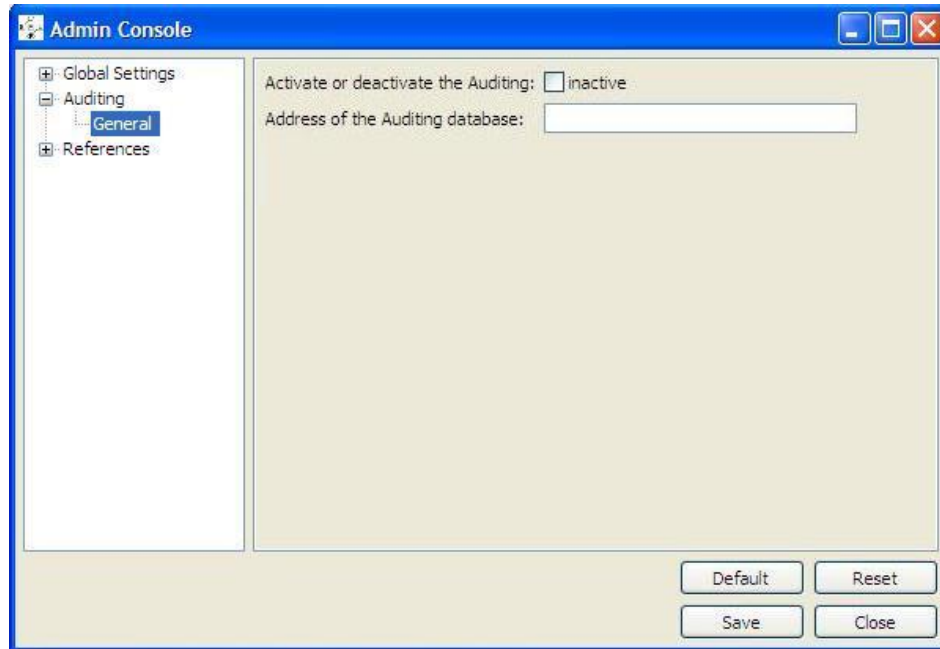


Abbildung 5: Dialog für die Auditing Einstellungen

4.1.3 Referenzen

In Abbildung 6 wird der Unterpunkt “References” der Admin-Konsole gezeigt. Hier können über “General” allgemeine Eigenschaften in Bezug auf die Verwendung von Referenzen, wie ??? getroffen werden. Abbildung 7 zeigt den Verwaltungsdialog der Referenzen, der über “Management” aufgerufen werden kann. Hier können alle vorhandenen Referenzen betrachtet, bearbeitet oder gelöscht werden und auch neue Referenzen erstellt werden.

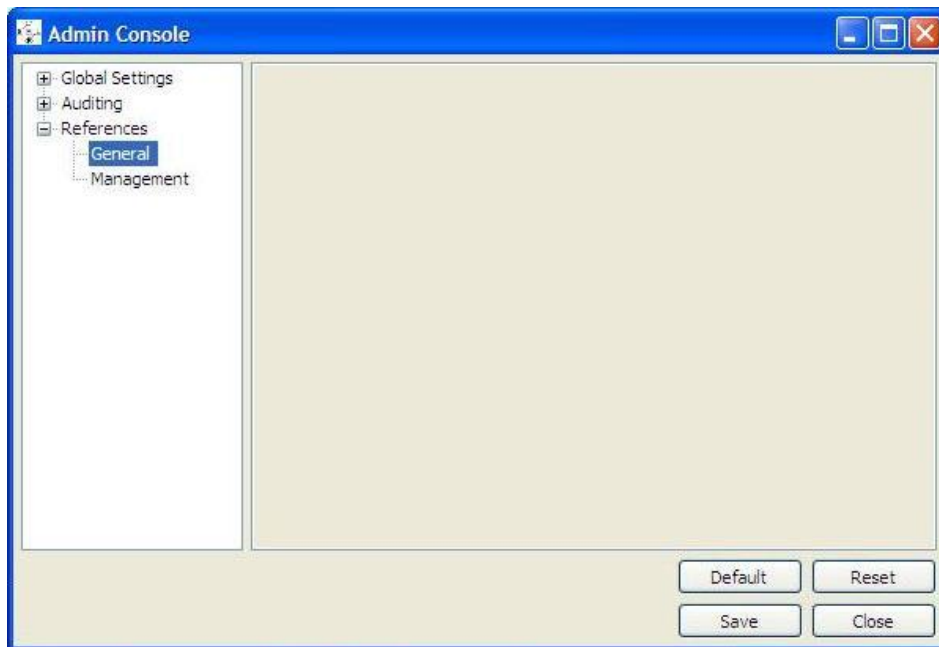


Abbildung 6: Dialog für allgemeine Referenzen Einstellungen

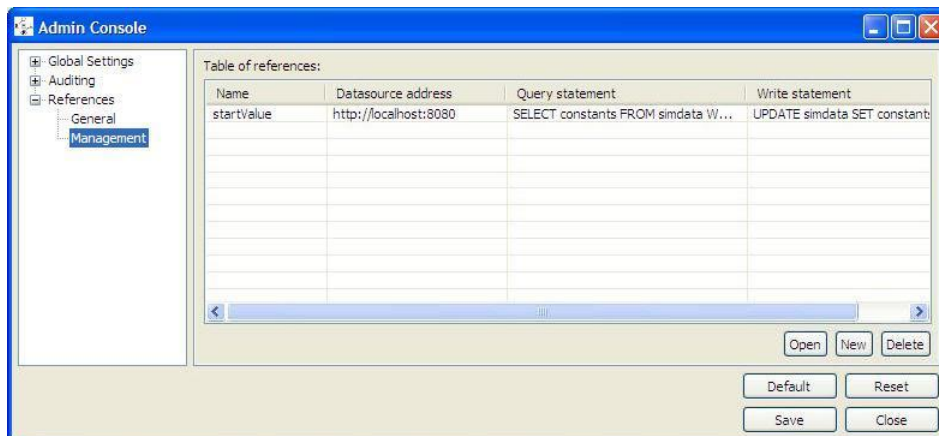
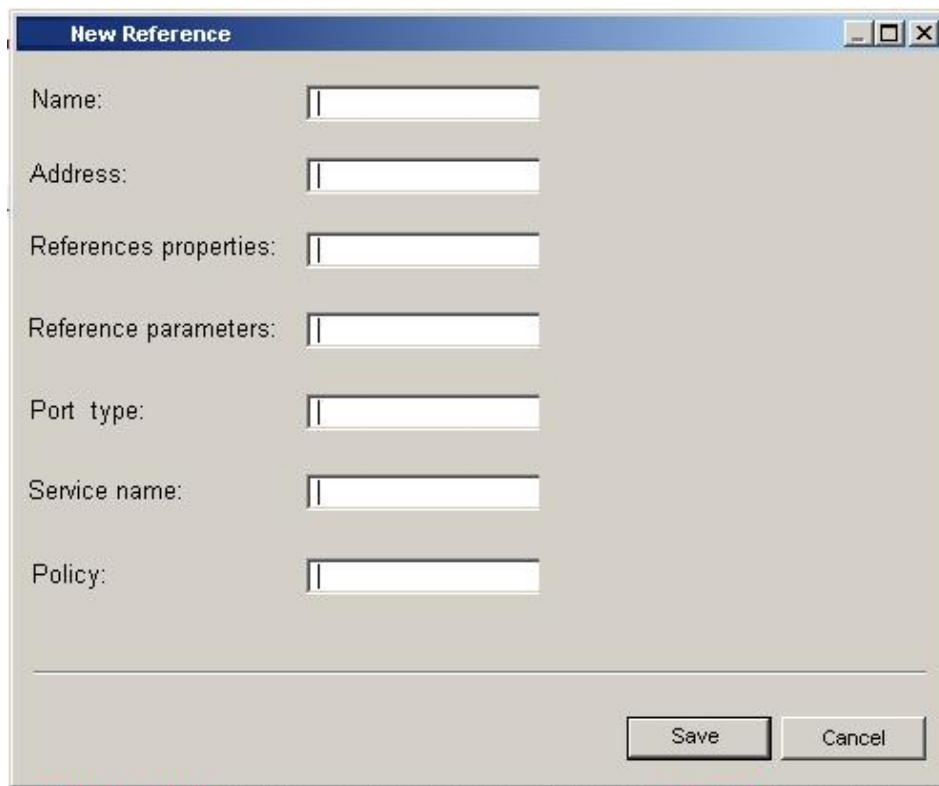


Abbildung 7: Dialog für die Verwaltung von Referenzen



The image shows a Windows-style dialog box titled "New Reference". It contains seven text input fields, each preceded by a label: "Name:", "Address:", "References properties:", "Reference parameters:", "Port type:", "Service name:", and "Policy:". At the bottom right of the dialog are two buttons: "Save" and "Cancel". The dialog has a standard Windows title bar with minimize, maximize, and close buttons.

| Field Label | Input Field |
|------------------------|----------------------|
| Name: | <input type="text"/> |
| Address: | <input type="text"/> |
| References properties: | <input type="text"/> |
| Reference parameters: | <input type="text"/> |
| Port type: | <input type="text"/> |
| Service name: | <input type="text"/> |
| Policy: | <input type="text"/> |

Buttons:

Abbildung 8: Dialog für das Anlegen neuer Referenzen

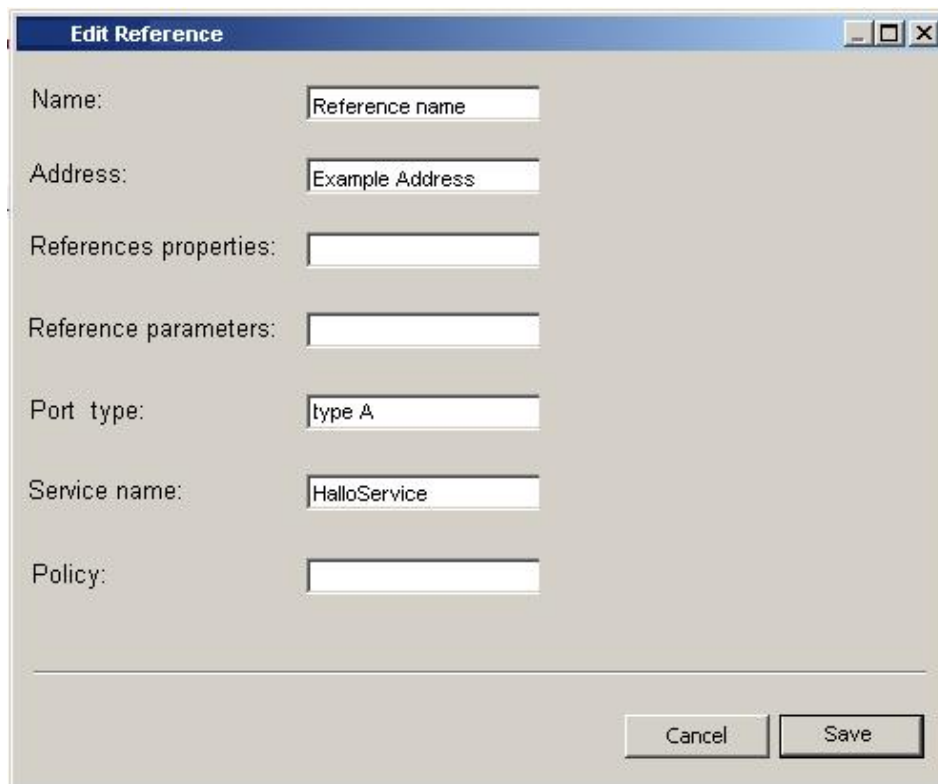


Abbildung 9: Dialog zur Bearbeitung von Referenzen

4.2 Data-Management-Aktivitäten

In Abbildung 10 wird die “PropertyView” am Beispiel einer Query-Aktivität (siehe Abschnitt 7.3.3) gezeigt. Hier kann die im Prozess ausgewählte Aktivität parametrisiert werden. Das bedeutet, dass die Aktivität hier mit Inhalt gefüllt wird, wie z.B. der Zieldatenquelle oder dem Befehl, der auf dieser ausgeführt werden soll. Dazu wird die Art der Datenquelle ausgewählt, ein Befehl über entsprechende grafische Elemente erstellt und die physikalische Adresse der Datenquelle angegeben. Falls die Checkbox “Show resulting statement” gesetzt ist, wird der durch die grafischen Elemente definierte Befehl im Textfeld “Resulting statement” angezeigt. Im Textfeld wird dabei der Befehl in seiner vollen Länge angezeigt, genau so wie er auf der Datenquelle ausgeführt wird.

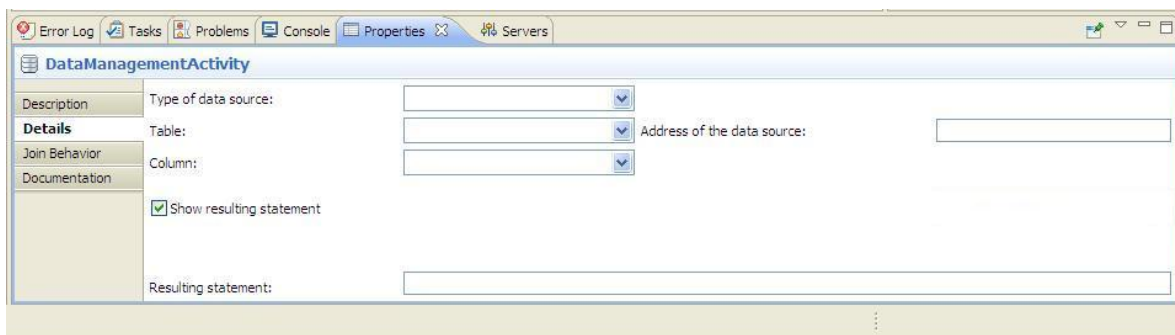


Abbildung 10: Eigenschaftsfenster einer DM-Aktivität am Beispiel einer Query Activity

5 Akteure

In diesem Kapitel werden die einzelnen Akteure der Software beschrieben und ihre Abhängigkeiten untereinander definiert.

5.1 Prozess-Modellierer

Ein Prozess-Modellierer besitzt Fachwissen (z.B. aus der Biologie), das er bei der Modellierung eines wissenschaftlichen Workflows verwendet. Zur Modellierung der Workflows nutzt er den Eclipse BPEL Designer. Dazu kann er beispielsweise BPEL-Aktivitäten erstellen, bearbeiten und auch löschen. Hat der Prozess-Modellierer den BPEL-Prozess fertig modelliert, kann er diesen im Anschluss auf einer Workflow-Engine deployen und danach ausführen lassen.

5.2 Workflow-Administrator

Ein Workflow-Administrator ist eine Spezialisierung des Prozess-Modellierers. D.h. er kann alle Anwendungsfälle des Prozess-Modellierers und noch weitere administrative Anwendungsfälle ausführen. Seine Kenntnisse liegen eher im technischen Bereich, wie z.B. bei der Konfiguration des Rahmenwerks. Er kann beispielsweise über die Admin-Konsole während der Prozesslaufzeit das Auditing an- und abschalten. Ebenso legt er die Datenbank für das Speichern der Auditing-Daten fest.

5.3 ODE Workflow-Engine

Die ODE Workflow-Engine ist ein durch Software realisierter Akteur. Sie führt interne Anwendungsfälle aus, die von einem Benutzer durch andere Anwendungsfälle indirekt aufgerufen werden. Durch die Erweiterungen kann sie DM-Aktivitäten ausführen und zurücksetzen.

5.4 Eclipse BPEL Designer

Der Eclipse BPEL Designer ist ebenfalls ein durch Software realisierter Akteur. Er führt interne Anwendungsfälle aus, die von einem Benutzer durch andere Anwendungsfälle indirekt aufgerufen werden. Der Eclipse BPEL Designer sorgt für das Laden der Einstellungen der Admin-Konsole und das Speichern dieser nach Änderungen.

5.5 SIMPL Core

Der SIMPL Core ist ebenfalls ein durch Software realisierter Akteur. Er führt interne Anwendungsfälle aus, die von einem Benutzer durch andere Anwendungsfälle indirekt aufgerufen werden. Der SIMPL Core sorgt für das automatische Auflösen von Referenzen.

6 Anwendungsfälle (Use-Cases)

Dieses Kapitel beschreibt die funktionalen Anforderungen an die Software. Dazu werden alle Anwendungsfälle eines jeden Akteurs, die durch das SIMPL Rahmenwerk neu hinzukommen, beschrieben und deren Zusammenhänge in entsprechenden Diagrammen graphisch dargestellt. D.h. das bereits durch vorhandene Software (z.B. Eclipse BPEL Designer) realisierte Anwendungsfälle nicht aufgeführt und beschrieben werden.

6.1 Diagramm der Anwendungsfälle

Abbildung 11 zeigt das Diagramm aller Anwendungsfälle der gesamten Software. Dadurch sollen die Funktionalität und die Akteure des späteren Gesamtsystems sichtbar werden. Die einzelnen Anwendungsfälle der verschiedenen Akteure werden in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.



