

# Semantische Ereignisgesteuerte Prozessketten

Oliver Thomas, Michael Fellmann

Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi) im DFKI  
Universität des Saarlandes  
D-66041 Saarbrücken  
{thomas | fellmann}@iwi.uni-sb.de

**Abstract:** Die Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) ist eine in Wissenschaft und Unternehmenspraxis weit verbreitete Modellierungssprache zur Beschreibung von Geschäftsprozessen. Sie wird im Umfeld der Unternehmensmodellierung zur Visualisierung, Analyse und Simulation von Geschäftsprozessen eingesetzt. Dieser Beitrag beschreibt eine semantische Erweiterung von EPK-Modellen, mit Hilfe derer die in den Bezeichnern von Modellelementen formulierte natürlichsprachige Semantik durch formale Konzepte einer Ontologie repräsentiert werden kann. Dazu wird von den Autoren ein mehrstufiger Ansatz entwickelt, der eine Ontologieschicht umfasst, eine Ebene der semantischen Metamodellierung der EPK sowie eine Repräsentationsform für eine semantische EPK – kurz sEPK – in RDF. Durch den vorgestellten Ansatz werden die Suche und Navigation in Prozessdatenbanken verbessert, eine fortgeschrittene semantische Validierung der Modelle ermöglicht sowie die Ausführbarkeit der Prozessmodelle erleichtert. Mit Hilfe von Inferenzmechanismen können darüber hinaus neue Fakten geschlossen werden, die nicht ursprünglich in den Prozessmodellen gespeichert wurden.

Schlüsselwörter: Geschäftsprozessmanagement, Unternehmensmodellierung, Geschäftsprozessmodellierung, Modellierungssprachen, Ereignisgesteuerte Prozesskette, Semantic Web, Ontologien

## 1 Semantische Beschreibung von Geschäftsprozessen

Die Ereignisgesteuerte Prozesskette ist eine semiformale Modellierungssprache zur Beschreibung von Geschäftsprozessen [KNS92]. Sie wird im Umfeld des Geschäftsprozessmanagements zur Planung, Visualisierung und Analyse von Geschäftsprozessen eingesetzt. EPK-Modelle bestehen im Wesentlichen aus Funktionen und Ereignissen und dem zwischen diesen Elementen bestehenden Kontrollfluss. Eingesetzt werden EPK-Modelle zum einen, um Prozesse aus einer fachlichen Sicht zu beschreiben. Zum anderen, um bei der Einführung oder Anpassung prozessorientierter Informationssysteme als Ausgangspunkt für die Implementierung zu dienen [STA05].

Untersuchungen zur Semantik der EPK haben sich bislang hauptsächlich auf die formale Semantik der zur Verfügung stehenden Sprachkonstrukte konzentriert [LSW98, AI99,

NR02, RA03, Ki06] . Die Bezeichner der einzelnen Elemente eines EPK-Modells wurden in diesen Untersuchungen bisher nicht berücksichtigt. Diese werden vom Konstrukteur eines Modells in einer natürlichen Sprache hinzugefügt. Ein wesentlicher Teil der Semantik eines EPK-Modells ist somit an die natürliche Sprache gebunden, die mit ihren Mehrdeutigkeiten ein hohes Maß an Interpretationsspielräumen zulässt. Solange ein Modell nur von einem Individuum erstellt und gelesen wird, ist dies weniger problematisch. Werden jedoch Modelle verschiedener Modellierer zusammengeführt, durchsucht und übersetzt, oder soll die in den Modellen enthaltene Semantik automatisch validiert und zur Konfiguration eines Informationssystems herangezogen werden, ist eine klar definierte Semantik eines jeden Modellelementes erforderlich.

Diese Problemstellung kann durch eine Verknüpfung der Elemente eines EPK-Modells mit Konzepten aus einer Ontologie gelöst werden. Der vorliegende Beitrag beschreibt die dazu erforderlichen Schritte und Werkzeuge.

Zunächst wird in Abschnitt 2 die EPK als Sprache kurz eingeführt. Anschließend werden in Abschnitt 3 Ontologien und Ontologiekonstruktionen für das semantische Geschäftsprozessmanagement skizziert. Nach diesen Einführungen wird in Abschnitt 4 detailliert die semantische Erweiterung von EPK-Modellen zu sEPK-Modellen beschrieben. Gegenstand des Abschnitts 5 sind die Potenziale einer IT-Unterstützung der dadurch entstehenden semantischen Geschäftsprozessmodellierung. Der Beitrag schließt mit der Analyse verwandter Arbeiten in Abschnitt 6 und der Diskussion der Ergebnisse in Abschnitt 7.

## 2 Die EPK als Modellierungssprache

Die Ereignisgesteuerte Prozesskette ist eine in Wissenschaft und Praxis weit verbreitete Modellierungssprache zur Repräsentation von Geschäftsprozessen. Sie wurde am Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi), Universität des Saarlandes, Saarbrücken, in Zusammenarbeit mit der SAP AG entwickelt [KNS92] und ist Bestandteil des ARIS-Toolset der IDS Scheer AG (2003) sowie des Business Engineering und Customizing des SAP R/3-Systems [KT99].

In graphentheoretischer Terminologie ist ein EPK-Modell ein gerichteter und zusammenhängender Graph, dessen Knoten Ereignisse, Funktionen und Verknüpfungsoperatoren sind [Ru99]. Abbildung 1 zeigt ein EPK-Beispielmodell der Kundenauftragsprüfung. Es beschreibt den Ablauf zur Prüfung eines Kundenauftrags. Die grundlegenden Sprachkonstrukte der EPK sowie ihre Repräsentationsformen werden nachfolgend anhand dieses Beispiels eingeführt.

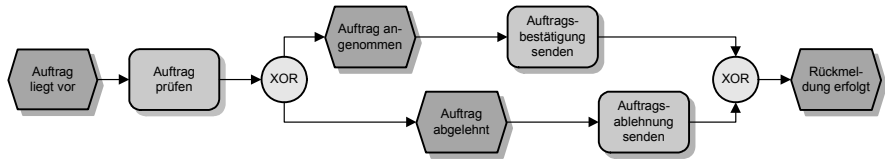


Abb. 1: EPK-Modell einer Kundenauftragsprüfung

Die Grundelemente der Modellierungssprache EPK sind Ereignisse, Funktionen, Kontrollflusskanten und Verknüpfungsoperatoren. Ereignisse sind die passiven Elemente der EPK und werden durch Sechsecke dargestellt. Funktionen, die durch an den Ecken abgerundete Rechtecke repräsentiert werden, sind die aktiven Elemente der EPK. Der Funktionsbegriff wird in der EPK mit dem der Aufgabe gleichgesetzt [KNS92]. Im Gegensatz zu einer Funktion, die ein zeitverbrauchendes Geschehen ist, ist ein Ereignis auf einen Zeitpunkt bezogen. Während zur Bezeichnung der Funktionen in der Literatur (z.B. [HKS92], S. 5) vorgeschlagen wird, das jeweilige Objekt der Bearbeitung und ein Verb im Infinitiv zur Kennzeichnung der zu verrichtenden Tätigkeit zu verwenden (z.B. Auftrag prüfen, vgl. Abbildung 1), wird für Ereignisse empfohlen, das Objekt, das eine Zustandsänderung erfährt, mit einem Verb im Partizip Perfekt zu verbinden, das die Art der Änderung beschreibt (z.B. Auftrag abgelehnt, vgl. Abbildung 1).