Abbildung 11: Anwendungsfall-Diagramm des gesamten Softwaresystems

6.2 Anwendungsfälle des Prozess-Modellierers

Ein Prozess-Modellierer kann folgende neue Anwendungsfälle (siehe Abbildung 12) ausführen:

- Data-Management-Aktivität erstellen
- Data-Management-Aktivität bearbeiten
- Data-Management-Aktivität löschen
- Prozess auf ODE-Server deployen
- Prozessinstanz starten

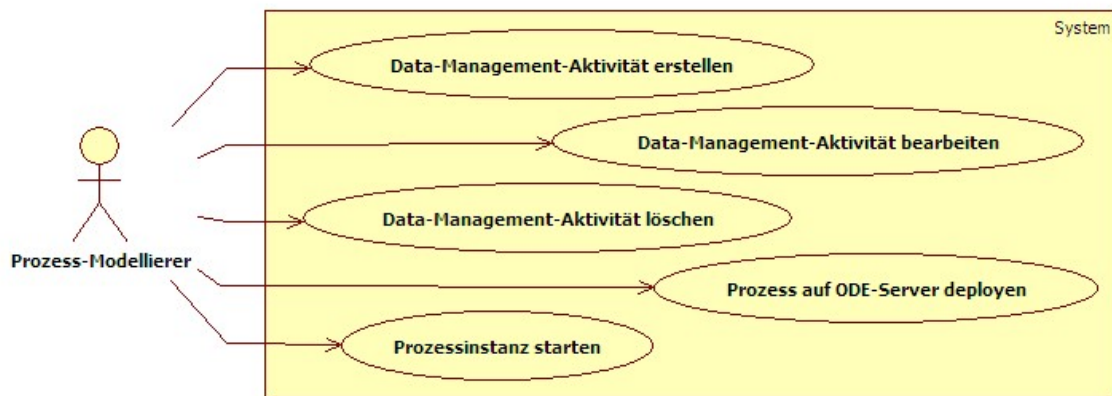


Abbildung 12: Anwendungsfall-Diagramm für den Prozess-Modellierer

6.2.1 Data-Management-Aktivität erstellen

| | |
|-----------------------------|--|
| Ziel | Erstellung einer neuen DM-Aktivität. |
| Vorbedingung | Ein vorhandener BPEL-Prozess ist im Eclipse BPEL Designer geöffnet und die BPEL Designer-Palette wird angezeigt. |
| Nachbedingung | Die erstellte DM-Aktivität wurde an der selektierten Position in den Prozess eingefügt, und der vom Benutzer eingegebene Name wird angezeigt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | Die erstellte DM-Aktivität wurde an der selektierten Position in den Prozess eingefügt, und der vom Eclipse BPEL Designer vorgeschlagene Name wird angezeigt. |
| Normalablauf | 1a. Selektion einer DM-Aktivität aus der BPEL Designer Palette durch Auswahl mit der linken Maustaste und anschließend Selektion der Stelle des Prozesses, an der die ausgewählte DM-Aktivität eingefügt werden soll, mit der linken Maustaste. 1b. (alternativ) Drag&Drop einer DM-Aktivität aus der Palette an die gewünschte Stelle im Prozess. 2. Eingabe eines Aktivitätsnamens durch den Benutzer. |
| Sonderfälle | 2a. Der angezeigte Namensvorschlag wird vom Benutzer bestätigt. |

6.2.2 Data-Management-Aktivität bearbeiten

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Bearbeitung der Eigenschaften einer vorhandenen DM-Aktivität. |
| Vorbedingung | Ein vorhandener BPEL-Prozess ist im Eclipse BPEL Designer geöffnet. |
| Nachbedingung | Alle durchgeführten Änderungen der Eigenschaften wurden korrekt übernommen und werden in der "Properties-View" angezeigt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | keine |
| Normalablauf | 1. Selektierung einer DM-Aktivität, durch Auswahl mit der linken Maustaste, aus dem Prozess. 2. Öffnen der "Properties-View" der DM-Aktivität um ihre Eigenschaften anzuzeigen. 3. Änderung der Eigenschaften der DM-Aktivität. |
| Sonderfälle | keine |

6.2.3 Data-Management-Aktivität löschen

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Löschen einer DM-Aktivität. |
| Vorbedingung | Ein vorhandener BPEL-Prozess ist im Eclipse BPEL Designer geöffnet. |
| Nachbedingung | Die ausgewählte DM-Aktivität wurde vollständig und korrekt aus dem Prozess gelöscht. Alle ausgehenden und eingehenden Links der DM-Aktivität wurden ebenfalls gelöscht. |
| Nachbedingung im Sonderfall | keine |
| Normalablauf | <ol style="list-style-type: none">1. Selektierung einer DM-Aktivität aus dem Prozess durch Auswahl mit der linken Maustaste.2. Löschen der DM-Aktivität durch drücken der "entf"-Taste oder über den Menüpunkt "Delete" des Kontextmenüs, das durch einen rechten Mausklick auf die DM-Aktivität geöffnet werden kann. |
| Sonderfälle | keine |

6.2.4 Prozess auf ODE-Server deployen

| | |
|-----------------------------|--|
| Ziel | Deployen eines Prozesses auf der Apache ODE Workflow-Engine. |
| Vorbedingung | Ein Prozess ist im Eclipse BPEL Designer geöffnet, die Apache ODE Workflow-Engine korrekt in Eclipse eingebunden und die Server-View wird angezeigt. |
| Nachbedingung | Die Prozess-Dateien wurden auf die Apache ODE Workflow-Engine kopiert und der Prozess wurde erfolgreich deployed. |
| Nachbedingung im Sonderfall | <ol style="list-style-type: none">3a. Der ODE-Server ist nicht gestartet und der Prozess wurde nicht deployed.3b. Der ODE-Server ist gestartet und der Prozess wurde nicht deployed. |
| Normalablauf | <ol style="list-style-type: none">1. Erstellung eines ODE Deployment-Deskriptors über File->New->Other->BPEL2.0->Apache ODE Deployment Descriptor.2. Hinzufügen des Prozesses zum ODE-Server in der Eclipse Server-View:<ul style="list-style-type: none">• Rechter Mausklick auf den ODE-Server• Auswahl des Menüpunkts "Add and Remove"• Hinzufügen der BPEL Prozess-Datei3. Starten des ODE-Servers über rechten Mausklick und klicken auf "Start". |
| Sonderfälle | <ol style="list-style-type: none">3a. ODE-Server startet nicht aufgrund eines Fehlers.3b. Beim Deployen des Prozesses tritt ein Fehler auf. |

6.2.5 Prozessinstanz starten

| | |
|-----------------------------|--|
| Ziel | Start einer Prozessinstanz eines Prozessmodells auf der Apache ODE Workflow-Engine. |
| Vorbedingung | Das Prozessmodell wurde erfolgreich auf Apache ODE Workflow-Engine deployt. |
| Nachbedingung | Prozessinstanz wurde gestartet. |
| Nachbedingung im Sonderfall | keine |
| Normalablauf | 1. Instanziierung des Prozessmodells und Start der Prozessinstanz durch eine entsprechende SOAP-Nachricht. |
| Sonderfälle | keine |

6.3 Anwendungsfälle des Workflow-Administrators

Ein Workflow-Administrator kann folgende Anwendungsfälle (siehe Abbildung 13) ausführen:

- Admin-Konsole öffnen
- Auditing aktivieren
- Auditing deaktivieren
- Auditing-Datenbank festlegen/ändern
- Globale Einstellungen festlegen/ändern
- Referenz in RRS einfügen
- Referenz aus RRS bearbeiten
- Referenz aus RRS löschen
- Einstellungen der Admin-Konsole speichern
- Einstellungen der Admin-Konsole zurücksetzen
- Default-Einstellungen der Admin-Konsole laden
- Admin-Konsole schließen

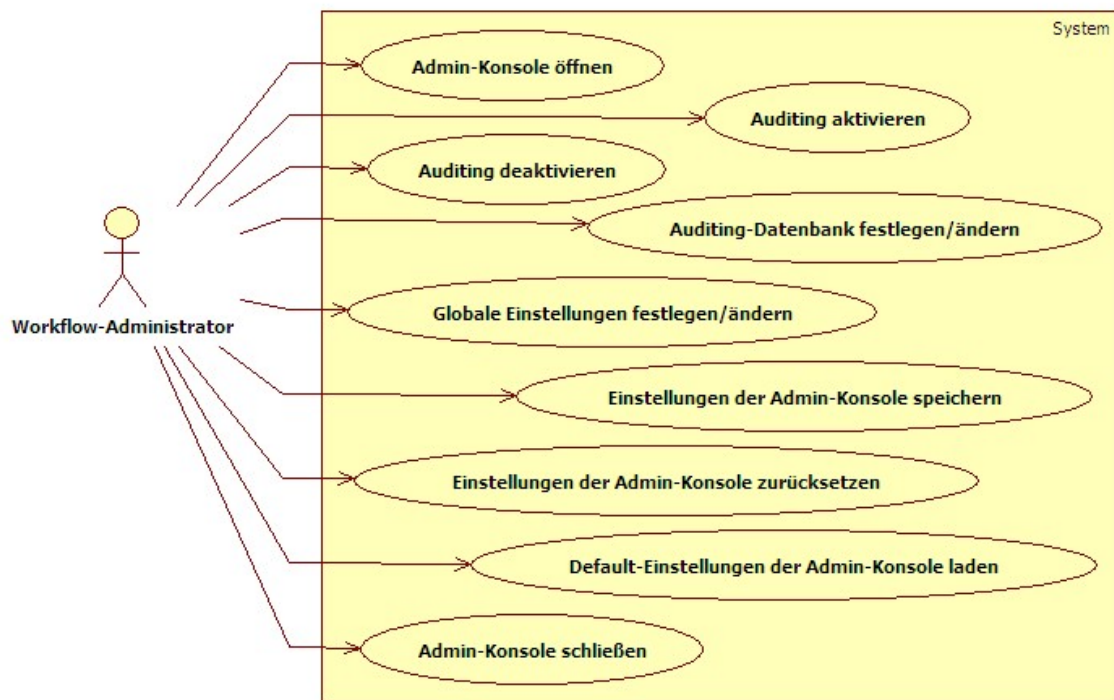


Abbildung 13: Anwendungsfall-Diagramm für den Workflow-Administrator

6.3.1 Admin-Konsole öffnen

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Öffnen der Admin-Konsole. |
| Vorbedingung | Eclipse mit dem SIMPL Eclipse Plug-In ist geöffnet. |
| Nachbedingung | Die Admin-Konsole wird angezeigt und kann verwendet werden. |
| Nachbedingung im Sonderfall | keine |
| Normalablauf | 1. Klick auf das SIMPL Menü in der Menüleiste. 2. Klick auf den Menüeintrag [Admin Console]. 3. Ausführung des Anwendungsfalls "Admin-Konsole laden". |
| Sonderfälle | keine |

6.3.2 Auditing aktivieren

| | |
|-----------------------------|--|
| Ziel | Auditing von SIMPL aktivieren. |
| Vorbedingung | Die Admin-Konsole ist geöffnet, der Unterpunkt "Auditing" wird angezeigt und das Auditing-Häkchen ist nicht gesetzt. |
| Nachbedingung | Das Auditing-Häkchen ist gesetzt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | keine |
| Normalablauf | 1. Setzen des Auditing-Häkchens. |
| Sonderfälle | keine |

6.3.3 Auditing deaktivieren

| | |
|-----------------------------|--|
| Ziel | Auditing von SIMPL deaktivieren. |
| Vorbedingung | Die Admin-Konsole ist geöffnet, der Unterpunkt “Auditing” wird angezeigt und das Auditing-Häkchen ist gesetzt. |
| Nachbedingung | Das Auditing-Häkchen ist nicht gesetzt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | keine |
| Normalablauf | 1. Zurücksetzen des Auditing-Häkchens. |
| Sonderfälle | keine |

6.3.4 Auditing-Datenbank festlegen/ändern

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Festlegung/Änderung einer Datenbank für das Auditing. |
| Vorbedingung | Die Admin-Konsole ist geöffnet und der Unterpunkt “Auditing” wird angezeigt. |
| Nachbedingung | Die festgelegte/geänderte Datenbank für das Auditing wird in der Admin-Konsole angezeigt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | Die festgelegte/geänderte Datenbank für das Auditing wird in der Admin-Konsole angezeigt. Es erscheint ein Hinweis, dass das Auditing nicht aktiv ist und die Datenbank somit keine Daten erhält. |
| Normalablauf | 1. Angabe der Datenbank-Adresse über einen Unified Resource Locator (URL) (optional Auswahl über Datenbank-Registry). |
| Sonderfälle | Auditing “Häkchen” ist nicht gesetzt. |

6.3.5 Globale Einstellungen festlegen/ändern

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Festlegung/Ändern der globalen Einstellungen. |
| Vorbedingung | Die Admin-Konsole ist geöffnet und der Unterpunkt “Global Settings” wird angezeigt. |
| Nachbedingung | Die festgelegten/geänderten globalen Einstellungen werden in der Admin-Konsole angezeigt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | keine |
| Normalablauf | 1. Eingabe/Änderung der Werte. |
| Sonderfälle | keine |

6.3.6 Neue Referenz in RRS einfügen

| | |
|-----------------------------|--|
| Ziel | Referenz in Reference Resolution System (RRS) einfügen. |
| Vorbedingung | Das RRS ist angebunden und die Admin-Konsole wird angezeigt. |
| Nachbedingung | Die neue Referenz wurde korrekt in das RRS eingefügt, wird in der Referenzen-Tabelle angezeigt und kann nun bei der Modellierung verwendet werden. |
| Nachbedingung im Sonderfall | Die Referenz wurde nicht in das RRS eingefügt, wird nicht in der Referenzen-Tabelle angezeigt und es wird eine entsprechende Fehlermeldung angezeigt, die den Benutzer über die aufgetretenen Fehler informiert. |
| Normalablauf | <ol style="list-style-type: none">1. Auswahl des Unterpunkts "References"->"Management"2. Klick auf den Button [New] zur Erstellung einer neuen Referenz3. Angabe aller benötigten Parameter4. Klick auf [Save], um die neue Referenz einzufügen |
| Sonderfälle | <ol style="list-style-type: none">4a. Fehler beim Einfügen der Referenz in das RRS, da z.B. das RRS nicht erreichbar ist. |

6.3.7 Referenz aus RRS bearbeiten

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Bearbeiten einer vorhandenen Referenz des RRS. |
| Vorbedingung | Das RRS ist angebunden und die Admin-Konsole wird angezeigt. |
| Nachbedingung | Die geänderten Werte der Referenz wurden korrekt im RRS gespeichert, die Referenz wurde aktualisiert und die aktualisierten Werte werden in der Referenzen-Tabelle angezeigt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | Die bearbeitete Referenz bleibt im RRS und in der Referenzen-Tabelle unverändert und es wird eine entsprechende Fehlermeldung angezeigt, die den Benutzer über die aufgetretenen Fehler informiert. |
| Normalablauf | <ol style="list-style-type: none">1. Auswahl des Unterpunkts "References"->"Management"2. Auswahl der zu bearbeitenden Referenz mit einem linken Mausklick auf eine Zeile der Referenzen-Tabelle3. Klick auf Button [Open], um die Referenz zu öffnen4. Bearbeiten der Werte der Referenz5. Klick auf den Button [Save], um die Änderungen im RRS zu speichern |
| Sonderfälle | <ol style="list-style-type: none">5a. Beim Speichern der Änderungen tritt ein Fehler auf, da z.B. das RRS nicht erreichbar ist. |

6.3.8 Referenz aus RRS löschen

| | |
|-----------------------------|--|
| Ziel | Löschen einer vorhandenen Referenz aus dem RRS. |
| Vorbedingung | Das RRS ist angebunden und die Admin-Konsole wird angezeigt. |
| Nachbedingung | Die entsprechende Referenz wurde vollständig und korrekt aus dem RRS und der Referenzen-Tabelle entfernt und kann nun nicht mehr verwendet werden. |
| Nachbedingung im Sonderfall | Die zu löschende Referenz bleibt im RRS und in der Referenzen-Tabelle unverändert und es wird eine entsprechende Fehlermeldung angezeigt, die den Benutzer über die aufgetretenen Fehler informiert. |
| Normalablauf | <ol style="list-style-type: none"> 1. Auswahl des Unterpunkts "References"->"Management" 2. Auswahl der zu löschenden Referenz mit einem linken Mausklick auf eine Zeile der Referenzen-Tabelle 3. Klick auf Button [Delete], um die Referenz zu löschen |
| Sonderfälle | 3a. Beim Löschen der Referenz tritt ein Fehler auf, da z.B. das RRS nicht erreichbar ist. |

6.3.9 Einstellungen der Admin-Konsole speichern

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Festlegung der in der Admin-Konsole getätigten/geänderten Einstellungen und deren Speicherung in einer dafür vorgesehenen Datenquelle. |
| Vorbedingung | Die Admin-Konsole wird angezeigt und es wurde mindestens ein Wert geändert. |
| Nachbedingung | Alle Werte der Admin-Konsole wurden korrekt gespeichert und alle veralteten Werte mit den Neuen überschrieben. |
| Nachbedingung im Sonderfall | 1a.&1b. Der Benutzer erhält eine Fehlermeldung, die ihn über den entsprechenden Fehler informiert. Falls Werte geändert wurden, werden die Änderungen verworfen und so die Werte auf den letzten Speicherstand zurückgesetzt. |
| Normalablauf | <ol style="list-style-type: none"> 1. Klick auf den Button [Save]. 2. Anwendungsfall "Admin-Konsole speichern" wird ausgeführt. |
| Sonderfälle | <ol style="list-style-type: none"> 1a. Das Auditing ist aktiviert und vom Benutzer wurde keine Auditing-Datenbank zum Speichern der Auditing-Daten festgelegt. 1b. Das Auditing ist aktiviert und eine Auditing-Datenbank angegeben. Die angegebene Auditing-Datenbank kann nicht verwendet werden, da sie z.B. nicht erreichbar ist oder die Authentifizierung fehlgeschlagen ist. |

6.3.10 Einstellungen der Admin-Konsole zurücksetzen

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Zurücksetzen des Inhalts der Admin-Konsole auf die zuletzt gespeicherten Werte. |
| Vorbedingung | Die Admin-Konsole wird angezeigt und es wurde mindestens ein Wert geändert. |
| Nachbedingung | Alle geänderten Werte der Admin-Konsole wurden auf die zuletzt gespeicherten Einstellungen zurückgesetzt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | keine |
| Normalablauf | 1. Klick auf den Button [Reset]. 2. Ausführung des Anwendungsfalls "Admin-Konsole laden". |
| Sonderfälle | keine |

6.3.11 Default-Einstellungen der Admin-Konsole laden

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Laden der Standardwerte in der Admin-Konsole. |
| Vorbedingung | Die Admin-Konsole wird angezeigt. |
| Nachbedingung | Alle Werte der Admin-Konsole wurden auf die gespeicherten Standardwerte zurückgesetzt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | keine |
| Normalablauf | 1. Klick auf den Button [Default]. 2. Ausführung des Anwendungsfalls "Admin-Konsole Defaults laden". |
| Sonderfälle | keine |