Ereignisse lösen Funktionen aus und sind deren Ergebnis. Diese beiden Beziehungen zwischen Funktionen und Ereignissen werden durch Kontrollflusskanten, die durch Pfeile repräsentiert werden, dargestellt. Um auszudrücken, dass Funktionen durch ein oder mehrere Ereignisse gestartet werden bzw. eine Funktion ein oder mehrere Ereignisse als Ergebnis erzeugen kann, werden Verknüpfungsoperatoren (Konnektoren) eingeführt. Dabei wird in Anlehnung an die Terminologie der Aussagenlogik zwischen konjunktiven, adjunktiven und disjunktiven Verknüpfungen unterschieden (vgl. Abbildung 1). Die entsprechenden Konnektoren werden vereinfacht als AND-, OR- bzw. XOR-Operatoren bezeichnet.

### 3 Ontologien für das semantische Geschäftsprozessmanagement

#### 3.1 Ontologien – Terminologie und bestehende Ansätze

Der Begriff der Ontologie stammt ursprünglich aus der Philosophie und steht dort für die Lehre vom Sein, genauer „von den Möglichkeiten und Bedingungen des Seienden“ ([He02], S. 477). In der Informatik wird der Begriff der Ontologie ebenfalls verwendet und steht dort für die Beschreibung von Sachverhalten und Zusammenhängen mittels einer formalen Sprache. Die wohl am häufigsten zitierte Definition ist die von Tom Gruber: „an ontology is an explicit, formal specification of a shared conceptualization“ ([Gr93], S. 199) – frei übersetzt also das formal explizierte, von einer Gruppe von Individuen geteilte Verständnis über Sachverhalte und Zusammenhänge einer Domäne.

Zur expliziten und formalen Repräsentation einer Ontologie existieren prinzipiell verschiedene Sprachen wie z.B. CML, Conceptual Representation, CycL, KIF, Loom, OIL und OWL. Die Web Ontology Language (OWL) [SWM04] ist ein Standard des World Wide Web Consortiums (W3C), der aus der Verschmelzung von DARPA und OIL hervorgegangen ist. Aufgrund der wachsenden Akzeptanz und damit verbunden der guten Unterstützung der Ontologiesprache durch Softwarebibliotheken und -werkzeuge wird im Rahmen dieses Beitrags OWL als Sprache zur Repräsentation von Ontologien verwendet. OWL steht in drei Varianten zur Verfügung: OWL-Lite, OWL-DL und OWL-Full. Für die Zwecke des semantischen Geschäftsprozessmanagements werden hier Ontologien der Stufen Lite und DL verwendet, da somit im Gegensatz zu OWL-Full die Berechenbarkeit (computational completeness) erhalten bleibt.

Über die reine Ontologiesprache hinaus existieren bereits fertige OWL-Ontologien, die für das semantische Geschäftsprozessmanagement herangezogen werden können. Bezogen auf ein gesamtes Unternehmen besteht mit BMO<sup>1</sup> (Business Management Ontology) bereits ein Ansatz [Je03]. Einzelne Aspekte betreffend existiert im Bereich der Finanzen mit „SUMO Finance Ontologies“<sup>2</sup> eine Ontologie, die von der in KIF beschriebenen Top-level Ontologie SUMO<sup>3</sup> (Suggested Upper Merged Ontology) abgeleitet wurde [PNL02]. Zur Klassifikation von Produkten und Dienstleistungen existiert mit eclassOWL<sup>4</sup> eine Portierung des eCl@ss-Standards nach OWL Lite [He05a]. Für das Auffinden und die Kommunikation mit Geschäftspartnern wurden im Umfeld der Web-Services-Technologien bereits Teile einiger etablierter und auch neuer Standards in OWL-Ontologien überführt, wie beispielsweise ebXML<sup>5</sup> [Do05], RosettaNet Ontology<sup>6</sup> und WS-Agreement [An05]. Es können weiter Ontologien herangezogen werden, die (noch) nicht in OWL vorliegen, wie beispielsweise die Enterprise Ontology<sup>7</sup> [Us98] und TOVE (TOronto Virtual Enterprise) [Fo92]<sup>8</sup>, und im Bereich der Organisation KRSL<sup>9</sup> [Le94].

Neben der Verwendung von Ontologien als Ganzes können auch Teilbereiche bestehender Ontologien genutzt werden. So besitzt die Top-level-Ontologie CYC<sup>10</sup> (abgeleitet

---

1 [http://www.bpiresearch.com/Resources/RE\\_OSSOnt/re\\_ossont.htm](http://www.bpiresearch.com/Resources/RE_OSSOnt/re_ossont.htm).

2 <http://lstdis.cs.uga.edu/projects/meteor-s/downloads/index.php?page=6>.

3 <http://www.ontologyportal.org/>.

4 <http://www.heppnetz.de/eclassowl/>.

5 <http://www.ebxml.org/>.

6 RosettaNet Ontology und WS-Agreement wurden ebenfalls vom METEOR-S-Projekt entwickelt, vgl. Fn. 2.

7 <http://www.aiai.ed.ac.uk/project/enterprise/enterprise/ontology.html>.

8 <http://www.eil.utoronto.ca/>.

9 <http://www.aiai.ed.ac.uk/~bat/krsl-plans.html>.

10 [http://www.cyc.com/cyc/technology/whatisyc\\_dir/whatdoesycycknow](http://www.cyc.com/cyc/technology/whatisyc_dir/whatdoesycycknow).

vom englischen enCYClopedia) u. a. einen Bereich „Business & Commerce“, der für Geschäftsprozesse relevante Konzepte enthält [Ma06].

Sind ein oder mehrere Ontologien gefunden, die dazu geeignet sind, die Semantik eines Geschäftsprozesses zu beschreiben, so können diese durch einen Prozess der Ontologiekonstruktion so miteinander verschmolzen werden, dass diese schließlich als einheitliche Ontologie zur Verfügung stehen. Zur Integration verschiedener Ontologien stellt OWL vordefinierte Sprachkonstrukte bereit, wie etwa `owl:imports` oder zur Beschreibung von Äquivalenzen oder Verschiedenheiten `owl:equivalentClass`, `owl:equivalentProperty`, `owl:sameAs`, `owl:differentFrom`, sowie `owl:allDifferent`<sup>11</sup>. Die (teil-) automatisierte Zusammenführung von Ontologien ist darüber hinaus aktueller Forschungsgegenstand ([MIG00]; [Su04]; [SGH04]).<sup>12</sup>

### 3.2 Repräsentation von Ontologien

In den folgenden Ausführungen und Beispielen wird für die grafische Repräsentation einer Ontologie eine einfache Notation gewählt, die Abbildung 2 zeigt. Beschriftungen werden mit den durch `rdfs:label`-Elemente gegebenen Bezeichnungen gezeigt, die Konzepten einer Ontologie für die Anzeige in Editoren hinzugefügt werden können. Die XML-Repräsentationen hingegen enthalten die innerhalb der Ontologie vergebenen Namen. Als Pfeil dargestellte Eigenschaften bezeichnen Objekteigenschaften (ObjectProperties) in OWL, die Instanzen von Klassen zueinander in Beziehung setzen. Vererbungsbeziehungen beziehen sich auf das in OWL nutzbare Sprachkonstrukt `rdfs:subclassOf`, das durch RDF Schema definiert wird. Restriktionen beziehen sich auf Wertebereichsbeschränkungen (Range-Restrictions) von Objekteigenschaften, die in OWL mit Hilfe des Konstrukts `owl:Restriction` definiert werden können.