6.3.12 Admin-Konsole schließen

| | |
|-----------------------------|--|
| Ziel | Schließen der Admin-Konsole. |
| Vorbedingung | Die Admin-Konsole wird angezeigt. |
| Nachbedingung | 1a. Die Admin-Konsole wurde geschlossen 4b1. Die Admin-Konsole wurde geschlossen und alle Änderungen wurden gespeichert. 3b2. Die Admin-Konsole wurde geschlossen und alle Änderungen wurden verworfen. 3b3. Die Admin-Konsole wird weiterhin angezeigt und alle geänderten Werte bleiben erhalten. |
| Nachbedingung im Sonderfall | keine |
| Normalablauf | 1a. Es wurden keine Änderungen in der Admin-Konsole seit dem letzten Speichervorgang durchgeführt. Klick auf den Button [Close]. 1b. Es wurde mindestens ein Wert in der Admin-Konsole seit dem letzten Speichervorgang geändert. Klick auf den Button [Close]. 2b. Es öffnet sich ein Dialog mit einer Sicherheitsabfrage, ob der Benutzer die durchgeführten Änderungen speichern möchte. 3b1. Klick auf den Button [Yes] des Dialogfensters. 3b2. Klick auf den Button [No] des Dialogfensters. 3b3. Klick auf den Button [Cancel] des Dialogfensters. 4b1. Der Anwendungsfall "Admin-Konsole speichern" wird ausgeführt. |
| Sonderfälle | keine |

6.4 Anwendungsfälle der ODE Workflow-Engine

Die ODE Workflow-Engine kann durch unsere Erweiterungen folgende Anwendungsfälle (siehe Abbildung 14) ausführen:

- Data-Management-Aktivität ausführen
- Data-Management-Aktivität zurücksetzen

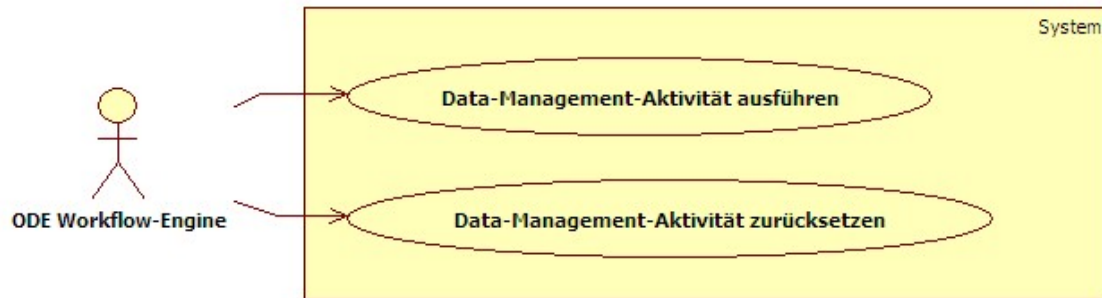


Abbildung 14: Anwendungsfall-Diagramm für die ODE Workflow-Engine

6.4.1 Data-Management-Aktivität ausführen

| | |
|-----------------------------|--|
| Ziel | Ausführen einer DM-Aktivität. |
| Vorbedingung | Es wurde ein Prozess, der mindestens eine DM-Aktivität enthält, deployed und es wurde eine Instanz des Prozesses erzeugt. Eine DM-Aktivität wurde über den Kontrollfluss des Prozesses erreicht. |
| Nachbedingung | Die DM-Aktivität und die darin enthaltene Datenmanagementoperation wurden erfolgreich ausgeführt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | 1a. Die Aktivität befindet sich im Endzustand "Terminated". 1b. Die Aktivität befindet sich im Zustand "Waiting". 2a. Die Aktivität befindet sich im Endzustand "Terminated". 3a. Die Aktivität befindet sich im Endzustand "Faulted". 4a. Die Aktivität befindet sich im Endzustand "Terminated". |
| Normalablauf | 1. Die DM-Aktivität befindet sich im Zustand "Ready". 2. Die Ausführung der DM-Aktivität wird gestartet. 3. Senden der in der DM-Aktivität enthaltenen DM-Operationen zur Ausführung an die Datenquelle. 4. Die DM-Operation wurde in der Datenquelle erfolgreich ausgeführt, und die Ausführung der DM-Aktivität ist damit beendet. Die DM-Aktivität befindet sich im Zustand "Waiting". 5. Es wird ein "Complete_Activity" Event an die DM-Aktivität geschickt. 6. Die DM-Aktivität wird als "Complete" gekennzeichnet. 7. Die nächste Aktivität im Kontrollfluss wird initialisiert. |
| Sonderfälle | 1a.1. In der Vateraktivität tritt ein Fehler auf. 1a.2. Es wird ein "Terminate_Activity Event" ausgelöst und die Aktivität wird beendet. 1a.3. Der Use Case "Data-Management-Aktivität zurücksetzen" wird ausgeführt. 1b.1. Es wird ein "Complete_Activity Event" an die DM-Aktivität gesendet. Dieses Event wird geschickt wenn die Aktivität im Zustand "Ready" blockiert wurde, allerdings kein "Start_Activity" Event gesendet wurde. 1b.2. Es wird ein "Activity_Executed Event" ausgelöst. 2a.1. In der Vateraktivität tritt ein Fehler auf. 2a.2. Es wird ein "Terminate_Activity Event" ausgelöst und die Aktivität wird beendet. 2a.3. Der Use Case "Data-Management-Aktivität zurücksetzen" wird ausgeführt. 3a.1. Während der Durchführung der DM-Operationen tritt ein Fehler in der Datenquelle auf (z.B. ein Syntaxfehler oder die Datenbank ist nicht erreichbar). 3a.2. Es wird ein "Activity_Faulted Event" ausgelöst. 3a.3. Der Use Case "Data-Management-Aktivität zurücksetzen" wird ausgeführt. 4a.1. In der Vateraktivität tritt ein Fehler auf. 4a.2. Es wird ein "Terminate_Activity Event" ausgelöst. 4a.3. Der Use Case "Data-Management-Aktivität zurücksetzen" wird ausgeführt. |

6.4.2 Data-Management-Aktivität zurücksetzen

| | |
|-----------------------------|--|
| Ziel | Rückgängig machen einer laufenden DM-Aktivität, so dass der Zustand der Datenquelle vor Ausführung der DM-Aktivität wiederhergestellt wird. |
| Vorbedingung | Im Normalablauf einer DM-Aktivität tritt ein Fehler auf (siehe Sonderfälle 1a.1, 2a.1, 3a.1 und 4a.1 des Anwendungsfalls “Data-Management-Aktivität ausführen”). |
| Nachbedingung | Der Zustand vor Ausführung der DM-Aktivität wurde erfolgreich wiederhergestellt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | keine |
| Normalablauf | 1. Alle Änderungen in der Datenquelle werden zurückgesetzt. |
| Sonderfälle | keine |

6.5 Anwendungsfälle des Eclipse BPEL Designers

Der Eclipse BPEL Designer kann durch unsere Erweiterungen folgende Anwendungsfälle (siehe Abbildung 15) ausführen:

- Admin-Konsole laden
- Admin-Konsole Defaults laden
- Admin-Konsole speichern
- BPEL-Datei transformieren

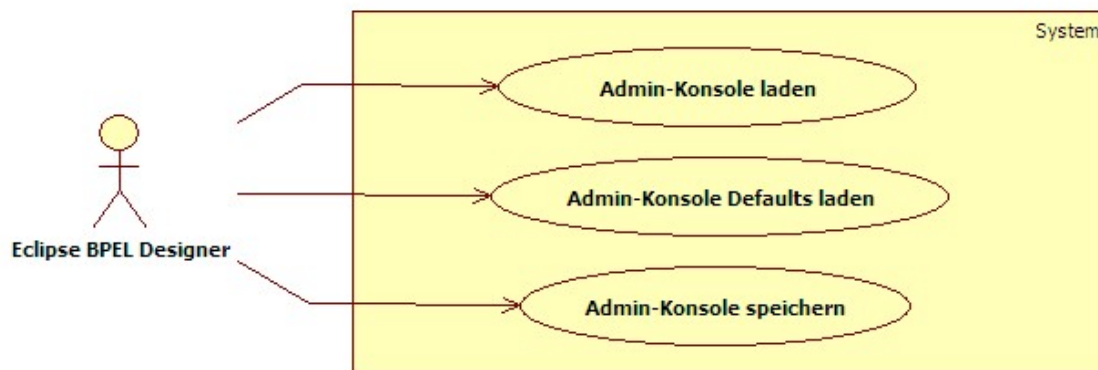


Abbildung 15: Anwendungsfall-Diagramm für den Eclipse BPEL Designer

6.5.1 Admin-Konsole laden

| | |
|-----------------------------|--|
| Ziel | Laden der Inhalte der Admin-Konsole. |
| Vorbedingung | Einer der Anwendungsfälle "Admin-Konsole öffnen" oder "Einstellungen der Admin-Konsole zurücksetzen" wurde ausgeführt. |
| Nachbedingung | Alle Werte der Datenquelle mit den Einstellungen der Admin-Konsole wurden geladen und werden im Fenster "Admin Console" und dessen Unterfenstern angezeigt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | 3b. Die in der Admin-Konsole hinterlegten Werte bleiben unverändert. 4a. Die hinterlegten Default-Einstellungen wurden geladen und werden im Fenster "Admin Console" und dessen Unterfenstern angezeigt. |
| Normalablauf | 1. Laden aller zuletzt gespeicherten Werte aus einer Datenquelle. 2. Füllen der Felder der Admin-Konsole mit den geladenen Werten. |
| Sonderfälle | 1a. Beim Laden der Werte tritt ein Fehler auf, da z.B. die Datenquelle nicht erreichbar ist. 2a. Es wird eine entsprechende Fehlermeldung angezeigt und der Benutzer wird über ein Dialogfenster gefragt, ob er die Default-Einstellungen laden möchte oder nicht. 3a. Klick auf den Button [Yes]. 3b. Klick auf den Button [No]. 4a. Der Anwendungsfall "Admin-Konsole Defaults laden" wird ausgeführt. |

6.5.2 Admin-Konsole Defaults laden

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Laden der Default-Werte der Admin-Konsole. |
| Vorbedingung | Der Anwendungsfall "Default-Einstellungen der Admin-Konsole laden" oder "Admin-Konsole laden" wurde ausgeführt. |
| Nachbedingung | Alle Werte der Datenquelle mit den Default-Einstellungen der Admin-Konsole wurden geladen und werden im Fenster "Admin Console" und dessen Unterfenstern angezeigt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | Im Quellcode hinterlegte Default-Werte werden geladen und im Fenster "Admin Console" und dessen Unterfenstern angezeigt. |
| Normalablauf | 1. Laden aller Default-Werte aus einer Datenquelle. 2. Füllen der Felder der Admin-Konsole mit den geladenen Werten. |
| Sonderfälle | 1a. Beim Laden der Werte tritt ein Fehler auf, da z.B. die Datenquelle nicht erreichbar ist. |

6.5.3 Admin-Konsole speichern

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Alle Einstellungen der Admin-Konsole werden in einer Datenquelle persistent gespeichert. |
| Vorbedingung | Der Anwendungsfall "Einstellungen der Admin-Konsole speichern" wurde ausgeführt. |
| Nachbedingung | Alle Werte der Admin-Konsole wurden korrekt auf einer Datenquelle persistent gespeichert. |
| Nachbedingung im Sonderfall | 1a. Alle geänderten Werte der Admin-Konsole bleiben unverändert. Es wird eine entsprechende Fehlermeldung angezeigt und ein erneuter Speicherversuch kann durchgeführt werden. Die Werte bleiben dabei solange im Arbeitsspeicher erhalten, bis die Admin-Konsole geschlossen wird. |
| Normalablauf | 1. Speichern der Werte auf einer Datenquelle. |
| Sonderfälle | 1a. Beim Speichern der Werte tritt ein Fehler auf. |

6.5.4 BPEL-Datei transformieren

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Umwandlung einer BPEL-Datei in Standard-BPEL-Quellcode. |
| Vorbedingung | Eine BPEL-Datei (BPEL-Prozess) muss vorhanden sein und das Reference Resolution System (RRS) muss angebunden und erreichbar sein. |
| Nachbedingung | Es wurde ein korrekter standard-konformer BPEL-Prozess, der die gleiche Funktionalität wie der originale Prozess besitzt und zur Verwendung von Referenzen um entsprechende Aktivitäten oder Events erweitert wurde, erzeugt. |
| Nachbedingung im Sonderfall | Es wurde kein neuer BPEL-Prozess erzeugt, der originale BPEL-Prozess ist unverändert und es wird eine entsprechende Fehlermeldung ausgegeben. |
| Normalablauf | 1. Auslesen des originalen Prozesses 2. Positioniertes Einfügen entsprechender Dereferenzierungsaktivitäten oder Events für Referenzen (siehe 7.1.3) 3. Generierung des neuen BPEL-standard-konformen erweiterten Prozesses |
| Sonderfälle | 3a. Bei der Generierung tritt ein Fehler auf |

6.6 Anwendungsfälle des SIMPL Core

Der SIMPL Core kann folgende Anwendungsfälle (siehe Abbildung 16) ausführen:

- Referenz auflösen/dereferenzieren

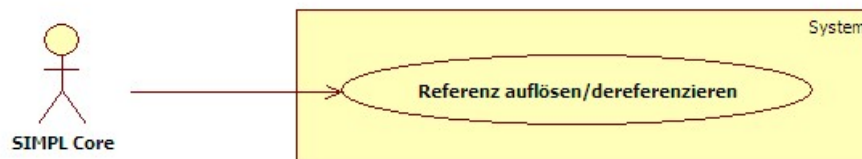


Abbildung 16: Anwendungsfall-Diagramm für die Prozess-Modelierer

6.6.1 Referenz auflösen/dereferenzieren

| | |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Der zugrundeliegende Wert einer Referenz wird ausgelesen. |
| Vorbedingung | Die angegebene Referenz muss existieren und das RRS muss angebunden sein. Ebenso muss die Datenquelle des referenzierten Werts erreichbar sein. |
| Nachbedingung | Der korrekte Wert einer Referenz wird geliefert. |
| Nachbedingung im Sonderfall | Es wird ein entsprechender Fehler geworfen, der Informationen über das zugrundeliegende Problem liefert. |
| Normalablauf | 1. Wert der Referenz wird im RRS abgefragt |
| Sonderfälle | 1a. Beim Abfragen des Werts tritt ein Fehler auf, da z.B. das RRS nicht erreichbar ist |

6.7 Komponenten und ihre Anwendungsfälle

In diesem Abschnitt werden in Tabelle 1 alle Anwendungsfälle den verschiedenen Komponenten des SIMPL Rahmenwerks, in denen die entsprechende Funktionalität umgesetzt ist, zugeordnet. Die mit “x” markierte Komponente führt dabei den Anwendungsfall aus. Es ist allerdings durchaus möglich, dass Anwendungsfälle durch mehrere Komponenten ausgeführt werden. Zum Beispiel wird das Auditing in der Admin-Konsole (SIMPL GUI Plug-In) aktiviert, die Ausführung des Auditings wird allerdings durch den SIMPL Core realisiert.

Tabelle 1: Komponenten und ihre Anwendungsfälle

| Anwendungsfall | SIMPL Core | SIMPL GUI Plug-In | SIMPL DM Plug-In |
|---|------------|-------------------|------------------|
| Data-Management-Aktivität erstellen | | | x |
| Data-Management-Aktivität bearbeiten | | | x |
| Data-Management-Aktivität löschen | | | x |
| Prozess auf ODE-Server deployen | x | x | |
| Prozessinstanz starten | x | x | |
| Admin-Konsole öffnen | x | x | |
| Auditing aktivieren | | x | |
| Auditing deaktivieren | | x | |
| Auditing-Datenbank festlegen/ändern | | x | |
| Globale Einstellungen festlegen/ändern | | x | |
| Einstellungen der Admin-Konsole speichern | x | x | |
| Einstellungen der Admin-Konsole zurücksetzen | x | x | |
| Default-Einstellungen der Admin-Konsole laden | x | x | |
| Admin-Konsole schließen | x | x | |
| Data-Management-Aktivität ausführen | x | | |
| Data-Management-Aktivität zurücksetzen | x | | |
| Admin-Konsole laden | x | x | |
| Admin-Konsole Defaults laden | x | x | |
| Admin-Konsole speichern | x | x | |

7 Konzepte und Realisierungen

In diesem Kapitel werden alle Konzepte, die für SIMPL benötigt werden, und deren Realisierung erläutert. Dazu zählt z.B. die Beschreibung eines Referenzen-Konzepts für BPEL, dass es ermöglicht mit Referenzen innerhalb von Workflows zu arbeiten oder die Identifizierung und Definition von benötigten DM-Aktivitäten, die zur Realisierung einer generischen Unterstützung von verschiedenen Abfragesprachen, wie z.B. der Structured Query Language (SQL) oder der XML Query Language (XQuery), für BPEL benötigt werden. Ebenso werden die Realisierung des Datenquellen-Auditing und das dafür zugrunde liegende Event-Modell beschrieben.

7.1 Daten-Referenzen in BPEL (IAAS-Referenzen)

Da bereits ein Konzept und umfassende Erkenntnisse zur Bereitstellung und Verwaltung von Referenzen in BPEL, durch [3] (*“Towards Reference Passing in Web Service and Workflow-based Applications“*) vorlag, wurden an dieser Stelle nur die Ergebnisse des Dokuments zusammengefasst und an die Anforderungen dieses Projekts angepasst.

In BPEL werden Daten immer in Variablen gespeichert und die Werte (*by value*) innerhalb des Workflows weitergegeben. Dies hat zur Folge, dass gerade bei großen Datenmengen, wie sie in wissenschaftlichen Workflows normal sind, die Performanz stark durch das Transportieren der Daten beeinflusst wird. Um dies zu verhindern sollen Referenzen eingeführt werden, diese werden dann zwischen den einzelnen Web-Services weitergegeben (Daten werden *by reference* übergeben) und die Daten bleiben, sofern sie nicht im Workflow benötigt werden, auf ihrer Datenquelle und werden dort auch bearbeitet.

Zur Umsetzung dieses Konzepts muss ein neue Art von BPEL Variablen eingeführt werden, dies sind sogenannte Referenz-Variablen, die dazu genutzt werden können auf Daten zu verweisen. Dadurch müssen nur noch Referenzen zwischen den Web-Services und Workflows weitergeleitet werden und nicht mehr die Daten selbst. Für wissenschaftliche Workflows reduziert sich dadurch der Datentransport von großen Datenmengen zwischen den Web-Services und dem Workflow erheblich.

Zur Bereitstellung solcher Referenzen für Web-Services und Workflows müssen diese extern verwaltet werden und auch extern abrufbar sein. So kann ein globales oder unternehmensweites Variablenkonzept erstellt werden, dass es ermöglicht dieselben Daten in mehreren Workflows zu nutzen und nur einmal zentral zur Verfügung zu stellen.

Die Umsetzung der Referenzen wird durch sogenannte Endpoint References realisiert, die in Abschnitt 7.1.2 beschrieben werden. Das externe Verwaltungssystem der Referenzen, das sogenannte Reference Resolution System, wird in Abschnitt 7.1.1 näher erläutert.

7.1.1 Reference Resolution System

Abbildung 17 zeigt die Architektur des Reference Resolution Systems (RRS). Am unteren Ende der Abbildung werden die verschiedenen möglichen Nutzer des Systems gezeigt: Workflows, Web-Services und der SIMPL Core, die den Wert einer Referenz auslesen oder Referenzen im System anlegen, aktualisieren und löschen können.

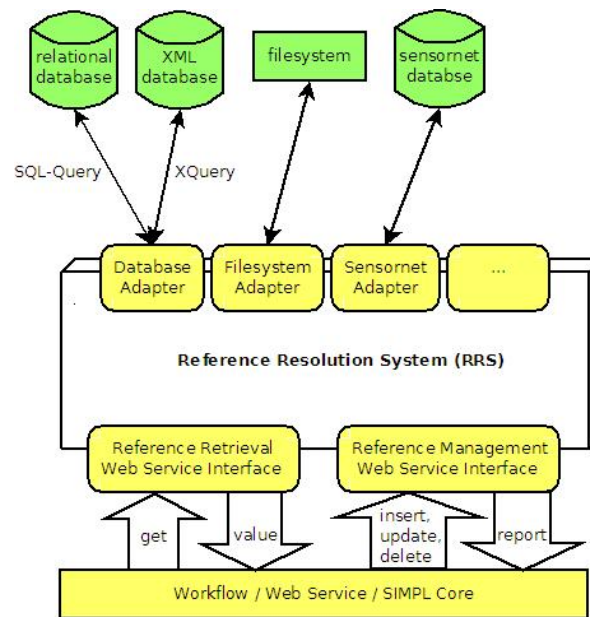


Abbildung 17: Die Architektur des Reference Resolution Systems (RRS).

Auch wenn auf eine Trennung von Nutzern nach Zugriffsrechten (Benutzer vs. Administrator) aus Gründen der Flexibilität (ermöglicht automatische Erstellung von neuen Referenzen zur Prozesslaufzeit) verzichtet wird, so werden doch zwei entsprechende Web-Service Schnittstellen bereitgestellt. Dadurch ist eine spätere Erweiterung um Zugriffsrechte leicht realisierbar. Im folgenden werden diese zwei Schnittstellen kurz beschrieben:

- Die erste Schnittstelle ist der *Reference Retrieval Web Service* mit der Methode *get* und einer *endpoint reference* (EPR) als Eingabe. Das Konzept der endpoint references wird im Web Services Addressing Standard (siehe [4]) beschrieben und kann ohne Anpassungen für die Repräsentation einer Referenz genutzt werden. Der Rückgabewert der Methode ist der Wert, der durch die angegebene EPR referenziert wurde.
- Die zweite Schnittstelle ist der *Reference Management Web Service*, der drei Methoden bereitstellt. Die Methode *insert* um eine neue Referenz zu erstellen, dabei ist die Eingabe der Wert der Referenz, wo dieser Wert gespeichert wird und wie er dort wieder ausgelesen werden kann. Dies könnte beispielsweise durch entsprechende SQL-Befehle angegeben werden. Der Rückgabewert ist eine Meldung, die die neu generierte EPR enthält. Als Zweites die *update* Methode, die für die Aktualisierung von gespeicherten Werten einer Referenz benötigt wird. Dabei ist die Eingabe der neue Wert der Referenz und wie dieser Wert gespeichert wird. Der Rückgabewert ist eine Meldung, ob die Aktualisierung erfolgreich war. Die *delete* Methode löscht eine Referenz aus dem RRS, d.h. der Wert und alle sonstigen Informationen der Referenz werden aus dem System entfernt. Die Eingabe ist dabei die EPR, die entfernt werden soll und der Rückgabewert ist eine Meldung, ob die Referenz erfolgreich entfernt wurde.

Die Hauptkomponente ist allerdings das Reference Resolution System selbst. Es verbindet beide Web-Service Schnittstellen und hält eine Menge von Adaptern für die Integration verschiedenster Datenquellen bereit. Jeder dieser Adapter besteht dabei aus einem Lookup-Service für gespeicherte Queries und Informationen, sowie aus einem ausführenden Service mit dem Queries auf den Datenquellen ausgeführt werden können. Anhand einer gegebenen Referenz wird dazu der passende Adapter gesucht, ausgewählt und für das Auflösen von Referenzen verwendet. Abbildung 17 zeigt am oberen Ende einige

solcher Adapter, wobei das RRS erweiterbar ist und mit Adaptern für alle Arten von Datenquellen ergänzt werden kann.

In [3] werden mehrere mögliche Anbindungen des RRS in der Workflow-Umgebung genannt. Im Zusammenhang mit unseren Gegebenheiten, vor allem im Hinblick darauf, dass die Workflow-Engine lokal auf dem Benutzer-Rechner ausgeführt wird, bietet sich die Variante “Ein RRS pro Workflow-Engine” an. Dadurch erhalten wir mehrere wichtige Vorteile:

- Jeder Prozess-Modellierer (Workflow-Administrator) kann Referenzen nach Bedarf selbst sofort erstellen und verwalten.
- Die Referenzen können nur lokal geändert werden und sind nicht global (von aussen) zugänglich, dadurch benötigen wir keinen Zugriffsschutz.
- Wird bei der Modellierung von BPEL-Prozessen festgestellt, dass entsprechende Referenzen benötigt werden, können diese sofort angelegt und auch sofort in der Prozess-Modellierung verwendet werden.

7.1.2 Referenzen und Endpoint References

Nachdem die Architektur des Systems beschrieben wurde, folgt die Beschreibung des wichtigsten Teils des Systems, die Referenzen selbst. Dazu wird die Repräsentation der Referenzen anhand des WSAddressing Konzepts der *endpoint references* (EPR's) [4] beschrieben. Das Ziel bei der Definition der Referenzen ist, diese so flexibel und erweiterbar wie möglich zu realisieren und zu versuchen die vollständige Abgeschlossenheit der EPR's zu erreichen. Vollständige Abgeschlossenheit bedeutet dabei, dass alle für die Auflösung einer Referenz benötigten Informationen in der EPR selbst hinterlegt sind. Listing 1 zeigt das Schema einer EPR und wie diese zur Repräsentation einer Referenz genutzt werden. Im Schema und allen nachfolgenden Listings werden dabei folgende BNF Konventionen verwendet: “?” bezeichnet Optionalität (0 oder 1), “*” (0 oder mehr), “+” (1 oder mehr) und “|” steht für eine Auswahlmöglichkeit.

```
<wsa:EndpointReference>
  <wsa:Address>
    xs:anyURI
  </wsa:Address>
  <wsa:ReferenceProperties>
    <rrs:resolutionSystem>
      (xs:String | xs:anyURI |
       xs:QName)
    </rrs:resolutionSystem>
  </wsa:ReferenceProperties>
  <wsa:ReferenceParameters>
    (xs:anyURI |
     xs:any)
  </wsa:ReferenceParameters>
  <wsa:PortType>xs:QName</wsa:PortType>
  <wsa:ServiceName PortName="xs:NCName"??>
    xs:QName
  </wsa:ServiceName>
  <wsp:Policy>Policy</wsp:Policy>?
</wsa:EndpointReference>
```

Listing 1: EPR Schema

Die verschiedenen Bestandteile einer EPR werden dabei für folgende Zwecke benötigt: Der **Address** Teil verweist auf den Endpunkt des RRS, das die Werte der Referenzen verwaltet. In den **ReferenceProperties**

wird der Adapter des RRS, der für das Auflösen der Referenz zuständig ist, angegeben. Alle Informationen, die der entsprechende Adapter zur Auflösung der Referenz benötigt, werden in den `ReferenceParameters` angegeben. Diese Informationen können entweder direkt angegeben werden, wie z.B. ein SQL-Query oder aber auch zentral gespeichert und anschließend über einen *Uniform Resource Identifier* (URI) referenziert werden. Beide Möglichkeiten haben Vorteile: Die direkte Angabe erlaubt es den Query in der EPR während der Laufzeit zu ändern. Mit der Verwendung von gespeicherten Queries wird dafür sichergestellt, dass immer der gleiche Query ausgeführt wird und so niemand ungewollte Queries ausführen kann. `PortType` und `ServiceName` sind technische Parameter, die das dynamische Binden des RRS erlauben sollen. `Policy` ist optional und erlaubt das Hinzufügen von nicht-funktionalen Eigenschaften für die Ausführung der Queries. So kann z.B. *Quality of Context* (QoC) (Aktualität, Korrektheit, usw.), der für die zurückgelieferten Daten gelten soll, angegeben werden.

Weitere Details zu den Design-Entscheidungen und deren Nutzen finden sich in [3] unter *“Main Design Issues and Benefits of the Architecture”*.

7.1.3 Realisierung von Referenzen in BPEL

In [3] werden zwei verschiedene Ansätze (siehe Abbildung 18) zur Integration des Referenzen-Konzepts in BPEL beschrieben und deren Vor- und Nachteile erläutert.

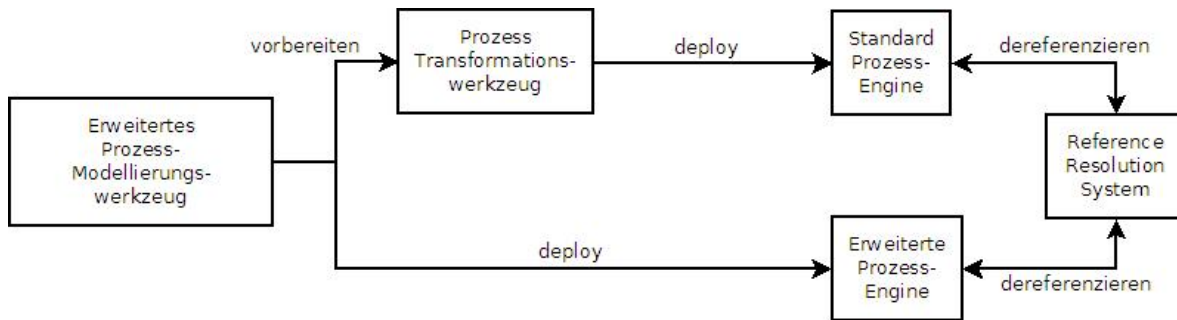


Abbildung 18: Alternativen zur Realisierung von Referenzen in BPEL

Für beide Konzepte muss ein entsprechendes Modellierungswerkzeug erweitert werden, danach unterscheiden sich dann die Konzepte. Die erste Variante besteht darin, den erweiterten BPEL-Quellcode unverändert auf einer erweiterten Workflow-Engine auszuführen, das hat natürlich den entscheidenden Nachteil, dass nur noch eine entsprechend erweiterte Workflow-Engine diese Prozesse ausführen kann. Die zweite Variante umgeht dieses Problem, indem der veränderte BPEL-Quellcode in Standard-BPEL-Quellcode transformiert wird. Wir konzentrieren uns hier auf die Beschreibung der zweiten Variante, da diese einen universelleren Ansatz liefert, auf nahezu alle standard-konformen Workflow-Engines portiert werden kann und somit die Ausführungsumgebung des generierten BPEL-Quellcodes nicht eingeschränkt wird.

Erweiterung des Modellierungswerkzeugs

Wie bereits erwähnt, muss auf jeden Fall das Modellierungswerkzeug erweitert werden, um BPEL Prozesse mit Referenzen modellieren zu können. Zur Modellierung von solchen `<referenceVariable>` muss ein neuer Variablentyp eingeführt werden. Den Aufbau dieser Variablen zeigt das Schema in Listing 2.

```

<referenceVariable name="refName"
  valueType="xsd: schema"
  referenceType="onInstantiation | fresh |
  periodic | external"

```



```

    period="duration"?
    external="partnerLink"? />*

```

Listing 2: Code eines `<referenceVariable>`-Schemas

Dieses Schema ist eine Erweiterung des Standard BPEL Variablen-Schemas. Das Attribut `valueType` spiegelt den Datentyp der referenzierten Variable wieder. Die Referenz-Variable selbst, ist implizit vom Type `xsd:EPR` und dient dazu die eigentliche Referenz zu speichern. Über das Attribut `referenceType` kann angegeben werden, wie aktuell referenzierte Werte sein sollen, also wann und wie oft die in den Referenzen hinterlegten Werte aktualisiert werden sollen. In [3] werden vier solcher Aktualitätskonstanten vorgestellt, wobei eine Vielzahl weiterer solcher Konstanten denkbar ist. Ihre Bedeutung und Verwendung wird nachfolgend bei der Beschreibung der Modelltransformation aufgezeigt.

Transformation des Modells

Die Integration eines Modelltransformation-Zwischenschritts vor dem Deployment des Prozesses erlaubt uns, ein virtuelles Referenz-Handling für Prozesse zu realisieren, ohne dabei die den Prozess ausführende Engine zu modifizieren. Die Grundidee ist dabei die Sprache BPEL nur im Modellierungswerkzeug, in dem wir zwischen normalen Variablen und Referenzen unterscheiden, zu erweitern. Der zusätzliche Transformationsschritt generiert dabei standard-konforme BPEL Konstrukte für die Handhabung von Referenzen und speist diese in das originale Prozess-Modell ein. Für jede Referenz, die im Prozessmodell deklariert ist, werden dafür zwei entsprechende Variablendeklarationen, wie in Listing 3 dargestellt, generiert.

```

<variable name="refName" type="xsd:schema"/>
<variable name="refNameEPR" type="xsd:EPR"/>

```

Listing 3: Code der generierten Variablen-Deklaration

Die erste Deklaration wird dabei für die Haltung des aktuellen Werts genutzt, die Zweite um die Referenz, die durch eine EPR repräsentiert wird, auf diesen Wert zu speichern. Weiterhin muss das RRS im Prozessmodell sichtbar sein, dies wird durch die Generierung eines entsprechenden `<partnerLink>` realisiert.

```

<invoke name="refNameRefresh_1" partnerLink="RRS"
  operation="GET" inputVariable="refNameEPR"
  outputVariable="refName"/>

```

Listing 4: Code einer Dereferenzierungs-Aktivität

Zu guter Letzt zeigt Listing 4 die tatsächliche Dereferenzierung einer Referenz über einen Web-Service Aufruf, der das RRS, das der Hauptbestandteil der Dereferenzierungsaktivität ist, aufruft. Der Modelltransformationsansatz speist Variablendeklarationen und Dereferenzierungsaktivitäten in den Workflow ein, um die Aktualisierung der Werte der Referenzen auszuführen. Wie bereits weiter oben erwähnt, ermöglicht es das Attribut `referenceType` dem Modellierer eine von verschiedenen Aktualisierungsoptionen für die Werte der Referenzen auszuwählen. Abhängig von der Auswahl des Modellierers müssen die Dereferenzierungsaktivitäten an der entsprechenden Position im Prozess folgendermaßen eingefügt werden:

- *onInstantiation (default)*: Bei der Instanzierung des Prozesses werden die Werte vom RRS abgefragt und die Variablen entsprechend gesetzt. Diese Einstellung ist für die Definition von Konstanten, die beim Prozessstart gesetzt werden und während der ganzen Laufzeit des Prozesses unverändert bleiben, sinnvoll. Für jede Referenz die auf *onInstantiation* gesetzt ist, wird die RRS Invoke-Aktivität aus Listing 4 zu einer Sequenz, die bei der Prozessinstanzierung ausgeführt wird, hinzugefügt.

- *fresh*: So frisch wie nur möglich - der Wert wird jedesmal abgefragt, wenn auf die Variable zugegriffen wird. Diese Einstellung ist nützlich, falls auf sich oft ändernde externe Werte, wie z.B. Sensordaten, zugegriffen werden soll. Hier muss die Dereferenzierungsaktivität direkt vor jeder Aktivität, die den Wert der Referenz liest, ausgeführt werden.
- *periodic*: Im Attribut **period** kann ein Zeitwert, wie z.B. 10 min, angegeben werden. Dieses Attribut beschreibt das maximale Alter (Zeitspanne seit letzter Aktualisierung), das ein lokal gespeicherter temporärer Wert einer Referenz haben darf. Nachdem diese Zeitspanne abgelaufen ist, wird der Wert aus dem RRS abgefragt und die temporäre Variable aktualisiert. Dafür wird ein **<onAlarm>** Element im globalen **<eventHandlers>** Element während der Transformation eingefügt. Diese Konstruktion liefert die periodische Aktualisierung von Werten über das wiederholte Abfragen dieser Werte aus dem RRS.
- *external*: Ein externer Event im Bereich der Web-Service Orchestrierung ist typischerweise eine Nachricht, die an die Prozessinstanz geschickt wird (oder ein Signal, das für alle Instanzen eines Prozessmodells gültig ist). Wird dieser Wert als **referenceType** gesetzt, können Aktualisierungen der Werte von Aussen, durch das Senden entsprechender Nachrichten an die Prozess-Engine, ausgelöst werden. Der Service von dem solch eine Nachricht erwartet wird, kann im Attribut **external** angegeben werden. Im Transformationsschritt wird dazu ein **<onEvent>** Konstrukt im globalen **<eventHandlers>** Element eingefügt.

7.2 Container-Referenzen in BPEL (IPVS-Referenzen)

7.3 Data-Management-Aktivitäten

In diesem Abschnitt werden die zu realisierenden Datenmanagement-Patterns zur Umsetzung einer generischen Unterstützung verschiedener Abfragesprachen für BPEL vorgestellt und im weiteren Verlauf deren Realisierung für die verschiedenen Datenquellen, d.h. für Dateisysteme, Datenbanken und Sensornetze, erläutert. Aus den in Abschnitt 7.3.2 identifizierten Funktionen, die für die Umsetzung der Datenmanagement-Patterns benötigt werden, werden dann in Abschnitt 7.3.3 neue benötigte BPEL-Aktivitäten abstrahiert, die dann später die entsprechenden Funktionen beinhalten und diese an die Datenquellen zur Ausführung schicken.