---

<sup>11</sup> Für weiterführende Informationen sei auf den „OWL Guide“ des W3C verwiesen (Smith, Welty, McGuinness 2004).

<sup>12</sup> Siehe auch ein Portal zu diesem Thema, <http://www.ontologymatching.org>.

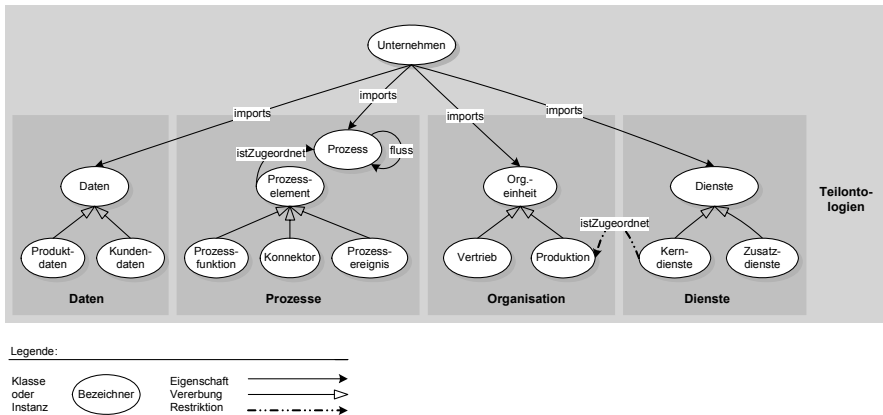


Abb. 2: Grundgerüst einer Unternehmensontologie

Die Struktur der im weiteren Verlauf verwendeten Beispiel-Ontologie wird in Abbildung 2 verdeutlicht.<sup>13</sup> Sie bildet die oberste Schicht der in Abbildung 3 gezeigten Ebenen. Die Ontologie besteht weiter gemäß der „open world assumption“ der OWL-Spezifikation aus mehreren Teilontologien, die jeweils in die Unternehmensontologie (repräsentiert durch die oberste Ellipse) importiert werden. Die Aufteilung der Gesamtontologie in einzelne Teilontologien erfolgt aus Übersichts- und Handhabbarkeitsgründen und ist prinzipiell frei wählbar.

Eine Restriktion befindet sich zwischen der Klasse Kerndienste und der Klasse Produktion. Die Restriktion besagt, dass Instanzen der Klasse Kerndienste stets über eine Eigenschaft ist Zugeordnet mit einer Instanz vom Typ Produktion verbunden werden müssen. Restriktionen können verwendet werden, um semantische Einschränkungen für Klassen und Eigenschaften zu definieren.

## 4 Semantische Erweiterung der EPK

Zur semantischen Erweiterung von EPK-Modellen wurde von den Autoren ein mehrstufiger Ansatz entwickelt, der vier separate Schichten umfasst (vgl. Abbildung 3).

<sup>13</sup> Aus Darstellungsgründen werden nicht alle in der Ontologie enthaltenen Klassen grafisch repräsentiert.

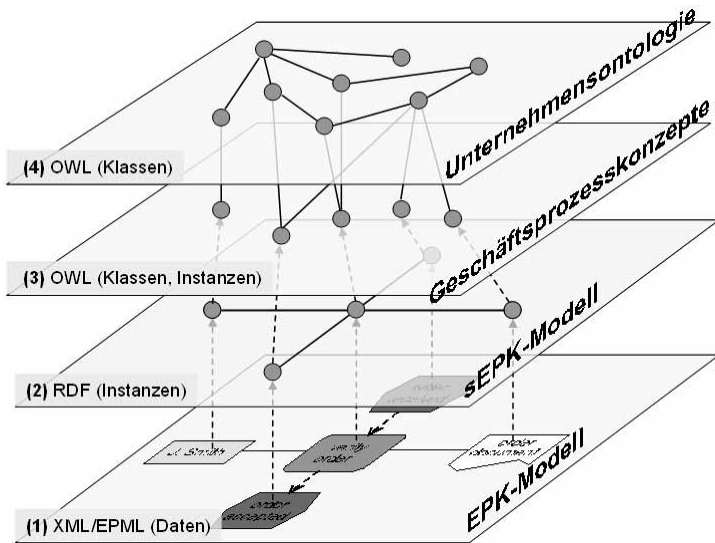


Abb. 3: Schichtenmodell zur semantischen Geschäftsprozessbeschreibung

Die oberste Schicht 4 „Unternehmensontologie“ enthält eine Ontologie, die alle relevanten Konzepte eines Unternehmenskontextes und deren Bezüge untereinander als OWL-Klassen und Eigenschaften enthält. Die im Rahmen dieses Beitrags beispielhaft verwendete Ontologie wurde bereits eingeführt. In der nächsten darunter liegenden Schicht 3 „Geschäftsprozesskonzepte“ werden aus diesen allgemeinen Konzepten speziellere Konzepte zur Repräsentation der Semantik einzelner Geschäftselemente erstellt, z.B. bestimmte Funktionen wie „Auftragsbearbeitung“ und Ereignisse wie „Auftrag eingetroffen“. Diese Konzepte werden nachfolgend als *Annotationsklassen* beschrieben. Die Erstellung von Annotationsklassen kann manuell erfolgen oder teilautomatisiert durch zu entwickelnde Annotationswerkzeuge (vgl. Abschnitt 0) anhand von sprachlichen und strukturellen Analysen vorhandener Referenz-EPK-Modelle. Die Annotationsklassen werden anschließend in der gleichen Schicht instanziiert und in Abschnitt 0 als *Annotationsinstanzen* beschrieben. In der Schicht 2 „sEPK-Modell“ schließlich werden die Instanzen der oberen Schicht im Rahmen einer semantischen Prozessbeschreibung verwendet. Dabei werden die Instanzen der höheren Schicht durch einen graphbasierten Fluss zueinander in Beziehung gesetzt. Informationen über diesen Fluss und die zu verwendenden Instanzen werden aus Schicht 1 „EPK-Modell“ extrahiert.

In den folgenden Abschnitten wird die Nutzung der in Abschnitt 3 eingeführten Unternehmensontologie zur semantischen Erweiterung von EPK-Modellen vor dem Hintergrund des in Abbildung 3 gezeigten Schichtenmodells beschrieben.

## 4.1 Annotationsklassen

Bevor EPK-Sprachkonstrukte mit Klassen der Ontologie verknüpft werden können, welche die Semantik der EPK-Modellelemente repräsentieren, müssen zunächst geeignete Klassen bereitstehen. Die in Abschnitt 3 eingeführte Beispielontologie enthält bisher hauptsächlich Klassen, deren Semantik allgemeiner Natur ist und nicht die konkrete Semantik von Geschäftsprozesselementen widerspiegelt. Daher müssen der Ontologie weitere Klassen hinzugefügt werden. Diese Klassen werden im Folgenden als *Annotationsklassen* bezeichnet, da im weiteren Verlauf Instanzen dieser Klassen zur semantischen Erweiterung oder *semantischen Annotation* von EPK-Modellen verwendet werden. Abbildung 4 zeigt die Ontologie aus Abschnitt 3, ergänzt um Annotationsklassen. Annotationsklassen können als „semantische Grundbausteine“ von Prozessen aufgefasst werden und in das in Abbildung 3 gezeigte Schichtenmodell in die zweitoberste Schicht „Geschäftsprozesskonzepte“ eingeordnet.