7.3.1 Datenmanagement-Patterns

In diesem Abschnitt werden alle Datenmanagement-Patterns, die zur Realisierung einer generischen Anbindung von verschiedenen Datenquellen benötigt werden, aufgeführt und beschrieben. Abbildung 19 zeigt die Klassenhierarchie der verschiedenen Datenmanagement-Patterns. Die nachfolgenden Beschreibungen orientieren sich an dieser Hierarchie und erläutern sie gleichzeitig etwas detaillierter. Die Klassenhierarchie wird dabei von oben nach unten durchlaufen (0.Ebene bis 3.Ebene). In den Beschreibungen der Datenmanagement-Patterns wird auf verschiedene Datenquellentypen Bezug genommen. Die Datenquellentypen sind dabei relationale Datenbanken, XML-Datenbanken, Dateisysteme und Sensornetz-Datenbanken. Die Beschreibungen im Zusammenhang mit Sensornetz-Datenbanken stützen sich dabei auf die TinyDB [14], die eine Schnittstelle für das Abfragen von Sensordaten mit einer SQL-ähnlichen Sprache bereitstellt.

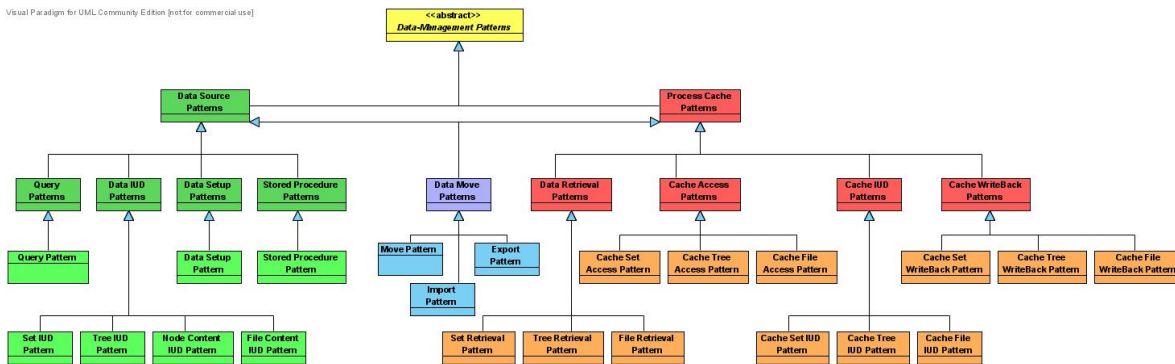


Abbildung 19: Klassenhierarchie der Datenmanagement-Patterns

Die Datenmanagement-Patterns gliedern sich, hinsichtlich des Speicherorts der von ihnen zu verarbeitenden Daten, in zwei grundlegende Klassen:

- Zum Einen in die **Data Source Patterns**, die Daten extern, d.h. auf einer Datenquelle, verarbeiten und
- zum Anderen in die **Process Cache Patterns**, die Daten intern, d.h. im Cache bzw. Prozessspeicher eines BPEL-Prozesses verarbeiten.

Daraus folgt direkt der weitere Aufbau der Klassenhierarchie, denn alle Unterklassen der Klasse **Data Source Patterns** erfüllen ebenso deren grundlegende Eigenschaft. D.h. dass auch alle Unterklassen Daten nur extern verarbeiten können. Etwas konkreter bedeutet dies, dass Daten nur auf Datenquellen beispielsweise eingefügt, gelöscht, aktualisiert oder abgefragt werden können. Genau dasselbe gilt für die Unterklassen der Klasse **Process Cache Patterns** mit dem Unterschied, dass diese eben nur Daten in bzw. aus dem Prozessspeicher einfügen, abfragen, löschen, usw. können.

In der nächsten Ebene (2.Ebene) der Klassenhierarchie werden die Klassen dann bereits anhand der benötigten Funktionalitäten weiter verfeinert (vgl. [2]). Dazu gehören beispielsweise die Möglichkeiten Daten abzufragen (**Query Patterns**), neue Datenstrukturen zu erstellen, zu ändern und zu verwerfen (**Data Setup Patterns**) oder auch Funktionalitäten um Daten in den Prozessspeicher zu laden (**Data Retrieval Patterns**).

Die unterste Ebene (3.Ebene) stellt dann, die letztendlich durch BPEL-Aktivitäten umzusetzenden Klassen dar, da diese die Klassen aus der 2.Ebene noch an datenquellen-spezifische Eigenschaften, wie z.B. verschiedene Datenstrukturen, anpassen. Die nachfolgenden Beschreibungen orientieren sich an den neun datenquellen-unabhängigen Klassen der 2.Ebene und erläutern die verschiedenen Ausprägungen dieser Klassen, in der 3.Ebene, im Bezug auf ihre Eignung für unterschiedliche Datenquellentypen.

Query Patterns Hier werden keine verschiedenen Ausprägungen benötigt, da dieses Pattern auf alle Datenquellentypen anwendbar ist. Deshalb gibt es nur eine Ausprägung, das Query Pattern. Das Query Pattern beschreibt die Notwendigkeit, mithilfe von entsprechenden Befehlen, wie z.B. SQL-Befehlen, XQuery-Befehlen oder Systemaufrufen bei Dateisystemen, externe Daten anfordern zu können. Die aus den Queries resultierenden Daten werden dabei auf der Datenquelle gespeichert.

Data IUD Patterns Die Data IUD Patterns beschreiben die Möglichkeit, auf Daten, verschiedene Datenmanipulations-Operationen ausführen zu können. Die Daten und somit auch die möglichen Datenmanipulations-Operationen unterscheiden sich nach der zugrundeliegenden Datenquelle und Datenstruktur. Diese Patterns können für relationale Datenbanksysteme, XML-Datenbanksysteme und Dateisysteme verwendet werden.

Die Data IUD Patterns gliedern sich dabei in folgende vier Klassen:

- **Set IUD Pattern:** Das Set IUD Pattern beschreibt die Möglichkeit, auf mengenorientierten Daten, verschiedene Datenmanipulations-Operationen ausführen zu können. Zu diesen Operationen zählen das mengen- und tupelorientierte Einfügen (insert), Aktualisieren (update) und Löschen (delete) von Daten. Im Gegensatz zu anderen SQL-Datenbanken ist dieses Pattern nicht für die TinyDB verwendbar. Das liegt daran, dass in die TinyDB nur interne Daten, die aus dem Sensornetz selbst kommen, eingefügt werden können. Dadurch können externe Daten weder eingefügt, aktualisiert noch gelöscht werden.
- **Tree IUD Pattern:** Das Tree IUD Pattern beschreibt die Möglichkeit, verschiedene Datenmanipulations-Operationen auf Knoten, Sequenzen von Knoten oder auch Teilbäumen von baumartigen externen Daten ausführen zu können. Zu diesen Operationen zählen das Einfügen, Ersetzen, Umbenennen und Löschen von Knoten, Sequenzen von Knoten und Teilbäumen.
- **Node Content IUD Pattern:** Das Node Content IUD Pattern beschreibt die Möglichkeit, verschiedene Datenmanipulations-Operationen in Knoten von baumartigen externen Daten ausführen zu können. Zu diesen Operationen zählen das Einfügen, Ersetzen und Löschen von Werten und Attributwerten innerhalb von Knoten.
- **File Content IUD Pattern:** Das File Content IUD Pattern beschreibt die Möglichkeit, verschiedene Datenmanipulations-Operationen innerhalb von Dateien eines Dateisystems ausführen zu können. Zu diesen Operationen zählen das Einfügen, Ersetzen und Löschen von Dateiinhalten.

Data Setup Patterns Da hier ebenfalls ein Pattern auf alle Datenquellentypen angewendet werden kann, gibt es hier ebenfalls nur eine Ausprägung, das Data Setup Pattern. Dieses Pattern liefert die Möglichkeit, Data Definition Language (DDL) Befehle auf relationalen Datenbanksystemen, XML-Datenbanksystemen, Dateisystemen und Sensornetz-Datenbanksystemen auszuführen. So können während der Prozessausführung die Datenquellen konfiguriert oder neue Container (Tabellen, Schema, XML-Dokumente, Ordner, Dateien, Buffer-Tabellen, usw.) erstellt, geändert oder verworfen werden.

Stored Procedure Patterns Die Stored Procedure Patterns haben ebenfalls nur eine Ausprägung, das Stored Procedure Pattern. Dieses Pattern kann für relationale und XML-Datenbanksysteme verwendet werden. Das Stored Procedure Pattern wird benötigt, da die komplexe Verarbeitung von Daten meist durch Stored Procedures realisiert wird und es so für die Verarbeitung von externen Daten unbedingt erforderlich ist, dass Stored Procedures auch aus einem Prozess heraus aufgerufen werden können.

Data Move Patterns Die Data Move Patterns können für alle Datenquellentypen verwendet werden, um Daten zwischen zwei Datenquellen oder auch zwischen einer Datenquelle und einem Cache (Prozessspeicher) zu verschieben. Mit “verschieben” wird hier die Erzeugung einer identischen Kopie an einem anderen Ort gemeint.

Die Data Move Patterns gliedern sich in folgende drei Klassen:

- **Move Pattern:** Dieses Pattern liefert die Möglichkeit, Daten zwischen zwei Datenquellen zu verschieben. So können beispielsweise Daten aus einem Dateisystem in ein relationales Datenbanksystem verschoben werden.
- **Import Pattern:** Dieses Pattern liefert die Möglichkeit, Daten (z.B. Simulationsparameter) aus dem lokalen Dateisystem des Benutzers in einen Prozess einzubinden (zu importieren) und in diesem zu verwenden.
- **Export Pattern:** Dieses Pattern ermöglicht es, Daten eines Prozesses (z.B. Simulationsergebnisse) lokal in das Dateisystem des Benutzer-Rechners zu exportieren.

Data Retrieval Patterns Die Data Retrieval Patterns können für alle Datenquellentypen verwendet werden. Sie dienen dazu externe Daten in einen BPEL-Prozess zu laden, um diese dort verarbeiten zu können. Die verschiedenen Ausprägungen der Data Retrieval Patterns liefern dafür eine entsprechende Datenstrukturen, in die man die angefragten externen Daten innerhalb des BPEL-Prozesses ablegen kann. Diese Datenstrukturen verhalten sich dabei wie Caches im BPEL-Prozess, die keine Verbindung zur originalen Datenquelle besitzen.

Die Data Retrieval Patterns gliedern sich in folgende drei Klassen:

- Set Retrieval Pattern: Das Set Retrieval Pattern liefert eine mengenorientierte Datenstruktur, um externe Daten im Cache abzulegen.
- Tree Retrieval Pattern: Das Tree Retrieval Pattern liefert eine baumartige Datenstruktur, um externe Daten im Cache abzulegen.
- File Retrieval Pattern: Das File Retrieval Pattern liefert eine Datenstruktur, in die man, aus einem Dateisystem, abgefragte Daten innerhalb des BPEL-Prozesses ablegen kann.

Cache Access Patterns Die Cache Access Patterns beschreiben die Notwendigkeit, auf den im BPEL-Prozess erzeugten Datencache in geeigneter Weise zugreifen zu können.

Die Cache Access Patterns gliedern sich in folgende drei Klassen:

- Cache Set Access Pattern: Das Cache Set Access Pattern liefert die Möglichkeit, auf den im BPEL-Prozess erzeugten Datencache sequentiell und direkt (wahlfrei) zugreifen zu können.
- Cache Tree Access Pattern: Das Cache Tree Access Pattern liefert die Möglichkeit, auf den erzeugten Datencache sequentiell und direkt (wahlfrei) zugreifen zu können. Der sequentielle Zugriff wird dabei durch entsprechende Funktionen realisiert, die die Kindknoten oder den Vaterknoten des ausgewählten Knoten liefern. Über den Wurzelknoten als Startpunkt kann so der ganze Baum sequentiell in beiden Richtungen (Wurzel -> Blatt vs. Blatt -> Wurzel) durchlaufen werden. Der direkte Zugriff wird realisiert, in dem beispielsweise der Name des Knoten angegeben wird, dieser im Baum gesucht und zurückgegeben wird, falls ein entsprechender Knoten existiert.
- Cache File Access Pattern: Das Cache File Access Pattern liefert die Möglichkeit, auf den erzeugten Datencache in geeigneter Weise (z.B. sequentiell oder wahlfrei) zugreifen zu können.

Cache IUD Patterns Die Cache IUD Patterns beschreiben die Notwendigkeit, dass in einen Datencache auch Daten eingefügt, aktualisiert und wieder aus diesem gelöscht werden können.

Die Cache IUD Patterns gliedern sich in folgende drei Klassen:

- Cache Set IUD Pattern: Das Cache Set IUD Pattern liefert die Möglichkeit, dass mengenorientierte Daten in einen Datencache eingefügt, aktualisiert und aus diesem gelöscht werden können.
- Cache Tree IUD Pattern: Das Cache Tree IUD Pattern liefert die selbe Funktionalität, wie das Cache Set IUD Pattern, allerdings für baumartige Daten.
- Cache File IUD Pattern: Das Cache File IUD Pattern liefert die selbe Funktionalität, wie das Cache Set IUD Pattern, allerdings für Dateien.

Cache WriteBack Patterns Die Cache WriteBack Patterns realisieren die Synchronisation bzw. das Zurückschreiben eines lokalen Datencaches auf die originale Datenquelle.

Die Cache WriteBack Patterns gliedern sich in folgende drei Klassen:

- Cache Set WriteBack Pattern: Realisiert das Zurückschreiben von mengenorientierten Daten. Dieses Pattern ist ebenfalls nicht für die TinyDB verwendbar, da das Cache Set WriteBack Pattern ebenso, wie das Set IUD Pattern, Daten in die Datenbank einfügt bzw. Daten dort aktualisiert.

- Cache Tree WriteBack Pattern: Realisiert das Zurückschreiben von baumartigen Daten
- Cache File WriteBack. Pattern: Realisiert das Zurückschreiben von Dateien.

Tabelle 2 zeigt eine Übersicht aller Datenmanagement-Patterns, die für den Umgang mit verschiedenen Datenquellentypen benötigt werden und welche Patterns für welche Datenquellentypen verwendet werden können (durch “x” markiert).

Tabelle 2: Übersicht der Datenmanagement-Patterns und der von diesen unterstützten Datenquellentypen

| Datenmanagement-Pattern | rel. DB | XML-DB | Dateisys. | Sensor.-DB | Cache |
|------------------------------|---------|--------|-----------|------------|-------|
| Query Pattern | x | x | x | x | |
| Set IUD Pattern | x | | | | |
| Tree IUD Pattern | | x | | | |
| Node Content IUD Pattern | | x | | | |
| File Content IUD Pattern | | | x | | |
| Data Setup Pattern | x | x | x | x | |
| Stored Procedure Pattern | x | x | | | |
| Move Pattern | x | x | x | x | |
| Import Pattern | | | | | x |
| Export Pattern | | | | | x |
| Set Retrieval Pattern | x | | | x | |
| Tree Retrieval Pattern | | x | | | |
| File Retrieval Pattern | | | x | | |
| Cache Set Access Pattern | | | | | x |
| Cache Tree Access Pattern | | | | | x |
| Cache File Access Pattern | | | | | x |
| Cache Set IUD Pattern | | | | | x |
| Cache Tree IUD Pattern | | | | | x |
| Cache File IUD Pattern | | | | | x |
| Cache Set WriteBack Pattern | x | | | | |
| Cache Tree WriteBack Pattern | | x | | | |
| Cache File WriteBack Pattern | | | x | | |

7.3.2 Umsetzung der Datenmanagement-Patterns

In diesem Abschnitt wird die Realisierung der verschiedenen Datenmanagement-Patterns aus Abschnitt 7.3.1 im Zusammenhang mit den jeweiligen Datenquellentypen beschrieben. Einige Patterns werden dabei für manche Datenquellen aufgrund ihrer Komplexität erst in einer späteren Iterationsstufe umgesetzt.

Relationale Datenbanken

Hier wird die Umsetzung der in Abschnitt 7.3.1 beschriebenen Patterns im Bereich der SQL-Datenbanken durch bestehende SQL-Befehle oder, falls erforderlich, durch die Definition neuer zu implementierender Funktionen beschrieben.

- Query Pattern: Realisierung durch SQL-SELECT.
 - Beispiel:
 - * SELECT info FROM customer
- Set IUD Pattern: Realisierung durch SQL-INSERT, SQL-UPDATE, SQL-DELETE.
 - Beispiele:
 - * INSERT INTO department VALUES ('E31', 'architecture', '00390', 'E01')
 - * INSERT INTO department SELECT * FROM old_department
 - * UPDATE employee SET job = 'laborer' WHERE empno = '000290'
 - * DELETE FROM department WHERE deptno = 'D11'
- Data Setup Pattern: Realisierung durch SQL-CREATE SCHEMA, SQL-CREATE TABLE, SQL-CREATE VIEW und weitere SQL-CREATE Befehle. Weiterhin sollte auch das Löschen dieser Objekte möglich sein, dies wird durch SQL-DROP realisiert. Momentan noch optional ist die Bearbeitung entsprechender Objekte über SQL-ALTER Befehle.
 - Beispiele:
 - * CREATE SCHEMA internal AUTHORIZATION admin
 - * CREATE TABLE tdept (deptno CHAR(3) NOT NULL, deptname VARCHAR(36) NOT NULL, mgrno CHAR(6), admrdept CHAR(3) NOT NULL, PRIMARY KEY(deptno)) IN internal
 - * CREATE VIEW internal.departmentView AS
SELECT deptno, deptname FROM internal.tdept
 - * DROP SCHEMA internal
 - * DROP TABLE tdept
 - * DROP VIEW internal.departmentView
- Stored Procedure Pattern: Realisierung durch SQL-CALL.
 - Beispiele:
 - * CALL parts_on_hand (?, ?, ?) (? = Parameter der Prozedur)
- Set Retrieval Pattern: Realisierung durch die Definition und Bereitstellung einer entsprechenden BPEL-Aktivität. Diese Aktivität liefert die Möglichkeit, dass durch einen SQL-SELECT Befehl abgefragte Daten (siehe Query Pattern) in den BPEL-Prozess geladen und in einer entsprechenden BPEL-Variable abgelegt werden können. Dazu müssen neue Variablentypen bereitgestellt werden, die den Strukturen der zu haltenden Daten entsprechen, also mengenorientierte Daten halten können. Die Daten werden dazu über das *Service Data Objects Application Programming Interface* (SDO API) abstrahiert. Wie in [2] beschrieben, wurde dieses Konzept bereits durch die *Business Integration Suite* und dem darin enthaltenen *WebSphere Integration Developer* mit der Bezeichnung *“Retrieve Set Activity”* realisiert. Dabei werden in einer Retrieve Set Activity externe Daten in eine XML-Struktur innerhalb des BPEL-Prozesses geladen. Eine etwas ausführlichere Beschreibung dieses Ansatzes liefert [2]. Unser Ansatz beschränkt sich zunächst auf die Möglichkeiten, die durch die SDO API und die *Data Access Services* (DAS) API bereitgestellt werden.