Die Gewinnung von Annotationsklassen kann prinzipiell nach einem Top-Down- oder Bottom-Up-Verfahren erfolgen. Beim Top-Down-Verfahren werden zunächst vor dem Hintergrund der zur Verfügung stehenden Klassen der Unternehmensontologie (Schicht „Unternehmensontologie“ der Abbildung 3) Annotationsklassen erzeugt. Beim Bottom-Up-Verfahren werden Annotationsklassen aus bereits vorhandenen EPK-Modellen erzeugt.

Unabhängig vom gewählten Verfahren der Konstruktion sind Annotationsklassen vielfach mit den Klassen der Ontologie verbunden. Zunächst sind dies grundlegende Vererbungsbeziehungen – jede Annotationsklasse besitzt mindestens eine Subklassenbeziehung zu den entsprechenden Klassen der Unternehmensontologie, welche die grundlegenden Konstrukte der Modellierungssprache (in diesem Fall der EPK) semantisch beschreiben. Eine Verfeinerung der Semantik einer Annotationsklasse erfolgt über zusätzliche Vererbungsbeziehungen und Relationen mit weiteren Klassen der Ontologie. So ist beispielsweise die Annotationsklasse **Auftragsrückmeldung** sowohl eine Prozessfunktion als auch eine Kundenrückmeldung (vgl. Abbildung 4). Dies wird in OWL durch Mehrfachvererbung abgebildet.



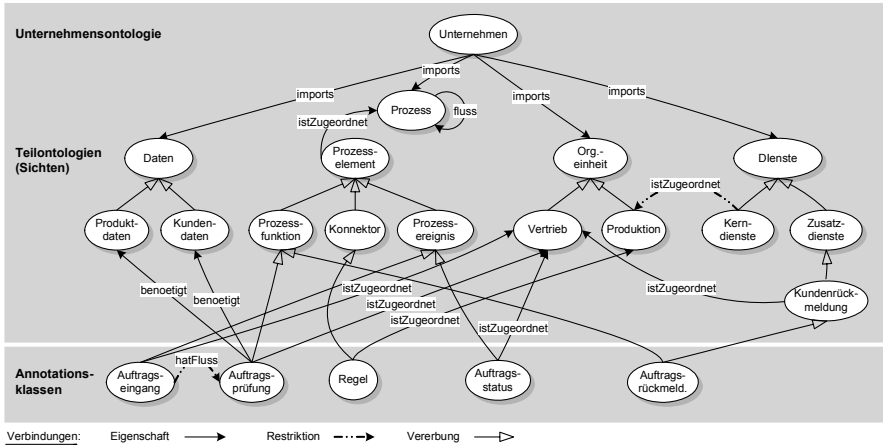


Abb. 4: Ontologie mit Annotationsklassen

Darüber hinaus lassen sich weitere Beziehungen und auch semantische Restriktionen definieren. Zum einen können Restriktionen über Beziehungen zwischen Annotationsklassen definiert werden. In der Beispielsontologie wird der zwischen den Annotationsklassen *Auftragseingang* und *Auftragsprüfung* möglichen Flussbeziehung, die aufgrund der Subklassenbeziehung der beteiligten Annotationsklassen zu übergeordneten Klassen der Ontologie möglich ist, eine Restriktion *hatFluss* hinzugefügt. Des Weiteren sind auch Restriktionen zwischen Annotationsklassen und Klassen der Unternehmensontologie möglich.

Insgesamt bilden die Annotationsklassen zusammen mit den zwischen ihnen und zwischen Klassen der Unternehmensontologie bestehenden Beziehungen ein semantisches Metamodell einer (unternehmens-) spezifischen Menge an EPK-Modellen.

## 4.2 Annotationsinstanzen

Die Verknüpfung eines EPK-Modellelements mit einer Annotationsklasse erfolgt über eine *Annotationsinstanz*. Dies kann zweifach begründet werden. Zum einen wurde bereits OWL-DL als Ontologiesprache ausgewählt. Diese erfordert eine strikte Trennung von Instanzen und Klassen. Zum anderen kann so auf im Unternehmen physisch vorhandenen Entitäten Bezug genommen werden. Die Instanz einer Annotationsklasse „Auftragsprüfung“ kann so im Rahmen der ontologischen Modellierung Träger weiterer Informationen werden, beispielsweise einem zugeordneten Arbeitsplatz, einem Sachbearbeiter oder einer Web-Services-Funktion im Rahmen einer SOA (Service-orientierte Architektur). Abbildung 5 zeigt die Annotationsklassen der Beispielsontologie mit Annotationsinstanzen sowie die zugehörigen Instanzierungsbeziehungen.

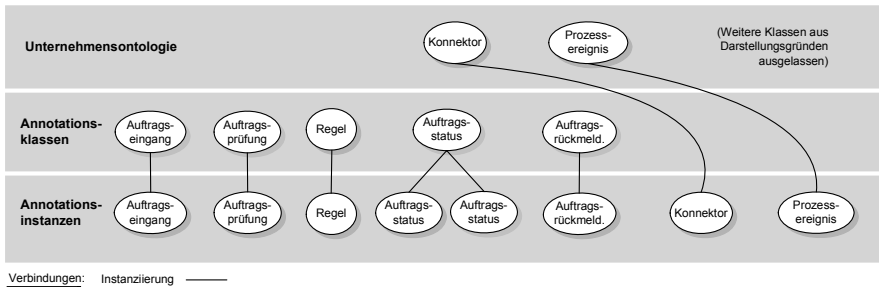


Abb. 5: Annotationsklassen und Annotationsinstanzen

Die Annotationsinstanzen *Konnektor* und *Prozessereignis* werden direkt aus den Klassen der Unternehmensontologie instanziiert, welche die grundlegenden Konstrukte der EPK-Sprache repräsentieren. Dies ist sinnvoll, da unter Umständen nicht die Semantik eines jeden EPK-Modellelements weiter spezifiziert werden kann, etwa weil (noch) keine geeigneten Annotationsinstanzen in der Ontologie zur Verfügung stehen oder es sich um sog. Trivialereignisse<sup>14</sup> eines EPK-Modells handelt. Diese direkt von Klassen der Unternehmensontologie abgeleiteten Annotationsinstanzen können verwendet werden, um EPK-Modellelemente automatisch mit einer „Standard-Semantik“<sup>15</sup> zu versehen. Die Verknüpfung von EPK-Modellelementen mit Annotationsinstanzen wird im nächsten Abschnitt beschrieben.

### 4.3 Verknüpfung von EPK-Modellelementen mit Annotationsinstanzen

Eine Verknüpfung von EPK-Modellelementen mit Annotationsinstanzen erfolgt durch die Zuordnung einer OWL-Instanz zu einem EPK-Modellelement. Abbildung 6 zeigt diese Verknüpfung des EPK-Modells aus Abbildung 4 mit den zuvor eingeführten Annotationsinstanzen.

<sup>14</sup> Trivialereignisse sind Ereignisse, die einer Funktionsabarbeitung logisch zwingend folgen und in EPK-Modellen hauptsächlich zur Aufrechterhaltung der syntaktischen Korrektheit eingefügt werden.

<sup>15</sup> Diese „Standard-Semantik“ entspricht der durch das Metamodell der EPK vorgegebenen formalen Semantik eines Modellelements.

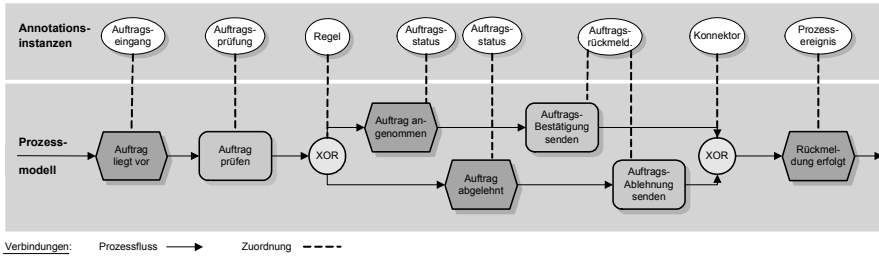


Abb. 6: Grafische Veranschaulichung der Verknüpfung von EPK und Ontologie

Technisch wird diese Verknüpfung durch das Einfügen von Attributen in die XML-Repräsentation eines EPK-Modells realisiert. Diese Attribute identifizieren die jeweils zu einem Modellelement zugehörige Annotationsklasse und -instanz.<sup>16</sup> Abbildung 7 veranschaulicht dies sowohl grafisch als auch mit Hilfe der entsprechenden XML-Vokabulare EPML (Event Driven Process Markup Language) für die EPK-Repräsentation und RDF/XML (Resource Description Framework) für eine semantische Repräsentation der EPK als sEPK.

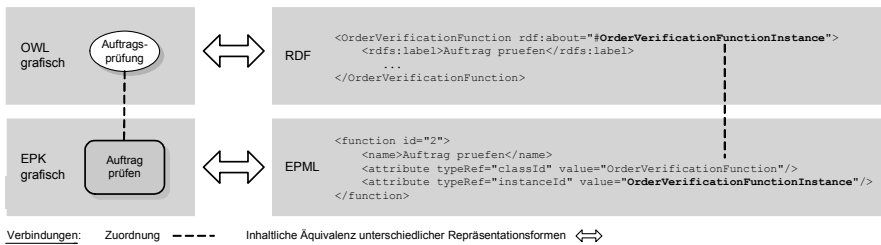


Abb. 7: Grafische und XML-basierte Veranschaulichung der Verknüpfung

Mit der Verknüpfung der EPK-Modellelemente mit Annotationsinstanzen, d.h. mit der *semantischen Annotation* eines EPK-Modells, sind nun alle Voraussetzungen erfüllt, um dieses in eine semantische Ereignisgesteuerte Prozesskette (sEPK) zu überführen. Im Gegensatz zur Beschreibung der Unternehmensontologie und der Annotationsklassen und -instanzen ist für die semantische Repräsentation einer EPK der Sprachumfang von RDF und RDFS ausreichend (vgl. auch Abbildung 3).

#### 4.4 Transformation der EPK nach RDF

Die Transformation der EPK nach RDF besteht aus zwei Schritten. Erstens müssen die EPK-Modellelemente in RDF abgebildet werden. Zweitens muss der EPK-Kontrollfluss in RDF abgebildet werden.

<sup>16</sup> Prinzipiell ist der doppelte Verweis auf eine Annotationsklasse *und* eine Instanz nicht erforderlich, er erleichtert aber die spätere Transformation eines EPK-Modells in eine sEPK.

Die Abbildung der EPK-Modellelemente in RDF erfolgt, indem für jedes Element des EPK-Modells eine Beschreibung in den RDF-Daten erzeugt wird. Bezugspunkt dieser Beschreibung ist die für das Modellelement angegebene Annotationsinstanz. Dieser Sachverhalt ist ebenfalls aus Abbildung 7 erkennbar. Während in der EPML-Repräsentation eine Funktion direkt als XML-Element erscheint, geschieht dies innerhalb der RDF-Repräsentation indirekt über eine Beschreibung `rdf:about` einer Resource `OrderVerificationInstance` vom Typ `OrderVerification`. Dabei wird der im EPK-Modell für das betreffende Modellelement vergebene Name in die RDF-Beschreibung übernommen und in das Element `rdfs:label` eingefügt. Der Prozessfluss der EPK wird vollständig übernommen und mit Hilfe der Objekteigenschaft `proc:connectsTo` abgebildet (vgl. Abbildung 8).

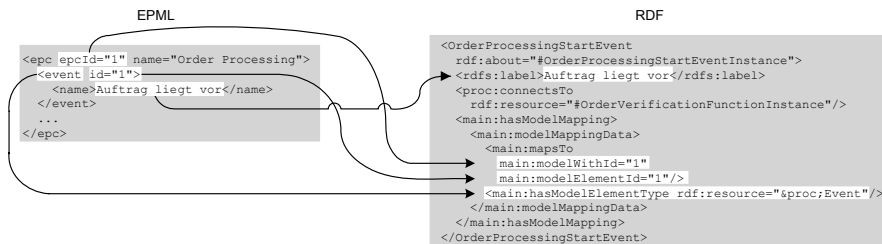


Abb. 8: Transformation eines EPK-Modellelements in eine OWL-Instanz

Zur Sicherstellung der Auffindbarkeit von Modellelementen in den Ausgangsmodellen z.B. im Rahmen einer semantischen Suche werden in der RDF-Beschreibung eines EPK-Modellelements Daten für ein „Reverse Mapping“ innerhalb des `hasModelMapping`-Elementes hinterlegt. Abbildung 8 zeigt, welche Daten aus der EPML-Repräsentation einer EPK in die RDF-Repräsentation einer sEPK übernommen werden. Nicht weiter relevante XML-Daten wurden durch „...“ ersetzt.<sup>17</sup>

Nachdem die EPK-Modellelemente in RDF abgebildet wurden, folgt die Abbildung des Kontrollflusses der EPK in RDF. Dazu werden die bereits angelegten RDF-Beschreibungen der Annotationsinstanzen um weitere Eigenschaften `connectsTo` und `isConnectedBy` erweitert,<sup>18</sup> die in OWL im Hinblick auf eine semantische Suche als transitive Eigenschaften definiert sind. Der Kontrollfluss der EPK wird somit zwischen Annotationsinstanzen definiert. Technisch kann dies ebenfalls, wie die Beschreibung der bisherigen Transformation, mit Hilfe von XSLT erfolgen. Abbildung 9 zeigt die Kontrollflüsse in den EPML- und RDF/XML-Repräsentationen der Prozessmodelle.

<sup>17</sup> Das Namensraum-Präfix `main` kennzeichnet die bisher entwickelte Ontologie.

<sup>18</sup> Eine doppelte Verknüpfung vereinfacht die Suche in den RDF-Daten, da eine Eigenschaft `isConnectedBy` nicht per Inferenz aus einer symmetrischen `connectsTo`-Eigenschaft abgeleitet werden muss. Eine Suche kann somit wahlweise mit und ohne Inferenz durchgeführt werden.