- **Cache Set Access Pattern:** Um das Set Access Pattern zu realisieren, müssen im Projektverlauf Methoden in BPEL bereitgestellt werden, die einen sequentiellen und direkten Zugriff auf den durch eine RetrieveData Aktivität erzeugten Datencache ermöglichen. Die SDO API liefert dafür bereits einige Methoden, die verwendet werden können und auf die wir uns zunächst beschränken. Weiterhin soll bei einem sequentiellen Zugriff auch mit einer ForEach-Aktivität über die mengenorientierten Daten iteriert werden können.
- **Cache Set IUD Pattern:** Erweitert die Cache Set Access Pattern Methoden um die Möglichkeiten, Tupel innerhalb der mengenorientierten Datenstruktur im BPEL-Prozess zu aktualisieren, einzufügen und zu löschen. Die SDO API liefert dafür bereits einige Methoden, die verwendet werden können und auf die wir uns zunächst beschränken.
- **Cache Set WriteBack Pattern:** Um die Daten aus dem Prozesscache zurück auf die originale Datenbank zu übertragen, muss ebenfalls eine neue BPEL-Aktivität erstellt werden, durch die der Benutzer angibt, dass die Daten zurückgeschrieben werden sollen. Diese Aktivität nutzt dann intern die im Set IUD Pattern und Cache Set Access Pattern beschriebenen Methoden und ebenso SQL-Befehle, um die Daten aus dem Prozesscache auf die Datenbank zu übertragen. Die SDO API und die DAS API liefern dafür bereits einige Methoden, die verwendet werden können und auf die wir uns zunächst beschränken.

XML-Datenbanken

Hier wird die Umsetzung der in Abschnitt 7.3.1 beschriebenen Patterns im Bereich der XQuery-Datenbanken durch bestehende XQuery-Befehle oder, falls erforderlich, durch die Definition neuer zu implementierender Funktionen beschrieben.

- **Query Pattern:** Realisierung durch entsprechende FLWOR-Befehle.
- **Beispiel:**
 - `FOR $d IN fn:doc("department.xml")/employees/employee RETURN $d/name`
- **Tree IUD Pattern:** Realisierung durch entsprechende Befehle der XQuery Update Facility (siehe [22]).
 - **Beispiele:**
 - * `INSERT NODE <phone>123456</phone> AFTER fn:doc("department.xml")/employees/employee[1]/name`
 - * `REPLACE NODE fn:doc("department.xml")/employees/employee[1]/phone WITH fn:doc("department2.xml")/employees/employee[20]/phone`
 - * `RENAME NODE fn:doc("department.xml")/employees/employee[1]/phone[2] AS "privatePhone"`
 - * `DELETE NODE fn:doc("department.xml")/employees/employee[1]/phone[last()]`
- **Node Content IUD Pattern:** Realisierung durch entsprechende Befehle der XQuery Update Facility.
 - **Beispiel:**
 - * `REPLACE VALUE OF NODE fn:doc("department.xml")/expectedSales/total WITH fn:doc("department.xml")/expectedSales/total + 50000`
- **Data Setup Pattern:** Wird erst in einer späteren Iteration realisiert.
- **Stored Procedure Pattern:** Wird erst in einer späteren Iteration realisiert.

- Tree Retrieval Pattern: Die Umsetzung erfolgt nach der Beschreibung des Set Retrieval Patterns für relationale DB (siehe 7.3.2), wobei hier XQuery-Befehle verwendet und baumartige Daten in einer BPEL-Variable abgelegt werden.
- Cache Tree Access Pattern: Wird erst in einer späteren Iteration realisiert.
- Cache Tree IUD Pattern: Wird erst in einer späteren Iteration realisiert.
- Cache Tree WriteBack Pattern: Wird erst in einer späteren Iteration realisiert.

Dateisysteme

Hier wird die Umsetzung der in Abschnitt 7.3.1 beschriebenen Patterns im Bereich der Dateisysteme durch entsprechende Systemaufrufe des dem Dateisystem zugrundeliegenden Betriebssystems beschrieben.

- Query Pattern: Realisierung durch einen GET-Befehl, der intern java.io Methoden verwendet, um Inhalte aus Dateien oder komplette Dateien aus einem Dateisystem zu lesen. Für das Abfragen von Dateiinhalten muss noch ein Konzept erarbeitet werden, wie entsprechende Daten gezielt über einen Befehl ausgewählt und abgefragt werden können. Eine Möglichkeit wäre z.B. einen Filter-Dialog zur Angabe von Suchparametern über die GUI bereitzustellen, der es ermöglicht Dateiinhalte zu suchen und zurückzugeben. Das Abfragen von Dateiinhalten wird erst in einer der weiteren Iteration realisiert.
- File Content IUD Pattern: Realisierung durch einen entsprechenden PUT- bzw. REMOVE-Befehl (RM), die intern java.io Methoden verwenden, um Inhalte in Dateien zu schreiben und aus ihnen zu löschen. Ein Update wird bei Dateien intern durch das Löschen des alten Wertes und anschließendem Einfügen des neuen Wertes ausgeführt. Dafür muss noch ein Konzept erarbeitet werden, wie entsprechende Informationen gezielt über einen Befehl eingefügt und gelöscht werden können. In der ersten Iterationsstufe wird vorerst nur das Einfügen bzw. Löschen von vollständigen Dateiinhalten umgesetzt werden.
- Data Setup Pattern: Realisierung durch die Verwendung entsprechender Erzeugungsbefehle, wie MKDIR und MKFILE zur Erzeugung von Ordnern und Dateien. Diese werden intern wieder durch java.io-Methoden realisiert. Hier sollte es auf jeden Fall möglich sein, Dateien und Ordner in einem Dateisystem zu erzeugen. Ebenso sollte das Löschen auf der gleichen Ebene, d.h. von ganzen Dateien und Ordnern, möglich sein.
- File Retrieval Pattern: Die Umsetzung erfolgt nach der Beschreibung des Set Retrieval Patterns für relationale DB (siehe 7.3.2), wobei hier entsprechende Dateisystem-Befehle (siehe Query Pattern) verwendet werden und in der ersten Iterationsstufe nur vollständige Dateiinhalte in einer BPEL-Variable abgelegt werden können.
- Cache File Access Pattern: Um das Cache File Access Pattern zu realisieren, müssen im Projektverlauf Methoden, die in einer geeigneter Weise (z.B. sequentiell oder wahlfrei) den Zugriff auf den durch das File Retrieval Pattern erzeugten Datencaches ermöglichen, bereitgestellt werden. Die SDO API liefert dafür bereits einige Methoden, die verwendet werden können. In der ersten Iterationsstufe werden, die im Datencache hinterlegten, vollständigen Dateiinhalte als reiner Fließtext interpretiert und können auch nur als solcher verarbeitet werden. Durch die Java API stehen so entsprechende Fließtextoperationen zur Verarbeitung der Dateiinhalte zur Verfügung.
- Cache File IUD Pattern: Erweitert die Cache File Access Pattern Methoden um die Möglichkeiten, Werte innerhalb des Datencaches des BPEL-Prozesses zu aktualisieren, einzufügen und zu löschen. Die SDO API liefert dafür bereits einige Methoden, die verwendet werden können. In der ersten Iterationsstufe werden auch hier nur entsprechende Fließtextoperationen (append, split, etc.) durch die Java API bereitgestellt.

- Cache File WriteBack Pattern: Wird ebenso wie das Cache Set WriteBack Pattern bei relationalen Datenbanken umgesetzt (siehe 7.3.2). Die Umsetzung dieses Patterns wird erst in einer späteren Iteration realisiert, da zuerst Erkenntnisse im Bereich der relationalen Datenbanken gesammelt werden und mit diesen dann ein Ansatz für Dateisysteme erarbeitet wird.

Sensornetze

Hier wird die Umsetzung der in Abschnitt 7.3.1 beschriebenen Patterns im Bereich der Sensornetze und deren Datenbanken durch bestehende sensornetzspezifische SQL-Befehle oder, falls erforderlich, durch die Definition neuer zu implementierender Funktionen beschrieben. Alle SQL-Befehlsbeispiele beziehen sich hier auf den SQL-Dialekt der Sensornetz-Datenbank TinyDB (siehe [14]).

- Query Pattern: Realisierung durch ein entsprechendes SQL-SELECT der Sensornetz-Datenbank. Weiterhin besteht die Möglichkeit, sensornetzintern in einem Buffer Werte zwischenspeichern. Realisiert wird dies durch im Arbeitsspeicher von Sensoren erstellte Tabellen (siehe Data Setup Pattern), die mit momentanen Sensorwerten gefüllt werden können, um später die Daten zeitversetzt abrufen zu können. Die gewünschten Werte werden dabei mit einem entsprechenden SQL-SELECT Befehl in den Buffer geschrieben. Die TinyDB liefert noch ein weiteres Konzept für Abfragen. Dabei können, falls eine bestimmte Bedingung gilt (z.B. Temperatur > 20°C), sogenannte *commands* aufgerufen werden, die dann bestimmte Aktionen anstoßen. Der Code für diese Methoden wird auf die entsprechenden Sensoren übertragen und dort dann bei Bedarf ausgeführt.

– Befehlsstruktur:

- * SELECT select-list [FROM sensors] WHERE where-clause [GROUP BY gb-list [HAVING having-list]][[TRIGGER ACTION command-name[(param)]] [EPOCH DURATION integer]
- * Werte in Buffer-Tabelle einfügen: SELECT field1, field2, ... FROM sensors SAMPLE PERIOD x INTO name

– Beispiele:

- * SELECT temp FROM sensors WHERE temp > thresh TRIGGER ACTION SetSnd(512) EPOCH DURATION 512
- * SELECT field1, field2 FROM sensors SAMPLE PERIOD 100 INTO name (Einfügen von Werten, über SELECT, in die Buffer-Tabelle *name*)
- * SELECT temp FROM sensors WHERE temp > thresh TRIGGER ACTION SetSnd(512) EPOCH DURATION 512

· *Bemerkungen: Hier wird alle 512ms die Temperatur an den Sensoren abgefragt und falls diese einen gewissen Wert übersteigt, wird über den **command** SetSnd(512) für 512ms ein Signalton ausgegeben.*

- Data Setup Pattern: Es können Tabellen im Arbeitsspeicher der Sensoren erstellt werden, die dann Werte von Sensoren aufnehmen und halten können. Die Erstellung solcher Tabellen wird durch SQL-CREATE BUFFER und das Löschen des gesamten Buffers durch SQL-DROP realisiert.

– Eine Buffer-Tabelle erstellen: CREATE BUFFER name SIZE x (field1 type1, field2 type2, ...)

- * *Bemerkungen: **x** ist die Anzahl der maximal möglichen Zeilen, **type1**, **type2**, usw. sind Datentypen aus der Menge {uint8, uint16, uint16, int8, int16, int32} und **field1**, **field2**, usw. sind Spaltennamen, die wie der Tabellename jeweils 8 Zeichen lang sein dürfen.*

– Alle Buffer-Tabellen löschen: DROP ALL

- Set Retrieval Pattern: Realisierung ebenso wie bei SQL-Datenbanken beschrieben.
- Cache Set Access Pattern: Realisierung ebenso wie bei SQL-Datenbanken beschrieben.
- Cache Set IUD Pattern: Realisierung ebenso wie bei SQL-Datenbanken beschrieben.

Datenquellen-unabhängige Patterns

Hier wird die Umsetzung der in Abschnitt 7.3.1 beschriebenen datenquellen-unabhängigen Patterns beschrieben. Dies sind die Data Move Patterns, also das Move Pattern, das Import Pattern und das Export Pattern. Diese Patterns werden erst in einer späteren Iteration umgesetzt.

- Move Pattern: Das Move Pattern wird dadurch realisiert, dass die je nach Datenquellentyp benötigten datenquellen-abhängigen Patterns verwendet werden. So werden z.B. um Daten aus einem Dateisystem in eine relationale Datenbank zu verschieben, zuerst die Daten über das File Retrieve Pattern des Dateisystems in den Prozess geladen, dort verarbeitet und dann durch die Verwendung des Set IUD Patterns in die Datenbank in eine entsprechende Tabelle eingefügt.
- Import Pattern: Das Import Pattern wird dadurch realisiert, dass das File Retrieval Pattern, mit dem lokalen Dateisystem als Datenquelle, verwendet wird.
- Export Pattern: Das Export Pattern wird dadurch realisiert, dass durch die Verwendung des Data Setup Patterns eine neue Datei auf dem lokalen Dateisystem erzeugt wird und die Daten des Caches über das Cache File WriteBack Pattern in diese Datei eingefügt werden. Eine alternative Realisierung wäre über das Auslesen des Caches (Cache File Access Pattern) und das Einfügen der Daten in eine lokale Datei über das File Content IUD Pattern möglich.

Tabelle 3 zeigt eine Übersicht welche Datenmanagement-Patterns für welche Datenquellentypen umgesetzt werden. Ein “x” markiert dabei die vollständige Umsetzung in der ersten Iterationsstufe, ein “t” für die teilweise bzw. prototypische Umsetzung in der ersten Iterationsstufe, ein “(x)” die Umsetzung in einer späteren Iterationsstufe und ein “o” die generell optionale Umsetzung eines Patterns für einen Datenquellentyp.

Tabelle 3: Übersicht über die Umsetzung der Datenmanagement-Patterns für die verschiedenen Datenquellentypen

| Datenmanagement-Pattern | rel. DB | XML-DB | Dateisys. | Sensor.-DB | Cache |
|------------------------------|---------|--------|-----------|------------|-------|
| Query Pattern | x | x | t | x | |
| Set IUD Pattern | x | | | | |
| Tree IUD Pattern | | x | | | |
| Node Content IUD Pattern | | x | | | |
| File Content IUD Pattern | | | t | | |
| Data Setup Pattern | t | (x) | t | x | |
| Stored Procedure Pattern | x | (x) | | | |
| Move Pattern | (x)/o | (x)/o | (x)/o | (x)/o | |
| Import Pattern | | | | | o |
| Export Pattern | | | | | o |
| Set Retrieval Pattern | t | | | t | |
| Tree Retrieval Pattern | | t | | | |
| File Retrieval Pattern | | | t | | |
| Cache Set Access Pattern | | | | | t |
| Cache Tree Access Pattern | | | | | (x) |
| Cache File Access Pattern | | | | | t |
| Cache Set IUD Pattern | | | | | t |
| Cache Tree IUD Pattern | | | | | (x) |
| Cache File IUD Pattern | | | | | t |
| Cache Set WriteBack Pattern | t/o | | | | |
| Cache Tree WriteBack Pattern | | (x)/o | | | |
| Cache File WriteBack Pattern | | | (x)/o | | |

7.3.3 Resultierende BPEL-Aktivitäten

In diesem Abschnitt werden die durch Abschnitt 7.3.2 identifizierten BPEL-Aktivitäten aufgezählt und ihre Funktion noch einmal kurz beschrieben. Dazu gehört z.B. auch, welche Attribute welchen Typs für die einzelnen Aktivitäten benötigt werden. Generell gilt, dass alle Aktivitäten mindestens die vier Variablen ***dsType***, ***dsKind***, ***dsAddress*** und ***dsStatement*** vom Typ String besitzen. Die Variable ***dsType*** dient zur Angabe des Datenquellentyps, für den die Aktivität ausgeführt wird, also ob es sich um ein Dateisystem, eine Datenbank oder ein Sensornetz handelt. Die Variable ***dsKind*** dient zur Angabe der genaueren Datenquellenart, d.h. um was für ein Dateisystem, was für eine Datenbank oder welche Art von Sensornetz es sich handelt. Diese Informationen sind wichtig, um intern den richtigen SQL-Dialekt bzw. Befehlssatz für die entsprechende Datenquelle auszuwählen. Die Variable ***dsAddress*** dient zur Angabe der Datenquellenadresse und die Variable ***dsStatement*** zur Haltung des entsprechenden Systemaufrufs bzw. SQL- oder XQuery-Befehls, der ausgeführt werden soll. Da jede der definierten Aktivitäten diese vier Variablen besitzt, werden diese nachfolgend als ***simpl-attributes*** (vgl. standard-attributes in [4]) in den Listings angegeben und nur falls benötigt weitere aktivitäts-spezifische Variablen beschrieben. Listing 5 führt die vier Datenmanagement-Variablen noch einmal auf. Weiterhin werden die verschiedenen Ausprägungen der einzelnen Aktivitäten im Hinblick auf die zugrundeliegende Datenquelle aufgezeigt, so dass am Ende ein vollständiger Überblick aller definierten

Aktivitäten und ihrer Ausprägungen vorliegt. Generell gibt es durch die verschiedenen Datenquellen nur wenige strukturelle Unterschiede in den Aktivitäten. Das liegt vor allem daran, dass auf datenquellenspezifische Eigenschaften bereits in der graphischen Oberfläche, also dem Eclipse BPEL Designer, eingegangen werden soll und diese so durch entsprechende Dialoge intern immer auf dieselbe Struktur abgebildet werden können. Eben dazu sollen alle Befehle auch über entsprechende graphische Elemente angegeben werden können, indem sie einfach “zusammengeklickt” werden können (siehe Abbildung 10). Dadurch soll eine einfachere Handhabung realisiert werden, damit der Benutzer schnellstmöglich und ohne detaillierte Kenntnisse der Abfragesprache alle zur Verfügung gestellten Daten- und Datenquellenbefehle für alle unterstützten Datenquellen modellieren kann. Trotz der Einschränkungen, die ohne Zweifel durch die grafische Erstellung der Befehle bestehen, steht dem Benutzer der volle Sprachumfang der jeweiligen Datenquellsprache bzw. der vollständige Befehlssatz der Datenquelle zur Verfügung. Der volle Sprachumfang kann dabei mindestens, wie in Abbildung 10 dargestellt, über die Angabe von Befehlen im “Resulting statement”-Textfeld genutzt werden. So weit es möglich ist, wird allerdings versucht, den vollen Sprachumfang bereits durch die grafische Modellierung der Befehle abzudecken.