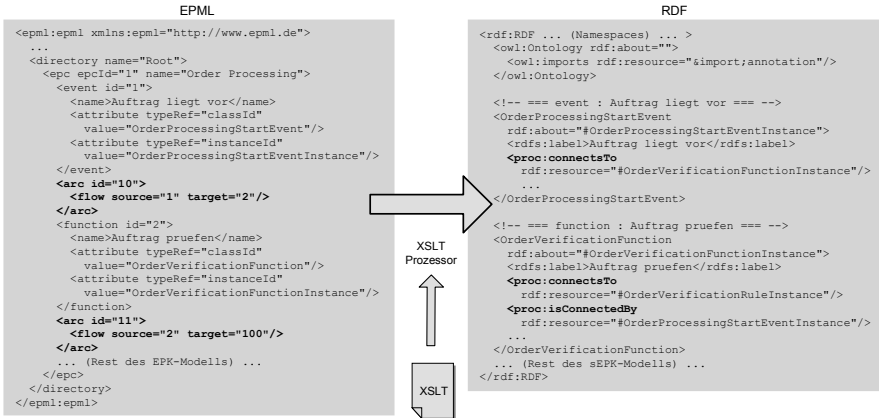


Abb. 9: Transformation des EPK-Kontrollflusses in OWL-Eigenschaften

Damit ist die Transformation eines EPK-Modells in ein sEPK-Modell abgeschlossen. Das sEPK-Modell kann zusammenfassend als eine semantische Erweiterung einer EPK charakterisiert werden. Jedes Modellelement der EPK wird durch eine Annotationsinstanz mit einer wohl definierten Semantik repräsentiert. Flussbeziehungen zwischen EPK-Modellelementen werden durch Flussbeziehungen zwischen Annotationsinstanzen abgebildet. Abbildung 10 zeigt noch einmal die Gesamtarchitektur des im Rahmen dieses Beitrags vorgeschlagenen Ansatzes. Die Zuordnungen der logischen Schichten des in Abbildung 3 gezeigten Schichtenmodells zu den Ebenen der Gesamtarchitektur sind jeweils als schwarzer Balken links in der Abbildung zu erkennen.

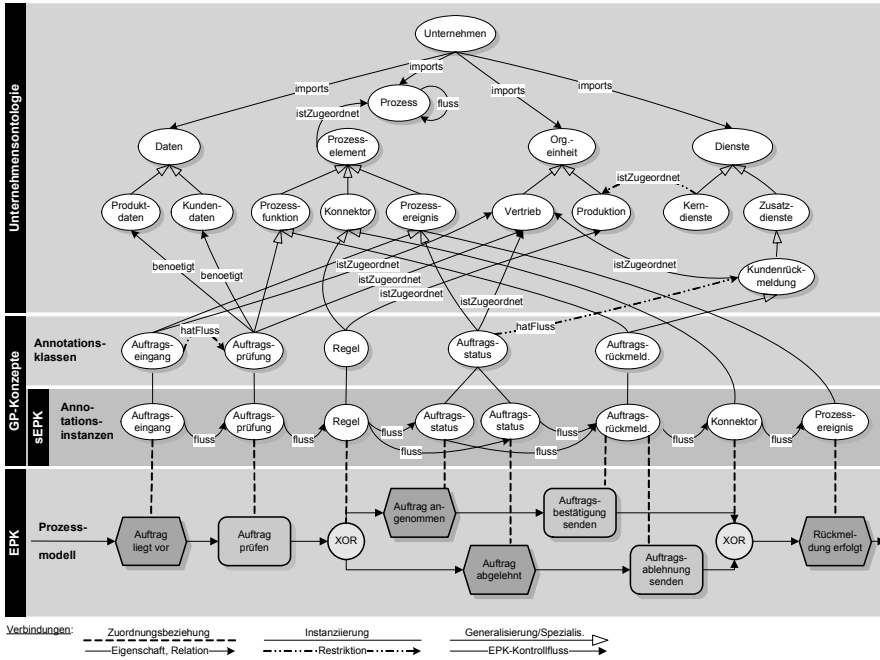


Abb. 10: Gesamtarchitektur des Ansatzes

## 5 IT-Unterstützung der semantischen Geschäftsprozessmodellierung

Eine IT-Unterstützung des hier vorgeschlagenen Ansatzes ist grundlegend in den Bereichen der *Verknüpfung* von EPK-Modellelementen mit Annotationsinstanzen, der *Transformation* von EPK-Modellen in sEPK-Modelle und der *Speicherung und Anfrage* von sEPK-Modellen notwendig.

Die *Verknüpfung* betreffend müssen Werkzeuge zur Verfügung stehen, die innerhalb der EPK-Modellierungsumgebung die semantische Annotation von Modellelementen durch einen Auswahlmechanismus für Annotationsklassen unterstützen. Dies kann durch geeignete Browsing-Verfahren und Visualisierungstechniken erfolgen, wobei die gesamte Ontologie oder eine vereinfachte Version als Browsing-Struktur dienen kann. Viel versprechend erscheint hier eine Lösung auf Basis der Entwicklungsumgebung Eclipse, da bereits Eclipse-basierte Werkzeuge sowohl zur EPK-Modellierung in Form der „EPC

Tools<sup>19</sup> als auch zur Ontologiemodellierung durch das „Integrated Ontology Development Toolkit“<sup>20</sup> von IBM existieren.

Zur *Transformation* wurde bereits ein XSLT-basierter Ansatz am Institut für Wirtschaftsinformatik entwickelt, mit dem eine zuvor semantisch annotierte EPK in eine sEPK überführt werden kann.

Die *Speicherung und Anfrage* wurden ebenfalls bereits prototypisch mit Hilfe des RDF-Rahmenwerks Jena, MySQL als Datenbank und Tomcat als Server entwickelt. Anfragen an sEPK-Modelle sind mit der RDF-Anfragesprache Sparql möglich, wobei eine Inferenzmaschine benutzt werden kann. Weitere geplante Entwicklungen betreffen einen Query-Builder für die interaktive Zusammenstellung von Sparql-Anfragen sowie ein sEPK-Repository. Dieses soll für die Anfrage, Transformation und Speicherung von Modellen über Web-Services-basierte Schnittstellen verfügen sowie über Schnittstellen zu etablierten Modellierungswerkzeugen.

## 6 Verwandte Arbeiten

Die EPK ist Gegenstand aktueller Forschungsbemühungen. Die vorliegenden Arbeiten widmen sich einerseits der Konstruktion von Prozessmodellen, andererseits werden modellierungssprachliche und -methodische Aspekte der Konstruktion von EPK-Modellen untersucht. Hierbei werden vor allem die Möglichkeiten einer formalen Spezifikation der EPK-Syntax und -Semantik geprüft. Diese ist auch im Hinblick auf eine Transformation der EPK in ausführbare BPEL-Prozessdefinitionen relevant. Zur Lektüre entsprechender Arbeiten wird auf die umfangreiche Literaturliste der EPK-Community verwiesen (vgl. URL <http://epk.et-inf.fho-emden.de/literatur.php>).

Verwandte Arbeiten existieren ebenso hinsichtlich des semantischen Geschäftsprozessmanagements [Je03]. Bezogen auf das Geschäftsprozessmanagement im Zusammenspiel mit (Semantic) Web Services existiert mit Hepp et al. [He05b] eine Beschreibung der Potenziale einer Kombination semantischer Prozessbeschreibungen mit semantischen Web Services, insbesondere unter Berücksichtigung der fachlichen Perspektive des Prozessmanagements. Allerdings behandelt der Ansatz keine konkreten Beschreibungssprachen.

Die IT-Unterstützung betreffend existiert mit Semtalk bereits ein gut ausgebauter Ansatz für die Verknüpfung von EPK-Modellen mit Ontologien auf der Basis des grafischen Modellierungs- und Zeichenwerkzeugs Microsoft VISIO [FW04]. Die Semantik der EPK-Modellelemente wird dabei objektorientiert als Zustände und Aktionen von Objekten aufgefasst, womit der Ansatz im Gegensatz zu diesem Beitrag eine objektorientierte und eine prozessorientierte Abstraktion des unternehmerischen Geschehens erfordert.