Nachfolgend werden alle, durch die Abschnitte 7.3.1 und 7.3.2 identifizierten, Aktivitäten aufgezeigt und beschrieben. Dabei werden in den Listings der DM-Aktivitäten die in [4] beschriebenen Notationen und Definitionen verwendet. Die Schemata der DM-Aktivitäten werden im Verlauf der 1. Iteration vervollständigt.

```
dsType="xsd:string"
dsKind="xsd:string"
dsAdress="anyURI"
dsStatement="xsd:string"
```

Listing 5: Listing der simpl-attributes

Query Aktivität

Diese Aktivität setzt das Query Pattern um und ermöglicht es, aus jeder beliebigen Datenquelle Daten zu lesen und diese auf der Datenquelle zu speichern. Weitere spezifische Attribute werden dafür nicht benötigt. Die Query Aktivität ist für alle Datenquellen gleich strukturiert, und nur die entsprechenden Query-Befehle unterscheiden sich je nach Datenquelle. Diese Aktivität wird auch für das sensornetzinterne Einfügen von Sensordaten in Buffer-Tabellen genutzt (wie auch in Abschnitt 7.3.2 beschrieben). Listing 6 zeigt das BPEL-Schema einer Query Aktivität.

```
<bpel:extensionActivity>
  <simpl:queryActivity standard-attributes
    simpl-attributes>

    standard-elements

  </simpl:queryActivity>
</bpel:extensionActivity>
```

Listing 6: Schema einer Query Aktivität

Insert Aktivität

Diese Aktivität setzt die Data IUD Patterns um. Sie ermöglicht es, Daten in eine Datenquelle einzufügen. Listing 7 zeigt das BPEL-Schema einer Insert Aktivität.

```

<bpel:extensionActivity>
  <simpl:insertActivity standard-attributes
    simpl-attributes>

    standard-elements

  </simpl:insertActivity>
</bpel:extensionActivity>

```

Listing 7: Schema einer Insert Aktivität

Update Aktivität

Diese Aktivität setzt die Data IUD Patterns um. Sie ermöglicht es, auf einer Datenquelle hinterlegte Daten zu aktualisieren. Diese Aktivität kann nicht auf Sensornetze angewendet werden. Listing 7 zeigt das BPEL-Schema einer Update Aktivität.

```

<bpel:extensionActivity>
  <simpl:updateActivity standard-attributes
    simpl-attributes>

    standard-elements

  </simpl:updateActivity>
</bpel:extensionActivity>

```

Listing 8: Schema einer Update Aktivität

Delete Aktivität

Diese Aktivität setzt die Data IUD Patterns um. Sie ermöglicht es, Daten in Datenquellen zu löschen. Diese Aktivität kann nicht auf Sensornetze angewendet werden. Listing 9 zeigt das BPEL-Schema einer Delete Aktivität.

```

<bpel:extensionActivity>
  <simpl:deleteActivity standard-attributes
    simpl-attributes>

    standard-elements

  </simpl:deleteActivity>
</bpel:extensionActivity>

```

Listing 9: Schema einer Delete Aktivität

Create Aktivität

Diese Aktivität setzt das Data Setup Pattern um. Sie ermöglicht es, Zuordnungseinheiten (Dateien, Ordner, Tabellen, Schemata, usw.) auf beliebigen Datenquellen zu erstellen. Dabei werden die folgenden Befehle zur Erstellung von Zuordnungseinheiten auf den entsprechenden Datenquellen unterstützt:

- Dateisysteme:
 - MKDIR folder

- MKFILE file
- Datenbanken:
 - CREATE TABLE
 - CREATE SCHEMA
 - CREATE VIEW
 - optional:
 - * CREATE DOMAIN
 - * CREATE INDEX
 - * CREATE TRIGGER
- Sensornetze:
 - CREATE BUFFER

Diese Aktivität wird für XQuery-Datenbanken nicht realisiert. Ebenso werden in dieser Iterationsstufe keine weiteren Befehle umgesetzt. Listing 10 zeigt das BPEL-Schema einer Create Aktivität.

```

<bpel:extensionActivity>
  <simpl:createActivity standard-attributes
    simpl-attributes>

    standard-elements

  </simpl:createActivity>
</bpel:extensionActivity>
```

Listing 10: Schema einer Create Aktivität

Drop Aktivität

Diese Aktivität setzt das Data Setup Pattern um. Sie ermöglicht es, Zuordnungseinheiten auf beliebigen Datenquellen zu verwerfen. Dazu werden die folgenden Befehle unterstützt:

- Dateisysteme:
 - RMDIR folder
 - RM file
- Datenbanken:
 - DROP TABLE
 - DROP SCHEMA
 - DROP VIEW
 - optional:
 - * DROP DOMAIN
 - * DROP INDEX
 - * DROP TRIGGER
- Sensornetze:

– DROP ALL

Diese Aktivität wird für XQuery-Datenbanken nicht realisiert. Ebenso werden in dieser Iterationsstufe keine weiteren Befehle umgesetzt. Listing 11 zeigt das BPEL-Schema einer Drop Aktivität.

```
<bpel:extensionActivity>
  <simpl:dropActivity standard-attributes
    simpl-attributes>

    standard-elements

  </simpl:dropActivity>
</bpel:extensionActivity>
```

Listing 11: Schema einer Drop Aktivität

Call Aktivität

Diese Aktivität setzt das Stored Procedure Pattern um. Sie ermöglicht es, auf der Datenquelle hinterlegte Prozeduren auszuführen. Diese Aktivität kann vorerst nur für relationale Datenbanken verwendet werden. Listing 12 zeigt das BPEL-Schema einer Call Aktivität.

```
<bpel:extensionActivity>
  <simpl:callActivity standard-attributes
    simpl-attributes>

    standard-elements

  </simpl:callActivity>
</bpel:extensionActivity>
```

Listing 12: Schema einer Call Aktivität

RetrieveData Aktivität

Diese Aktivität setzt die Data Retrieval Patterns um. Sie ermöglicht es, Daten von Datenquellen in den BPEL-Prozess zu laden. Listing 13 zeigt das BPEL-Schema einer RetrieveData Aktivität.

```
<bpel:extensionActivity>
  <simpl:retrieveDataActivity
    standard-attributes
    simpl-attributes>

    standard-elements

  </simpl:retrieveDataActivity>
</bpel:extensionActivity>
```

Listing 13: Schema einer RetrieveData Aktivität

Optionale Aktivitäten:

- **Import Aktivität:** Diese Aktivität setzt das Import Pattern um. Sie ermöglicht es, lokale Daten (z.B. Simulationsparameter) des Benutzers in einen Prozess einzubinden und in diesem zu verwenden.
- **Export Aktivität:** Diese Aktivität setzt das Export Pattern um. Sie ermöglicht es, Daten eines Prozesses (z.B. Simulationsergebnisse) lokal auf den Benutzer-Rechner zu exportieren.
- **Move Aktivität:** Diese Aktivität setzt das Move Pattern um. Sie ermöglicht es, Daten zwischen beliebigen Datenquellen zu kopieren/verschieben, d.h. es können beispielsweise Daten aus einer Datei in eine Datenbank-Tabelle verschoben/kopiert werden.
- **WriteBack Aktivität:** Diese Aktivität setzt die Cache WriteBack Patterns um. Sie ermöglicht es, Daten aus dem BPEL-Prozess auf die originale Datenquelle zurückzuschreiben, nachdem die Daten zuvor über eine RetrieveData Aktivität in den Prozessspeicher geladen wurden. Diese Aktivität existiert nicht für Sensornetze.
- **Alter Aktivität:** Diese Aktivität setzt das Data Setup Pattern um. Sie ermöglicht es, bereits bestehende Zuordnungseinheiten (Tabellen, Schemata, usw.) nachträglich gezielt zu verändern und an veränderte Anforderungen anzupassen. Es ist z.B. möglich, in eine Tabelle neue Spalten einzufügen, bestehende Spalten neu zu benennen oder zu verwerfen.

In Tabelle 4 werden noch einmal alle resultierenden DM-Aktivitäten und ihre Verwendbarkeit im Bezug auf die verschiedenen Datenquellen aufgezeigt. Dabei steht ein “x” für die vollständige Anwendbarkeit einer Aktivität auf eine Datenquelle, “(x)” steht für die teilweise Verwendbarkeit (z.B. in einer Move Aktivität können Sensornetze nur als Quelle nicht als Ziel angegeben werden) und “o” steht dafür, dass diese Aktivität erst in einer späteren Iterationen auf eine Datenquelle angewendet werden kann. Ein “-” steht dafür, dass eine Aktivität nicht mit einer entsprechenden Datenquelle verwendet werden kann.

Tabelle 4: Übersicht der resultierenden Aktivitäten und ihrer Anwendbarkeit auf verschiedene Datenquellen

| Aktivität | RDB | XML-DB | Dateisysteme | Sensornetze (TinyDB) |
|------------------------|-----|--------|--------------|----------------------|
| Query Aktivität | x | x | x | x |
| Insert Aktivität | x | x | o | - |
| Update Aktivität | x | x | o | - |
| Delete Aktivität | x | x | o | - |
| Create Aktivität | x | o | x | x |
| Drop Aktivität | x | o | x | x |
| Call Aktivität | x | o | o | - |
| RetrieveData Aktivität | x | o | o | x |
| Move Aktivität | x | x | x | (x) |
| WriteBack Aktivität | (x) | (x) | (x) | (x) |
| Alter Aktivität | o | o | o | - |

7.4 Transaktionen

7.5 Authentifizierung und Autorisierung

Dieser Abschnitt behandelt die Authentifizierung und Autorisierung bei dem Zugriff auf Datenquellen und die dabei eingesetzten Technologien und Konzepte. Bei beiden Verfahren handelt es sich um Ver-

fahren auf Seite der Datenquellen, d.h. es findet keine Autorisierung und Authentifizierung der Benutzer innerhalb eines Prozesses statt. Das Rahmenwerk bietet dem Benutzer lediglich die Möglichkeit, benötigte Authentifizierungs- und Autorisierungsinformationen anzugeben und ggf. zwischenspeichern. Ziel des Rahmenwerks ist es, eine Vielzahl an Authentifizierungs- und Autorisierungsverfahren zu unterstützen und für weitere Verfahren erweiterbar zu sein.

7.5.1 Authentifizierung

Bei der Authentifizierung wird vor dem eigentlichen Zugriff zunächst ein Vertrauensverhältnis zwischen Benutzer und Datenquelle hergestellt. Je nach Verfahren wird dabei das Vertrauen einseitig oder auch beidseitig hergestellt. Für das Rahmenwerk soll dabei das Konzept des Single Sign On (SSO) angewendet werden, das nach einer erfolgreich durchgeführten Authentifizierung verhindert, dass bei weiteren Zugriffen eine erneute Authentifizierung durchgeführt werden muss. Unabhängig von der Realisierung, soll das für den Benutzer auch bedeuten, dass die Authentifizierungsinformationen nicht in jeder DM-Aktivität zu einer Datenquelle redundant angegeben werden müssen. Vorerst wird nur ein Verfahren mit Benutzername und Passwort realisiert. Benutzername und Passwort können in der ersten Iteration zunächst nur in den Globalen Einstellungen (siehe 4.1.1) für alle Datenquellen festgelegt werden. In einer weiteren Iterationsstufe wird die separate Angabe dieser Daten für jede Datenquelle möglich sein.

7.5.2 Autorisierung

Eine Autorisierung findet meist nach einer erfolgreichen Authentifizierung statt und überprüft, ob der Zugriff bzw. die Operation die ausgeführt werden soll, berechtigt ist. Dazu werden Zugriffsrechte überprüft, die als Regeln formuliert auf Seite der Datenquellen verwaltet werden. In der ersten Iteration wird lediglich die Autorisierung über Benutzername und Passwort unterstützt.

7.6 Auditing

In diesem Abschnitt wird eine Beschreibung des geplanten Auditing von SIMPL gegeben. Dazu wird zunächst auf das bestehende Monitoring von ODE eingegangen.

7.6.1 Momentane Situation - Monitoring von ODE

Das Monitoring von ODE wird durch sogenannte Events und Event Listener sowie die Management API realisiert.

Management API

Die Management API der ODE Engine macht es möglich, zahlreiche Informationen abzurufen. So ist es beispielsweise möglich, zu überprüfen, welche Prozessmodelle gerade eingesetzt werden und welche Prozessinstanzen ausgeführt werden oder beendet sind. Dies ist besonders für das Monitoring wichtig, da es hierdurch möglich ist, spezifische Informationen zu einem bestimmten Prozess oder einer bestimmten Instanz abzurufen. Dies kann zum Beispiel das Erstellungsdatum des Prozesses oder der Instanz sein, eine Liste der Events, die für diesen Prozess oder diese Instanz generiert wurden, und vieles mehr.

Events

Events sind Ereignisse, die auftreten, wenn bestimmte Aktionen innerhalb der ODE Engine durchgeführt werden, z.B. das Aktivieren eines Prozesses oder das Erzeugen einer neuen Prozessinstanz. Diese Events machen es möglich, zu verfolgen, was innerhalb der ODE Engine passiert, und produzieren detaillierte Informationen über die Prozessausführung. Sie können mit Hilfe der Management API oder durch die Nutzung von Event Listnern abgefragt werden.

Event Listener

Event Listener sind bestimmte Konstrukte, die es ermöglichen, bei Auftreten bestimmter Events eine direkte Rückmeldung zu geben, oder auf verschiedene Events zu reagieren und event-spezifische Aktionen durchzuführen.

7.6.2 Auditing von SIMPL

Im BPEL Designer ist der Zugriff auf das Auditing und die Auditingeinstellungen unter dem entsprechenden Menüpunkt möglich. Hier kommt man nun zum entsprechenden Interface, in dem sich verschiedene Einstellungen für das Auditing tätigen lassen (siehe Abbildung 5). Es ist möglich, das Auditing zu aktivieren oder zu deaktivieren. Weiterhin ist es möglich, die Datenbank für das Speichern der Auditing-Daten festzulegen. Das Auditing ist standardmäßig aktiviert, kann allerdings über die Adminkonsole deaktiviert und auch erneut aktiviert werden.

Für das Auditing von SIMPL werden die von ODE erzeugten Daten direkt an den SIMPL Core übergeben und weiterverarbeitet, anstatt diese wie bisher in der virtuellen Datenbank von ODE abzuliegen. Die so erzeugten Daten über die Prozesse, Instanzen und Events werden anschließend in einer zuvor in der Adminkonsole festgelegten Auditing-Datenbank abgelegt.

7.6.3 Event Modell

In diesem Abschnitt wird das Event Modell für das Auditing von SIMPL aufgeführt und erläutert. In Abbildung 21 ist das Event Modell für die Ausführung von DM-Aktivitäten zu sehen. Darin enthalten sind die verschiedenen WS-BPEL Events. Auf diesem Modell aufbauend wird analysiert, welche Events in ODE hinzugefügt werden müssen. Das Modell baut auf dem Modell in Abbildung 20 auf. Und beschreibt die Besonderheiten, die während der Ausführung (im Zustand “Executing” in Abbildung 20) auftreten. Die Zustände “Ready” und “Waiting” wurden im Event Modell der Ausführung einer DM-Aktivität mit Rot gekennzeichnet, um ersichtlich zu machen, dass dieses Event Modell nur ein Ausschnitt aus dem Modell in 20 ist und die Ausführung vor “Ready” und nach “Waiting” der in diesem Modell gleicht.