---

<sup>19</sup> <http://wwwcs.uni-paderborn.de/cs/kindler/research/EPCTools>.

<sup>20</sup> <http://www.alphaworks.ibm.com/tech/semantiestk>.

## 7 Diskussion der Ergebnisse und Ausblick

Die Vorteile der Transformation von Prozessmodellen in semantische Prozessmodelle unter Verwendung von OWL sind im Wesentlichen:

- Anfragen an Prozessmodelle können auf semantischer Ebene erfolgen. Durch die Verwendung von Inferenzmechanismen können zum Anfragezeitpunkt neue Fakten geschlossen werden, die nicht explizit in den Prozessmodellen gespeichert worden sind. Als Beispiel kann die in Abbildung 11 dargestellte Anfrage in Sparql dienen. Mit dieser Anfrage in Verbindung mit einer Inferenzmaschine können in der in dieser Arbeit entwickelten sEPK-Prozessfunktionen gefunden werden, die dem Vertrieb zugeordnet sind und die auf Daten zugreifen. Durch maschinelles Schließen kann mit dieser eher allgemeinen Anfrage eine Funktion Auftragsprüfung gefunden werden, die Subklasse der Klasse Prozessfunktion ist und sowohl Produktdaten als auch Kundendaten benötigt, die beide Subklassen der Klasse Daten sind. Über einfache Vererbungsbeziehungen hinaus ergeben sich durch die von OWL bereitgestellten Möglichkeiten wie transitiven, symmetrischen oder inversen Eigenschaften zusätzliche Möglichkeiten der Schlussfolgerung und damit des Retrievals.
- Anfragen sind sowohl auf Klassenebene (Schicht 3 und 4 der Abbildung 3) als auch auf Instanzebene (Schicht 2) möglich. Damit kann ein Benutzer oder Geschäftspartner bereits vor der eigentlichen Anfrage an ein sEPK-Repository bestimmte Geschäftsprozesselementtypen entdecken.
- Der Aufwand zur „Internationalisierung“ von Prozessmodellen wird reduziert, da Übersetzungsarbeiten nur noch für die Bezeichnungen von Geschäftsprozesselementtypen (Schicht 3) anfallen, nicht aber für einzelne Modellelemente.
- Die Ausführbarkeit von Prozessen kann erleichtert werden, da die Ontologie um technische Details zur Ausführung erweitert werden kann und somit aus einem sEPK-Modell beispielsweise eine BPEL-Repräsentation generiert werden kann. Die semantische Beschreibung von Prozessen aus einer fachlichen Perspektive ergänzt und komplettiert die aktuellen Bestrebungen der semantischen Beschreibung technischer Prozesse wie etwa WSMO [Ar05], WSDL-S [Ar05], OWL-S [Ma04], KDSWS [HK04], METEOR-S [Ab04] und IRS-II [Mo03]. Abbildungen fachlicher Sachverhalte auf technische erfolgen durch die zentrale Repräsentation von Geschäftsprozesselementtypen redundanzfrei.



```

PREFIX orga: <http://www.example.org/organisation#>
PREFIX func: <http://www.example.org/function#>
PREFIX proc: <http://www.example.org/process#>
PREFIX main: <http://www.example.org/main#>
PREFIX data: <http://www.example.org/data#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>

SELECT ?Funktion ?Daten
WHERE
{
  ?Funktion rdf:type proc:Function .
  ?Funktion main:isAssignedTo ?org .
  ?org rdf:type orga:Sales .
  ?func main:hasNeed ?Daten .
  ?Daten rdf:type data:Data . }

```

Abb. 11: Beispiel für eine einfache Anfrage mit Sparql

- Es wird eine erweiterte semantische Validierbarkeit der Modelle möglich. Die Validierung eines sEPK-Modells bezieht jeweils sämtliche Restriktionen mit ein, die für Klassen und Instanzen definiert wurden, die den Schichten 3 und 4 des in Abbildung 3 gezeigten Schichtenmodells zuzuordnen sind.

Gegenstand der weiteren Forschung ist u.a. die alternative Verwendung von Klassen oder Instanzen zur Annotation. Eine Zuordnung von Klassen statt Instanzen zu EPK-Modellelementen erscheint aus semantischer Perspektive sinnvoll, führt aber unter bestimmten Bedingungen zu OWL Full als Repräsentationssprache der sEPK, das im Gegensatz zu OWL DL keine vollständige Berechenbarkeit garantiert. Auch hinsichtlich der Integration semantisch heterogener Ontologien in eine zur Annotation geeigneten Ontologie existiert weiterer Forschungsbedarf.

**Danksagung.** Dieser Beitrag resultiert aus dem Forschungsprojekt „Referenzmodellgestütztes Customizing unter Berücksichtigung unscharfer Daten“, Kennwort: Fuzzy-Customizing, gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Kennzeichen: SCHE 185/ 25–1). Die Autoren danken den drei anonymen Gutachtern, deren äußerst wertvolle Hinweise zur Verbesserung einer früheren Version des Artikels beigetragen haben.

## 8 Literaturverzeichnis

- [Ab04] Abhijit, P. et. al.: METEOR-S Web Service Annotation Framework. In: The Thirteenth International World Wide Web Conference (WWW 2004), May 17–22, 2004. ACM, New York, USA, 2004; S. 553–562.
- [Al99] van der Aalst, W.M.P.: Formalization and verification of event-driven process chains. In: Information and Software Technology 41, 1999, Nr. 10; S. 639–650.
- [Ak05] Akkiraju, R. et. al.: Web Service Semantics – WSDL-S : W3C Member Submission 7 November 2005. University of Georgia Research Foundation, Inc. – URL <http://www.w3.org/Submission/WSDL-S/> [Abruf am 20.07.2006].