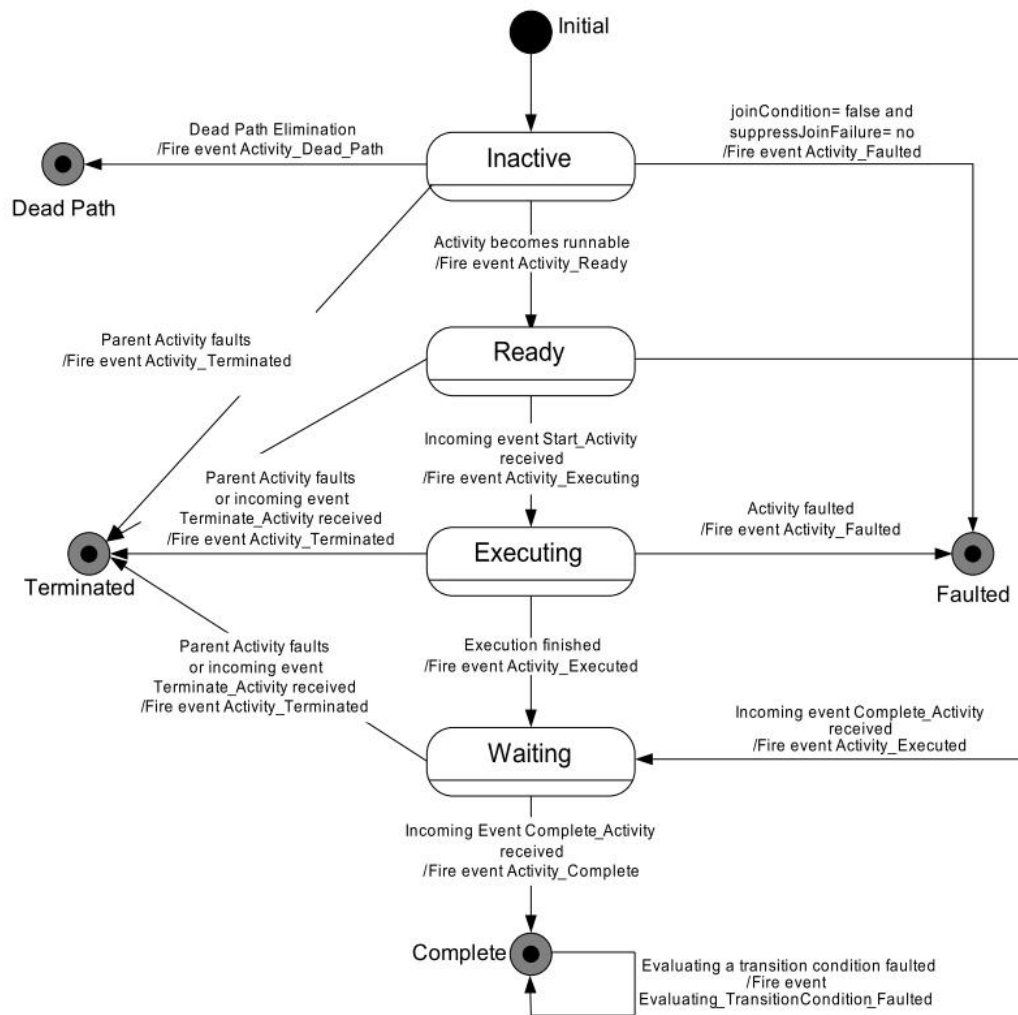


Abbildung 20: BPEL Event Modell für die Ausführung allgemeiner Aktivitäten in WS-BPEL 2.0

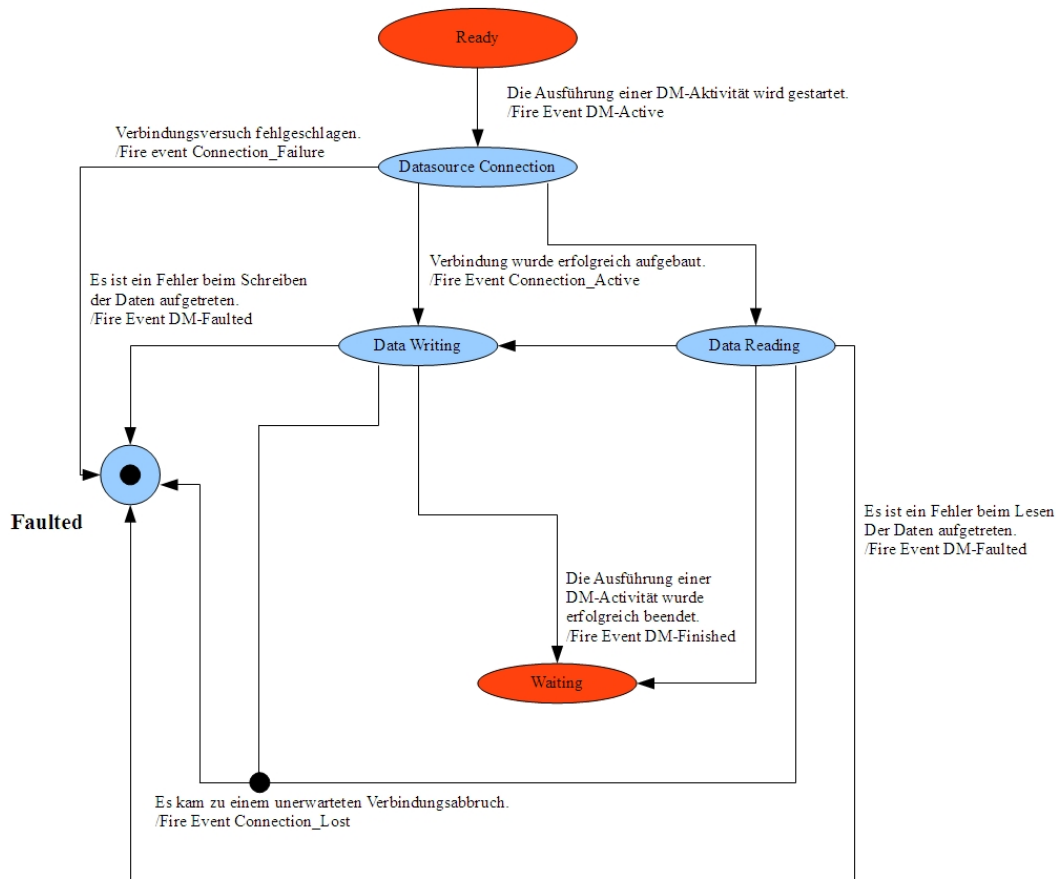


Abbildung 21: Event-Modell für die Ausführung von DM-Aktivitäten

Aus den Events im BPEL Event Modell der Ausführung folgt, dass zwei neue Event Klassen hinzugefügt werden müssen. Dies sind die Event Klassen `Connection_Events` und `DM_Events`. Jede dieser beiden Event Klassen verfügt über eine Anzahl von einzelnen Events, die nachfolgend genauer erläutert werden.

Connection_Events Diese Events werden erzeugt, um verschiedene Ereignisse bei der Verbindung zu einer Datenquelle zu erfassen.

- `Connection_Failure_Event`

Dieses Event wird erzeugt, wenn ein Verbindungsversuch fehlschlägt.

- `Connection_Active_Event`

Dieses Event wird erzeugt, wenn erfolgreich eine Verbindung aufgebaut wurde.

- Connection_Closed_Event

Dieses Event wird erzeugt, wenn die Verbindung zu einer Datenquelle beendet wurde.

- Connection_Lost_Event

Dieses Event wird erzeugt, wenn es zu einen unerwarteten Abbruch der Verbindung kommt. Beispielsweise wenn es zu einem Timeout der Verbindung kommt.

DM_Events Die DM_Events sind für die Ereignisse einer DM-Aktivität zuständig. Hier wird nicht unterschieden, um welche Art von DM-Aktivität es sich handelt. Für alle DM-Aktivitäten werden dieselben Events erzeugt. Diese Events enthalten jeweils Informationen über den Namen und den Typ der Aktivität. Diese speziellen Events werden zusätzlich zu den normalen Activity_Events erzeugt, um dem Nutzer die Möglichkeit zu bieten sich nur die Events der DM-Aktivitäten und nicht aller Aktivitäten anzeigen zu lassen.

- DM_Finished

Dieses Event wird erzeugt, wenn die Ausführung einer DM-Aktivität erfolgreich beendet wurde.

- DM_Started

Dieses Event wird erzeugt, wenn die Ausführung einer DM-Aktivität gestartet wurde.

- DM_Failure

Dieses Event wird erzeugt, wenn bei der Ausführung einer DM-Aktivität ein Fehler auftrat.

8 Technologien und Werkzeuge

In diesem Kapitel folgt ein Überblick über die im Projekt verwendeten Technologien und Werkzeuge.

8.1 Technologien

In der Entwicklung von SIMPL werden die folgenden Technologien zum Einsatz kommen:

Apache Axis2 [5]

Axis2 ist eine Simple Object Access Protocol (SOAP)-Engine zur Konstruktion von darauf basierenden Web Services und Client-Anwendungen.

Apache ODE [6]

Apache ODE ist eine BPEL-Workflow-Engine. Es wird sowohl WS-BPEL 2.0 als auch BPEL4WS 1.1 unterstützt, um Prozesse in einer SOA auszuführen. Zudem ist ein Deployment von Prozessen zur Laufzeit (Hot Deployment) möglich, sowie die Analyse und Validierung von Prozessen.

Apache Tomcat [7]

Apache Tomcat ist ein Web Container, der aber auch einen kompletten Web Server beinhaltet.

Apache Tuscany DAS [8]

Data Access Services ermöglichen den einheitlichen Zugriff auf Datenquellen, indem eine zentrale Schnittstelle für das Lesen und Schreiben von heterogenen Daten bereitgestellt wird. Die Daten werden dabei in Service Data Objects gekapselt und so von ihrer Quelle unabhängig gemacht.

Apache Tuscany SDO [9]

Service Data Objects stellen eine einheitliche API zur Verfügung, mit der die Handhabung verschiedener heterogener Daten und Datenquellen vereinfacht wird.

Eclipse BPEL Designer [10]

Der Eclipse BPEL Designer ist ein Eclipse Plugin für die Modellierung von BPEL-Prozessen. Er verfügt über eine leicht verständliche GUI und über eine Syntaxprüfung für BPEL-Prozesse. Zudem bietet der Eclipse BPEL Designer, in Kombination mit Apache ODE, eine Schritt für Schritt Ausführung von Prozessen.

IBM-DB2 [11]

Die IBM-DB2 ist ein Hybriddatenserver, mit dem sowohl die Verwaltung von XML-Daten als auch von relationalen Daten möglich ist.

Java 6 [12]

Java ist eine objektorientierte Programmiersprache von Sun Microsystems, mit der sich plattformunabhängige Programme entwickeln lassen.

JAX-WS [13]

JAX-WS ist eine Java API zur Erstellung von Web Services, die für das Deployment Java Annotationen verwendet.

TinyDB [14]

TinyDB ist ein Datenbanksystem für Sensornetze und bietet eine SQL-ähnliche Schnittstelle.

Web Services

Web Services sind eigenständige Software-Einheiten, die sich selbst beschreiben und die ihre Dienste über ein Netzwerk, wie beispielsweise das Internet, bereitstellen. Damit werden verteilte Anwendungen möglich, die flexibel auf sich ändernde Anforderungen angepasst werden können. Die Schnittstellen von Web Services werden mit WSDL (siehe [21]) beschrieben und können damit unabhängig von Betriebssystem, Plattform und Programmiersprache verwendet werden.

8.2 Werkzeuge

Es werden folgende Werkzeuge eingesetzt, um den Entwicklungsvorgang und die Dokumentation zu unterstützen:

Apache Maven [15]

Maven ist ein Projekt-Management-Tool zur standardisierten Erstellung und Verwaltung von Java-Programmen. Mit Maven ist es möglich, viele Schritte, die die Entwickler normalerweise von Hand erledigen müssen, zu automatisieren.

Eclipse [16]

Eclipse ist eine Integrated Development Environment (IDE) für Java und auch andere Programmiersprachen. Für SIMPL wird Eclipse in der Version 3.5 (Galileo) verwendet.

Hudson [17]

Hudson ist ein webbasiertes System zur kontinuierlichen Integration von Softwareprojekten.

L^AT_EX [18]

L^AT_EX ist ein Textverarbeitungsprogramm, mit dem es möglich ist, auf einfache Art und Weise L^AT_EX-Dokumente zu erstellen.

PDF-XChange Viewer [19]

Mit dem PDF-XChange Viewer lassen sich PDF-Dateien nicht nur öffnen, lesen und drucken, sondern zusätzlich Kommentare, Notizen und Markierungen vornehmen.

Subversion [20]

Subversion ist eine Software zur Versionskontrolle und eine Weiterentwicklung von CVS. Es wird genutzt, um mehreren Nutzern den gleichzeitigen Zugriff auf und ein gleichzeitiges Bearbeiten von verschiedenen Dateien und Dokumenten zu ermöglichen.

Literatur

- [1] SIMPL Angebot, Version 1.2, 25.September 2009
- [2] Vrhovnik, M.; Schwarz, H.; Radeschütz, S.; Mitschang, B.: An Overview of SQL Support in Workflow Products. In: Proc. of the 24th International Conference on Data Engineering (ICDE 2008), Cancún, México, April 7-12, 2008
- [3] Wieland, M.; Görlach, K.; Schumm, D.; Leymann, F.: Towards Reference Passing in Web Service and Workflow-based Applications. In: Proceedings of the 13th IEEE Enterprise Distributed Object Conference (EDOC 2009)
- [4] Jordan, D.; Evdemon, J.: Web Services Business Process Execution Language Version 2.0, OASIS Standard. Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS), 11.April 2007. <http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/OS/wsbpel-v2.0-OS.pdf>, zuletzt zugegriffen am 04.11.2009
- [5] Axis2, <http://ws.apache.org/axis2/>, zuletzt zugegriffen am 17.10.2009
- [6] Apache ODE, <http://ode.apache.org/>, zuletzt zugegriffen am 17.10.2009
- [7] Apache Tomcat, <http://tomcat.apache.org/>, zuletzt zugegriffen am 17.10.2009
- [8] Apache Tuscany DAS, <http://tuscany.apache.org/das-overview.html>, zuletzt zugegriffen am 17.10.2009
- [9] Apache Tuscany SDO, <http://tuscany.apache.org/sdo-overview.html>, zuletzt zugegriffen am 17.10.2009
- [10] Eclipse BPEL Designer, <http://www.eclipse.org/bpel/>, zuletzt zugegriffen am 17.10.2009
- [11] IBM-DB2, <http://www.ibm.com/db2/>, zuletzt zugegriffen am 17.10.2009
- [12] Java 6, <http://java.sun.com/>, zuletzt zugegriffen am 17.10.2009
- [13] JAX-WS, <https://jax-ws.dev.java.net/>, zuletzt zugegriffen am 17.10.2009
- [14] TinyDB, <http://telegraph.cs.berkeley.edu/tinydb/>, zuletzt zugegriffen am 17.10.2009
- [15] Apache Maven, <http://maven.apache.org/>, zuletzt zugegriffen am 18.10.2009
- [16] Eclipse, <http://www.eclipse.org/>, zuletzt zugegriffen am 18.10.2009
- [17] Hudson, <https://hudson.dev.java.net/>, zuletzt zugegriffen am 18.10.2009
- [18] L^AT_EX, <http://www.lyx.org/>, zuletzt zugegriffen am 18.10.2009
- [19] PDF-XChange Viewer, <http://pdf-xchange-viewer.softonic.de/>, zuletzt zugegriffen am 18.10.2009
- [20] Subversion, <http://subversion.tigris.org/>, zuletzt zugegriffen am 18.10.2009
- [21] WSDL, <http://www.w3.org/standards/techs/wSDL>, zuletzt zugegriffen am 04.11.2009
- [22] XQuery Update Facility, <http://www.w3.org/standards/techs/xquery>, zuletzt zugegriffen am 06.11.2009
- [23] Steinmetz, T.: Ein Event-Modell für WS-BPEL 2.0 und dessen Realisierung in Apache ODE. Institut für Architektur von Anwendungssystemen, Universität Stuttgart. 02.08.2009

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------|--|
| API | Application Programming Interface |
| BPEL | Business Process Execution Language |
| DAS | Data Access Service |
| DDL | Data Definition Language |
| DM | Data Management |
| FLWOR | FOR, LET, WHERE, ORDER, RETURN |
| IDE | Integrated Development Environment |
| IUD | INSERT, UPDATE, DELETE |
| ODE | Orchestration Director Engine |
| RDB | Relational Database |
| RRS | Reference Resolution System |
| SDO | Service Data Object |
| SIMPL | SimTech: Information Management, Processes and Languages |
| SOAP | Simple Object Access Protocol |
| SQL | Structured Query Language |
| SSO | Single Sign On |
| UDDI | Universal Description, Discovery and Integration |
| URI | Unified Resource Identifier |
| URL | Unified Resource Locator |
| WS | Web Service |
| WSDL | Web Service Description Language |
| XML | Extensible Markup Language |
| XQUERY | XML Query Language |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Übersicht über die Systemumgebung von SIMPL | 10 |
| 2 | SIMPL Menü und Eclipse BPEL Designer mit einigen DM-Aktivitäten | 14 |
| 3 | Admin-Konsole | 15 |
| 4 | Dialog der globalen Eigenschaften | 15 |
| 5 | Dialog für die Auditing Einstellungen | 16 |
| 6 | Dialog für allgemeine Referenzen Einstellungen | 17 |
| 7 | Dialog für die Verwaltung von Referenzen | 17 |
| 8 | Dialog für das Anlegen neuer Referenzen | 18 |
| 9 | Dialog zur Bearbeitung von Referenzen | 19 |
| 10 | Eigenschaftsfenster einer DM-Aktivität am Beispiel einer Query Activity | 19 |
| 11 | Anwendungsfall-Diagramm des gesamten Softwaresystems | 21 |
| 12 | Anwendungsfall-Diagramm für den Prozess-Modellierer | 22 |
| 13 | Anwendungsfall-Diagramm für den Workflow-Administrator | 25 |
| 14 | Anwendungsfall-Diagramm für die ODE Workflow-Engine | 30 |
| 15 | Anwendungsfall-Diagramm für den Eclipse BPEL Designer | 32 |
| 16 | Anwendungsfall-Diagramm für die Prozess-Modellierer | 34 |
| 17 | Die Architektur des Reference Resolution Systems (RRS). | 38 |
| 18 | Alternativen zur Realisierung von Referenzen in BPEL | 40 |
| 19 | Klassenhierarchie der Datenmanagement-Patterns | 43 |
| 20 | BPEL Event Modell für die Ausführung allgemeiner Aktivitäten in WS-BPEL 2.0 . . . | 60 |
| 21 | Event-Modell für die Ausführung von DM-Aktivitäten | 61 |

Listings

| | | |
|----|--|----|
| 1 | EPR Schema | 39 |
| 2 | Code eines <code><referenceVariable></code> -Schemas | 40 |
| 3 | Code der generierten Variablen-Deklaration | 41 |
| 4 | Code einer Dereferenzierungs-Aktivität | 41 |
| 5 | Listing der simpl-attributes | 53 |
| 6 | Schema einer Query Aktivität | 53 |
| 7 | Schema einer Insert Aktivität | 54 |
| 8 | Schema einer Update Aktivität | 54 |
| 9 | Schema einer Delete Aktivität | 54 |
| 10 | Schema einer Create Aktivität | 55 |
| 11 | Schema einer Drop Aktivität | 56 |
| 12 | Schema einer Call Aktivität | 56 |
| 13 | Schema einer RetrieveData Aktivität | 56 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Komponenten und ihre Anwendungsfälle | 36 |
| 2 | Übersicht der Datenmanagement-Patterns und der von diesen unterstützten Datenquellentypen | 46 |
| 3 | Übersicht über die Umsetzung der Datenmanagement-Patterns für die verschiedenen Datenquellentypen | 52 |
| 4 | Übersicht der resultierenden Aktivitäten und ihrer Anwendbarkeit auf verschiedene Datenquellen | 57 |