- [An05] Andrieux, A. et. al.: Web Services Agreement Specification (WS-Agreement) : Version 2005/09. Global Grid Forum. – URL [http://www.gridforum.org/Public\\_Comment\\_Docs/Documents/Oct-2005/WS-AgreementSpecificationDraft050920.pdf](http://www.gridforum.org/Public_Comment_Docs/Documents/Oct-2005/WS-AgreementSpecificationDraft050920.pdf) [Abruf am 20.07.2006].
- [Ar05] Arroyo, S. et. al.: Web Service Modeling Ontology Primer : W3C Member Submission 3 June 2005. Innsbruck : DERI. – URL <http://www.w3.org/Submission/WSMO-primer/> [Abruf am 20.07.2006].
- [Do05] Dogac, A. et. al.: Enhancing ebXML Registries to Make them OWL Aware. In: Distributed and Parallel Databases Journal 18, 2005, Nr. 1; S. 9–36.
- [FW04] Fillies, C.; Weichardt, F.: On Ontology-based Event-driven Process Chains. 2004. URL <http://www.semtalk.com/pub/semtalkepk.pdf> [Abruf am 25.11.2005].
- [Fo92] Fox, M.S.: The TOVE Project: A Common-sense Model of the Enterprise. In (Belli, F.; Radermacher, F.J.) (Hrsg.): Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems, 5th International Conference, IEA/AIE – 92, Paderborn, Germany, June 9–12, 1992, Proceedings. Springer, London, 1992; S. 25–34.
- [Gr93] Gruber, T.R.: A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. In: Knowledge Acquisition 5, 1993, Nr. 2; S. 199–220.
- [He05a] Hepp, M.: eClassOWL: A Fully-Fledged Products and Services Ontology in OWL. In: Poster Proceedings of the 4th International Semantic Web Conference (ISWC2005), November 7–11, 2005. Galway, Ireland. – URL <http://www.heppnetz.de/files/eClassOWL-finalPoster-shortA4.pdf> [Abruf am 20.07.2006].
- [He05b] Hepp, M. et. al.: Semantic Business Process Management: A Vision Towards Using Semantic Web Services for Business Process Management. In: Proceedings of the IEEE ICEBE 2005, October 18–20, Beijing, China. Beijing, China; S. 535–540.
- [He02] Hesse, W.: Ontologie(n). In: Informatik-Spektrum 25, 2002, Nr. 6; S. 477–480.
- [HKS92] Hoffmann, W.; Kirsch, J.; Scheer, A.-W.: Modellierung mit Ereignisgesteuerten Prozeßketten : Methodenhandbuch ; Stand: Dezember 1992. In (Scheer, A.-W.) (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Nr. 101, Saarbrücken: Universität des Saarlandes, 1992.
- [HK04] Howard, R.; Kerschberg, L.: A Knowledge-based Framework for Dynamic Semantic Web Services Brokering and Management. In (Galindo, F.; Takizawa, M.; Traunmüller, R.) (Hrsg.): Database and expert systems applications : 15th International Conference, DEXA 2004, Zaragoza, Spain, August 30-September 3, 2004: proceedings. Springer, Berlin, 2004; S. 174–178.
- [IDS03] IDS Scheer AG (Hrsg.): ARIS Toolset, ARIS Version 6.2.1.31203. IDS Scheer AG, Saarbrücken, 2003.
- [Je03] Jenz, D.E.: Strategic White Paper: Ontology-Based Business Process Management; The Vision Statement. Erlensee: Jenz & Partner GmbH. 2003. – URL [http://www.bpiresearch.com/Resources/WP\\_BPMVision.pdf](http://www.bpiresearch.com/Resources/WP_BPMVision.pdf) [Abruf am 02.02.2006].
- [KNS92] Keller, G.; Nüttgens, M.; Scheer, A.-W.: Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage "Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)". In (Scheer, A.-W.) (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Nr. 89, Saarbrücken: Universität des Saarlandes, 1992.

- [KT99] Keller, G.; Teufel, T.: SAP R/3 prozeßorientiert anwenden: Iteratives Prozess-Prototyping mit Ereignisgesteuerten Prozessketten und Knowledge Maps. 3. Auflage. Addison-Wesley, Bonn, 1999.
- [Ki06] Kindler, E.: On the semantics of EPCs: Resolving the vicious circle. In: *Data & Knowledge Engineering* 56, 2006, Nr. 1; S. 23–40.
- [LSW98] Langner, P.; Schneider, C.; Wehler, J.: Petri Net Based Certification of Event driven Process Chains. In (Desel, J.; Silva, M.) (Hrsg.): *Application and theory of Petri nets 1998: 19th international conference; proceedings*. Springer, Berlin, 1998; S. 286–305.
- [Le94] Lehrer, N.: *Knowledge representation specification language*. Thousand Oaks, California: ISX Corporation, 1994.
- [Ma04] Martin, D. et. al.: *Describing Web Services using OWL-S and WSDL*. Arlington, VA: BBN Rosslyn office. – URL <http://www.daml.org/services/owl-s/1.1/owl-s-wsdl.html> [Abruf am 21.11.2005].
- [Ma06] Matuszek, C. et. al.: An Introduction to the Syntax and Content of Cyc. In (Baral, C.) (Hrsg.): *Formalizing and Compiling Background Knowledge and Its Applications to Knowledge Representation and Question Answering: Papers from the 2006 AAAI Spring Symposium*. Menlo Park, CA : AAAI Press; S. 44–49. – Technical Report SS–06–05.
- [MIG00] Mena, E.; Illarramendi, A.; Goni, A.: Automatic Ontology Construction for a Multi-agent-Based Software Gathering Service. In (Klusch, M.; Kerschberg, L.) (Hrsg.): *Cooperative Information Agents IV – The Future of Information Agents in Cyberspace: 4th International Workshop, CIA 2000, Boston, MA, USA, July 7–9, 2000. Proceedings*. Springer, Berlin, 2000; S. 232–243.
- [Mo03] Motta, E. et. al.: IRS–II: A Framework and Infrastructure for Semantic Web Services. In (Fensel, D.; Sycara, K.; Mylopoulos, J.) (Hrsg.): *The SemanticWeb – ISWC 2003 : Second International SemanticWeb Conference, Sanibel Island, FL, USA, October 20–23, 2003 : Proceedings*. Springer, Berlin, 2003; S. 306–318.
- [NR02] Nüttgens, M.; Rump, F.J.: Syntax und Semantik Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK). In (Desel, J.; Weske, M.) (Hrsg.): *Prozessorientierte Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung von Informationssystemen (Promise '2002)*, Hasso-Plattner-Institut für Softwaresystemtechnik an der Universität Potsdam, 9.–11. Oktober 2002. Köllen, Bonn, 2002; S. 64–77.
- [PNL02] Pease, A.; Niles, I.; Li, J.: The Suggested Upper Merged Ontology: A Large Ontology for the Semantic Web and its Applications. In: *Working Notes of the AAAI–2002 Workshop on Ontologies and the Semantic Web*, Edmonton, Canada, July 28–August 1, 2002. Edmonton, Canada, 2002.
- [RA03] Rosemann, M.; van der Aalst, W.M.P.: A Configurable Reference Modelling Language. In: *CITI Technical Reports*, Nr. FIT-TR–2003–05, Brisbane, Queensland University of Technology, 2003.
- [Ru99] Rump, F.J.: *Geschäftsprozeßmanagement auf der Basis ereignisgesteuerter Prozeßketten : Formalisierung, Analyse und Ausführung von EPKs*. Teubner, Stuttgart, 1990.
- [STA05] Scheer, A.-W.; Thomas, O.; Adam, O.: *Process Modeling Using Event-driven Process Chains*. In (Dumas, M.; van der Aalst, W.M.P.; ter Hofstede, A.H.M.) (Hrsg.): *Process-aware Information Systems: Bridging People and Software through Process Technology*. Hoboken, Wiley, New Jersey, 2005; S. 119–145.

- 
- [SWM04] Smith, M.K.; Welty, C.; McGuinness, D.L. (Hrsg.): OWL Web Ontology Language Guide: W3C Recommendation 10 February 2004. W3C. – URL <http://www.w3.org/TR/owl-guide/> [Abruf am 29.01.2006].
- [SGH04] Stephens, L.M.; Gangam, A.K.; Huhns, M.N.: Constructing Consensus Ontologies for the Semantic Web: A Conceptual Approach. In: World Wide Web 7, 2004, Nr. 4; S. 421–442.
- [Su04] Sugiura, N. et. al.: Towards On-the-Fly Ontology Construction – Focusing on Ontology Quality Improvement. In (Bussler, C. et al.) (Hrsg.): The Semantic Web: Research and Applications: First European Semantic Web Symposium, ESWS 2004 Heraklion, Crete, Greece, May 10–12, 2004. Proceedings. Springer, Berlin, 2004; S. 1–15.
- [Us98] Uschold, M. et. al.: The Enterprise Ontology. In: The Knowledge Engineering Review 13, 1998, Nr. 1; S. 31–89.